



高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手の力学的性状に関する研究

角陸, 純一

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1994-04-22

(Date of Publication)

2013-10-03

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1838

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3097060>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001838>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



神戸大学博士論文

高強度鉄筋コンクリート部材中の
重ね継手の力学的性状に関する研究

平成6年3月

角 陸 純 一

神戸大学博士論文

高強度鉄筋コンクリート部材中の
重ね継手の力学的性状に関する研究

平成6年3月

角 陸 純 一

論文概要

本研究は、梁や床スラブ等のように曲げ作用を受けるコンクリート強度 800kgf/cm²程度までの高強度鉄筋コンクリート部材を対象とする。本研究の目的は次の3点である。

- ①異形鉄筋主筋に重ね継手を設けた部材の力学的性状を実験的に明らかにする。
- ②重ね継手性能への各種要因の影響を定量的に評価する。
- ③重ね継手強度を適切に算定できる付着割裂強度算定式を開発する。

本論文は以下に示す7章より構成されている。

第1章「序論」では、本研究の目的の他、鉄筋継手の歴史と現状、重ね継手に関する国内外の設計規準等、研究の背景について述べた。さらに、重ね継手に関する既往研究の概要について述べた。重ね継手は最も古くから使用されている継手工法であるが、鉄筋工事の合理化等の面から太径鉄筋での重ね継手使用の要望が高いこと、設計規定には近年の研究成果が反映されておらず、既往の研究も確認実験がほとんどで定量的検討が不足していることを指摘した。また、本章では本研究の方針を示した。

第2章「引張重ね継手の力学的性状」では、重ね継手の応力伝達機構を概念的に示すとともに、継手性能の評価法について述べた。さらに、既往の重ね継手実験について分析した結果を示した。異形鉄筋に重ね継手を設けた場合、外力等により生じる鉄筋力が大きくなると、付着応力とともに割裂応力が増大するため、比較的かぶり厚さの薄い部材ではぜい性的な付着割裂破壊が生じやすい。従って、重ね継手を設計する際には付着割裂破壊が生じないように重ね継手強度の適切な評価が重要であることを指摘した。特に、材端降伏機構を想定する終局強度型設計法では、部材端での降伏ヒンジの形成を保証するため、部材端に継手がある場合には鉄筋降伏前に継手が破壊しないように設計する必要があることを示した。既往の重ね継手実験では高強度でのデータが少なく、各種要因と付着割裂強度との関係を定量的に評価するにはデータが不十分であることを指摘した。

第3章「重ね継手性能への各種要因の影響」では、重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材を対象として、曲げ及び両引実験により重ね継手性能への各種要因の影響を検討した。重ね継手を有する部材の力学的性状として、継手筋の付着応力度分布性状、変形性状、ひびわれ性状について継手無し部材との比較検討結果を述べた。さらに、重ね継手の付着割裂強度へのコンクリート強度、鉄筋間隔、かぶり厚さ、継手筋のあき間隔、鉄筋位置（上端筋と下端筋）の影響を定量的に検討した結果について述べた。また、加力方法の違い（曲げ実験と両引実験、一方向繰り返し載荷と交番繰り返し載荷）による付着割裂強度の差異についても述べた。

第4章「重ね継手性能への横補強筋の拘束効果」では、重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材を対象として、曲げ及び両引実験により継手性能への横補強筋の拘束効果を検討した。第3章に示した実験から、横補強筋の有無により付着割裂強度とコンクリート強度の定量的な関係が異なるという結果が得られたので、本章では横補強筋の拘束効果を定量的に検討した。重ね継手部材の力学的性状に関して、破壊までの変形性能やひびわれ性状に横補強筋量の影響は見られないが、横補強筋量が多いと破壊がより靱性的となることを指摘した。付着割裂強度に関しては、横補強筋比が約1%程度までは横補強筋量に比例して付着割裂強度が大きくなることを指摘した。また、横補強筋比が小さい範囲では

横補強筋量よりもその間隔の方が影響が大きいこと、割裂破壊形式の違いにより横補強筋の拘束効果が異なることを指摘した。さらに、横補強筋量が多いほど付着割裂強度に対するコンクリート強度の影響度が大きくなることを定量的に示した。

第5章「重ね継手の付着割裂強度評価」では、既往の算定式の概要と実験値との適合性について検討した結果を述べた。さらに、高強度鉄筋コンクリート部材を対象とした重ね継手実験結果より導いた付着割裂強度提案式について実験値との適合性を述べた。提案式は、横補強筋の無い場合の付着割裂強度 τ_{c0} と横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{s1} の和の形である。 τ_{c0} はかぶり厚さ、鉄筋間隔、重ね長さ影響を評価する形の式であり、コンクリート強度の0.3乗の値に比例するとした。 τ_{s1} は横補強筋の断面積と間隔、拘束程度の違いの影響を評価する形の式であり、コンクリート圧縮強度に比例するとした。提案式は、重ね継手強度と各種要因の関係を適切に評価できており、破壊形式の違いにかかわらず高強度コンクリートレベルまでの実験結果と良い一致が得られることを確認した。

第6章「太径鉄筋重ね継手の力学的性状」では、D38太径鉄筋の壁筋を対象に重ね継手の適用性を検討した曲げ実験と両引実験の結果について述べた。SD345のD38太径鉄筋に関して、面外曲げを受ける場合、かぶり厚さ $2.5d_b$ 、鉄筋間隔200mm、重ね長さ40d_b（ d_b ：鉄筋径）あれば十分な継手性能を有することを示した。さらに高強度のSD390及びSD490のD38太径鉄筋に関して、外筋（かぶり厚さ $1.5d_b$ ）重ね継手を対象に、付着割裂強度と各種要因との関係を示すとともに、5章に示す付着割裂強度評価式が高強度太径鉄筋にも適用できることを指摘した。

第7章「結論」では、各章の結論を総括的に述べ、今後の課題について言及した。本研究では、コンクリート強度800kgf/cm²程度までの高強度鉄筋コンクリート部材までを対象として、異形鉄筋の重ね継手性能を定性的、定量的に評価した。さらに、継手強度を適切に算定できる付着割裂強度評価式を開発した。本提案式は既往式に比べ各種要因の影響をより適切に評価することができ、特に横補強筋の拘束効果の違いにより付着割裂強度へのコンクリート強度の影響が異なるという実験結果をよく説明できる。

本論文は日本建築学会構造系論文集において、一部はすでに発表し、一部は今後発表の予定であるが、それらの発表論文と本論文の構成との関係は以下の通りである。

第2章

「異形鉄筋重ね継手に関する既往実験データの分析」, 第435号, 1992.5

第3章

「高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手の性状に関する研究」, 第453号, 1993.11

「高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手性能へのかぶりコンクリートの影響に関する研究」, 投稿中

第4章

「高強度コンクリート中の重ね継手の付着割裂強度に対する横補強筋の影響に関する研究」
第455号, 1994.1

第5章

「高強度太径壁筋重ね継手の付着割裂強度に関する研究」, 第456号, 1994.2

第6章

「異形鉄筋重ね継手の付着割裂強度に関する研究」, 投稿予定

目 次

第1章 序論	1
1. 1 研究目的	1
1. 2 研究の背景	2
1. 2. 1 鉄筋と継手の歴史	2
1. 2. 2 重ね継手に関する国内基規準の変遷と歴史	4
1. 2. 3 付着・定着に関する国内外設計規準の比較	5
1. 2. 4 重ね継手に関する国内外設計規準の比較	8
1. 3 既往の研究	11
1. 3. 1 実験の概要	11
1. 3. 2 実験結果の概要	12
1. 4 本章のまとめと本論文の構成	13
1. 4. 1 本章のまとめ	13
1. 4. 2 本論文の構成	13
第2章 重ね継手の力学的性状	15
2. 1 序	15
2. 2 重ね継手強度の評価について	15
2. 3 既往の実験データの分析	17
2. 3. 1 既往実験データの概要	17
2. 3. 2 継手強度への各種要因の影響	20
2. 4 結語	26
第3章 重ね継手性能への各種要因の影響	27
3. 1 序	27
3. 2 実験概要	28
3. 2. 1 曲げ実験Ⅰ	28
3. 2. 2 曲げ実験Ⅱ	37
3. 2. 3 両引実験Ⅰ	43
3. 2. 4 両引実験Ⅱ	45
3. 3 重ね継手を有する部材の構造特性	47
3. 4 実験方法の検討	50

3. 5	重ね継手性能への諸要因の影響	54
3. 5. 1	コンクリート強度	54
3. 5. 2	重ね長さ	56
3. 5. 3	かぶり厚さ	58
3. 5. 4	鉄筋間隔	59
3. 5. 5	継手筋のあき	60
3. 5. 6	上端筋と下端筋	61
3. 6	結語	62
第4章	重ね継手性能への横補強筋の拘束効果	63
4. 1	序	63
4. 2	実験概要	64
4. 2. 1	曲げ実験	64
4. 2. 2	両引実験	66
4. 3	結果の検討	69
4. 3. 1	変形性能及びひびわれ性状	69
4. 3. 2	横補強筋ひずみ	69
4. 3. 3	付着割裂強度	70
4. 4	結語	75
第5章	重ね継手の付着割裂強度評価	76
5. 1	序	76
5. 2	既往の付着割裂強度算定式	76
5. 3	既往の付着割裂強度式の適合性の検討	81
5. 4	付着割裂強度算定式の検討	83
5. 5	提案算定式の適合性の検証	87
5. 5. 1	各要因に対する適合性	87
5. 5. 2	破壊モードによる適合性	89
5. 6	結語	91

第6章 太径鉄筋重ね継手の力学的性状	92
6.1 序	92
6.2 実験概要	93
6.2.1 曲げ実験	93
6.2.2 両引実験	97
6.3 結果の検討	99
6.3.1 曲げ実験結果の検討	99
6.3.2 両引実験結果の検討	100
6.3.3 付着割裂強度	104
6.4 結語	105
第7章 結論	106
謝辞	110
参考文献	111
発表論文	124
記号の説明	126
付録1 付着・定着及び重ね継手に関する 国内・国外の設計規準に関する調査	127
付録2 重ね継手実験データファイル	159

第1章 序論

1. 1 研究目的

鉄筋コンクリート構造物で使用する鉄筋は定尺物で搬入されるため、現場で鉄筋を延長する場合には継手が必要となる。鉄筋の継手工法としては、重ね継手、ガス圧接継手、種々の機械的継手と溶接継手がある。これらの継手工法の中で、ガス圧接継手や種々の機械的継手と溶接継手は鉄筋を直接接合する継手工法であるのに対し、重ね継手は周囲のコンクリートとの付着により鉄筋を接合する継手工法である。従って、かぶりが薄い場合には付着割裂破壊の恐れがあるので、現行の「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説¹⁾（以下RC規準と称する）」ではD29以上の太径鉄筋での重ね継手の使用を原則として禁じており、現状では重ね継手は梁、床スラブ、壁等の比較的細径の鉄筋に用いられている。しかしながら、以下の理由からより太い鉄筋、より高強度の鉄筋の継手として重ね継手を用いたいという要望が高まっている。

- ・プレキャスト工法や鉄筋先組み工法の普及に伴い、混みいった場所で多数の鉄筋継手を同時に施工する必要がある。
- ・重ね継手は特殊な機械を必要としないので、施工性と経済性に優れている。

一方、近年鉄筋コンクリート構造物の高層化に伴い、より高強度のコンクリート及び鉄筋が使用される傾向にある。高強度鉄筋では鉄筋に生じる応力が大きくなるため重ね継手にとっては不利であるが、コンクリート強度が高くなると付着強度も増加するので、高強度鉄筋コンクリート構造物においても重ね継手適用の可能性がある。しかしながら、建築構造物の場合、RC規準はコンクリート強度で360kgf/cm²、鉄筋強度でSD390までしか対象としておらず、それ以上の強度の高強度鉄筋コンクリート構造物での重ね継手性能は実験等により確かめる必要がある。

重ね継手は鉄筋とコンクリートとの付着を利用するため、継手性能が周囲のコンクリートの性能に影響される。重ね継手を有する部材の破壊は、梁や柱、壁部材のようにかぶり厚さが比較的小さい場合、継手部のかぶりコンクリートがぜい性的に割裂し、急激に耐力が低下する付着割裂破壊となることがある。高強度鉄筋では地震時等に鉄筋に生じる応力が大きくなるため、特に付着割裂破壊の恐れが高い。従って、高強度鉄筋コンクリート部材に重ね継手を使用するに際しては、その付着割裂破壊性状を明らかにしておく必要がある。近年、構造設計法は許容応力度設計法から終局強度型設計法へと移行しつつあるが、RC規準での重ね継手に関する規定は許容応力度設計法にもとづいており、ほとんど改定されていない。また、重ね継手に関する数多くの実験研究はほとんどが確認実験であり、終局強度型設計法に対応した付着割裂強度の評価に関する研究が必要とされている。

以上のことから、本研究では高強度鉄筋コンクリート部材を対象に、重ね継手性能を実験により検討する。検討にあたっては付着割裂強度に着目し、実験データを定量的に評価することにより、重ね継手性能への各種要因の影響を適切に評価できる付着割裂強度算定式を開発する。対象部材は、重ね継手に関する基本的な性能を検討するため、外力として曲げモーメントを受け鉄筋に引張応力が生じる梁部材や床スラブとする。曲げせん断力とともに軸力が作用している柱部材や面内せん断応力を受けるような壁部材は継手部の応力状態が複雑であり、本研究では検討対象外とする。

1. 2 研究の背景

1. 2. 1 鉄筋と継手の歴史

鉄筋コンクリート構造物がわが国で施工されるようになったのは明治末頃であり、その当時の鉄筋は丸鋼であるが、大正時代になるとアメリカ製の異形鉄筋が広く用いられるようになった。鉄筋継手としては図-1に示す重ね継手、クリップ式重ね継手、ガスパイプ継手、フック引っ掛け継手等が使用されていた^{2) 3)}。

大正12年の関東大地震により、アメリカ製の異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリート構造物が多数倒壊した。この原因としては施工不良や鉄筋自体の付着性能の悪さなどが考えられるが、鉄筋の端にフック

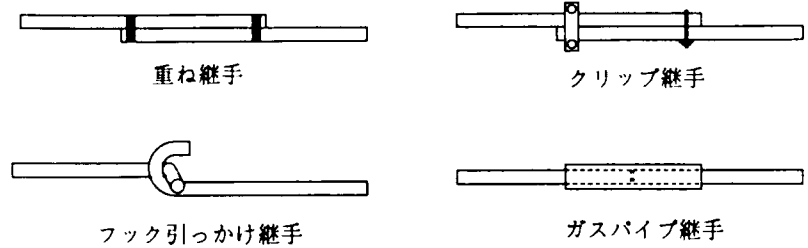


図-1. 1 明治末の鉄筋継手

ックを設けていないためスリップが起りやすく、また、付着力が小さい鉄筋断面であるという震害調査報告が出され⁴⁾、以後昭和28年頃まで異形鉄筋が用いられない状況になった。アメリカではその後も異形鉄筋が使用され、第2時大戦中に鉄筋コンクリート船の開発にからみ膨大な研究が行われ、付着性能が格段に向上した異形鉄筋が開発された⁵⁾。戦後、日本でもアメリカ軍の発注による建物や輸出の要求があり、昭和24年にはこの新しい異形鉄筋が造られるようになった。昭和26年から異形鉄筋の試作や規格の検討が行われ⁶⁾、昭和28年に日本工業規格「JIS G 3110異形丸鋼」が制定され、さらに、同年には異形鉄筋を用いる時の設計指針ともいべき建設省告示第1467号が公示された。この告示は昭和34年の建築基準法施工令の改正時に第73条（フックの不要）と第91条（付着許容応力度）に条文化された⁷⁾。

昭和20年代の鉄筋継手としては、重ね継手、管を用いる継手、溶接継手、鉄筋端にネジを切った図-2のターンバックルやスリーブナットを用いる継手が紹介されている⁸⁾。重ね継手は鉄筋径の30倍以上の長さに重ね合わせ、端部にフックを用い、2か所以上を鋼線でしばりつけるとされている。鋼管を用いる継手は24mm以上の圧縮鉄筋の突き合わせ継手に用いられた。

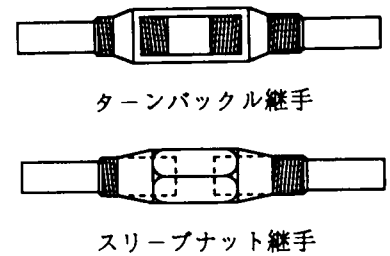


図-1. 2 ねじ継手

ガス圧接継手を使用されるようになったのは比較的新しく、昭和26年に大井らがアメリカで鉄道レールの継手工法として開発されたガス圧接継手の技術を鉄筋継手に応用した研究を報告した⁹⁾以降のことと考えられる。昭和30年には鉄筋コンクリートの参考書にガス圧接継手が紹介されており¹⁰⁾、昭和32年には建設省営繕局の「建築工事共通仕様書」にガス圧接継手の仕様が記述された。その後、昭和37年に日本建築学会から「溶接工作規準・同解説Ⅲ. ガス圧接継手」が出され、昭和38年には日本圧接協会が設立されている。また、ガス圧接継手の安全性は、法規上は昭和32年の福岡県建築部建築課長から建設省住宅局宛の紹介と回答（住指受第76号）で確認されている¹¹⁾。

明治末のクリップ式重ね継手やガスパイプ継手、昭和初めのターンバックルやスリーブナット継手も機械的継手の一種とも考えられる。しかしながら、今日普及しているような

ネジ継手、圧着継手、充填継手等の機械的継手は、近年の鉄筋コンクリート構造物の高層化・大型化に伴い、高強度でかつ太径の鉄筋が使用されるようになったこと、さらに、施工の合理化のためプレキャストコンクリート工法が行われるようになったこと等から開発されたものであり、図-3に示すように各種継手が提案されている。機械的継手に関する最初の規準は昭和58年に出された建設省通達「特殊な鉄筋継手の取り扱いについて」中の「鉄筋継手性能判定基準」である。なお、この基準は平成3年に改定（建設省住指発第31号）されている¹¹⁾。

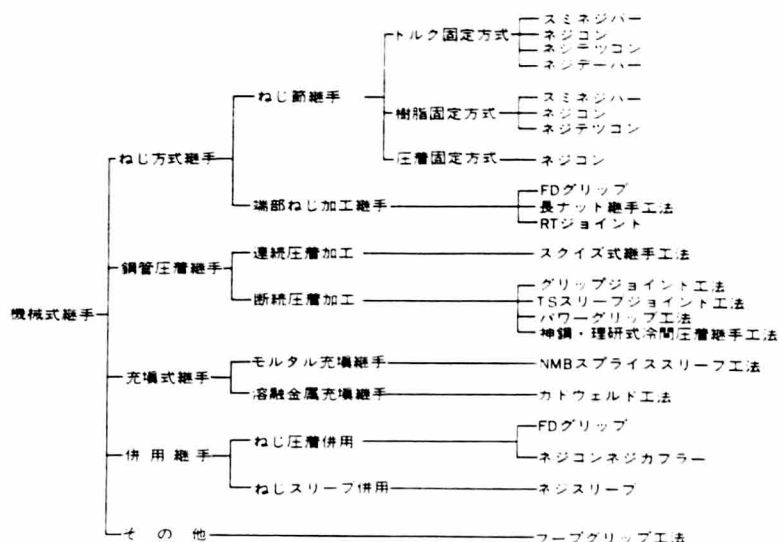


図-1. 3 各種機械的継手

特殊な鉄筋継手の取り扱いについて」中の「鉄筋継手性能判定基準」である。なお、この基準は平成3年に改定（建設省住指発第31号）されている¹¹⁾。

溶接継手は昭和20年頃には使用されており、昭和25年の建築基準法施工令第73条 2項において溶接が継手として示されており、昭和46年のRC規準の第5次改定でアーク溶接継手の使用がふれられている。ただし、溶接継手の用語が法的に定義されたのはごく最近のことであり、平成3年の建設省住指発第31号「特殊な鉄筋継手の取り扱いについて」の中で重ねアーク溶接継手以外の溶接継手として定義されている¹¹⁾。

鉄筋の強度としては、大正14年のJES 20号「構造用圧延鋼材」で降伏点2400kgf/cm²以上、引張強度3900kgf/cm²以上と定められ、昭和27年には普通丸鋼として降伏点3000kgf/cm²以上のものが登場した。昭和39年のJIS G 3112で降伏点5000kgf/cm²以上、引張強度6300kgf/cm²以上というSD50異形鉄筋が規定された。しかしながら、SD50鉄筋の実用化は遅れ、昭和60年代になって実用化に関する研究が報告されている¹²⁾。昭和63年からは超高強度鉄筋コンクリート構造物の開発をめざした建設省総プロNew RCが実施され、降伏点が7000kgf/cm²から13000kgf/cm²程度の高強度鉄筋が開発されている¹³⁾。

以上、鉄筋と鉄筋継手の歴史を簡単に述べたが、数多く開発された機械的継手の中ですでに製造されていない継手がいくつかあるものの、現在においても上記の継手工法は使用する鉄筋の種別、施工性、経済性等を勘案して適宜使用されている。現状の継手使用状況としては、重ね継手を除くとガス圧着継手が約96%、機械的継手が約3%、溶接継手が約1%の使用数量比であり、ガス圧着継手がD25鉄筋が中心でD32程度まで、機械的継手はD51鉄筋まで平均的に使用されているという調査報告がある¹⁴⁾。重ね継手は継手性能への信頼性に乏しいため、建築分野ではRC規準等で太径鉄筋での使用を原則として禁じており、細径鉄筋や応力の小さい床や壁筋の継手として使用される例が多い。しかしながら、その経済性や施工性から太径鉄筋においても重ね継手を使用しようという要望が高い。原子力発電所建屋という特殊な構造物であるが、著者も参加した電力共同研究^{15)・17)}の成果を受け、平成3年に日本建築学会の「建築工事標準仕様書・同解説JASS5N¹⁸⁾」の改定があり、D38までの太径鉄筋に重ね継手を使用できるようになった。土木構造物では鉄筋径の制限が無く、従来より太径鉄筋に重ね継手が用いられている。

1. 2. 2 重ね継手に関する国内基規準の変遷と現状

建築基準法施行令第73条において鉄筋コンクリート造の継手に関して右のように規定されている¹⁹⁾。つまり、施行令では重ね継手のみについて規定しており、継手は引張力の最も小さい部分に設けるとしながらも、重ね長さを40d (d:鉄筋径)以上とすればどこに設けてもよいとみなされる。また、法的には上端筋と下端筋の区別イモ(全数)継手とウマ(半数)継手の区別は規定されていない。

実際の鉄筋コンクリート構造物の設計施工は、建築物の場合日本建築学会の諸規準(RC規準, 鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説²⁰⁾, 建築工事標準仕様書・同解説JASS5²¹⁾)に従い、土木構造物の場合、土木学会の標準示方書²²⁾に従って行われていると考えられる。この中で例えばRC規準はこれまで10次の改定を経て今日に至っているが、鉄筋継手に関しては多少の改定(異形鉄筋の使用, 許容応力度の改定など)はあったものの、継手位置や重ね長さ等に関しては昭和8年の初版以降さほど変化していない。ちなみに、昭和8年の規準では継手に関して第38条で右に示すように規定している。また、昭和12年の第1次改定では継手位置の標準配筋図が示されているが、その継手位置は現行規準とほとんど差異が無い。昭和33年の規準は現行規準にかなり近い記述になっているが、現行規準が重ね長さを算定する式を記述しているのに対して、継手部の付着応力度を算定する式を記述している。また、最小限長さとともに常用長さも表に示しているが、継手に関しては最小限長さと同様に常用長さは同じ値が示されている。昭和46年の規準は鉄筋種別など細かい点異なるものの、現行規準とほとんど同じ記述であり、「直

表-1. 1 建築基準法施行令第73条

2. 主筋又は耐力壁の鉄筋(以下この項において「主筋等」という。)の継手は、構造部材における引張力の最も小さい部分に設け、継手の重ね長さは、主筋等の径の25倍以上としなければならない。ただし、主筋等の継手を引張力の最も小さい部分に設けることができない場合においては、その重ね長さを主筋等の径の40倍以上としなければならない。
5. 前各項の規定は、実験又は付着力を考慮した構造計算によって安全であることが確かめられた場合においては、適用しない。

表-1. 2 昭和8年RC規準

- 第38条 継手及定着
1. 鉄筋の継手は大なる応力の生ずる箇所を避くるものとす。且つ同一箇所に集中せざるものとす。
2. 主筋の継手の長さは主筋直径の25倍以上となし、2箇所以上に於て径0.85mm以上の針金にて結束するものとす。
但し径を異にする鉄筋の継手の長さに就ては其の小なる方の径によるものとす。
4. 異形鉄筋の場合には継手又は定着の長さを前2項の値の80%となすことを得。
5. 継手又は定着の長さには末端の屈曲部を加へざるものとす。

表-1. 3 RC規準の変遷

初版	昭和8年4月	6次改定	昭和50年8月
1次改定	昭和12年12月	7次改定	昭和54年11月
2次改定	昭和24年9月	8次改定	昭和57年6月
3次改定	昭和33年11月	9次改定	昭和63年7月
4次改定	昭和37年11月	10次改定	平成3年4月
5次改定	昭和46年5月		

径28mm以上の丸鋼またはD29以上の異形鉄筋においては、通常の場合は重ね継手を用いないものとする。」という規定が初めて示されている。継手の最小限長さは現行規準とほとんど同じ値が示されている。

構造設計法は許容応力度設計法から終局強度型設計法あるいは限界状態設計法へ移行しつつあり、建築物の場合、フレーム構造物を対象に「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説²³⁾」が出されている。この指針では付着設計に関して最新の研究成果を反映した付着強度式が示されている。しかしながら、継手に関しては“継手長さは、降伏機構保証設計時の応力に対して十分な値とする。配筋詳細は、日本建築学会「RC規準」、「JASS5」、「配筋指針」による。”と規定されており、許容応力度設計法であるRC規準に基づいて継手の設計を行うように規定している。また、RC規準では“鉄筋の継手は、部材応力ならびに鉄筋応力の小さい箇所に設けることを原則とする。”と規定されており、終局強度型耐震設計指針での“降伏機構保証設計時の応力に対して十分な値とする。”という規定と同様に規定自体が定量的でなく、不確かな表現であり、最新の研究成果も反映されていない。JASS5では、隣接鉄筋の継手のずらし方と継手位置の好ましい範囲が示されているが、プレキャストコンクリート工法や鉄筋先組工法等を行う場合には、鉄筋継手を応力の大きい部材端にイモ継手で設ける方が有利であり、また、梁の場合の好ましい継手位置は常時荷重時を想定しており、地震時のような短期荷重時には決して好ましい位置とは言えないという矛盾も含んでいる。従って、このような問題点を解決するには、終局強度型設計法に対応した継手強度に関する研究が今後必要と言える。

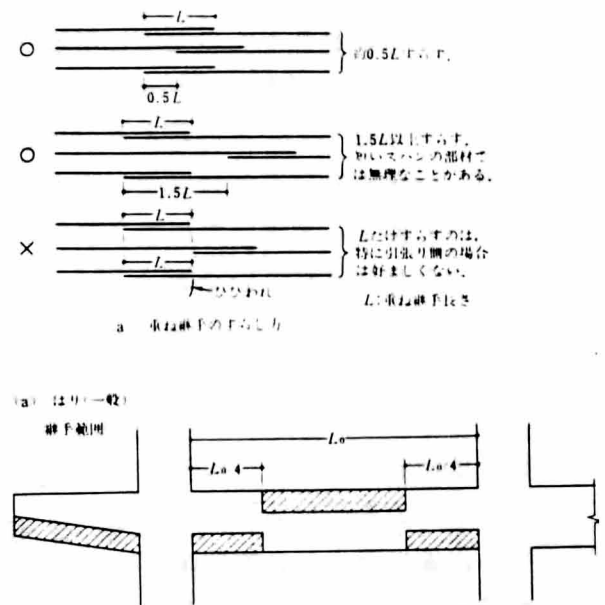


図-1.4 JASS5の継手規定

1.2.3 付着・定着に関する国内外設計規準の比較

国内の設計規準として日本建築学会RC規準と土木学会標準示方書、国外の設計規準としてアメリカのACI 318-89²⁴⁾、ニュージーランドのNZS 3101²⁵⁾、イギリスのBS 8110²⁶⁾、ドイツのDIN 1045²⁷⁾及びヨーロッパ規準であるCEB-FIP²⁸⁾を取り上げ、各設計規準における付着・定着に関する規定について、その規定内容の比較検討を行い、わが国の現行設計規準の位置づけを行う。

各設計規準に規定されている鉄筋とコンクリートの強度限界は表-1.4の通りである。わが国の場合、鉄筋種別としてJIS規格でSD490まで規定されているが、RC規準が対象としている鉄筋強度はSD390までである。示方書とCEBでは強度制限が規定されていないが、ひびわれ幅等の制限等から上限は決まってくるものと思われる。ACIとDINではわが国のSD490相当の鉄筋が適用上限であるが、NZSとBSはわが国とほぼ同じ鉄筋の強度上限と思われる。

コンクリート強度の上限については、ACI 318-89で約700kgf/cm²以上では定着長算定

式中の $\sqrt{f_c}$ の値を 7kgf/cm^2 とすると規定されている。他の規準では明確な制限は規定されていないが、設計で対象としているコンクリート強度は表-1.4の通りである。

表-1.4 鉄筋及びコンクリート強度の限界値

	RC規準	示方書	ACI	NZS	BS	DIN	CEB
鉄筋	SD390	規定なし	5625	415	460	5000	規定なし
コンクリート	360 kgf/cm ²	500 kgf/cm ²	700 kgf/cm ²	55 MPa	60 MPa	550 kgf/cm ²	50M MPa

規準に規定されている定着長の算定式に関して、わが国の場合、RC規準と示方書では鉄筋力を許容付着応力度で除して算定する形であり、BS, DIN, CEBも同様であるが、ACIとNZSでは鉄筋径をコンクリート強度の平方根で除して算定する形である。付着割裂強度は数多くの要因に影響されるが、各算定式ともそのすべてを考慮しているわけではなく、各算定式で考慮している要因は表-1.5の通りであり、NZSが最も多くの要因を考慮していると言える。RC規準では横補強筋を考慮していないが、「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説」ではかぶり厚さ、鉄筋間隔、横補強筋量を考慮する算定式が規定されている。

各規準で示されている定着長の算定式を用いて各種鉄筋の定着長を算定し、表-1.6に示す。ここで、算定断面としては、一般部での引張力を受ける異形鉄筋の直線定着とし鉄筋間隔を $5d_b$ (d_b :鉄筋径)以上と仮定した。表に示す結果より、次のことが言える。

- いずれの規準でも鉄筋径に比例して定着長が増すという傾向は見られない。
- コンクリート強度が高くなるほど定着長が短くなるが、RC規準, ACI, NZSでは細径鉄筋の場合、定着長に限界を設けているので、コンクリート強度に関わらず一定となる。

表-1.5 定着長算定式で考慮している要因

	RC規準	標準示方書	ACI 318-83	NZS 3101	BS 8110	DIN 1045	DIN 1045
鉄筋強度	○	○	○	○	○	○	○
コンクリート強度	○	○	○	○	○	○	○
鉄筋径	○	○	○	○	○	○	○
鉄筋種別*1	○				○	○	○
鉄筋位置*2	○	○	○	○		○	
応力部位*3	○	○	○	○	○		○
鉄筋間隔			○	○			○
鉄筋量*4		○		○			
横筋量*5			○	○	○	○	○
定着タイプ*6	○	○	○	○	○	○	○
かぶり	△	○		○			

*1 鉄筋種別 : 鉄筋の表面形状

*2 鉄筋位置 : 上端筋等の条件

*3 応力部位 : 引張力と圧縮力を受ける部位

*4 鉄筋量 : 計算上必要な曲げ鉄筋量と実際の鉄筋量の比

*5 横筋量 : 横筋の断面積, 強度ピッチの条件

*6 定着タイプ: 直線, U形, L形, ループ等の末端定着形式

表-1.6 算定定着長の比較 ($\times d_b$ (d_b : 鉄筋径))

規 準	コンクリート 強 度	SD35				SD40				SD50			
		D10	D19	D29	D38	D10	D19	D29	D38	D10	D19	D29	D38
RC 規 準	F _c 240	26.9	38.1	37.3	37.9	30.7	43.6	42.6	43.3	38.4	54.5	53.2	54.1
	F _c 300	24.4	34.6	33.8	34.3	27.8	39.5	38.6	39.2	34.8	49.4	48.2	49.0
	F _c 360	22.3	31.6	30.9	31.4	25.4	36.1	35.3	35.8	31.8	45.1	44.1	44.8
標準 示方書	F _c 240	40	—	—	40	45	—	—	45	57	—	—	57
	F _c 300	34	—	—	34	39	—	—	39	49	—	—	49
	F _c 360	30	—	—	30	35	—	—	35	43	—	—	43
ACI	F _c 240	30.5	20.2	24.7	23.2	30.5	23.1	34.0	36.8	31.3	33.4	49.1	53.2
	F _c 300	30.5	20.0	26.6	28.8	30.5	22.9	30.4	32.9	31.3	33.1	43.9	47.6
	F _c 360	30.5	20.0	24.3	26.3	30.5	22.9	27.7	30.1	31.3	33.1	40.1	43.4
NZS	F _c 240	30	24.9	43.3	58.7	30	28.5	49.4	67.0	30	35.6	62.0	83.7
	F _c 300	30	24.9	38.7	52.5	30	28.5	44.2	59.9	30	35.6	55.3	74.9
	F _c 360	30	24.9	35.3	47.9	30	28.5	40.4	54.7	30	35.6	50.5	68.4
BS	F _c 240	32.0	35.9	34.4	35.6	36.6	41.0	39.4	40.7	45.7	51.2	49.2	50.9
	F _c 300	28.6	32.0	30.8	31.8	32.7	36.6	35.1	36.4	40.9	45.8	43.9	45.4
	F _c 360	26.1	29.2	28.1	39.0	29.8	33.4	32.1	33.2	37.3	41.8	40.1	41.5
DIN	F _c 240	27.2	—	—	27.2	31.1	—	—	31.1	38.9	—	—	38.9
	F _c 300	/	—	—	/	/	—	—	/	/	—	—	/
	F _c 360	22.3	—	—	22.3	25.4	—	—	25.4	31.8	—	—	31.8
CEB	F _c 240	30.6	—	—	30.6	35.0	—	—	35.0	43.8	—	—	43.8
	F _c 300	26.8	—	—	26.8	30.6	—	—	30.6	38.3	—	—	38.3
	F _c 360	23.8	—	—	23.8	27.2	—	—	27.2	34.0	—	—	34.0

1. 2. 4 重ね継手に関する国内外設計規準の比較

日本建築学会RC規準、土木学会標準示方書、アメリカのACI 318-83、ニュージーランドのNZS 3101、イギリスのBS 8110、ドイツのDIN 1045及びCEB-FIPにおける重ね継手に関する規定を、一般事項、引張継手、圧縮継手の項に分けて比較した結果を表-1. 7に示す。各種規準について共通点と相違点は以下の通りである。

a. 一般事項

使用鉄筋の径に関する制限としては、RC規準の場合、D29以上の太径鉄筋において重ね継手を用いないものと規定しており、ACIでは異なった径の圧縮継手と圧縮のみを受ける基礎での継手を除いて、#11 (35.8mm) より太い鉄筋に重ね継手を用いてはならないと規定している。また、NZSも同様に35mmより太い鉄筋での重ね継手の使用を禁じている。しかしながら、他の規準では制限は設けられていない。

継手の集中度に関しては、標準示方書、BS 8110、CEBにおいて隣接継手位置を互い違いに設けるものと規定している。わが国の建築物に関しては、RC規準には集中度が規定されていないが、標準仕様書であるJASS 5において好ましい継手の配置として隣接継手位置を互い違いに設ける配筋法が2例紹介されている。

継手位置に関しては、RC規準、標準示方書、BS 8110、CEBにおいて高応力部位を避けるように規定されている。

b. 引張継手

引張力を受ける場合の重ね継手の重ね長さに関しては、各規準とも重ねられた2本の鉄筋の所定応力を伝達するのに必要とされる長さを確保することを原則として算定式を定めている。従って、重ね長さはいずれの規準でも定着長さの倍数で表しており、RC規準とNZSが定着長そのものを採用している以外は、種々の条件で定着長を割増す形式となっている。

c. 圧縮継手

圧縮力を受ける部材中の重ね継手の重ね長さは、各規準とも引張重ね継手の場合より短く規定しており、ACI 318-89とNZSでは鉄筋応力とコンクリート強度の影響を考慮する形となっている。

d. その他

継手部の横補強筋に関しては、標準示方書、BS 8110、DINにおいて横補強筋の必要性が示されており、BS 8110では横補強筋の径とピッチに関する制限も規定されている。ACI 318-89では柱部材に関して重ね継手が規定されている。

わが国のRC規準は、継手に関してACI規準を参考に作成したようであり、全体的には良く似た内容となっている。しかしながら、初版からあまり見直しがされていないため、各国の規準に比べ幾分保守的な規定のように思われる。特に横補強筋の規定は無いので、今後改定に際しては考慮すべきである。太径鉄筋での重ね継手の制限は、RC規準の場合鉄筋径にかかわらずかぶり厚さを一定に規定していることに原因がある。従って、重ね継手の場合にはかぶり厚さを鉄筋径の倍数で規定する等の対策をすれば、太径鉄筋でも重ね継手を使用できるのではないかと考えられる。

表-1. 7a 重ね継手に関する国内外規準の比較1

建築学会RC基準	土木学会標準示方書	ACI 318 - 83	ACI 318 89																																																											
<p>一般事項</p> <p>(1) 鉄筋の継手は、部材応力ならびに鉄筋応力の小さい箇所に設けることを原則とする。</p> <p>(2) 直径が28mm以上の丸鋼またはD29以上の異形鉄筋においては、通常の場合は重ね継手を用いないものとする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手の重ね長さは次式により算定。</p> $l \geq \frac{\sigma_t \cdot a}{f_a \cdot \phi} \dots\dots (1)$ <p>l : 重ね長さ。フックを設けるときは、フックを除いた長さとする。 σ_t : 継手部分の鉄筋の最大存在応力度。その他の2/3倍とすることができる。 a : 鉄筋の断面積 f_a : 許容付着応力度。上ば筋に対する値を用いる。 ϕ : 鉄筋の周長</p> <p>(2) 継手の最小限長さ</p> <table border="1" data-bbox="241 790 667 1141"> <thead> <tr> <th rowspan="2">F_c フック 鉄筋</th> <th colspan="2">F_c ≤ 250kg/cm²</th> <th colspan="2">250kg/cm² < F_c</th> </tr> <tr> <th>無</th> <th>有</th> <th>無</th> <th>有</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SR24</td> <td>—</td> <td>25d</td> <td>—</td> <td>20d</td> </tr> <tr> <td>SR R24</td> <td>—</td> <td>25d</td> <td>—</td> <td>20d</td> </tr> <tr> <td>SR30</td> <td>—</td> <td>30d</td> <td>—</td> <td>25d</td> </tr> <tr> <td>SD R24</td> <td>20d</td> <td>15d</td> <td>15d</td> <td>10d</td> </tr> <tr> <td>SD30</td> <td>25d</td> <td>20d</td> <td>20d</td> <td>15d</td> </tr> <tr> <td>SD35</td> <td>30d</td> <td>20d</td> <td>25d</td> <td>15d</td> </tr> <tr> <td>SD40</td> <td>35d</td> <td>25d</td> <td>30d</td> <td>20d</td> </tr> </tbody> </table> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 鉄筋の応力が圧縮の場合には、f_aの値を1.5倍まで割増しすることができる。</p>	F _c フック 鉄筋	F _c ≤ 250kg/cm ²		250kg/cm ² < F _c		無	有	無	有	SR24	—	25d	—	20d	SR R24	—	25d	—	20d	SR30	—	30d	—	25d	SD R24	20d	15d	15d	10d	SD30	25d	20d	20d	15d	SD35	30d	20d	25d	15d	SD40	35d	25d	30d	20d	<p>一般事項</p> <p>(1) 鉄筋の継手は、鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置等に応じて適切な継手を選ばなければならない。</p> <p>(2) 鉄筋の継手位置および継手方法は、設計図に示すのを原則とする。</p> <p>(3) 鉄筋の継手位置は相互にずらし、一断面に集めてはならない。 また、応力の大きい部分では、鉄筋の継手を、できるだけ避けなければならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手重ね長さは次式により算定</p> <p>(a) 鉄筋量が計算鉄筋量の2倍以上かつ同一断面の継手の割合が1/2以下の場合</p> $l \geq ld = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \frac{f_y d}{4 f_{b0d}} \phi$ <p>l : 重ね長さ。 ld : 基本定着長さ。 $f_y d$: 鉄筋の許容引張応力度。 f_{b0d} : コンクリートの許容付着応力度。 ϕ : 鉄筋直径。 α_1 : 鉄筋の応力種別による定数。 α_2 : 鉄筋位置による係数。 α_3 : 横筋とかぶりによる係数。</p> <p>(b) (a)の条件のうち一方が満足されない場合 $l \geq 1.3 ld$ $l \geq 1.7 ld$</p> <p>(c) (a)の条件のうち両方が満足されない場合 $l \geq 1.7 ld$</p> <p>(d) 低サイクル疲労を受ける場合 $l \geq 1.7 ld$</p> <p>(2) 継手最小限長さは20φ。 (3) (b)と(c)の場合は継手部を、横方向鉄筋により補強しなければならない。(d)の場合はらせん鉄筋により補強しなければならない。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 設計図または仕様書に規定されているか、工事監理者が許可した時以外設けてはならない。</p> <p>(2) #11 (35.81φ) より太い鉄筋に重ね継手を用いてはならない。(例外あり)</p> <p>(3) 曲げ部材におけるあき重ね継手の鉄筋間のあきは、規定重ね継手長さの1/5以上、あるいは、150mm以上であってはならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、以下の通りとする。 また、300mm以上とする。 A級継手 ... 1.0 ld B級継手 ... 1.3 ld C級継手 ... 1.7 ld ld : 降伏強度 f_y に対する定着長さ (in)</p> <p>(2) 引張力を受ける異形鉄筋の重ね継手は下表に従わなければならない。</p> <table border="1" data-bbox="1205 638 1630 845"> <thead> <tr> <th rowspan="2">実際の鉄筋量*</th> <th colspan="3">規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)</th> </tr> <tr> <th>50</th> <th>75</th> <th>100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2以上</td> <td>A級</td> <td>A級</td> <td>B級</td> </tr> <tr> <td>2未満</td> <td>B級</td> <td>C級</td> <td>C級</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 継手位置で解折うえ必要な鉄筋断面</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは圧縮定着長さとする。ただし、 $f_y > 400 \text{ MPa}$ $l \geq 0.07 f_y d_s$ $l \geq (0.13 f_y - 24) d_s$ $l \geq 300 \text{ mm}$ $f_c' \leq 21 \text{ MPa}$ 1/3割増しをする。</p>	実際の鉄筋量*	規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)			50	75	100	2以上	A級	A級	B級	2未満	B級	C級	C級	<p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、以下の通りとする。 また、300mm以上とする。 A級継手 ... 1.0 ld B級継手 ... 1.3 ld</p> <p>A級継手は鉄筋断面積が解折に必要な量の2倍以上で鉄筋の1/2以下が継がれる場合B級継手は上記以外</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、 $f_y \leq 414 \text{ MPa}$ $l > 0.07 f_y d_s \geq 300 \text{ mm}$ $f_y > 414 \text{ MPa}$ $l > (0.13 f_y - 24) d_s \geq 300 \text{ mm}$</p> <p>(2) $f_c \leq 21 \text{ MPa}$ では1/3割増しをする。</p> <p>柱継手</p> <p>(1) 0.5 f_y 以下の引張り応力を受け、鉄筋の1/2以上が継がれる場合B級継手とする。鉄筋の1/2以下が継がれ、互いに重ね長さが互いに違いにされる場合A級継手とする。</p> <p>(2) 0.5 f_y より大きい引張り応力を受ける場合B級継手とする。</p>
F _c フック 鉄筋		F _c ≤ 250kg/cm ²		250kg/cm ² < F _c																																																										
	無	有	無	有																																																										
SR24	—	25d	—	20d																																																										
SR R24	—	25d	—	20d																																																										
SR30	—	30d	—	25d																																																										
SD R24	20d	15d	15d	10d																																																										
SD30	25d	20d	20d	15d																																																										
SD35	30d	20d	25d	15d																																																										
SD40	35d	25d	30d	20d																																																										
実際の鉄筋量*	規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)																																																													
	50	75	100																																																											
2以上	A級	A級	B級																																																											
2未満	B級	C級	C級																																																											

表-1. 7b 重ね継手に関する国内外規準の比較II

NZS 3101	BS 8110	DIN 1045	CEB-FIP																																																						
<p>一般事項</p> <p>(1) 設計図または仕様書に規定されているか、工事監理者が許可した時以外設けてはならない。</p> <p>(2) 35mmより太い鉄筋に重ね継手を用いてはならない。</p> <p>(3) 曲げ部材におけるあき重ね継手の鉄筋間のあきは、規定重ね継手長さの1/5以上、あるいは、150mm以上であってはならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、引張力を受ける場合の付着長さl_dとする。</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは圧縮力を受ける場合の付着長さl_dとする。 $f_y < 415\text{MPa}$ $l > 0.073 f_y d_s \geq 300$ $f_y \geq 415\text{MPa}$ $l < (0.13 f_y - 24) d_s \geq 300$</p> <p>(2) $f_y < 20\text{MPa}$の場合重ね長さを1/3割増す。</p> <p>(3) 継手部に3本以上の横筋があり、$A_{sv}/S > A_b/1000$の場合重ね長さを0.8倍してよい。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 応力を伝える鉄筋の連結は重ね継手、溶接あるいは機械的方法による継手によってよいが、できれば高応力の点をさけ、互い違いに設けるのがよい。</p> <p>(2) 鉄筋径が20mmをこえ、かぶり厚さが鉄筋径の1.5倍をこえない場合、継手全長にわたって横筋を配筋する。横筋の径は鉄筋径の1/4以上で、ピッチは200mm以下とする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 重ね長さは、設計引張り定着長さとする。</p> <p>a) 上端筋でかぶり厚さが$2d_s$以下 $\dots 1.4$倍</p> <p>b) 隅筋でかぶり厚さが$2d_s$以下か鉄筋間隔が75mmまたは$6d_s$ $\dots 1.4$倍</p> <p>c) a)かつb)の場合 $\dots 2.0$倍</p> <p>(2) 最小重ね長さは、鉄筋径の15倍かつ300mm以上とする。</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは、圧縮定着長さより、25%以上大きくする。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 重ね継手は、フックなし、Uフックつき、Lフックつき、ループ筋、そして、例えば溶接金網のようにフックなしで横筋に溶接されたものについて行える。</p> <p>(2) 丸鋼又はインデント鉄筋の場合には、フックなしおよびLフックつきの重ね継手は許されない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手の重ね長さは次式により算定。 $l_{\ddot{u}} = \alpha_{\ddot{u}} \cdot l_1$ $l_{\ddot{u}}$: 重ね長さ $\alpha_{\ddot{u}}$: 係数(常に1以上) l_1: 定着長さ(鉄筋径に比例)</p> <p>(2) 定数$\alpha_{\ddot{u}}$は下表による。</p> <table border="1" data-bbox="1176 534 1624 829"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">継手の全鉄筋に対する割合</th> <th rowspan="2">横方向筋</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td rowspan="2">I</td> <td><16</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td rowspan="2">1.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>≥ 16</td> <td>1.4</td> <td>1.8</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>II</td> <td colspan="4">領域Iの値の75%</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>3列~5列の係数$\alpha_{\ddot{u}}$は、継手の横方向間隔が$10d_s$以上の場合と表面からの距離が$5d_s$以上の場合には0.7倍としてよい。</p> <p>(3) 最小限長さ $l_{\ddot{u}} \geq 20\text{cm}$ 全鉄筋に対して $\geq 15d_s$ フックなしの場合 $\geq 1.5d_{br}$ Uフック、Lフック、ループ筋 d_{br}: 曲げ直径</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは基本定着長さl_1以上とする。</p> <p>(2) Uフック、Lフックおよびループ筋とした場合でも重ね長さを減じてはならない。</p>		継手の全鉄筋に対する割合					横方向筋	1	2	3	4	5	1	I	<16	1.2	1.4	1.6	1.0	2	≥ 16	1.4	1.8	2.2	3	II	領域Iの値の75%				1.0	<p>一般事項</p> <p>(1) 継手のはなれは、4ϕ以下とする。</p> <p>(2) 重ね継手は互い違いにし、高応力の点をさけるべきである。</p> <p>(3) 溶接した重ね継手の横間隔は、2ϕかつ20mm以上とし、重ね方向距離は$1.5l_1$以上とする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 重ね長さは次式による $l_{net} \geq \alpha_1 l_{net} \geq l_{omin}$ $l_{net} = \alpha l_b \frac{A_{scat}}{A_{ser}}$ $l_{omin} = 0.3 \alpha \alpha_1, l_b \geq 15\phi \geq 200\text{mm}$ $l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{sd}}$</p> <p>(2) α_1は下表による</p> <table border="1" data-bbox="1668 702 2128 909"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">継手筋の割合</th> </tr> <tr> <th>20%</th> <th>25%</th> <th>33%</th> <th>40%</th> <th>50%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$a \leq 10\phi$かつ $b \leq 5\phi$</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>$a > 10\phi$かつ $b > 5\phi$</td> <td>1.0</td> <td>1.1</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは、基本定着長さl_b以上とする。</p>		継手筋の割合					20%	25%	33%	40%	50%	$a \leq 10\phi$ かつ $b \leq 5\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$a > 10\phi$ かつ $b > 5\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
	継手の全鉄筋に対する割合					横方向筋																																																			
	1	2	3	4	5																																																				
1	I	<16	1.2	1.4	1.6	1.0																																																			
2		≥ 16	1.4	1.8	2.2																																																				
3	II	領域Iの値の75%				1.0																																																			
	継手筋の割合																																																								
	20%	25%	33%	40%	50%																																																				
$a \leq 10\phi$ かつ $b \leq 5\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0																																																				
$a > 10\phi$ かつ $b > 5\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4																																																				

1. 3 既往の研究

1. 3. 1 実験の概要

重ね継手は各種継手工法の中で最も古くから使用されている継手であり、従って、重ね継手に関する研究も古くより数多く行われている。そこで、これらの既往研究について整理検討し、重ね継手性能に関する現状の知見をまとめた。

調査した論文は、国内においては昭和27年より昭和63年までに各種学協会 of 論文集に発表された重ね継手に関する論文153編を対象とした。論文の中には、特殊な形状の鉄筋を用いた実験や、LNGタンク等を想定した極低温下での実験などがあったが、ここではD10以上のJIS規格の形状を有する異形鉄筋を使用し、一般的な環境下で実験が行われている研究のうち、試験体条件や実験結果が明示されている論文を用いて検討を行った。試験体数は667体である。国外においても重ね継手に関する研究は数多く行われているが、調査できた論文は数少なく29編であり、これらの論文のうち実験を扱ったものは11編、そして試験体条件と実験結果を示している論文は6編であった。試験体の数は394体である。

図-1. 5には国内実験データについて対象部材および加力方法別の試験体数を示す。実験は、はり部材の引張り重ね継手を対象とした純曲げ実験や両引実験がほとんどであり、はりや柱部材等を対象とした曲げせん断実験、耐震壁を対象とした面内せん断実験は最近になって行われたものの、試験体数はわずかである。加力履歴としては、純曲げ実験と両引実験の試験体の半数ほどが単調載加であった。終局強度設計法では、強度だけでなく塑性域での変形性能等に関するデータも必要であり、各種応力場での継手を有する部材の変形性能等の把握を目的とした繰り返し載荷実験を行う必要があると考えられる。国外の実験はそのほとんどが曲げ実験であり、8体のみ曲げせん断実験であった。

図-1. 6には国内実験で取り上げている各種要因と文献数の関係を示す。継手の基本的な構造特性を把握すべく検討された要因としては重ね長さが最も多い。ついで多いのは継手有無の比較である。継手の補強を検討した文献の中では、横補強筋比の影響を検討した例が多い。継手性能に影響を及ぼすと考えられる要因は数多くあるが、検討された要因は偏っており、かぶり厚さや鉄筋間隔、応力状態や継手位置、さらに、材料強度や鉄筋径等の要因についても、今後より詳細な検討が必要と考えられる。

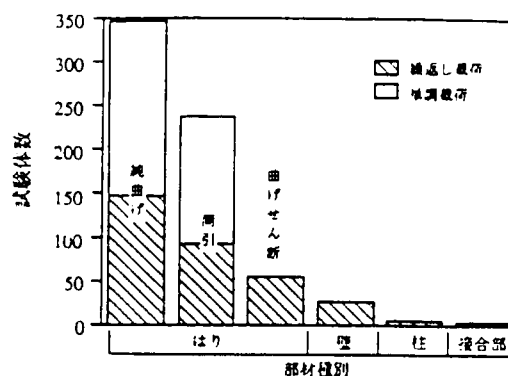


図-1. 5 部材と加力別の試験体数

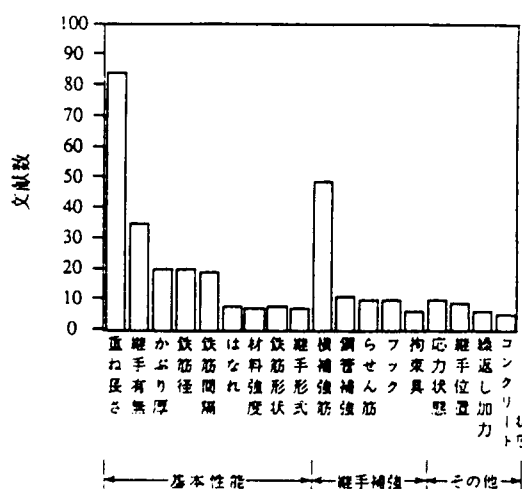


図-1. 6 検討要因と文献数

1. 3. 2 実験結果の概要

重ね継手は鉄筋とコンクリートとの付着により継手としての一体化を図るメカニズムであり、その継手性能は種々の要因の影響を受ける。既往実験のほとんどは継手耐力の確認的なものであるが、それらの実験から得られている要因の影響に関する知見は概略以下の通りである。

・かぶり厚さと鉄筋ピッチ

かぶりコンクリートは継手耐力や破壊性状に影響を及ぼし²⁹⁾、特に太径鉄筋の場合には十分なかぶり厚さが必要であるという報告がある³⁰⁾。かぶり厚さの必要量に関しては鉄筋径以上必要という報告がある³¹⁾ものの、定かにはされていない。鉄筋ピッチに関しては、ピッチが込みあっているほど耐力が低下し、脆性破壊しやすく、コンクリートの充填度も悪くなるという報告がある³²⁾。また、鉄筋表面間距離とかぶり厚さは互いに関連する要因であり、その比により重ね継手の破壊パターンが3タイプに区別されるという報告がある³³⁾。

・コンクリート強度

重ね長さが短いほどコンクリート強度の影響を受けやすく、強度が倍になると継手強度が3～4割ほど増加するという報告がある³⁴⁾が、強度の影響はなかったという報告もあり³⁵⁾、定かではない。

・鉄筋径

鉄筋径が太くなるほど付着強度が低下し、必要重ね長さを大きくする必要があるという報告がある³⁶⁾。また、鉄筋径が太くなるほどひびわれ幅が大きくなり、鉄筋に沿った縦ひびわれが発生しやすくなるという報告もある³⁷⁾。

・横補強筋

横補強筋量が多いほど付着強度が大きくなり³⁸⁾、降伏後の靱性能も増し、高応力繰り返しの場合でも耐力を保持できるという報告がある³⁹⁾。ただし、ある程度以上だと効果が無いという報告もある⁴⁰⁾。また、太径で広いピッチより細径で密なピッチにした方が有効であり⁴¹⁾、継手端、特に重ね長さの1/6の部分に集中すると継手強度とじん性の改善に効果があるという報告がある⁴²⁾。

・その他

継手筋のはなれに関して、はなれが鉄筋径の2倍程度ならば影響が無いが、4倍になると付着応力やひびわれ性状に問題が生じるという報告がある⁴³⁾。

地中壁のようにブリージングの影響を受けやすい場合に継手部の靱性能が低下し⁴⁴⁾上端筋ではコンクリートの打ち込みが悪いと耐力で11%、変形能で57%の低下が見られたという報告がある⁴⁵⁾。

疲労性に関して、鉄筋の集中度が大になるほど高サイクルの繰り返し荷重を受けた場合に割裂破壊を生じやすいという報告がある⁴⁶⁾。

せん断応力状態での重ね継手性能に関しては、せん断応力と鉄筋引張力の重ね合わせ効果により継手が早期に破壊するという現象は見られなかったという報告がある⁴⁷⁾。

以上、重ね継手性能への種々の要因の定性的な影響が報告されていることがわかったが、定量的な結果がほとんど報告されていないので、継手を設計するに必要な情報としてはデータが不足していると言える。

1. 4 本章のまとめと本論文の構成

1. 4. 1 本章のまとめ

本章の内容を要約すると以下の通りである。

- 1) 重ね継手は最も古くから使用されている継手工法である。わが国では、建築構造物の場合、RC規準等で太径鉄筋の重ね継手が原則的に禁じられている。従って、重ね継手は床スラブや壁などの比較的細い鉄筋の継手として使用されている。しかしながら、鉄筋先組工法等の普及に伴い、経済性や施工性が見直され、太径鉄筋においても重ね継手を使用したいという要望が高くなっている。
- 2) 構造設計法は許容応力度設計法から終局強度型設計法へと移行しつつあるが、建築構造物の場合、重ね継手の設計は許容応力度設計法であるRC規準によって行われている。重ね継手に関するRC規準の規定は昭和8年の初版以来多少の変更（異形鉄筋の使用、許容応力度の改定）があっただけである。
- 3) 鉄筋コンクリート構造物が高強度化しつつあるが、RC規準で対象としている鉄筋及びコンクリート強度の限界は、鉄筋の場合SD390、コンクリートの場合 360kgf/cm^2 である。アメリカのACI規準では、鉄筋の場合 5600kgf/cm^2 、コンクリートの場合 700kgf/cm^2 となっている。
- 4) 重ね継手の規定に関して、ACI規準とニュージーランドのNZS規準はわが国のRC規準と同様に太径鉄筋の重ね継手を禁じているが、他の規準では制限が設けられていない。
- 5) 重ね継手に関する実験が国内外で数多く行われている。国内の場合、実験は曲げ実験か両引実験で行われており、国外の場合は曲げ実験がほとんどである。数多くの要因について実験が行われているが、最も多く取り上げられている要因は重ね長さや横補強筋の影響である。実験の結果、重ね継手性能への各種要因の定性的な影響が報告されているが、定量的な検討は不足している。

重ね継手は最も古くから使用されている継手工法であり、現状では建築の場合、細径鉄筋の継手として使用されているが、建築物の高層化や鉄筋工事の合理化等の理由からより太径でより高強度の鉄筋にも重ね継手を適用したいという要望が高くなっている。しかしながら、我が国の現行設計規準は初版以降重ね継手に関してはほとんど変更されておらず、規定外の高強度太径鉄筋に重ね継手を使用する場合には実験等でその性能を確認する必要がある。重ね継手に関する研究は数多く行われているが、ほとんどが確認実験であり、継手性能への各種要因の影響について定性的な傾向が報告されているものの、定量的な評価が不十分だと言える。

このような背景から、本研究では、実験データが不足していると思われるコンクリート強度 800kgf/cm^2 程度までの高強度鉄筋コンクリート部材を対象に、その重ね継手性状を実験により明らかにし、実験データを定量的に検討することにより適切な継手強度算定式を導く。

1. 4. 2 本論文の構成

本研究では、曲げ部材のように外力により鉄筋が引張応力を受ける鉄筋コンクリート部材を対象とする。また、実験で対象とするコンクリート強度は圧縮強度 σ_c で800kgf/cm²までとする。研究の目的は以下の3点である。

- 重ね継手を有する部材の力学的性状を明らかにする。
- 重ね継手性能への各種要因の影響を定量的に明らかにする。
- 継手強度を適切に評価できる付着割裂強度算定式を開発する。

本論文の構成は以下の通りである。

第2章では、重ね継手部の応力状態を説明し、付着割裂強度評価の重要性を述べる。さらに、部材端降伏機構を想定する耐震設計では鉄筋降伏時において継手が破壊しないことを保証する必要があることを示す。また、既往の重ね継手実験について試験体概要と実験データの分析を行い、高強度でのデータが少なく、定量的検討が現状のデータでは不可能であることを述べる。

第3章では、高強度鉄筋コンクリート部材を対象に重ね継手性能への各種要因の影響を検討した曲げ実験と両引実験の結果を示す。重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材の力学的性状を検討するとともに、重ね継手性能へのコンクリート強度、鉄筋間隔、かぶり厚さ、継手筋のあき、鉄筋位置の影響を定量的に検討した結果を述べる。

第4章では、高強度鉄筋コンクリート部材を対象に重ね継手性能への横補強筋の拘束効果を検討した曲げ実験と両引実験の結果を示す。横補強筋の拘束状況を示すとともに、付着割裂強度と横補強筋量の関係を定量的に検討した結果を述べる。

第5章では、既往の付着割裂強度算定式の適応性について検討した結果を述べるとともに、高強度コンクリートレベルまでを対象に開発した付着割裂強度算定式を示す。付着割裂強度提案式が重ね継手強度への各種要因の影響を適切に評価できることを示し、既往の実験データを用いた検討結果より適合性が良いことを示す。

第6章では、近い将来に建築構造物でも使用される可能性の高い高強度太径鉄筋を対象に、重ね継手性能への各種要因の影響を実験により明らかにし、開発された付着割裂強度算定式が高強度太径鉄筋にも適用が可能であることを確かめる。

第7章では、各章の結論を総括的に述べ、今後の課題について言及する。

第2章 重ね継手の力学的性状

2.1 序

鉄筋コンクリート部材中の鉄筋は自重や種々の外力により引張りまたは圧縮応力状態となる。例えば、はり部材上端筋の端部は常時には引張応力状態であるが、地震力を受けた場合には圧縮応力状態となることがある。従って、重ね継手は鉄筋コンクリート部材中において引張応力を受ける場合、圧縮応力を受ける場合、あるいは、接合部内に重ね継手が位置する時には継手の一端が引張応力を受け、他端が圧縮応力を受ける場合等がある。引張応力を受ける場合、図-2.1に示すように異形鉄筋では鉄筋表面の節と周囲のコンクリートとの機械的なかみあいによる付着作用により継手強度が確保される。一方、圧縮応力を受ける場合には鉄筋表面の横節とコンクリートとの機械的なかみあいによる付着作用以外に鉄筋端面とコンクリートとの支圧作用によっても継手強度が確保され、後者の負担分がかなり大きいと考えられる。

従って、重ね継手として不利な応力状態としては鉄筋が引張応力を受ける場合であり、そのような応力状態での重ね継手性能を検討する必要があると言える。

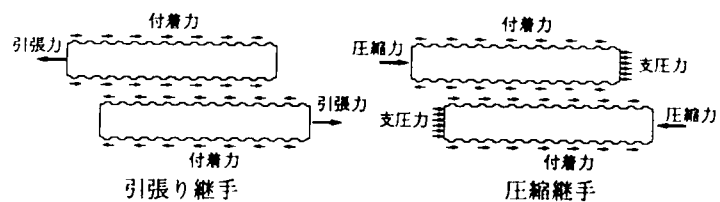


図-2.1 引張り継手と圧縮継手

重ね継手を有する部材は継手部に過大な応力が生じた場合、かぶりコンクリートが比較的薄い部材では鉄筋に沿ってコンクリートが割裂し、急激に耐力を失う極めてぜい性的な付着割裂破壊を生じることがある。従って、鉄筋に重ね継手を設ける場合には割裂破壊時の継手強度を含めた継手性状を把握しておく必要があり、これまで数多くの重ね継手に関する実験的研究が行われている。

本章では、重ね継手強度の評価に関する考え方を示すとともに、重ね継手に関する既往の実験により得られたデータを分析する。これより、既往研究で明らかとなっている知見を整理し、不足していると考えられる要因について報告する。

2.2 重ね継手強度の評価について

重ね継手は鉄筋とコンクリートとの付着作用の仲介により一方の鉄筋から他方の鉄筋へと応力が伝達されると説明されている¹⁾。継手部では、鉄筋に生じた応力がコンクリートに伝達され、さらに、他の鉄筋へと伝達されているように見えるが、むしろ、それぞれの鉄筋が重ね継手部でコンクリートに定着されていることにより、あたかも継手部で接合されているような作用をしていると考えた方がよい。従って、重ね継手は鉄筋の定着と同じであると考えられる。現在、鉄筋コンクリート構造物のほとんどは主筋に異形鉄筋を使用しているが、異形鉄筋の場合、丸鋼の場合のような接着力による付着作用も存在するが、その力は小さいため、付着力の大部分は鉄筋表面の節とコンクリートとの機械的なかみあいによるものと考えられる。重ね継手筋に引張応力が生じる

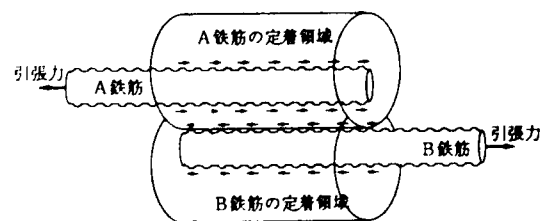


図-2.2 継手筋の定着状況

と、継手筋は周囲のコンクリートに対して滑り出そうとするが、鉄筋表面の節が周囲のコンクリートと噛み合っただけで滑りが抑制される。この噛み合い作用により図-2.3に示すように鉄筋の節から周囲のコンクリートへ放射状に斜め方向の支圧力が生じる。この支圧力を鉄筋軸に平行な成分と直交する成分に分けた場合、軸方向の成分が付着力に相当し、軸に直交する成分は周囲のコンクリートを押し広げようとする割裂応力に相当する。鉄筋に生じる応力が大きくなると付着力も大きくなるが、同時に割裂応力も増大する。この直交成分は継手筋周囲のコンクリートを押し広げようとし、その結果、周囲のコンクリートには鉄筋軸に対し円周方向に引張り応力（リングテンション）が生じる。コンクリートは引張りに弱いため、リングテンションが大きくなりコンクリートの割裂強度を越えるとひびわれが生じる。このひびわれは鉄筋に沿

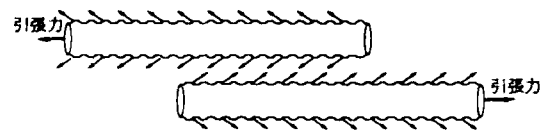


図-2.3 継手部の応力状態

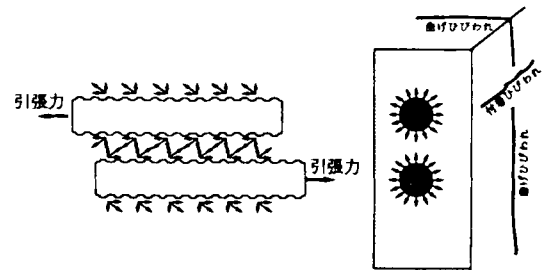


図-2.4 放射応力とひびわれ



図-2.5 付着割裂破壊タイプ

って生じ、曲げひびわれに対し、付着ひびわれと称する。継手筋の場合、継手端部の付着応力が大きいため、付着ひびわれは最初端部に発生し、鉄筋応力の増大に伴って徐々に継手内部へと進展する。重ね継手部全域にわたって付着ひびわれが生じると、かぶりコンクリートが押し広げられ、継手筋が滑り出し、急激に耐力が低下する。このような破壊を付着割裂破壊と称する。定着鉄筋も継手筋とほぼ等しい応力状態であり、かぶりコンクリートが薄い場合には付着割裂破壊が生じることがある。付着割裂ひびわれの生じかたは継手筋の断面内の位置、つまり、かぶり厚さや鉄筋間隔等に影響されるため、図-2.5に示すように、例えばかぶり厚さが小さく鉄筋間隔が大きいような壁筋ではかぶりコンクリートがV字状に割裂する v notch split破壊となり、はり部材のような場合には表面だけでなく側面かぶり厚さも小さいため隅角部のかぶりコンクリートが割裂する corner split破壊となり、かぶり厚さが十分大きく鉄筋が密に配筋されているような部材では隣り合う鉄筋を連なって割裂する side split破壊となると考えられる²⁾。従って、破壊タイプにより付着割裂強度も異なると考えられる。

鉄筋コンクリート部材の重ね継手の性能としては、図-2.6に示すような3タイプが考えられる。A継手は付着割裂破壊せずに部材が曲げ降伏するタイプ、B継手は曲げ降伏後に付着割裂破壊するタイプ、C継手は曲げ降伏前に付着割裂破壊するタイプである。付着割裂破壊は曲げ破壊等と比べ極めてぜい性的であり、重ね継手を設計するに際しては、付着割裂破壊を防ぐことが必要である。終局強度型耐震設計指針³⁾は、鉄筋コンクリート構造物の設計において、建物の各層梁端および1階柱脚に降

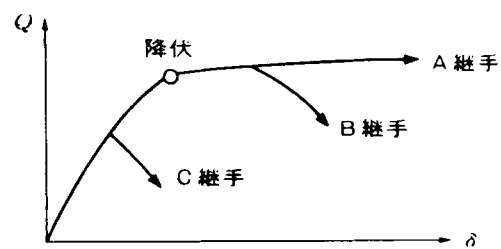


図-2.6 重ね継手性能

伏ヒンジを設定する部材端降伏機構を想定している。プレキャスト工法や鉄筋先組工法等では部材端に継手を設ける必要があるが、この場合、部材端に降伏ヒンジが形成されるまで継手が破壊しないことが要求される。つまり、重ね継手性能としてはA継手かB継手である必要がある。同指針では“継手長さは、降伏機構保証設計時の応力に対して十分な値とする。”と規定しているが、このためには、鉄筋の強度と継手強度の関係を定量的に評価し、鉄筋の強度が継手強度を上回ることを確認する必要がある。B継手のようなタイプでは靱性率が問題となるが、定量的な評価が困難であり、本研究ではC継手のように鉄筋降伏前に付着割裂破壊する場合の継手強度を主に検討する。

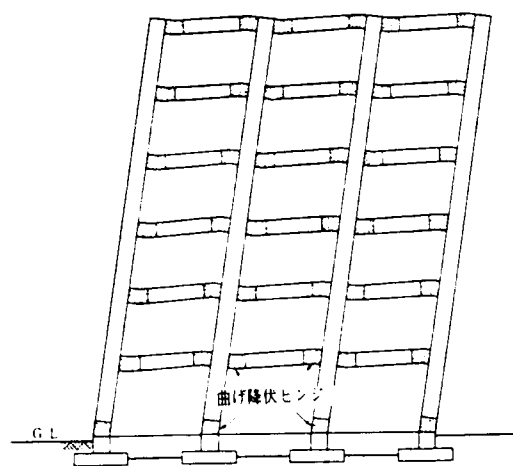


図-2. 7 フレームの降伏機構

付着割裂強度は破壊タイプにより異なるので、かぶり厚さと鉄筋間隔の影響を明確にする必要がある。一方、重ね継手部コンクリートの付着割裂抵抗性はその引張強度に関係するので、コンクリートの割裂強度の影響を明確にする必要がある。さらに、付着ひびわれは継手端より生じ、徐々に破壊が進行しながら内部へと進展するため、継手全長で一様な付着応力分布となりにくいと考えられる。従って、重ね長さの影響も検討する必要がある。以下の項では既往研究について、どのような試験体で実験が行われているのかを分析するとともに、上記の要因の重ね継手性能への影響を実験データにより検討し、重ね継手の力学的性状がどの程度明らかになっているのかを検討する。

2. 3 既往実験データの分析

2. 3. 1 既往実験データの概要

国内外の既往実験データに関して、実験された試験体の概要（コンクリート及び鉄筋の強度、鉄筋径、かぶり厚さ、横補強筋、破壊モード）について分析すると以下のようになる。

図-2. 8と図-2. 9にコンクリート強度別の試験体数を示す。なお、以降の検討にあたっては、最も試験体数の多い純曲げ実験と両引実験の試験体を対象にする。国内実験の場合、コンクリート強度 $\sigma_B = 200 \text{ kgf/cm}^2$ 未満の試験体はわずかであり、 $\sigma_B = 200$ から 350 kgf/cm^2 、特に 300 から 350 kgf/cm^2 の試験体が多い。近年、建物の高層化に伴い、高強度コンクリートに関する研究の必要性が高まっており、 400 kgf/cm^2 以上の高強度コンクリートを使用した重ね継手実験が行われだしている。国外実験の場合、コンクリート強度は $\sigma_B = 200$ から 300 kgf/cm^2 程度

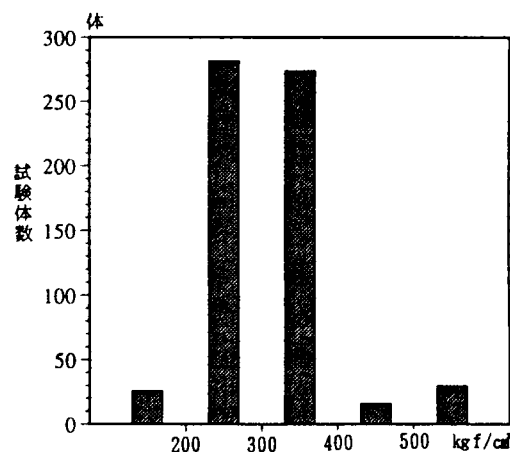


図-2. 8 コンクリート強度 (国内)

が最も多く、次に $\sigma_{bc} = 300$ から 400 kgf/cm^2 程度
のものが多くなっている。国内外の実験とも、
 $\sigma_{bc} = 400 \text{ kgf/cm}^2$ 以上の高強度コンクリートの実
験データがわずかであり、コンクリート強度の
継手性能への影響等を把握するには、さらに多
くの高強度での実験データが必要と考えられる。

図-2. 10から図-2. 12に使用した鉄
筋の径と強度別の試験体数を示す。実験では縮
小モデル試験体を使用することが多く、国内外
実験とも鉄筋径としては細径と呼ばれるD19以
下の鉄筋が多くなっている。中でもD16鉄筋を
使用した試験体が特に多い。ついで多く使用さ
れている鉄筋はD19からD25の比較的太い径の
鉄筋である。付着性能に関する鉄筋径の影響に
ついて検討した文献は少なく、今後検討する必
要があると考えられる。試験体に使用されてい
る鉄筋の強度としては、国内実験の場合、一般
的に使用されているSD345鉄筋がほとんどであ
り、SD490以上の高強度鉄筋に関するデータは
わずかである。国外実験の場合、試験体に使用
されている鉄筋強度は 4000 kgf/cm^2 程度のもの
と 6000 kgf/cm^2 程度のものが多い。 4000 kgf/cm^2 程
度のは一般的に使用されているものと考えら
れるが、 6000 kgf/cm^2 程度のもので2番目に多いのは最も数多くの実験データを報告してい
る論文で 6000 kgf/cm^2 程度の鉄筋を使用していたためである。現在、鉄筋強度としては 7000 kgf/cm^2 程
度のものを使用を想定した各種研究が行われており、JIS規格のSD490鉄筋も
含め、より高強度の鉄筋に関する継手性能の検討が今後必要と考えられる。

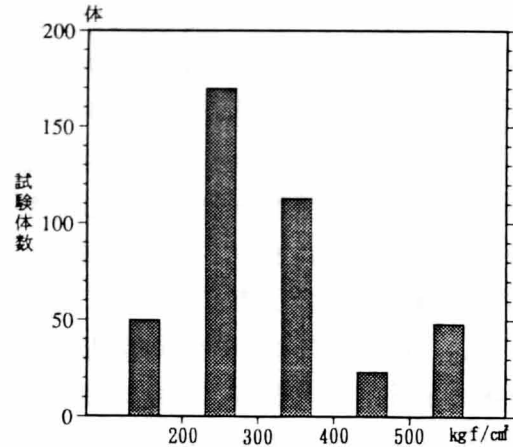


図-2. 9 コンクリート強度 (国外)

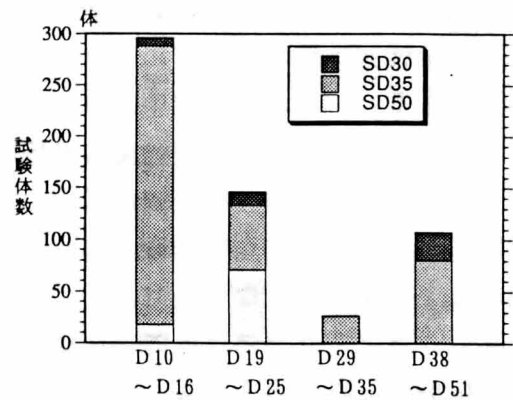


図-2. 10 鉄筋の径と強度 (国内)

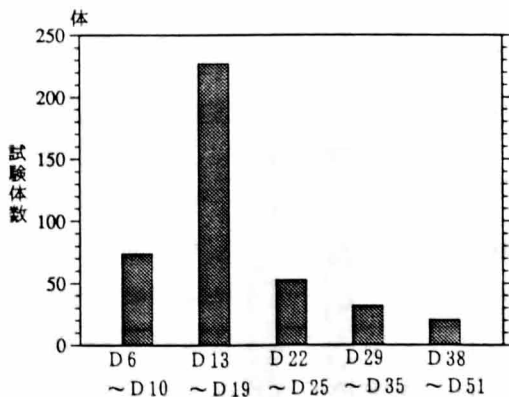


図-2. 11 鉄筋径の分布 (国外)

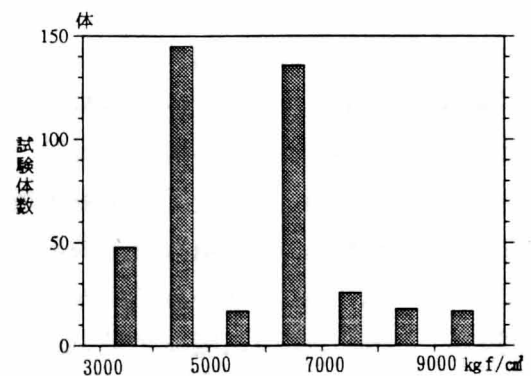


図-2. 12 鉄筋強度の分布 (国外)

図-2. 13には国内実験について試験体表面のかぶり厚さ別の試験体数を示す。試験
体のかぶり厚さは、実際の構造物の配筋で一般的である $1.5d$ 。から $2.0d$ 。のものが多

い。重ね継手の破壊はかぶりコンクリートの付着割裂破壊となることが多いので、継手性能へのかぶり厚さの影響は大きいものと思われるが、かぶり厚さの影響について定量的に検討した文献は少なく、今後より広い範囲のかぶり厚さについて実験データが必要と考えられる。

図-2. 14には横補強筋量別の試験体数を示す。重ね継手実験の場合、継手性能へのコンクリートの影響を検討するためか、横補強筋無し試験体が最も多い。横補強筋を有する試験体では設計標準での最小補強筋量を考慮したためか、0.2%から0.4%のものが比較的多い。横補強筋は拘束効果により付着割裂破壊を防ぐ上で効果的であると考えられるが、定量的にその効果を検討した実験は少なく、今後、横補強筋の継手性能への効果を検討する研究が必要と考えられる。

図-2. 15には重ね長さ別の試験体数を示す。試験体の重ね長さとしては、20 d_bのものが最も多い。設計標準で規定されている最小重ね長さは20 d_bから40 d_bであり、確認実験が多いためもあり、試験体の重ね長さも同じような長さになったものと考えられる。既往の付着強度評価式では重ね長さを考慮した式と考慮していない式があり、また、重ね長さの継手性能への影響に関して検討した研究は少ないため、今後より詳細な検討が必要と考えられる。

図-2. 16と図-2. 17には破壊形式と試験体数の関係を示す。重ね継手を有する試験体は、継手部のかぶりコンクリートが割裂する付着割裂破壊となることが多い。国内実験の場合、半数以上の試験体が鉄筋降伏前の付着割裂

破壊であった。しかしながら、割裂破壊前に鉄筋が降伏し、鉄筋降伏後の付着割裂破壊となった例も多く見られる。鉄筋降伏後付着割裂破壊となった試験体は、降伏後の荷重の増加はわずかであり、変形の増加により破壊したと考えられる。従って、継手強度の評価を行う場合、鉄筋降伏後に付着割裂破壊となった試験体のデータは注意を要する。鉄筋降伏後に付着割裂破壊となった試験体については、評価法も含めて今後詳細に検討する必要があるものと考えられる。2. 2節で述べたように鉄筋間隔やコンクリートのかぶり厚さ等の違いで付着割裂破壊のタイプが3つに分けられる。国外の実験データについて試みに割

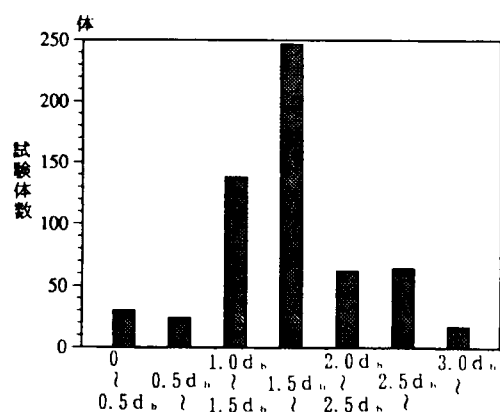


図-2. 13 かぶり厚さ分布 (国内)

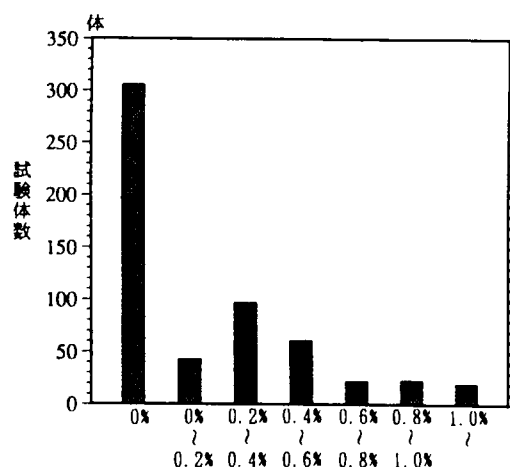


図-2. 14 補強筋量分布 (国内)

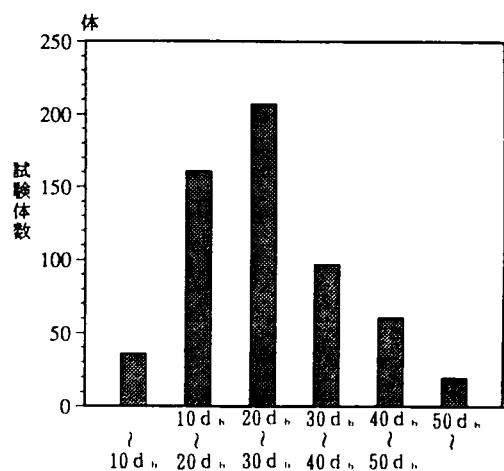


図-2. 15 重ね長さ分布 (国内)

裂破壊のタイプを分類した。論文にはこのような破壊形式まで記した文献は少ないので、ここでは森田、藤井らの論文¹⁾で示された割裂パターンを判定する尺度 b_{si} の式を用いて算定した値で割裂パターンを判定した。図中の記号で、 b_{si} は表面かぶりコンクリートが割裂する v-notch split mode の破壊、 b_{ci} は試験体の隅のかぶりコンクリートが割裂する corner-split mode の破壊、 b_{si} は隣接する鉄筋を連なってかぶりコンクリートが割裂する side-split mode の破壊を表している。また、図中には鉄筋降伏前の付着割裂破壊、鉄筋降伏後の付着割裂破壊、その他の破壊を分けて示している。国外実験の場合、 b_{si} タイプの破壊が最も多く、次に b_{ci} タイプの破壊となっている。

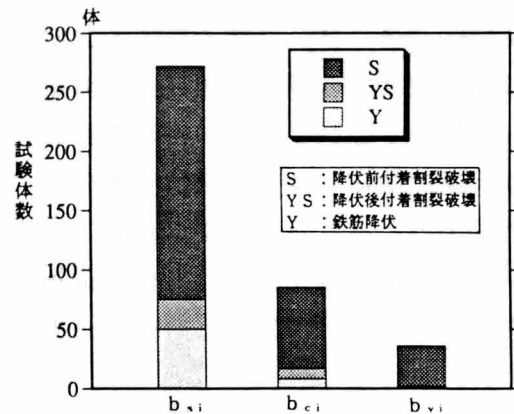
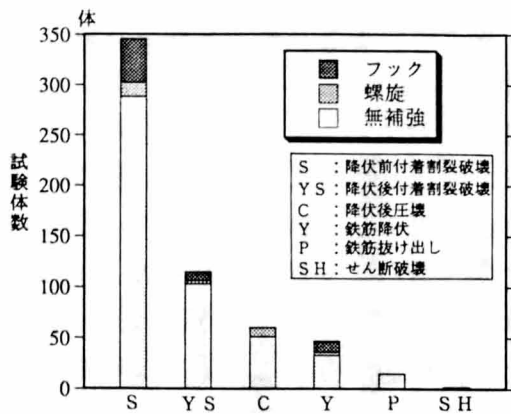


図-2.16 破壊形式の分布（国内） 図-2.17 破壊形式の分布（国外）

2.3.2 継手強度への各種要因の影響

重ね継手を有する部材は大きな荷重を受けた場合、極めてぜい性的な付着割裂破壊により破壊することが多く、破壊時の継手強度が重要となる。そこで、既往の実験データを用いて重ね継手の強度を定量的に評価する。重ね継手の付着割裂破壊は鉄筋降伏の有無に関係なく生じるが、鉄筋降伏後付着割裂破壊する場合には部材の荷重はあまり増大せず、変形のみが増加するので強度評価のデータとしてはその結果が使用できない。従って、実験データの解析にあたっては鉄筋降伏前に付着割裂破壊となった試験体のデータを用いる。また、鉄筋端部にフックを有する重ね継手では力の伝達は鉄筋表面の付着よりむしろフック部での支圧で行われるものと考えられる。従って、フックを有しない直線継手の試験体のデータを用いる。加力方法としては引張り重ね継手を対象とした曲げ実験と両引実験のデータを用いる。

実験結果として各論文にはほぼ共通して報告されているものは最大荷重であるが、RC規準では継手の重ね長さの検討において平均付着応力度 τ_a を用いている⁵⁾。従って、ここでは、継手強度の評価としては継手部の付着割裂強度（最大荷重時の平均付着応力度）を用いることとし、下式で付着割裂強度を算定した。

$$\tau_u = f_u \cdot a / (\phi \cdot l_s) \dots\dots (1)$$

ここで、 f_u : 最大鉄筋応力、 a : 鉄筋断面積

ϕ : 鉄筋の周長、 l_s : 重ね長さ

最大鉄筋応力は、両引実験の場合は鉄筋1本当たりの引張荷重を鉄筋断面積で除して算定し、曲げ実験の場合は最大荷重より継手部の曲げモーメント (M) を求め、次式で算定

した。

$$f_u = M / (a \cdot j) \quad \dots\dots (2)$$

$$j = 7 / 8 \cdot d$$

ここで、d：はりの有効せい

重ね継手の付着割裂強度は種々の要因の影響を受けるが、ここでは特に、コンクリート強度、かぶり厚さ、鉄筋ピッチ、横補強筋量、重ね長さについて、その影響を既往実験データを用いて検討した。

a. コンクリート強度

図-2. 18と図-2. 19には国内と国外の実験データについて付着割裂強度とコンクリート強度との関係を分布図で示している。実験データは試験体の表面かぶり厚さが約1.5d_b (1.0~1.9d_b, d_b:鉄筋径)のものについて示している。(a)図は横補強筋が無い試験体の結果であり、図中にデータを回帰分析して得られた近似値を実線で示す。回帰式はコンクリート強度σ_Bを変数とする τ_u = m 0 σ_B^{m1}の関数の形で求める。近似式とその相関係数Rは、下記のようになる。

国内実験データ τ_u = 7.31 σ_B^{0.2525} (R=0.4258)

国外実験データ τ_u = 5.7562 σ_B^{0.3194} (R=0.3852)

(b) 図は横補強筋を有する試験体の結果であり、図中に実線で示す近似式とその相関係数Rは下記の通りである。

国内実験データ τ_u = 5.9055 σ_B^{0.3584} (R=0.4445)

国外実験データ τ_u = 2.0875 σ_B^{0.5439} (R=0.6651)

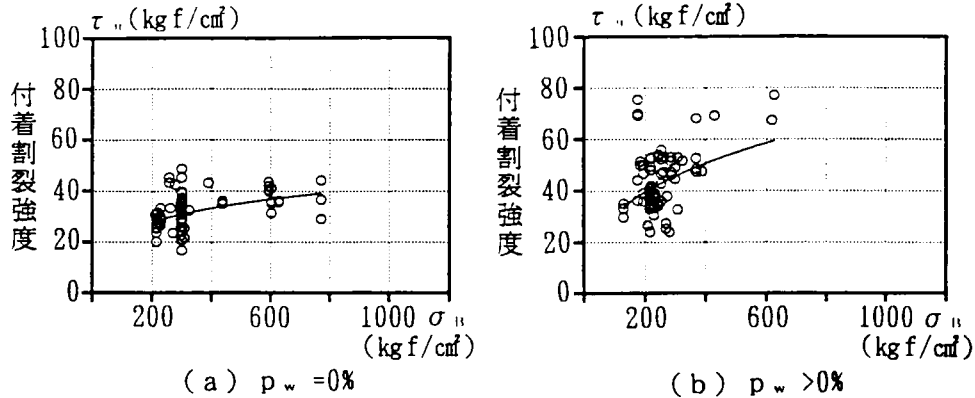


図-2. 18 付着割裂強度とコンクリート強度 (国内実験データ)

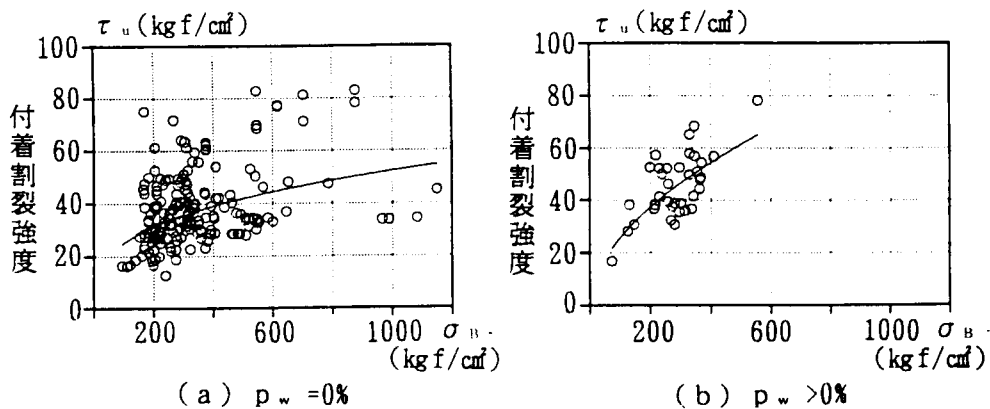
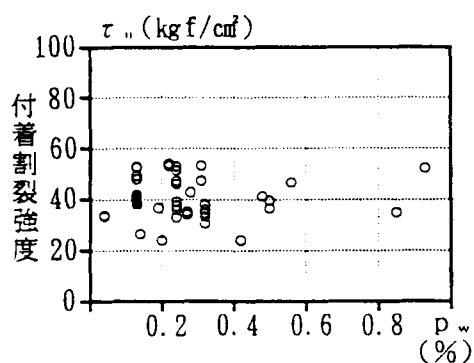


図-2. 19 付着割裂強度とコンクリート強度 (国外実験データ)

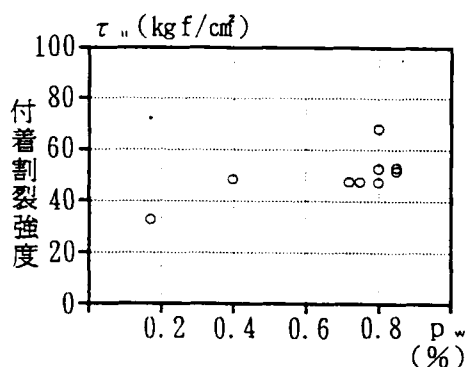
いずれの図でもコンクリート強度が高い試験体の場合、付着割裂強度のばらつきがかなり見られるが、付着割裂強度はコンクリート強度が高いほど大きくなると言える。しかしながら、その増加率は横補強筋を有する場合の方が大きくなる傾向にあり、また、国内の実験データと比べ国外の実験データの方がいずれの場合も増加率が大きくなっていることがわかる。既往の付着割裂強度式（藤井式¹⁾、Orangun式²⁾）では補強筋の有無に関わらず、コンクリート圧縮強度の平方根に比例する形にしているが、実験データを分析した結果から、高強度コンクリートの場合に付着割裂強度を若干過大に評価する恐れがあること、増加率に補強筋の効果を考慮すること等が言える。しかしながら、高強度コンクリートでの実験データが不足しており、補強筋の効果等を含め今後さらに研究を行う必要がある。

b. 横補強筋

図-2. 20と図-2. 21には国内と国外の実験データについて付着割裂強度と横補強筋量との関係を示している。(a) 図がコンクリート強度 250kgf/cm^2 ($200 \sim 300\text{kgf/cm}^2$) かぶり厚さ $1.5d_b$ ($1.0 \sim 1.9d_b$) の試験体の結果、(b) 図がコンクリート強度 350kgf/cm^2 ($300 \sim 400\text{kgf/cm}^2$)、かぶり厚さ $1.5d_b$ の試験体の結果を示している。いずれの場合もばらつきが大きく、既往の実験データでは定量的評価は困難である。しかしながら、横補強筋量が多いほど付着応力度が大きくなる傾向は見られる。また、既往の付着割裂強度式（藤井式、Orangun式）では、横補強筋による付着強度増分が約 $0.8\sqrt{\sigma_c}$ （この場合補強筋量では約0.4%に相当）までは補強筋量に比例して付着割裂強度増分が大きくなりそれ以上では一定としている。しかしながら、補強筋量が0.4%以上でも付着割裂強度が大

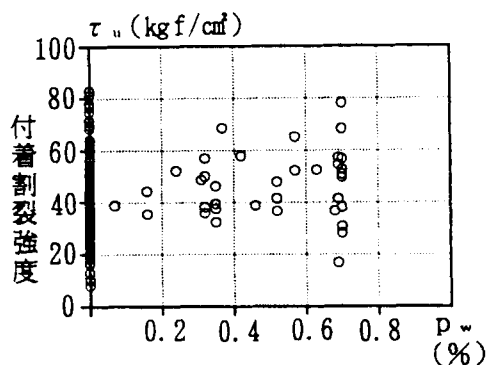


(a) $\sigma_c = 250$, $C = 1.5d_b$

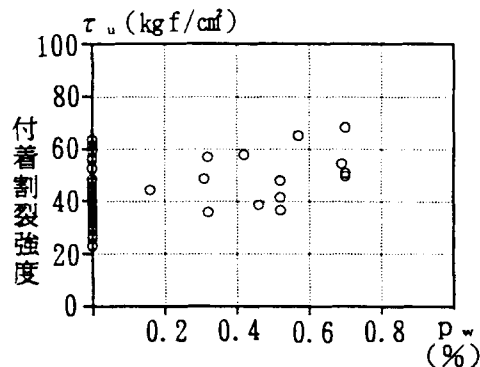


(b) $\sigma_c = 350$, $C = 1.5d_b$

図-2. 20 付着割裂強度と横補強筋量（国内実験データ）



(a) $\sigma_c = 250$, $C = 1.5d_b$



(b) $\sigma_c = 350$, $C = 1.5d_b$

図-2. 21 付着割裂強度と横補強筋量（国外実験データ）

きくなるデータも見られる。コンクリート強度との関係もあり、補強筋量の影響については、今後補強筋量が多い場合のデータをさらに蓄積し、より詳細な検討が必要と考えられる。

c. かぶり厚さ

図-2. 22と図-2. 23には国内と国外の実験データについて付着割裂強度とかぶり厚さとの関係を分布図で示している。試験体はかぶり厚さが鉄筋ピッチの2分の1より小さいものを選択している。(a)図がコンクリート強度 250kgf/cm^2 ($200\sim 300\text{kgf/cm}^2$) で補強筋無しの試験体の結果であり、(b)図がコンクリート強度 350kgf/cm^2 ($300\sim 400\text{kgf/cm}^2$) で補強筋無しの試験体の結果である。

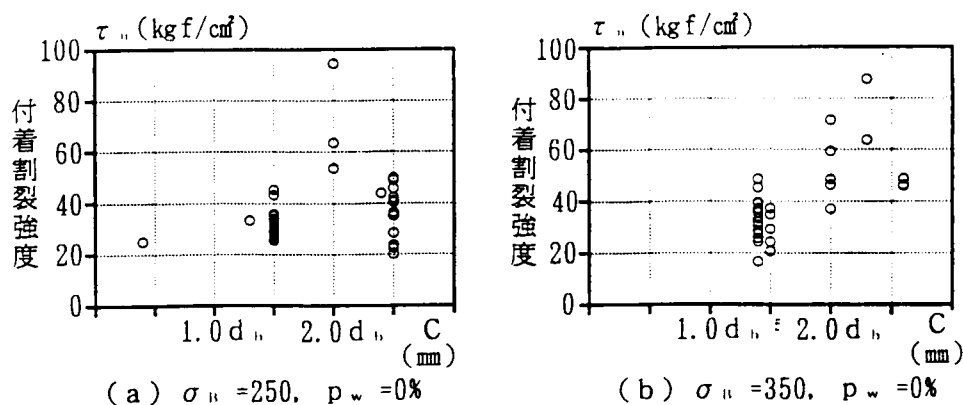


図-2. 22 付着割裂強度とかぶり厚さ (国内実験データ)

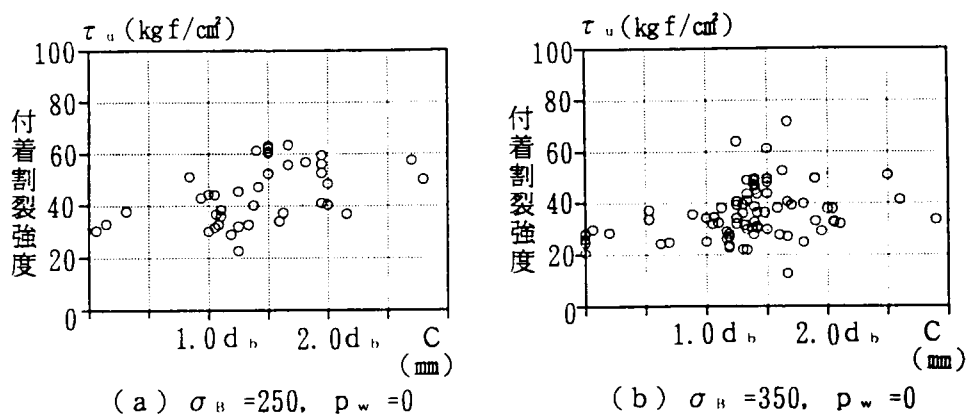


図-2. 23 付着割裂強度とかぶり厚さ (国外実験データ)

国内と国外の実験データはほぼ同様な傾向で、かぶり厚さが小さい場合かぶり厚さに比例して付着応力度が増加する傾向が見られるものの、かぶり厚さが大きい場合にはばらつきがかなり見られ、またデータ数も少なく定量的評価は困難である。今後さらに多くの実験データが必要と考えられる。

d. 鉄筋ピッチ

図-2. 24と図-2. 25には国内と国外の実験データについて付着割裂強度と鉄筋ピッチとの関係を分布図で示している。試験体は鉄筋ピッチの2分の1がかぶり厚さより

小さいものを選択している。(a) 図がコンクリート強度 250kgf/cm^2 で補強筋無しの試験体の結果であり、(b) 図がコンクリート強度 350kgf/cm^2 で補強筋無しの試験体の結果である。かぶり厚さの場合と同じく、鉄筋ピッチが大きくなると付着応力度が増加する傾向が見られるが、ばらつきが大きくデータ数も少なく、定量的評価は困難である。今後さらに多くの実験データを集めた上で、付着割裂破壊モードとの関係等詳細に検討する必要があると考えられる。

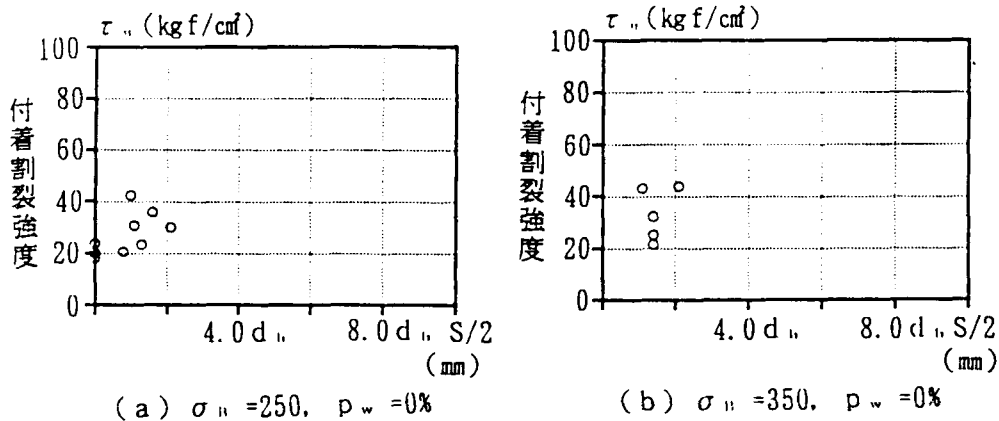


図-2. 24 付着割裂強度と鉄筋ピッチ (国内実験データ)

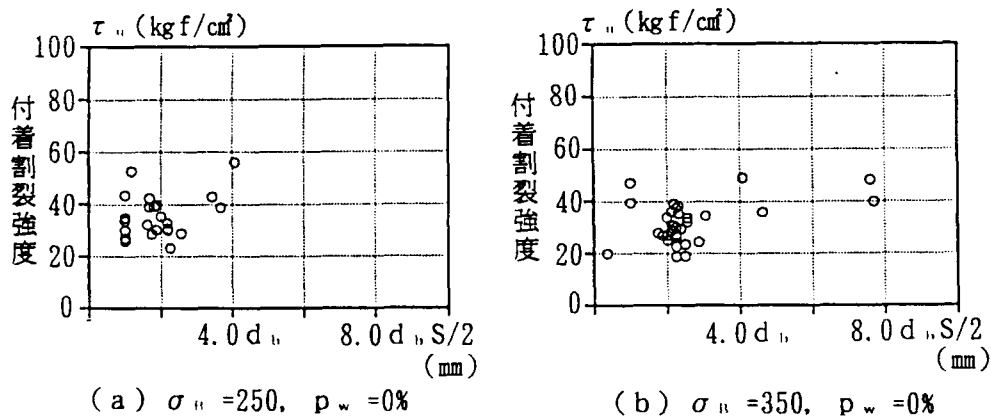


図-2. 25 付着割裂強度と鉄筋ピッチ (国外実験データ)

e. 重ね長さ

図-2. 26 と図-2. 27 には国内と国外の実験データについて付着割裂強度と重ね長さとの関係を分布図で示している。(a) 図はコンクリート強度 250kgf/cm^2 で補強筋無しの試験体の結果であり、(b) 図はコンクリート強度 250kgf/cm^2 で補強筋を有する試験体の結果、(c) 図はコンクリート強度 350kgf/cm^2 で補強筋無しの試験体の結果、(d) 図はコンクリート強度 350kgf/cm^2 で補強筋を有する試験体の結果である。それぞれのデータについて図中に近似曲線を示すが、近似式とその相関係数は下記の通りである。

国内実験データ

$\sigma_c = 250\text{kgf/cm}^2, p_w = 0\%$	$\tau_u = 79.86 \ell_s^{-0.2981}$	(R=0.4020)
$\sigma_c = 250\text{kgf/cm}^2, p_w > 0\%$	$\tau_u = 98.40 \ell_s^{-0.3002}$	(R=0.4315)
$\sigma_c = 350\text{kgf/cm}^2, p_w = 0\%$	$\tau_u = 199.44 \ell_s^{-0.6266}$	(R=0.7762)
$\sigma_c = 350\text{kgf/cm}^2, p_w > 0\%$	$\tau_u = 151.63 \ell_s^{-0.9915}$	(R=0.8331)

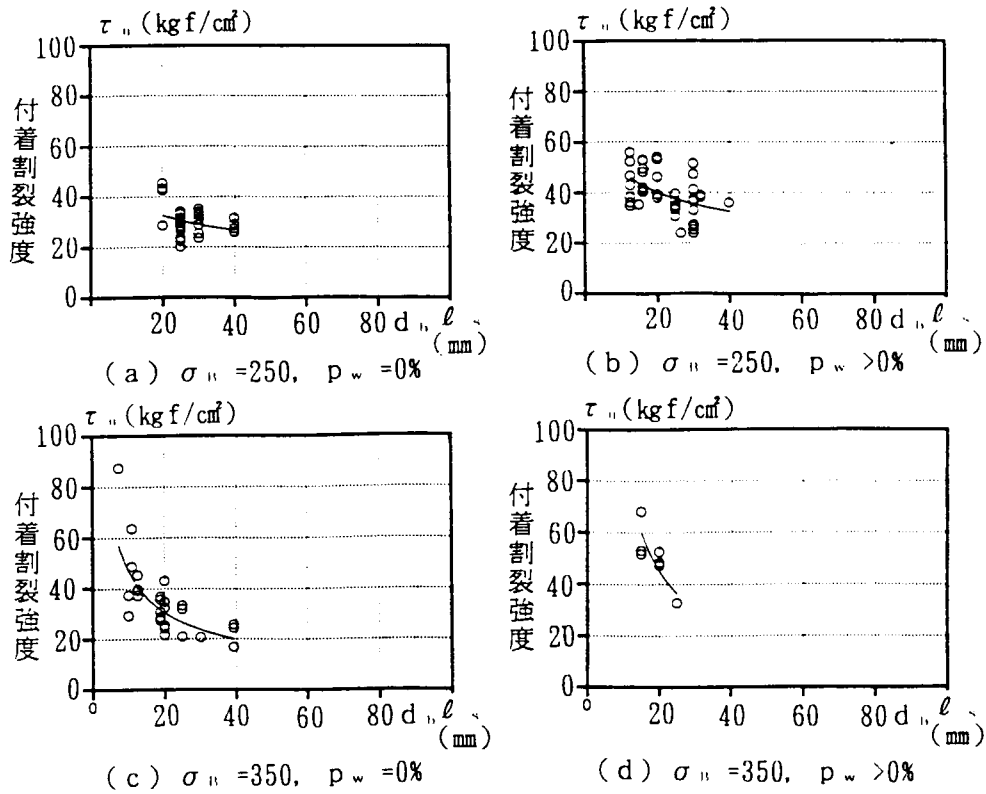


図-2. 26 付着割裂強度と重ね長さ (国内実験データ)

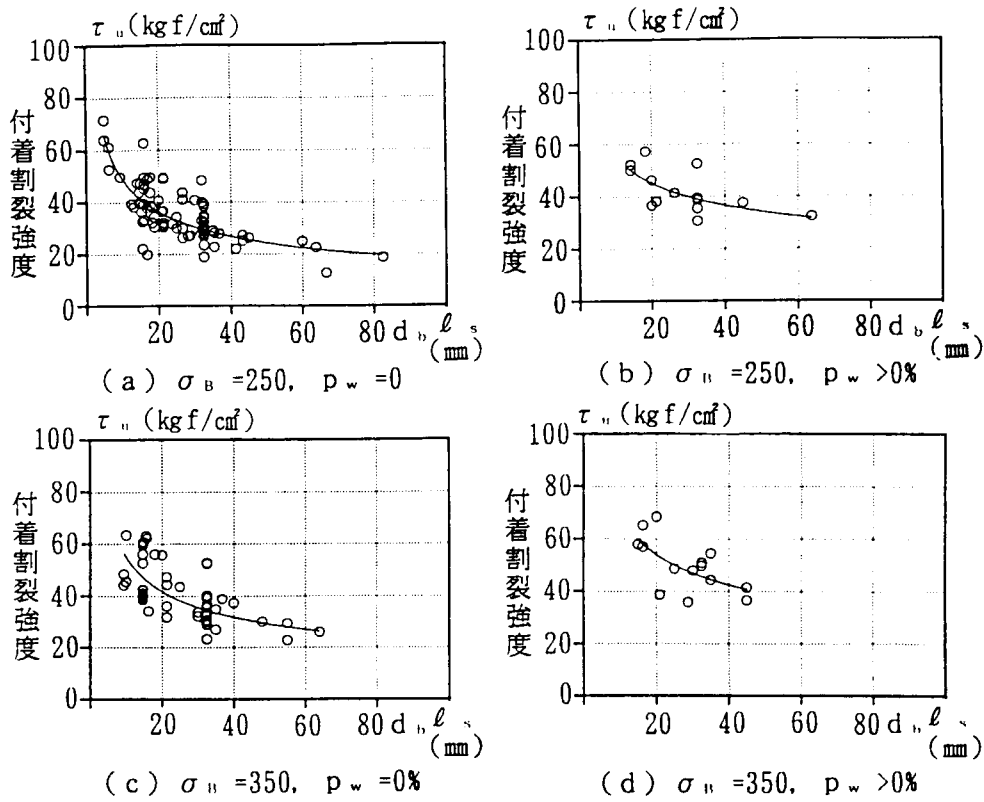


図-2. 27 付着割裂強度と重ね長さ (国内実験データ)

国外実験データ

$$\begin{aligned}\sigma_u &= 250 \text{ kgf/cm}^2, p_w = 0\% & \tau_u &= 132.36 \ell_s^{-0.4331} & (R=0.7701) \\ \sigma_u &= 250 \text{ kgf/cm}^2, p_w > 0\% & \tau_u &= 112.59 \ell_s^{-0.3055} & (R=0.6939) \\ \sigma_u &= 350 \text{ kgf/cm}^2, p_w = 0\% & \tau_u &= 138.52 \ell_s^{-0.4003} & (R=0.6647) \\ \sigma_u &= 350 \text{ kgf/cm}^2, p_w > 0\% & \tau_u &= 151.63 \ell_s^{-0.3452} & (R=0.6463)\end{aligned}$$

いずれの場合も重ね長さが長くなるほど付着応力度が小さくなる傾向が見られる。これは既往の付着強度式の中の Orangun 式の傾向とほぼ一致していると言える。ただし、コンクリート強度や補強筋の有無で重ね長さに対する付着強度の増加率が異なる場合があり、また、回帰式の相関係数は 0.40 から 0.83 であることより、定量的評価をするにはデータのばらつきが大きく、今後さらに詳細な検討が必要と考えられる。

2. 4 結語

異形鉄筋の重ね継手は鉄筋表面の節と周囲のコンクリートとの機械的なかみあいによる定着作用を利用して鉄筋と鉄筋を接合する継手工法である。外力により鉄筋に応力が生じると、鉄筋表面の節から周囲のコンクリートへ鉄筋軸に対して斜め方向に支圧力が作用する。この力の鉄筋軸に平行な成分は付着応力に相当するが、鉄筋軸の直交する成分は周囲のコンクリートを押し広げようとする割裂応力に相当する。鉄筋に生じる応力が大きくなると割裂応力も大きくなるため、コンクリート表面に鉄筋に沿う付着ひびわれが生じる。継手全長に付着ひびわれが進展すると、鉄筋がすべり出し、急激に耐力が低下する。このような破壊を付着割裂破壊と称し、極めてぜい性的な破壊であるため、付着割裂破壊時の継手強度（付着割裂強度）の評価が重要である。鉄筋コンクリート構造物の耐震設計では部材端降伏機構を想定するが、継手を材端に設ける場合には降伏時においても継手が破壊しないことを保証する必要がある。

重ね継手に関する既往実験の概要を把握するとともに、実験データを分析した結果、以下のことがわかった。

- (1) 数多くの要因について検討が行われているが、重ね長さ、継手の有無、横補強筋量がほとんどである。試験体のコンクリート強度は 200 から 400 kgf/cm² が多く、鉄筋は種別としては SD345 鉄筋で、径は D19 以下の比較的細い鉄筋が多い。重ね長さは 20 から 30 d。が多く、かぶり厚さは 1.5 から 2.0 d。が多い。横補強筋の無い試験体も多いが、補強筋のある試験体では 0.2% から 0.4% の補強筋量のものが多い。
- (2) コンクリート強度が高いほど付着割裂強度が大きくなると言える、ただし、横補強筋が無い場合にはその増加率が小さい。
- (3) かぶり厚さや鉄筋間隔が大きいほど付着割裂強度が大きくなる傾向が見られるが、定量的な評価を行うにはデータが不十分である。
- (4) 重ね長さが長いほど付着割裂強度が小さくなる。
- (5) 横補強筋量が多いと付着割裂強度が大きくなる傾向が見られる。

以上、重ね継手の付着割裂強度に関して各種要因の影響度を分析した結果、定性的な傾向は明らかとなったものの、継手性能の定量的な評価を行うには既往の実験データでは不十分であると思われる。また、高強度コンクリートに関する実験データが不足していることも明確となった。

第3章 重ね継手性能への各種要因の影響

3.1 序

各種鉄筋継手工法の中で、重ね継手は比較的細い鉄筋の継手として、スラブ筋や壁筋等に用いられてきたが、鉄筋先組み工法の採用や構造物の大型化、高層化に伴い、より高強度かつ太径の鉄筋の継手として、梁や柱部材の主筋の継手に経済性、施工性に優れた重ね継手を使用しようという要望が高くなっている。

重ね継手は鉄筋とコンクリートとの付着を利用して継手としての一体化をはかるメカニズムであり、その継手性能は継手部周囲のコンクリートを含めた種々の要因に影響される。また、異形鉄筋に重ね継手を設けた場合、かぶりコンクリートが比較的薄い部材では継手部に大きな応力が生じると周囲のかぶりコンクリートがぜい性的に割裂する付着割裂破壊となることがある。このような理由から構造性能面での信頼性が低く、RC規準では、D29以上の太径鉄筋での重ね継手の使用を制限している¹⁾。また、規準で対象としている材料の設計強度の上限は、コンクリートに関して 360kgf/cm^2 、鉄筋に関して SD390であり、より強度の高い高強度鉄筋コンクリート部材に重ね継手を設ける場合には実験等によりその構造性能を確認する必要がある。

重ね継手に関する実験的研究はこれまで数多く行われているが、そのほとんどは普通強度の材料を使用したものであり、高強度鉄筋を使用した研究としては、国外では R. Tepfer らの研究²⁾、国内では SD490鉄筋を使用した田中らの研究³⁾があるものの、継手性能の定量的な検討は十分とは言えない。

鉄筋先組み工法等に重ね継手を使用する場合、多数の継手を同時に施工するため、重ね継手筋間にあきが生じることがある。このような継手筋間にあきが継手性能に及ぼす影響を検討した研究としては、太径鉄筋 D38鉄筋を対象として研究^{4)~6)}と田中らの研究があり、あき重ね継手が密着重ね継手と比べ性能に差異が無いと報告されている。しかしながら、いずれも鉄筋が降伏した後の付着割裂破壊の結果であり、コンクリート強度も普通強度のものである。従って、より高強度でのあき間隔の影響に関しては実験データが不足していると言える。

鉄筋コンクリート構造の設計法が許容応力度設計法から終局強度設計法へと以降しつつある現在、重ね継手の設計においては付着割裂強度の評価が重要となっている。そこで、本章ではコンクリート強度で約 800kgf/cm^2 までの高強度コンクリートを対象とし、重ね継手性能に及ぼす種々の要因の影響について、実験を行うことにより重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材の力学的性状を明らかにするとともに、付着割裂強度への種々の要因の影響を定量的に検討する。

3.2 実験概要

引張り重ね継手性状への種々の要因の影響を検討するため、主に付着割裂強度の評価に重点を置いた両引実験と部材全体としての構造特性の評価に重点を置いた曲げ実験の2種類の実験方法を採用した。両引実験では横補強筋の無い試験体を使用したシリーズと横補強筋を有する試験体を使用したシリーズの2シリーズ、曲げ実験では corner split破壊を想定した試験体を用いたシリーズと v notch split破壊を想定した試験体を用いたシリー

ズの2シリーズ、計4シリーズの実験を行った。

3. 2. 1 曲げ実験 I

1) 実験計画

図-3. 1に代表的な試験体の配筋図を示すが、重ね継手を設ける引張側主筋には隅筋としてD19波ふし筋を、圧縮側主筋と横補強筋にはD10波ふし鉄筋を用いた。横補強筋は曲げせん断スパン部で鉄筋間隔を10cm ($p_w=0.47\%$)としたが、継手部では鉄筋間隔を22cm ($p_w=0.21\%$)とした。なお、かぶり厚さの影響を検討したPB-33からPB-37試験体については継手部の横補強筋を無しにした。引張側主筋で降伏点強度が 4512kgf/cm^2 と 4224kgf/cm^2 のものは市販のSD345鉄筋であるが、それ以上の降伏点を有するものはSD345鉄筋を熱処理することにより強度を高めたものである。D10波ふし鉄筋は市販のSD345鉄筋であり、降伏点は 4169kgf/cm^2 である。引張側主筋の表面かぶり厚さは $0.5d_o$ (d_o :鉄筋径)から $2.5d_o$ 、側面のかぶり厚さは $1.9d_o$ とした。コンクリートは引張側主筋が下端筋となるように平打ちで打設した。検討した要因は、鉄筋強度、コンクリート圧縮強度、重ね長さ、継手の有無、はり幅(主筋間隔)、かぶり厚さであり、試験体数は31体である。試験体一覧を表-3. 1に示す。

加力は、継手が一定曲げモーメント部にあり、かつ、引張応力のみを受けるように、一方向の繰り返しで2点集中載荷を行った。荷重履歴は、荷重で3.9, 7.9, 11.8tfで3回、鉄筋降伏後は降伏時のたわみ量の1.0, 2.0, 5.0倍の変形で3回ずつ繰り返した。変形の測定は、加力点と試験体中央部のたわみ量を電気式変位計で測定するとともに、曲げスパン部側面の鉄筋高さ位置の軸方向変位をコンタクトゲージで測定した。鉄筋のひずみは、継手筋と横補強筋にワイヤーストレインゲージを貼り測定した。ひびわれ状況は、所定荷重時に目測により記録するとともに、ひびわれ幅をクラックゲージを用いて測定した。

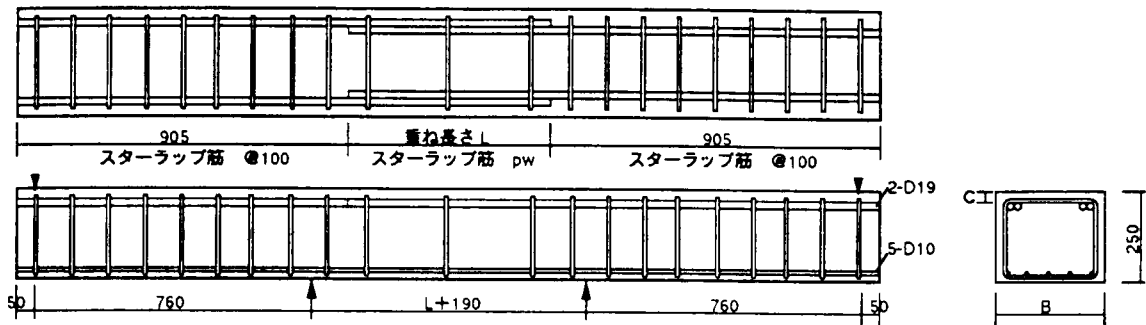


図-3. 1 曲げ実験 I 試験体図

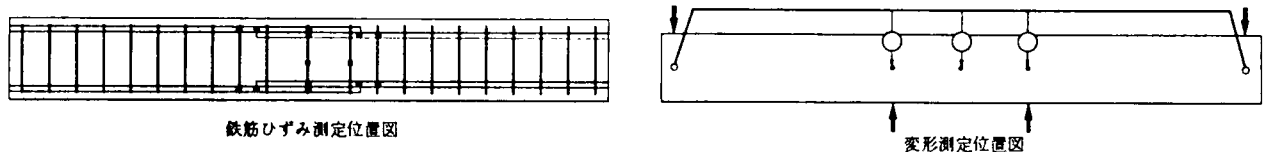


図-3. 2 変形と鉄筋ひずみ測定位置図

表-3.1 曲げ実験シリーズI 試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ*						実験結果**							
	f_y	σ_B	l_s	B	p_w	C	曲げCrack		付着Crack		最大荷重		f_u	τ_u
	kgf/cm ²	kgf/cm ²	mm	cm	%	mm	P tf	δ mm	P tf	δ mm	P tf	δ mm	kgf/cm ²	kgf/cm ²
PB-01	7224	628	20 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.9	0.63	11.8	5.35	17.2	9.5	6123	77.1
PB-02	7224	628	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.5	0.48	11.1	3.39	20.6	15.8	7354	(1.22)
PB-03	7224	628	40 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.4	0.79	10.0	4.89	19.9	40.3	7100	—
PB-04	7224	228	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	2.0	0.19	11.0	4.89	12.5	6.5	4452	37.4
PB-05	7224	228	40 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.0	0.33	10.9	3.46	16.0	9.6	5701	35.9
PB-06	7224	228	50 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.0	0.81	11.9	8.52	20.9	18.7	7448	37.5
PB-07	7224	628	無し	30	0.2	1.5 d _b	3.5	0.47	7.0	3.24	21.9	56.6	7795	—
PB-08	7224	228	無し	30	0.2	1.5 d _b	2.5	0.44	6.0	2.24	21.7	31.4	7739	—
PB-15	7398	772	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.5	0.33	7.9	2.86	22.3	18.7	7945	(1.46)
PB-16	6690	621	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	5.0	0.40	7.0	1.85	18.8	11.3	6706	(1.10)
PB-17	5413	621	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.9	0.39	8.5	2.99	17.3	44.7	6156	(5.29)
PB-18	4512	621	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.9	0.40	6.9	2.06	14.6	65.4	5222	(10.1)
PB-19	7398	287	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.0	0.36	8.5	3.92	17.2	11.0	6131	51.5
PB-20	5413	287	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.5	0.51	10.0	4.77	15.8	9.7	5635	47.3
PB-21	5413	287	20 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.9	0.34	8.9	3.71	11.8	5.8	4207	53.0
PB-22	5413	287	40 d _b	30	0.2	1.5 d _b	2.5	0.48	10.0	5.78	16.7	43.4	5964	(3.89)
PB-23	5413	216	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.0	0.55	6.5	3.00	11.0	6.8	3926	33.0
PB-24	4512	216	30 d _b	30	0.2	1.5 d _b	2.8	0.39	8.5	4.51	11.8	7.4	4207	35.3
PB-25	4512	216	20 d _b	30	0.2	1.5 d _b	—	—	7.3	3.17	8.7	5.0	3109	39.1
PB-26	4512	216	無し	30	0.2	1.5 d _b	2.5	0.42	11.8	8.09	13.4	48.3	4771	—
PB-27	6690	621	30 d _b	26	0.2	1.5 d _b	3.9	0.60	7.9	3.01	18.9	11.6	6807	57.1
PB-28	5413	621	30 d _b	22	0.2	1.5 d _b	2.6	0.18	9.0	4.42	16.3	43.7	5869	(4.74)
PB-29	4512	621	30 d _b	16	0.2	1.5 d _b	1.5	0.13	9.0	5.31	13.4	41.3	4826	(3.96)
PB-30	5413	287	無し	30	0.2	1.5 d _b	—	—	—	—	15.9	72.2	5799	—
PB-31	5413	621	20 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.5	0.18	9.4	3.29	15.0	7.4	5344	67.3
PB-32	5413	621	40 d _b	30	0.2	1.5 d _b	3.9	0.39	7.9	2.92	17.2	80.3	6156	—
PB-33	4224	232	20 d _b	30	0	1.5 d _b	2.0	0.25	6.0	3.03	6.4	3.5	2263	28.5
PB-34	4224	232	20 d _b	30	0	0.5 d _b	2.0	0.33	4.5	1.91	6.1	3.1	2179	27.4
PB-35	4224	232	20 d _b	30	0	2.5 d _b	2.0	0.16	7.2	4.06	7.6	4.5	2705	34.0
PB-36	4224	232	30 d _b	30	0	0.5 d _b	2.5	0.60	5.5	2.73	7.9	5.0	2827	23.7
PB-37	4224	232	30 d _b	30	0	2.5 d _b	2.0	0.02	9.1	4.76	10.9	6.5	3888	32.6

*1) f_y : 主筋降伏点, σ_B : コンクリート強度, l_s : 重ね長さ, B : 試験体幅,
 p_w : 横補強筋比, C : かぶり厚さ

*2) f_u : 最大荷重時鉄筋応力 $\{=M_u / (a \cdot j)\}$ M_u : 最大荷重時モーメント,
 a : 全主筋断面積, j : 応力中心距離 (7/8 d), d : 有効せい (21cm)
 τ_u : 付着割裂強度 $\{=f_u \cdot a / (\phi \cdot L_s)\}$ a : 主筋断面積, ϕ : 鉄筋周長
ただし、かっこの数値は塑性率 (δ_u / δ_y)
 δ_u : 最大荷重時たわみ量, δ_y : 鉄筋降伏時たわみ量

2) 実験結果

表-3. 1中に実験結果一覧を示す。最大荷重時鉄筋応力は脚注に示すように曲げモーメントから算定した。付着割裂強度は最大荷重時鉄筋応力を用いて継手全体の平均付着応力度として算定した。図-3. 3にひびわれ発生状況の1例を示すとともに、図-3. 4に各試験体の荷重-変形関係と破壊時のひびわれパターンを示す。いずれの試験体も最初に曲げひびわれが発生して剛性が低下し、その後主筋に沿う付着ひびわれが継手端部に発生し、徐々に継手中央へと進展するという破壊経過であった。破壊は、コンクリートが圧壊した6体 (PB-03, 07, 08, 26, 30, 32)を除いて、すべて継手部のかぶりコンクリートが主筋に沿って割裂し急激に耐力が低下する付着割裂破壊であった。ただし、内7体は鉄筋降伏後の付着割裂破壊であった。鉄筋降伏前に付着割裂破壊した試験体については表中に付着割裂強度を示しているが、降伏後に破壊した試験体については最大たわみ量を鉄筋降伏時のたわみ量で除した塑性率を示している。破壊形式は、付着割裂破壊したいずれの試験体も試験体隅角部のかぶりコンクリートが割裂するcorner split型の破壊であった。写真-3. 1から3. 3に主な試験体の破壊状況を示しているが、鉄筋降伏後付着割裂破壊する試験体では継手端のひびわれ幅が大きくなった。

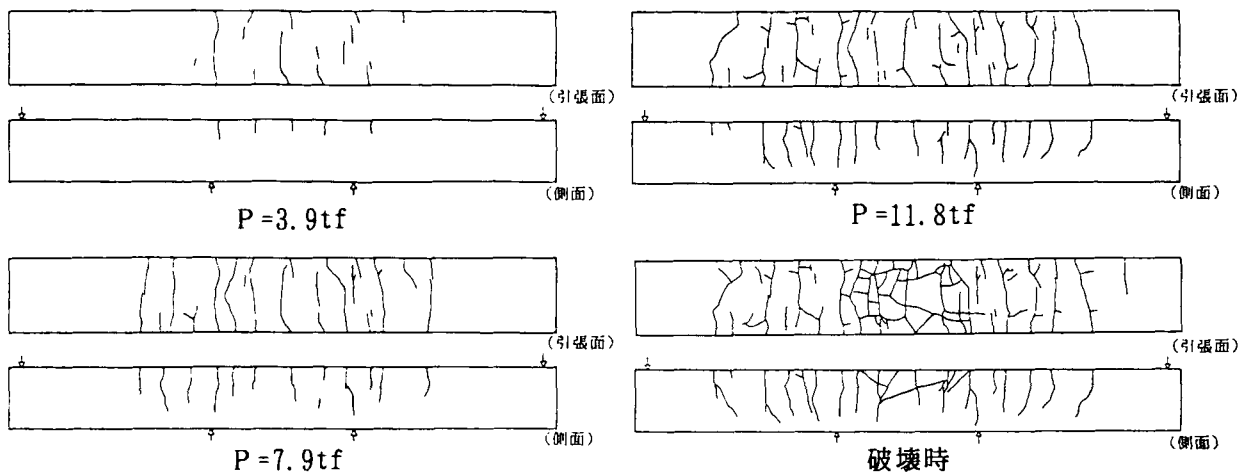


図-3. 3 a ひびわれ発生状況 (PB-01)

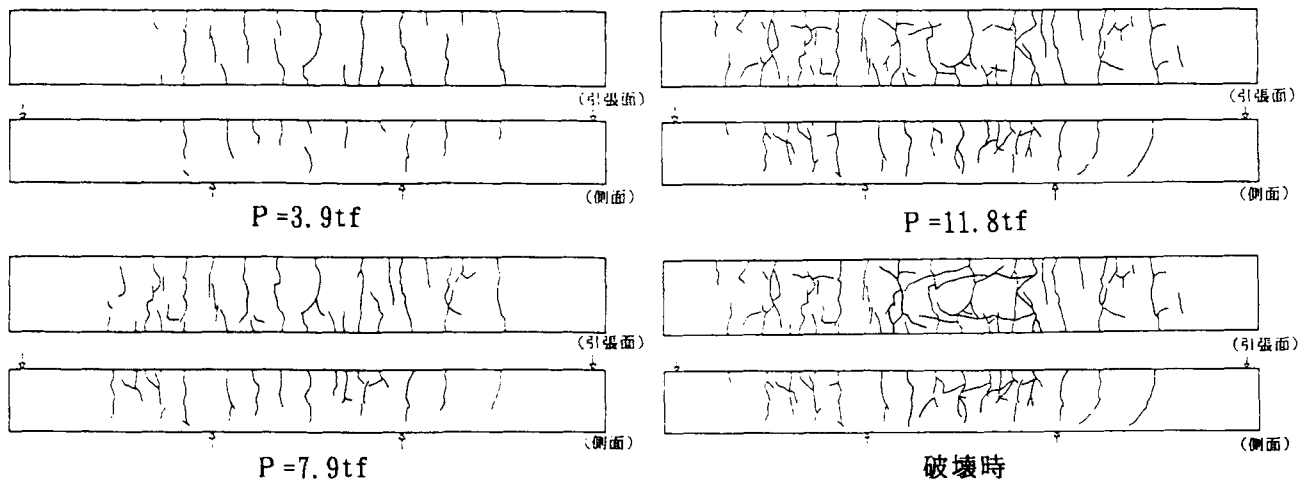


図-3. 3 b ひびわれ発生状況 (PB-04)

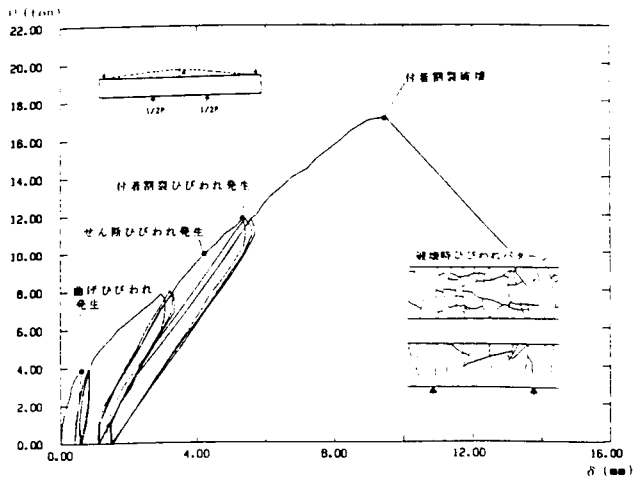


図-3. 4 a 荷重-変形関係 (PB-01)

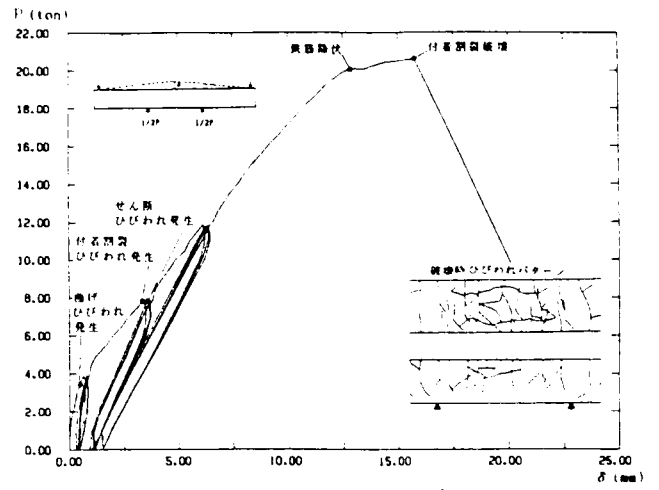


図-3. 4 b 荷重-変形関係 (PB-02)

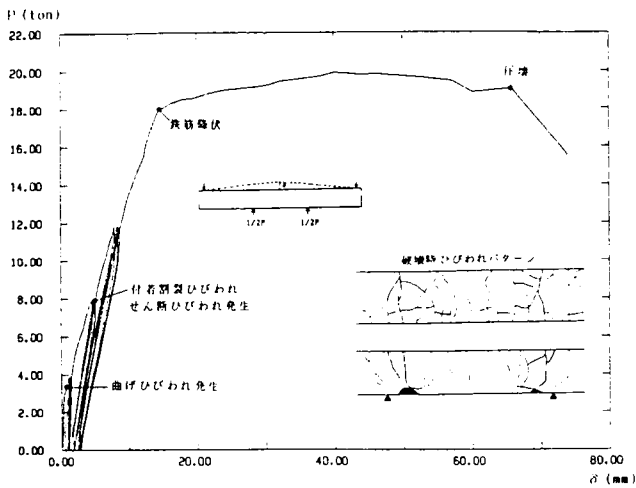


図-3. 4 c 荷重-変形関係 (PB-03)

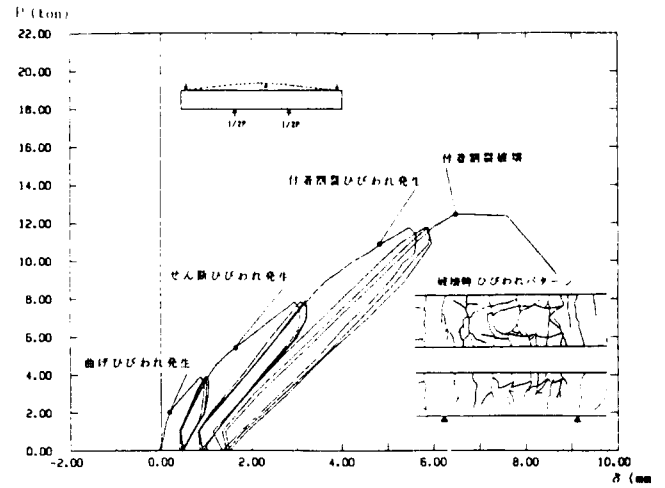


図-3. 4 d 荷重-変形関係 (PB-04)

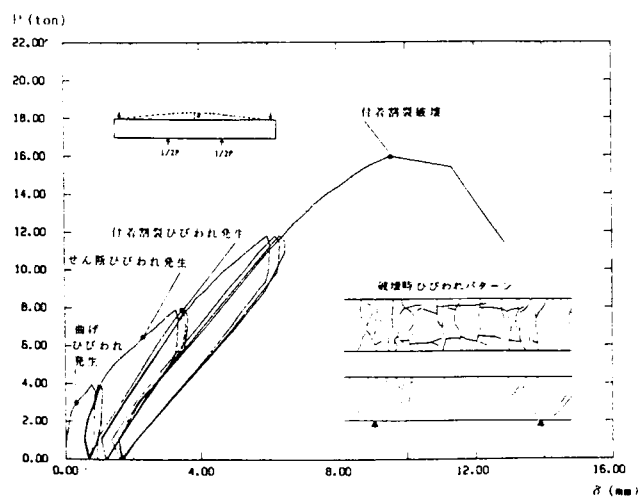


図-3. 4 e 荷重-変形関係 (PB-05)

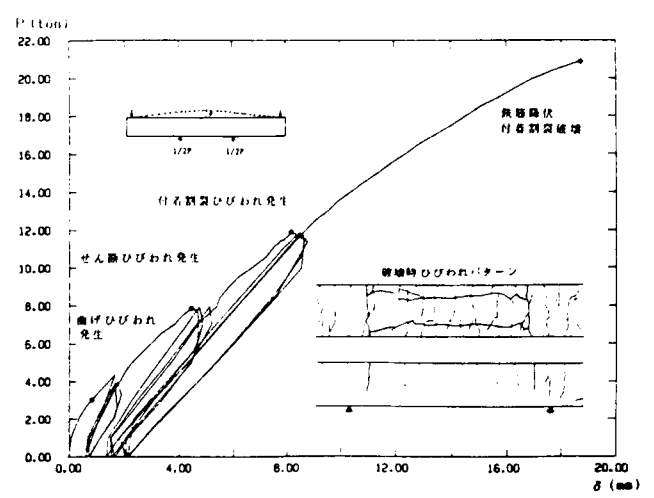


図-3. 4 f 荷重-変形関係 (PB-06)

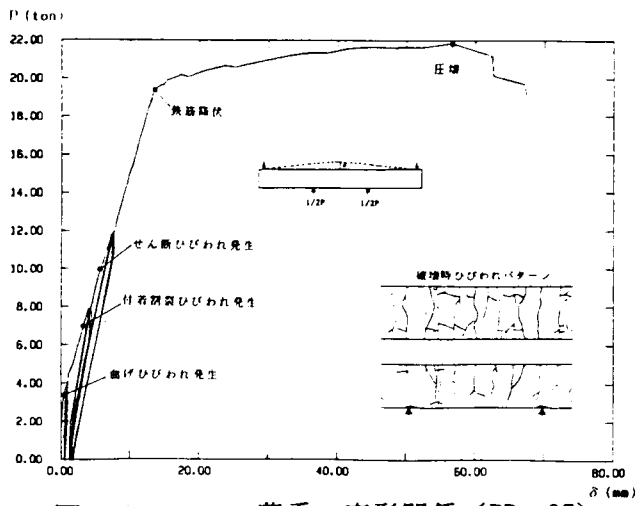


図-3. 4 g 荷重-変形関係 (PB-07)

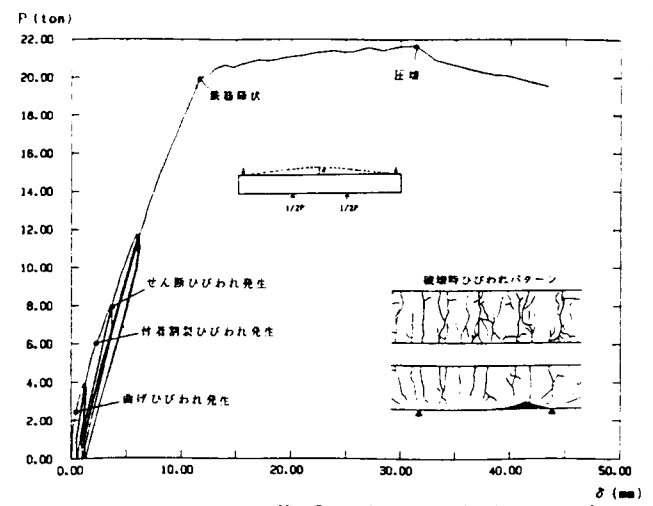


図-3. 4 h 荷重-変形関係 (PB-08)

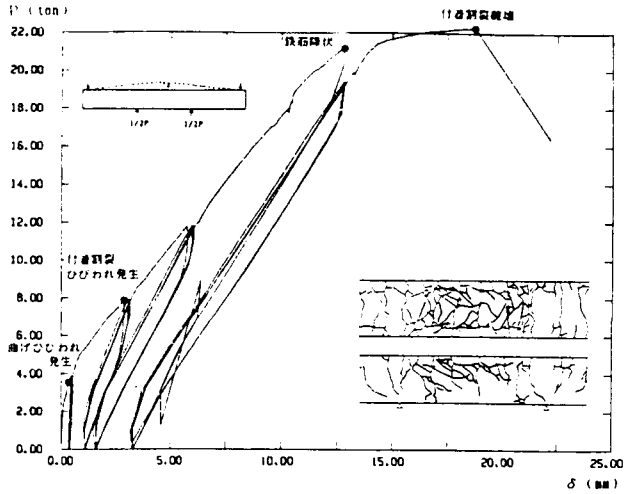


図-3. 4 i 荷重-変形関係 (PB-15)

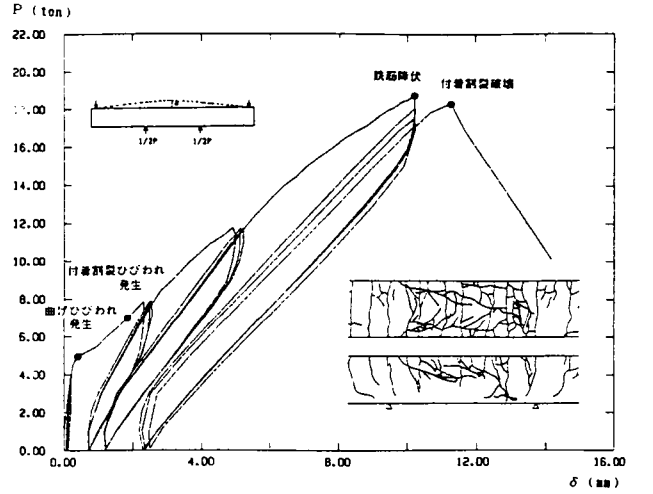


図-3. 4 j 荷重-変形関係 (PB-16)

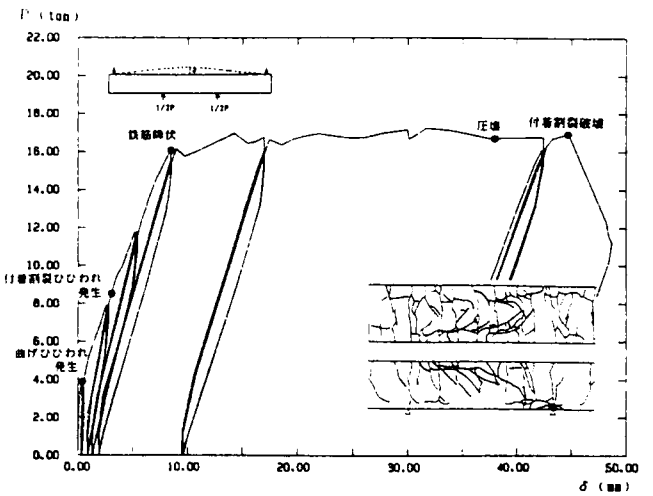


図-3. 4 k 荷重-変形関係 (PB-17)

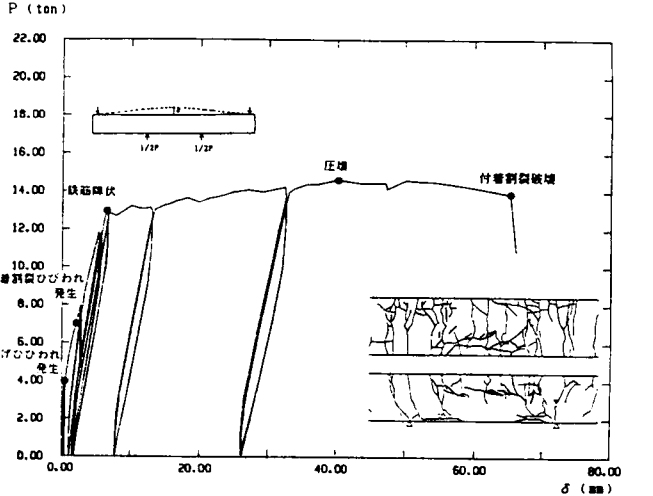


図-3. 4 l 荷重-変形関係 (PB-18)

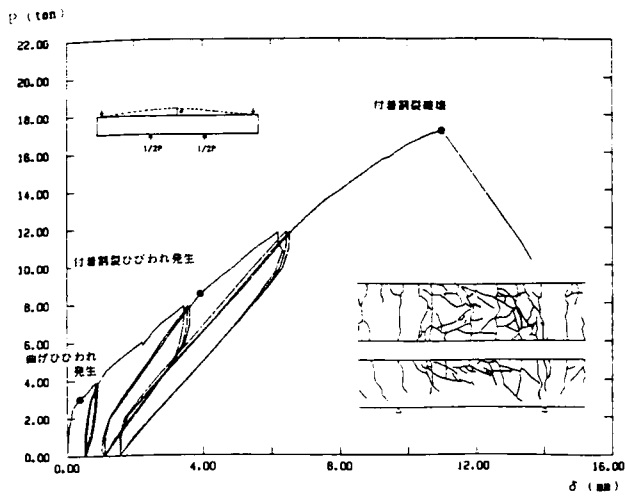


図-3. 4 m 荷重-変形関係 (PB-19)

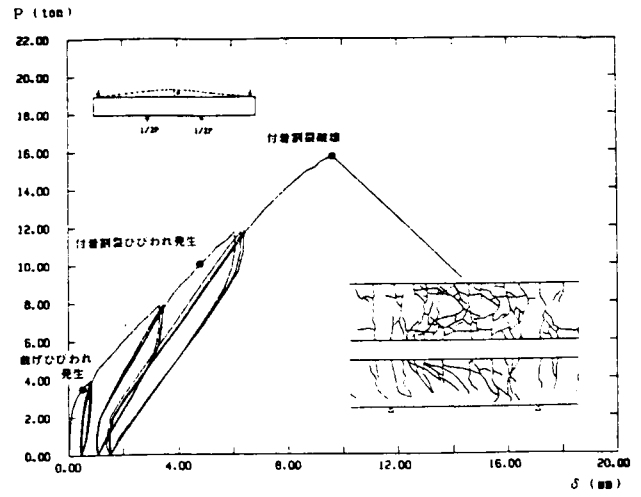


図-3. 4 n 荷重-変形関係 (PB-20)

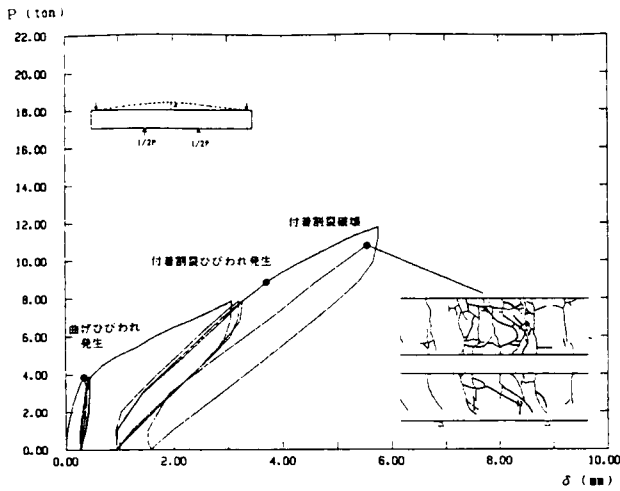


図-3. 4 o 荷重-変形関係 (PB-21)

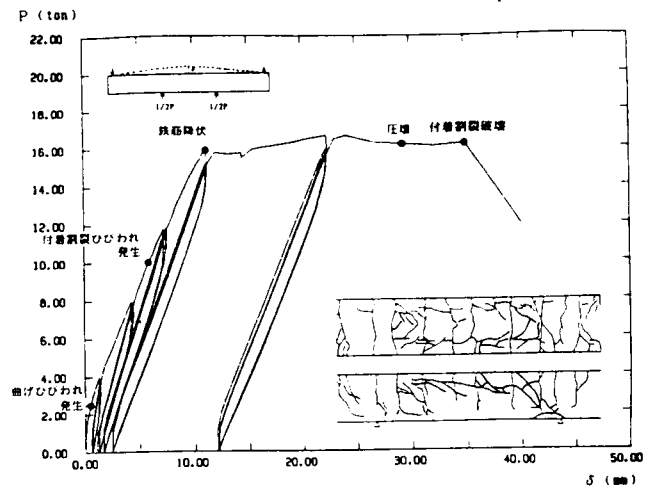


図-3. 4 p 荷重-変形関係 (PB-22)

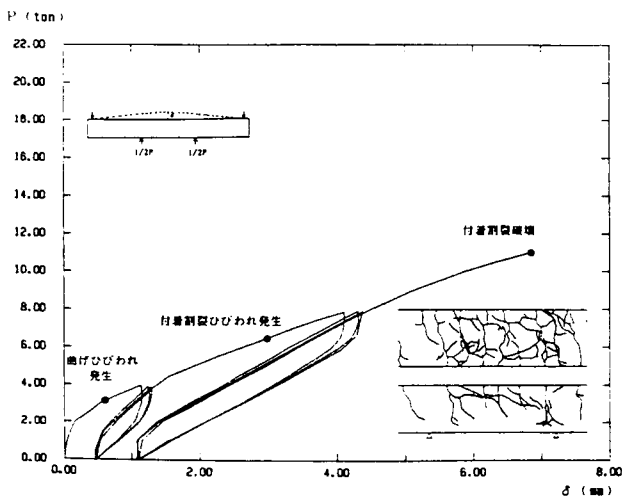


図-3. 4 q 荷重-変形関係 (PB-23)

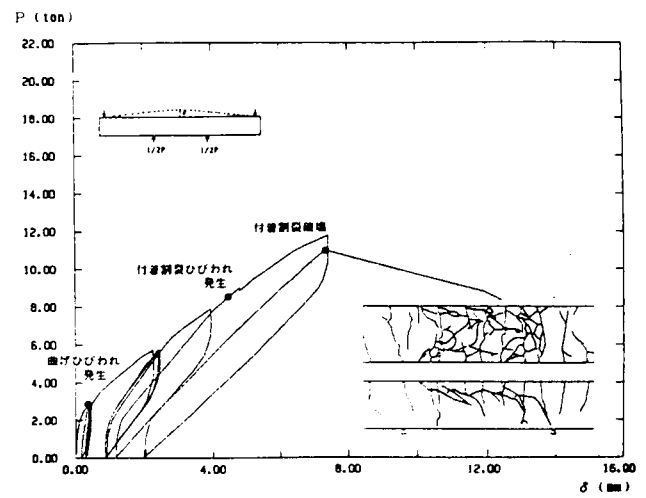


図-3. 4 r 荷重-変形関係 (PB-24)

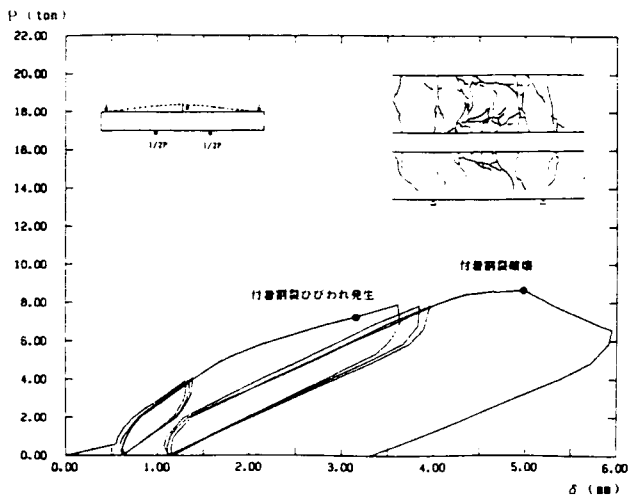


図-3. 4 s 荷重-変形関係 (PB-25)

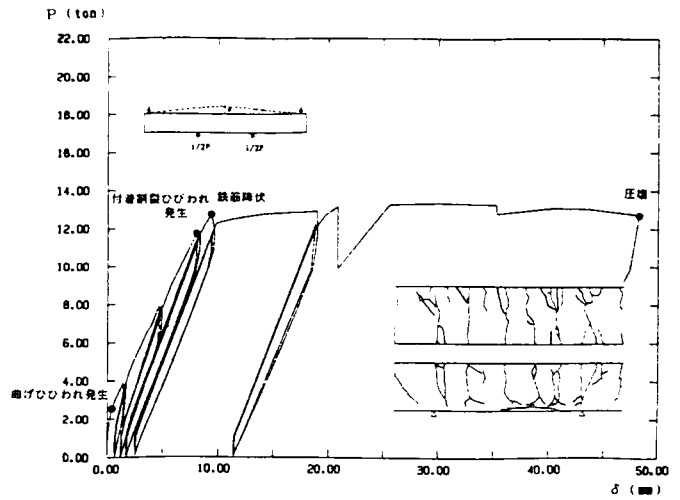


図-3. 4 t 荷重-変形関係 (PB-26)

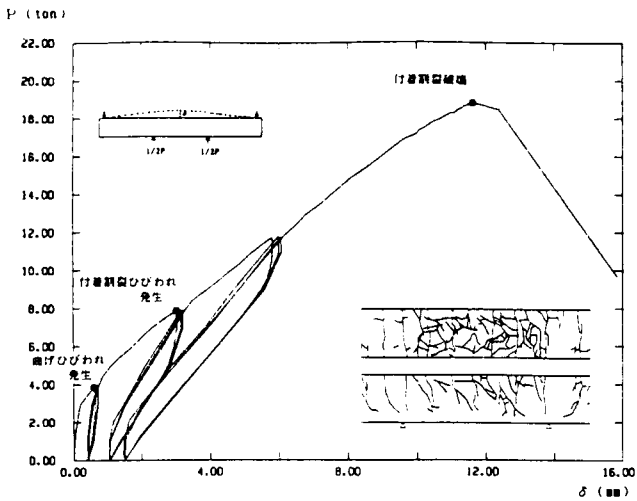


図-3. 4 u 荷重-変形関係 (PB-27)

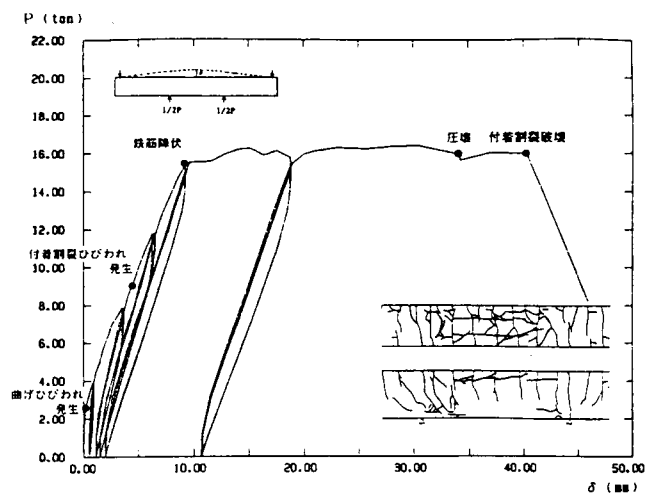


図-3. 4 v 荷重-変形関係 (PB-28)

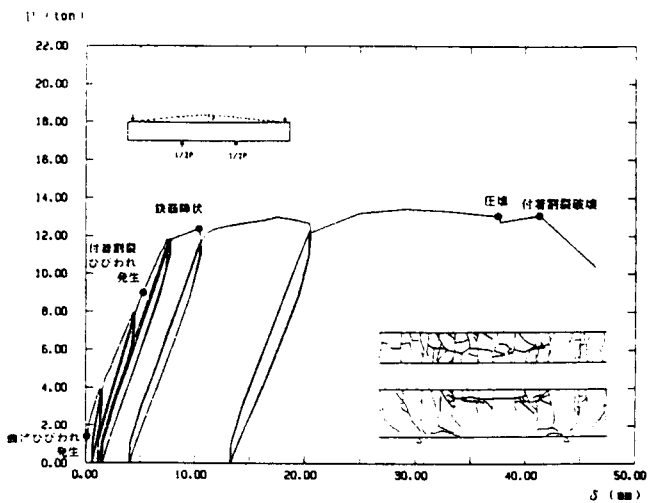


図-3. 4 w 荷重-変形関係 (PB-29)

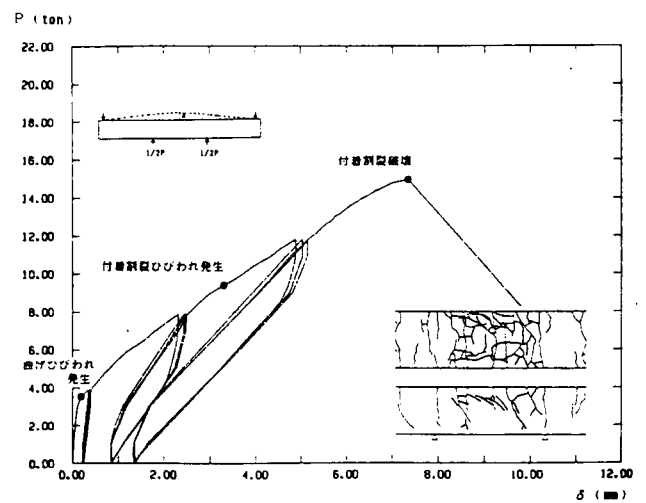


図-3. 4 x 荷重-変形関係 (PB-31)

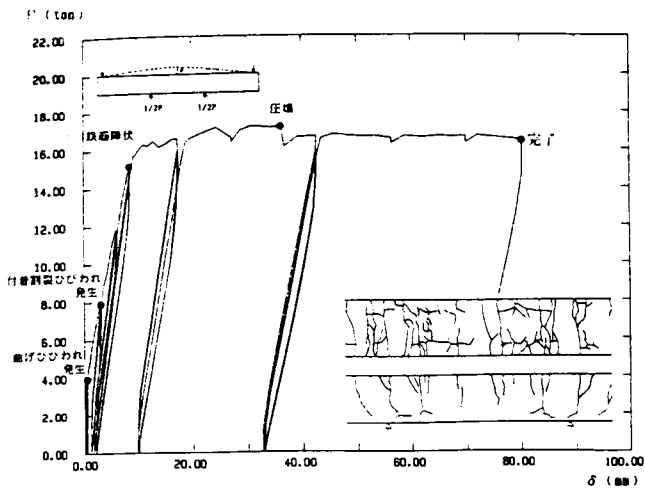


図-3. 4 y 荷重-変形関係 (PB-32)

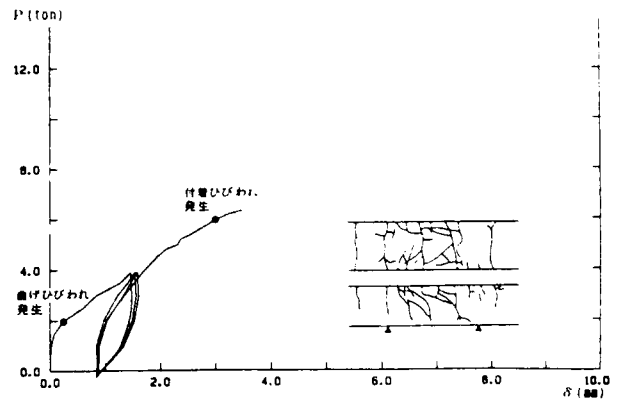


図-3. 4 z 荷重-変形関係 (PB-33)

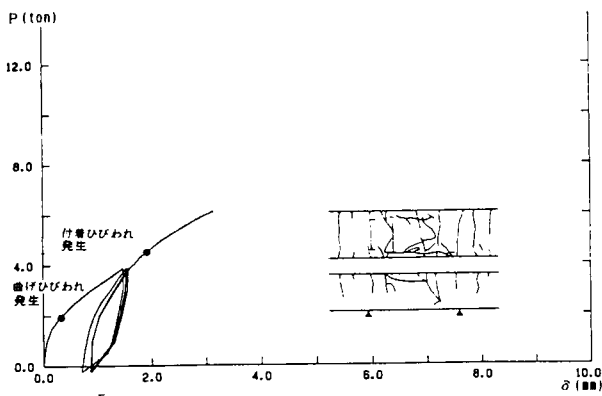


図-3. 4 ① 荷重-変形関係 (PB-34)

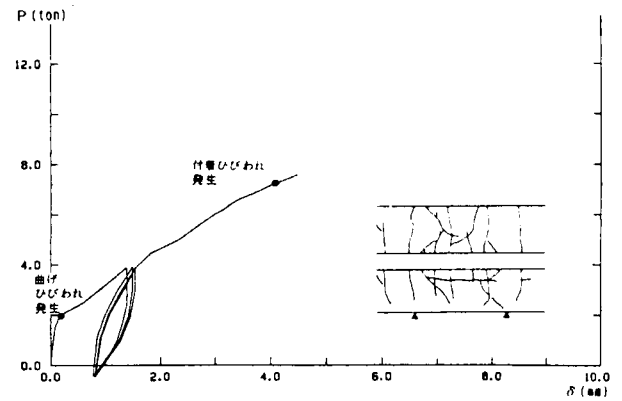


図-3. 4 ② 荷重-変形関係 (PB-35)

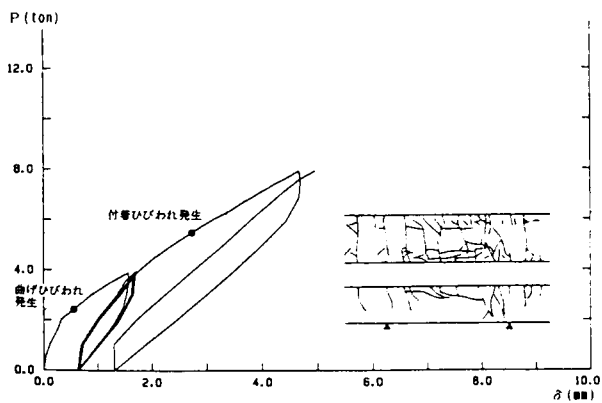


図-3. 4 ③ 荷重-変形関係 (PB-36)

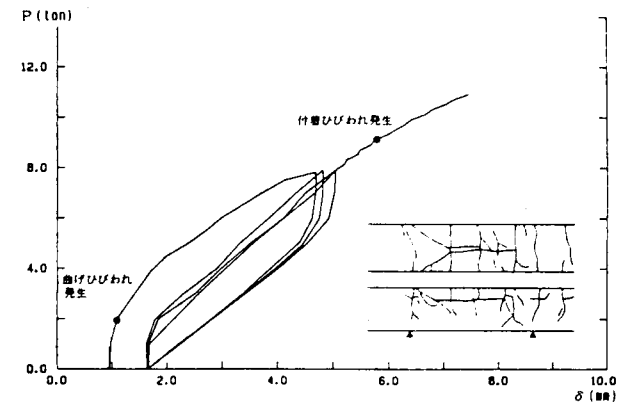


図-3. 4 ④ 荷重-変形関係 (PB-37)

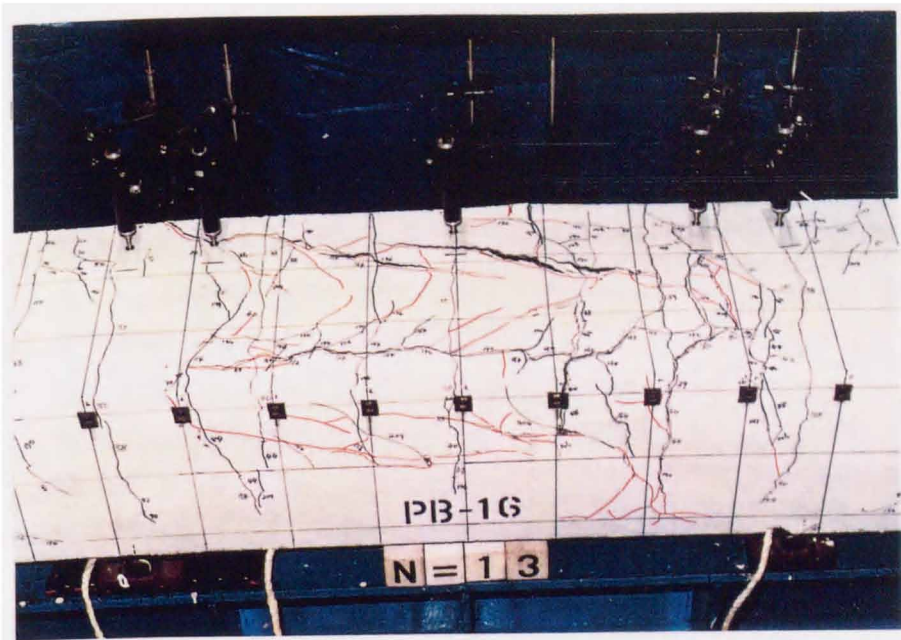


写真-3.1

曲げ実験 I 破壊状況 (PB-16)

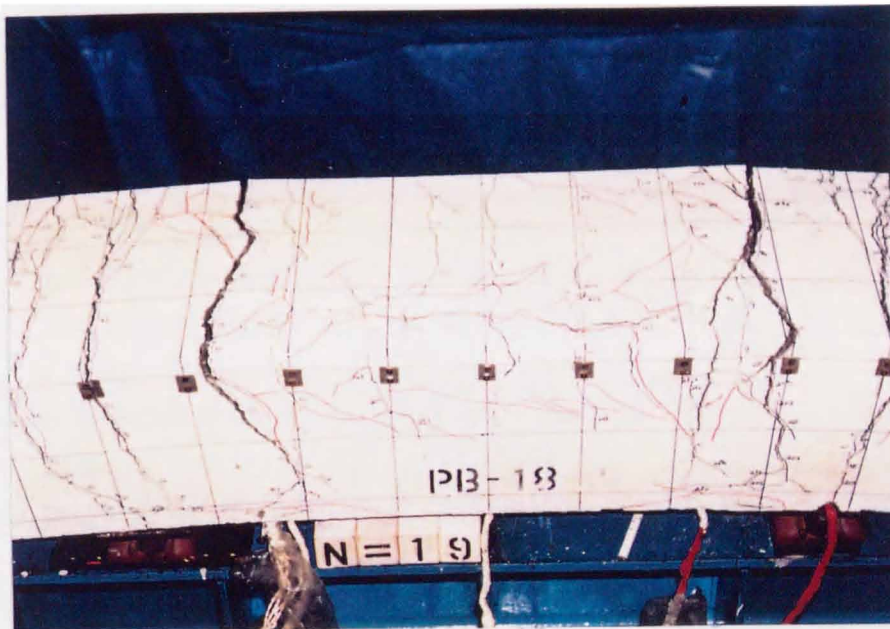


写真-3.2

曲げ実験 I 破壊状況 (PB-18)

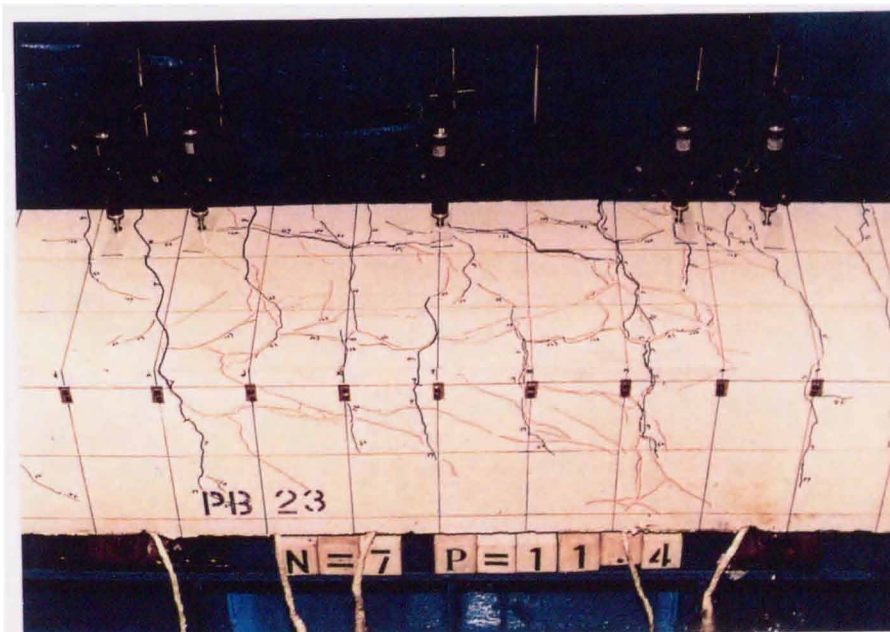


写真-3.3

曲げ実験 I 破壊状況 (PB-23)

3. 2. 2 曲げ実験Ⅱ

1) 実験計画

継手筋周囲のかぶりコンクリートのボリュームの影響、つまり断面内での継手筋の位置の影響を主に検討した。図-3. 5に試験体配筋図を示すが、かぶり厚さと鉄筋間隔の影響を検討するためcorner split型の破壊とならないように側面かぶり厚さを大きくし(4.2 d。)、試験体幅は50cmとした。試験体のせいは表面かぶり厚さの違いにより、28cm(かぶり厚さ 0.5 d。)、30cm(同 1.5 d。)、32cm(同 2.5 d。)、34cm(同 3.5 d。))とした。主筋には付着割裂破壊前に鉄筋が降伏しないように熱処理により強度を高めたD19鉄筋($f_y = 8600 \text{ kgf/cm}^2$)を使用し、重ね長さは30 d。とした。横補強筋には高強度異形棒鋼(径 6.4mm, $f_y = 14000 \text{ kgf/cm}^2$)を使用し、曲げせん断スパン部でその間隔を50mm、曲げスパン部で間隔を90mm($p_w = 0.14\%$)とした。コンクリートは3種類の強度のものをいずれも継手筋が下端筋となるように平打ちで打設した。検討要因は、コンクリート強度、かぶり厚さ、鉄筋間隔、継手筋のあき間隔、継手の有無、加力方法であり、表-2. 2に試験体の一覧を示す。なお、S1-06、S2-06、S3-06試験体は実験方法の違い(曲げ実験と両引実験)を検討するための試験体であり、それぞれS1-01、S2-01、S3-01試験体の継手部と同一形状であり、コンクリートも同じものを打設した。

加力は、S3-05試験体と両引実験試験体以外は継手が一定曲げモーメント部にあり、かつ、引張応力のみを受けるように、一方向の繰り返しで2点集中荷重を行った。荷重履歴は、鉄筋応力で約2000, 3500, 5000kgf/cm²で3回ずつ繰り返した後、破壊まで単調に荷重した。S3-05試験体は継手が圧縮応力も受けるように正負交番繰り返しで2点集中荷重を行った。両引実験試験体は鉄筋応力で2000, 3500, 5000kgf/cm²で3回ずつ両引繰り返し荷重した後、破壊まで単調に荷重した。

変形の測定は、加力点、継手端、試験体中央部のたわみ量を電気式変位計で測定した。鉄筋のひずみは、継手部と横補強筋の1部にワイヤーストレインゲージを貼り測定した。ひびわれは、所定荷重のピーク時にそのパターンを記録するとともに、曲げひびわれの幅をクラックゲージを用いて測定した。

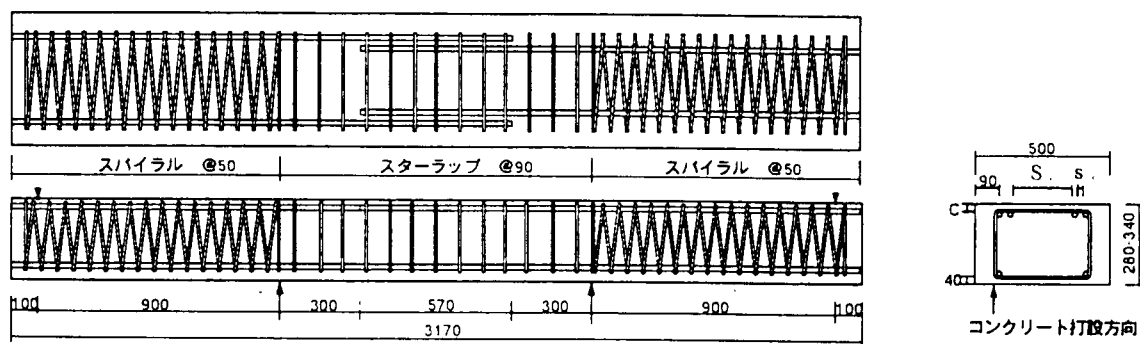


図-3. 5 曲げ実験Ⅱ試験体図

2) 実験結果

表-3. 2に実験結果一覧を、図-3. 6に各試験体の荷重-たわみ量関係と破壊時のひびわれ状況を示す。いずれの試験体も破壊経過は曲げ実験Iと同様であり、最初曲げひびわれが生じ、さらに加力すると継手端に付着ひびわれが生じ、徐々に継手内へと進展した。継手の無いS1-05試験体は鉄筋応力が引張強度近くまで達したため加力を止め除荷したが、継手を有する試験体はすべて鉄筋降伏前に付着割裂破壊を生じた。破壊形式は鉄筋が密に配筋されたS1-03とS1-04試験体は、side split型の破壊のように見られたが、その他の試験体の破壊はすべてv notch split型の付着割裂破壊のように見られた。写真-3. 4から写真-3. 6に主な試験体の破壊状況を示す。写真に示す試験体はコンクリート強度のみが異なっているが、ひびわれ性状に大きな差異は見られなかった。

表-3. 2 曲げ実験シリーズII試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ*1					実験結果*2							
	σ_b kgf/cm ²	S_c mm	s_c mm	C mm	l_s mm	曲げCrack		付着Crack		最大荷重		f_u kgf/cm ²	τ_u kgf/cm ²
						P tf	δ mm	P tf	δ mm	P tf	δ mm		
S1-01	648	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	7.4	1.04	9.0	3.14	24.9	24.4	8592	72.1
S1-02	648	6 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	7.2	0.79	12.5	3.62	37.6	20.8	8630	72.4
S1-03	648	3 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	7.0	0.74	18.0	5.13	44.8	19.6	7713	64.7
S1-04	648	2 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	7.1	0.85	16.1	3.89	46.6	16.9	6419	53.9
S1-05	648	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	無し	5.9	0.90	7.9	2.92	25.8	22.0	8902	74.7
S1-06	635	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	8.0	0.32	8.0	0.32	23.4	2.2	8136	68.3
S2-01	457	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.2	0.77	7.3	2.55	22.4	17.4	7719	64.8
S2-02	457	14 d _b	1 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.0	0.75	7.5	3.02	22.5	17.2	7754	65.1
S2-03	457	14 d _b	2 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.2	0.66	7.0	1.95	22.3	17.7	7685	64.5
S2-04	457	14 d _b	3 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.1	0.72	7.3	2.41	22.0	17.3	7581	63.6
S2-05	457	14 d _b	4 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.2	0.76	8.5	3.86	21.8	18.0	7524	63.1
S2-06	466	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	8.1	0.32	5.8	0.22	19.2	1.3	6683	56.1
S3-01	345	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.3	0.90	7.4	2.50	19.8	15.2	6823	57.3
S3-02	345	14 d _b	0 d _b	0.5 d _b	30 d _b	3.5	0.57	8.4	4.25	19.0	15.5	6536	54.9
S3-03	345	14 d _b	0 d _b	2.5 d _b	30 d _b	6.1	0.71	10.1	4.32	23.4	18.1	8075	67.8
S3-04	345	14 d _b	0 d _b	3.5 d _b	30 d _b	5.1	0.54	8.5	3.36	25.3	19.3	8707	73.1
S3-05	345	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.9	1.18	7.8	2.93	18.7	14.4	6433	54.0
S3-06	351	14 d _b	0 d _b	1.5 d _b	30 d _b	5.8	0.29	5.0	0.23	18.2	2.0	6348	53.3

*1 σ_b : コンクリート強度, S_c : 鉄筋の表面間距離, s_c : 継手筋間のあき間隔,
C : かぶり厚さ, l_s : 重ね長さ

*2 f_u : 最大荷重時鉄筋応力 (= M_u / a_j) (kgf/cm²), M_u : 最大曲げモーメント,
j : 応力中心間距離 (=7/8 d), a : 鉄筋全断面積
 τ_u : 付着割裂強度 (= $f_u a / (\phi l_s)$) (kgf/cm²), ϕ : 鉄筋周長

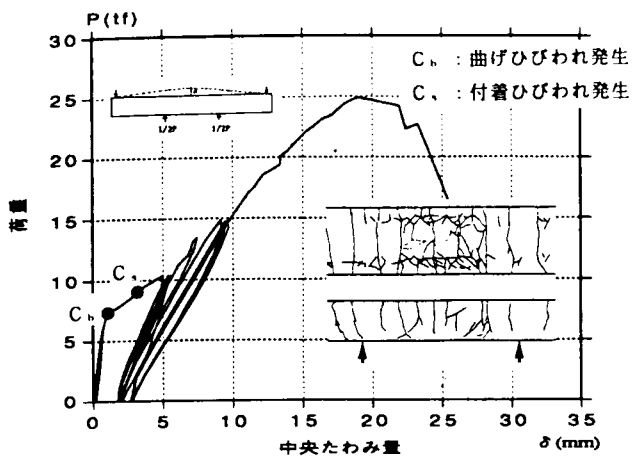


図-3. 6 a 荷重-変形関係 (S1-01)

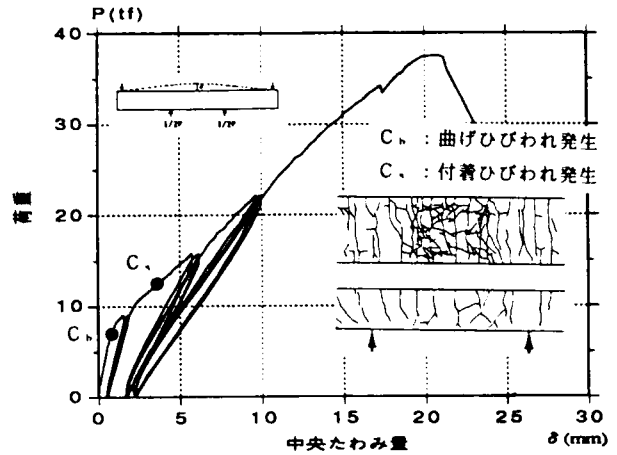


図-3. 6 b 荷重-変形関係 (S1-02)

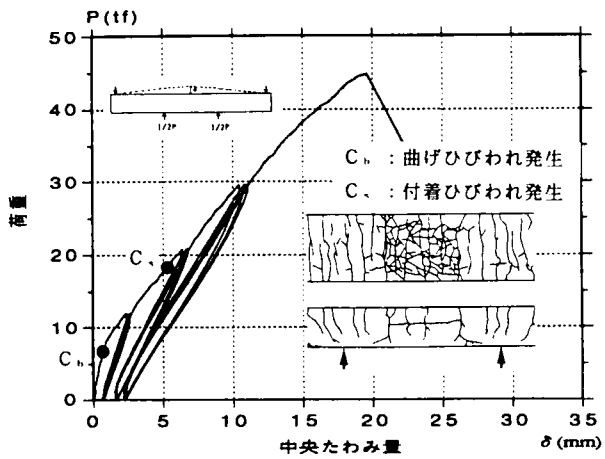


図-3. 6 c 荷重-変形関係 (S1-03)

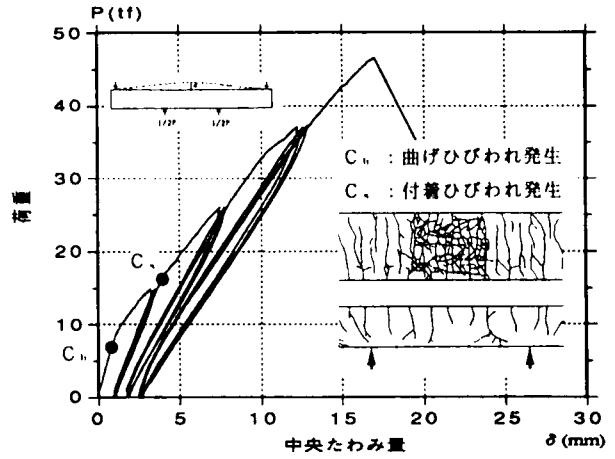


図-3. 6 d 荷重-変形関係 (S1-04)

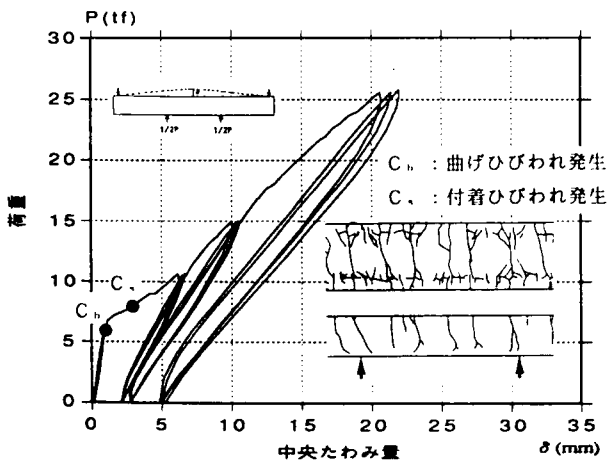


図-3. 6 e 荷重-変形関係 (S1-05)

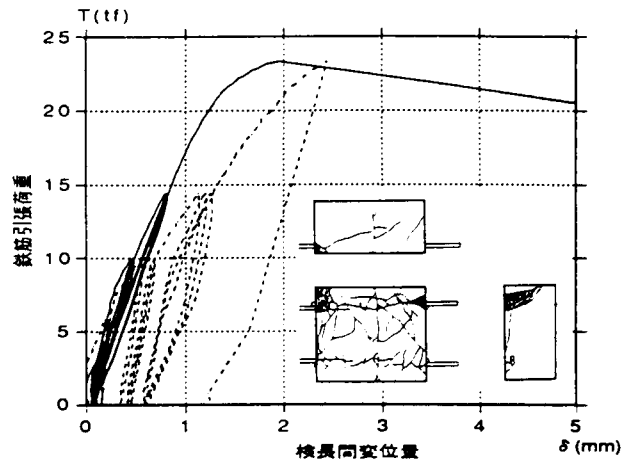


図-3. 6 f 荷重-変形関係 (S1-06)

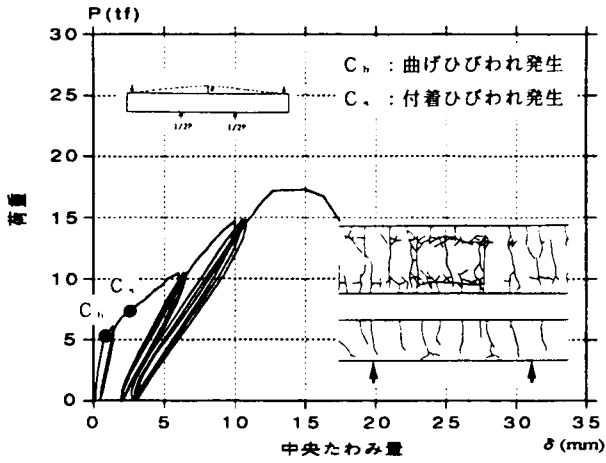


図-3. 6 g 荷重-変形関係 (S2-01)

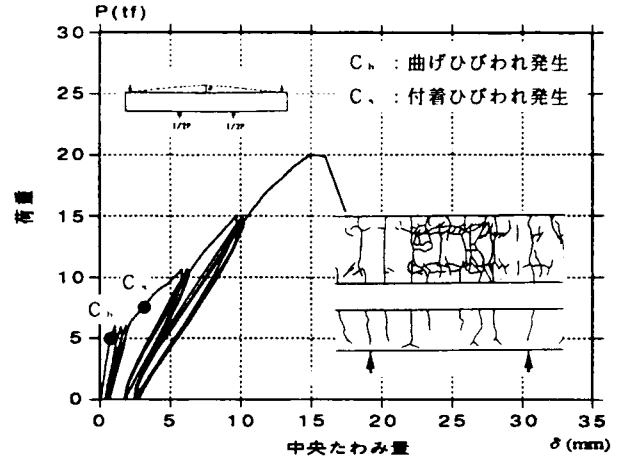


図-3. 6 h 荷重-変形関係 (S2-02)

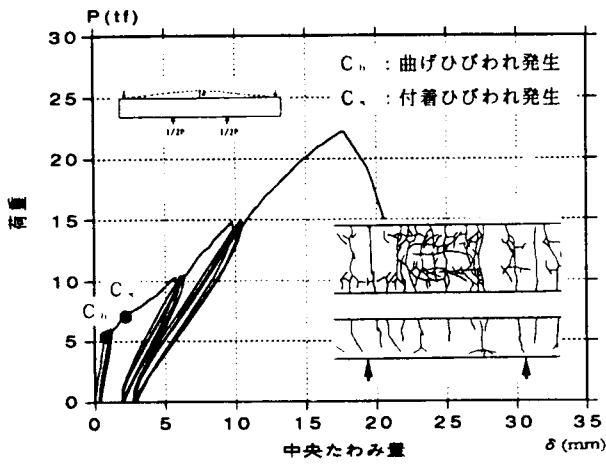


図-3. 6 i 荷重-変形関係 (S2-03)

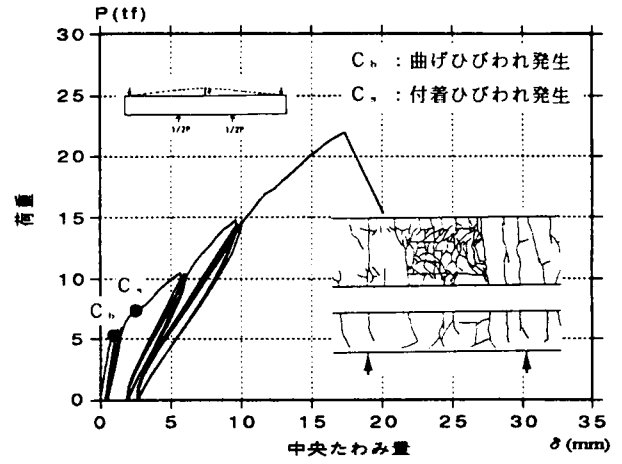


図-3. 6 j 荷重-変形関係 (S2-04)

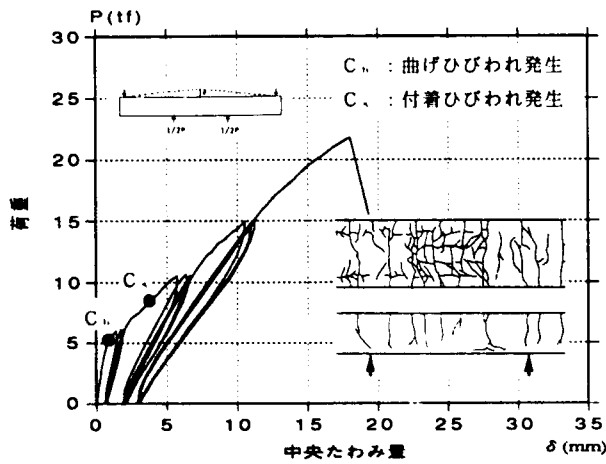


図-3. 6 k 荷重-変形関係 (S2-05)

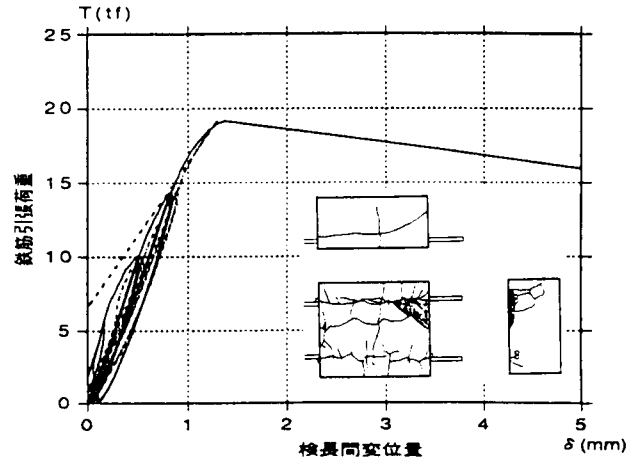


図-3. 6 l 荷重-変形関係 (S2-06)

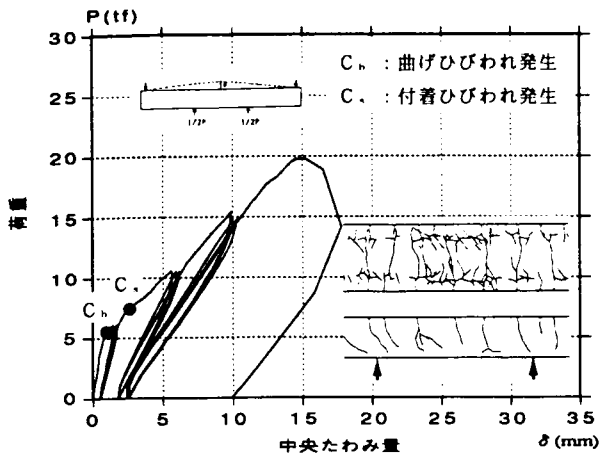


図-3. 6 m 荷重-変形関係 (S3-01)

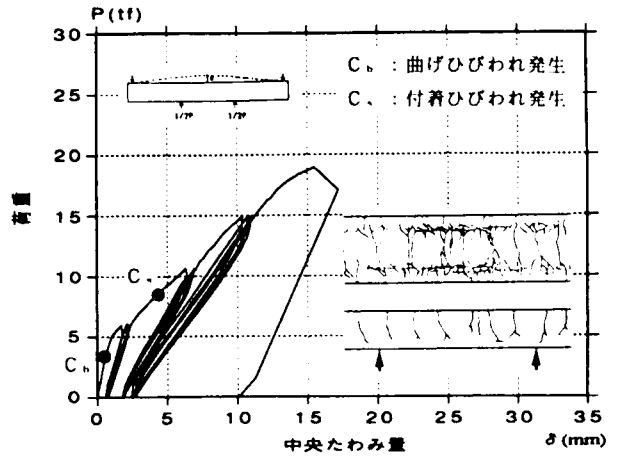


図-3. 6 n 荷重-変形関係 (S3-02)

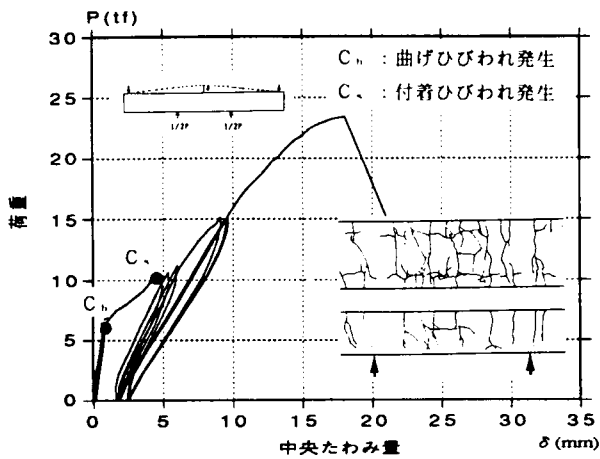


図-3. 6 o 荷重-変形関係 (S3-03)

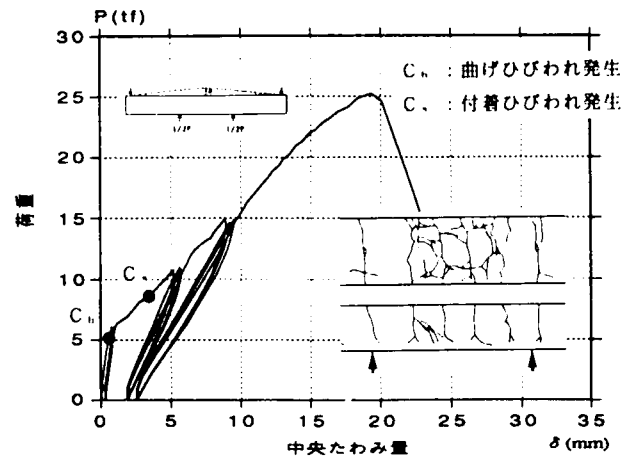


図-3. 6 p 荷重-変形関係 (S3-04)

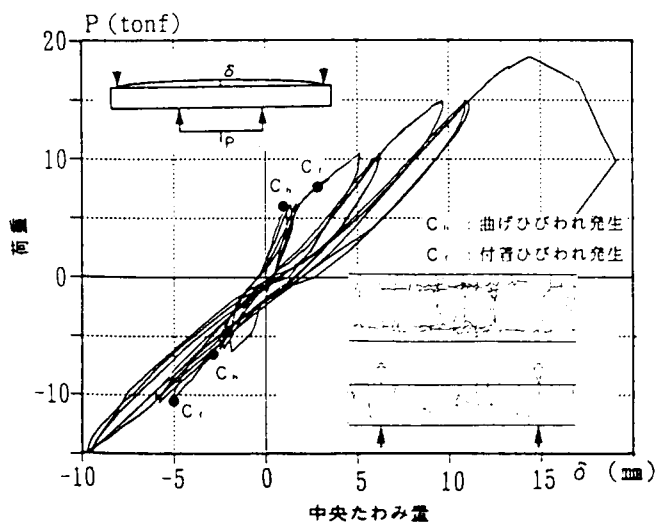


図-3. 6 q 荷重-変形関係 (S3-05)

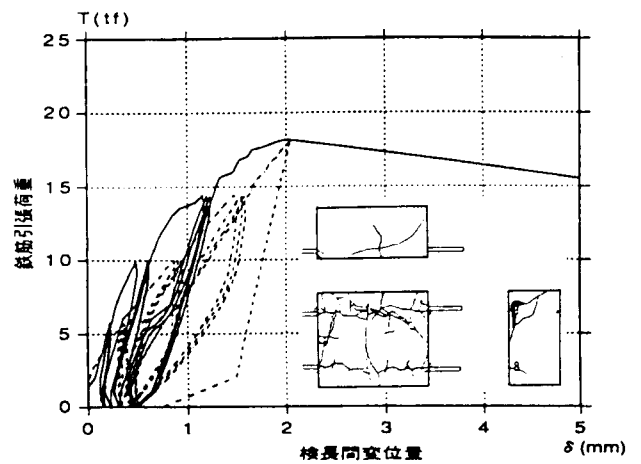


図-3. 6 r 荷重-変形関係 (S3-06)

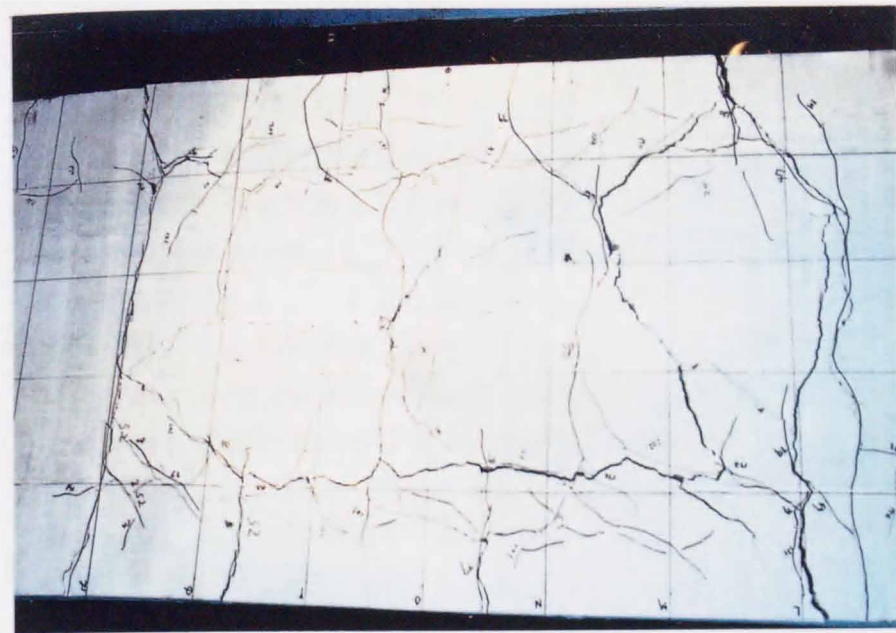


写真-3.4

曲げ実験Ⅱ破壊状況 (S1-01)

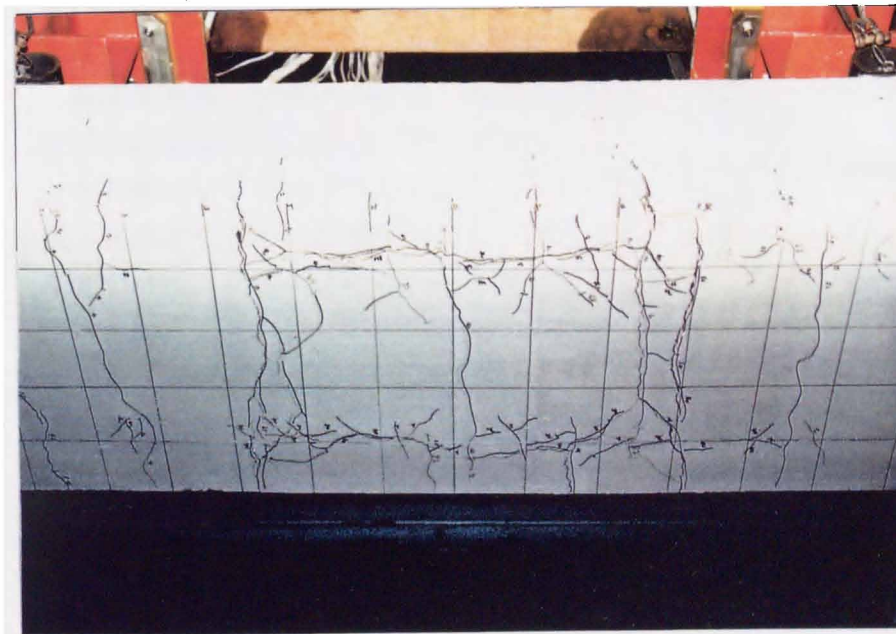


写真-3.5

曲げ実験Ⅱ破壊状況 (S2-01)

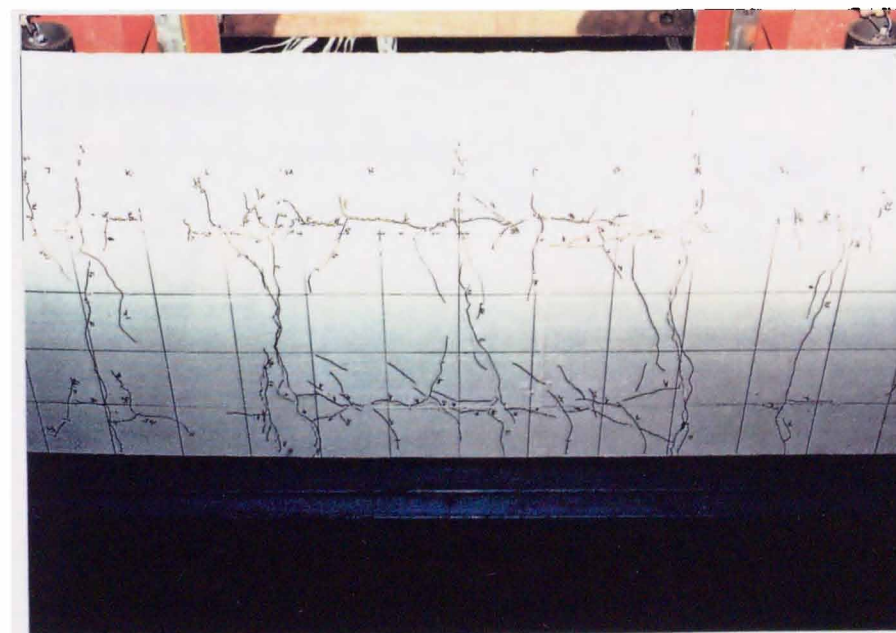


写真-3.6

曲げ実験Ⅱ破壊状況 (S3-01)

3. 2. 3 両引実験 I

1) 実験計画

重ね継手の付着割裂強度への種々の要因の影響を数多くの試験体を用いて検討するため、重ね継手部のみを対象とした両引実験を行った。図-3.7に試験体の1例を示すが、試験体は横補強筋が無く、v notch split型の付着割裂破壊を想定し、2組の継手筋を対称に配筋した長さ l 。(l_s : 重ね長さ), 幅 $2S$ (S : 主筋間隔), 厚さ 10cm (かぶり厚さ $1.5d$ 。) または 12cm (かぶり厚さ $2.5d$ 。) の矩形板である。継手筋にはD19鉄筋を用いたが、降伏点強度が 3960kgf/cm^2 以外のものは熱処理により強度を高めた。コンクリートはかぶり厚側が下になるように平打ちで打設した。検討した要因は、鉄筋強度、コンクリート強度、重ね長さ、かぶり厚さ、鉄筋間隔、継手筋のあき間隔で、試験体数は51体である。表-3.3に試験体一覧を示す。

加力は両引繰り返し载荷とし、加力フレーム内に試験体をセットした後、試験体から突き出た鉄筋をセンターホールジャッキを用いて、鉄筋応力 $f_t = 1000, 2000, 3000\text{ kgf/cm}^2$ で3回、鉄筋降伏後は降伏時変形の1.0, 2.0, 5.0倍の変形で3回ずつ両側から繰り返し载荷を行った。

測定は荷重、試験体の変形、鉄筋のひずみ、ひびわれ状況について行った。荷重は、ジョッキの前にロードセルをセットし、鉄筋の引張り荷重をそれぞれ直接測定した。変位は検長間変位量、荷重端変位量、自由端変位量について測定した。主筋のひずみは、ワイヤーストレインゲージを貼り測定した。

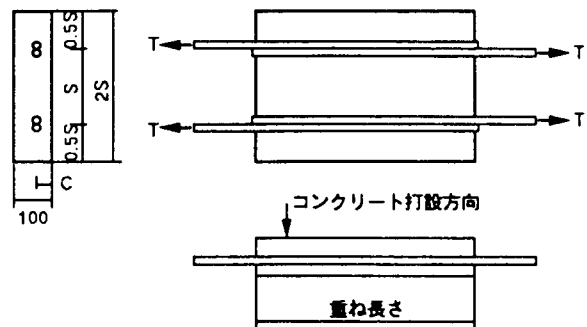


図-3.7 両引実験 I 試験体図

2) 実験結果

表-3.3に実験結果一覧を示す。付着割裂強度は継手全長の平均付着応力度として算定したが、鉄筋降伏後に付着割裂破壊した試験体については付着割裂強度のかわりに塑性率(最大荷重時変形/鉄筋降伏時変形)を示した。図-3.8に荷重-変形関係を、図-3.9にひびわれ発生状況の1例を示すが、破壊経過は曲げ実験と同様であった。破壊はすべて継手筋に沿ってかぶりコンクリートがv字型に割裂する付着割裂破壊であったがHT-06とHT-12試験体は鉄筋降伏後の付着割裂破壊であり、それ以外はすべて鉄筋降伏前の付着割裂破壊であった。

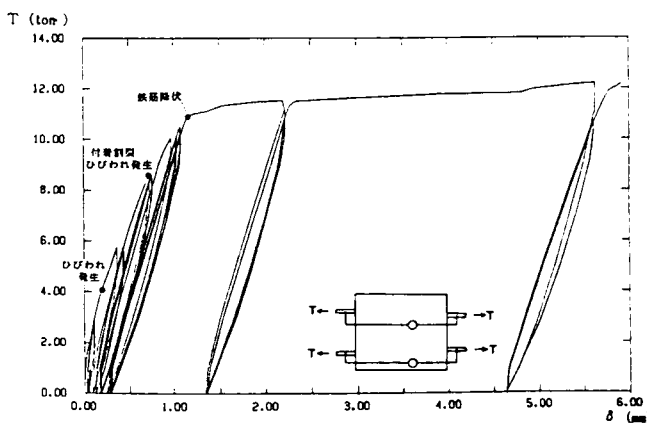


図-3.8 荷重-変形関係 (HT-06)



図-3.9 a ひびわれ状況 (HT-01)

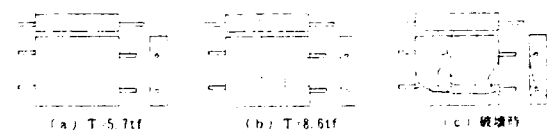


図-3.9 b ひびわれ状況 (HT-06)

表-3. 3 両引実験シリーズI 試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ [*]						実験結果 ^{**}			
	f _c kgf/cm ²	σ _B kgf/cm ²	ℓ _s mm	C mm	S mm	s _c mm	f _c kgf/cm ²	f _s kgf/cm ²	f _u kgf/cm ²	τ _u kgf/cm ²
HT-01	3960	228	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1007	2272	3007	30.3
HT-02	5413	228	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	997	2014	3017	30.4
HT-03	6690	228	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	882	2003	2913	29.3
HT-04	7224	228	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	530	1411	2620	26.4
HT-05	9950	228	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1362	1749	3296	33.2
HT-06	3960	594	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1418	3003	4244	(5.58)
HT-07	5413	594	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1369	3010	3986	40.1
HT-08	6690	594	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	683	2610	4327	43.6
HT-09	7224	594	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	857	3007	4150	41.8
HT-10	9950	594	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1383	3003	3997	40.2
HT-11	3960	437	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1003	2007	3519	35.4
HT-12	3960	628	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1261	2617	4010	(1.16)
HT-13	5413	437	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1213	2770	3460	34.8
HT-14	5413	628	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	993	1972	3571	36.0
HT-15	6690	437	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1014	2815	3582	36.1
HT-16	6690	628	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1000	2003	3512	35.4
HT-21	7224	628	30 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1003	2484	4307	36.1
HT-22	7224	628	40 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1213	2017	5631	35.4
HT-23	7398	216	30 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	801	1411	3007	25.2
HT-24	7398	216	40 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1226	2000	4307	27.1
HT-25	7398	287	30 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1387	2007	4041	33.9
HT-26	7398	287	40 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1585	2265	4990	31.4
HT-27	7398	772	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1571	1742	4401	44.3
HT-28	7398	772	30 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1390	1885	4603	38.6
HT-29	7398	772	40 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	0	1220	1220	5812	36.6
HT-30	7398	216	25 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	721	1909	2906	29.3
HT-31	7398	216	30 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	857	1997	3411	28.6
HT-32	7398	216	40 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	693	1063	4073	25.6
HT-33	7398	287	25 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	1216	1997	2767	27.9
HT-34	7398	287	30 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	1000	3003	4181	35.1
HT-35	7398	287	40 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	1220	2613	4129	26.0
HT-36	7398	621	25 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	847	2286	3554	35.7
HT-37	7398	621	30 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	1000	2617	4178	35.1
HT-38	7398	621	40 d _B	1.5 d _B	5.2 d _B	0	993	2000	4951	31.2
HT-39	7398	287	25 d _B	1.5 d _B	7.4 d _B	0	1094	2892	3551	35.8
HT-40	7398	287	30 d _B	1.5 d _B	7.4 d _B	0	1031	2895	3868	32.5
HT-41	7398	287	40 d _B	1.5 d _B	7.4 d _B	0	840	2003	4530	28.5
HT-42	7398	216	25 d _B	1.5 d _B	7.4 d _B	0	1003	1997	3376	34.0
HT-43	7398	621	25 d _B	1.5 d _B	7.4 d _B	0	1390	2613	4077	41.1
HT-44	7398	216	25 d _B	2.5 d _B	5.2 d _B	0	889	2620	3564	35.9
HT-45	7398	216	25 d _B	2.5 d _B	7.4 d _B	0	1728	3000	4185	42.2
HT-46	7398	216	25 d _B	2.5 d _B	10.5 d _B	0	2557	2474	3488	35.1
HT-47	7398	621	25 d _B	2.5 d _B	5.2 d _B	0	1746	3620	4387	44.2
HT-48	7398	621	25 d _B	2.5 d _B	7.4 d _B	0	2770	3906	4401	44.3
HT-49	7398	621	25 d _B	2.5 d _B	10.5 d _B	0	3829	3829	4805	48.4
HT-50	7398	216	25 d _B	2.5 d _B	10.5 d _B	1 d _B	2794	3310	4021	40.5
HT-51	7398	216	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	2 d _B	1394	1847	2334	23.5
HT-52	7398	216	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	3 d _B	1568	1568	2000	20.1
HT-53	7398	287	25 d _B	2.5 d _B	10.5 d _B	1 d _B	3488	3488	4537	45.7
HT-54	7398	287	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	2 d _B	2000	2000	2808	28.3
HT-55	7398	287	25 d _B	1.5 d _B	10.5 d _B	3 d _B	1746	1885	2226	22.4

- *1 f_c : 鉄筋降伏点, σ_B : コンクリート強度, ℓ_s : 重ね長さ,
 C : かぶり厚さ, S : 継手筋中心間隔, s_c : 継手筋のあき間隔
 *2 f_c, f_s : 引張りひびわれ, 付着ひびわれ発生時鉄筋応力
 f_u : 最大荷重時鉄筋応力, τ_u : 付着割裂強度

3. 2. 4 両引実験Ⅱ

1) 実験計画

一般的なはり部材を対象に、重ね継手の付着割裂強度への種々の要因の影響を数多くの試験体を用いて検討するため、横補強筋を有するはり部材の重ね継手部のみを対象とした両引実験を行った。図-3. 10に試験体図を示す。試験体は $b \times D = 30 \times 20\text{cm}$ の矩形断面で長さは重ね長さに等しくした。なお、鉄筋位置（上端筋と下端筋）を検討するための試験体についてははりせいを2倍の40cmとした。全試験体とも主筋の降伏前に付着割裂破壊をさせるべく、主筋には熱処理により強度を高めたD19鉄筋（ $f_y = 8600\text{kgf/cm}^2$, 0.2%耐力）を用い、corner split型の破壊を想定し、表面と側面のかぶり厚さを $1.5d_b$ 、鉄筋ピッチを $11.6d_b$ とした。横補強筋には高強度異形棒鋼（ $f_y = 14000\text{kgf/cm}^2$, 径6.4mm）を使用し、補強筋間隔を90mm（ $p_w = 0.24\%$ ）とした。コンクリートはかぶり厚側が下になるように平打ちで打設した。検討した要因は、コンクリート強度、重ね長さ、鉄筋位置（上端筋と下端筋）であり、試験体数は42体である。表-3. 4に試験体の一覧を示す。

加力は両引実験Ⅰと同じ方法により、鉄筋応力 $f_s = 2200, 3500, 5000, 7000\text{kgf/cm}^2$ で3回、ずつ繰り返し载荷を行った。計測は、鉄筋の引張力をそれぞれ直接ロードセルで測定するとともに、検長間変位量を電気式変位計により測定し、継手筋と横補強筋にワイヤーストレインゲージを貼り鉄筋のひずみを測定した。

2) 実験結果

表-3. 4に実験結果一覧を示す。図-3. 11に破壊時ひびわれパターンの1例を、図-3. 12に荷重-変形関係の1例を示す。破壊経過は曲げ試験体とほぼ同様であり、破壊せずに実験を終了したST-21試験体を除いてすべて鉄筋降伏後の付着割裂破壊であった。破壊形式は隅角部のかぶりコンクリートが割裂するcorner split型の破壊であった。

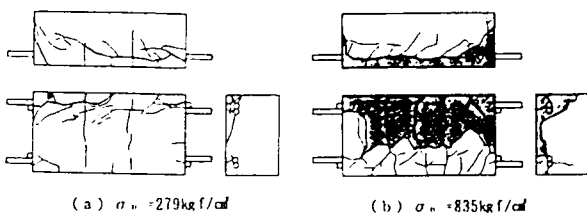


図-3. 11 破壊時ひびわれ状況

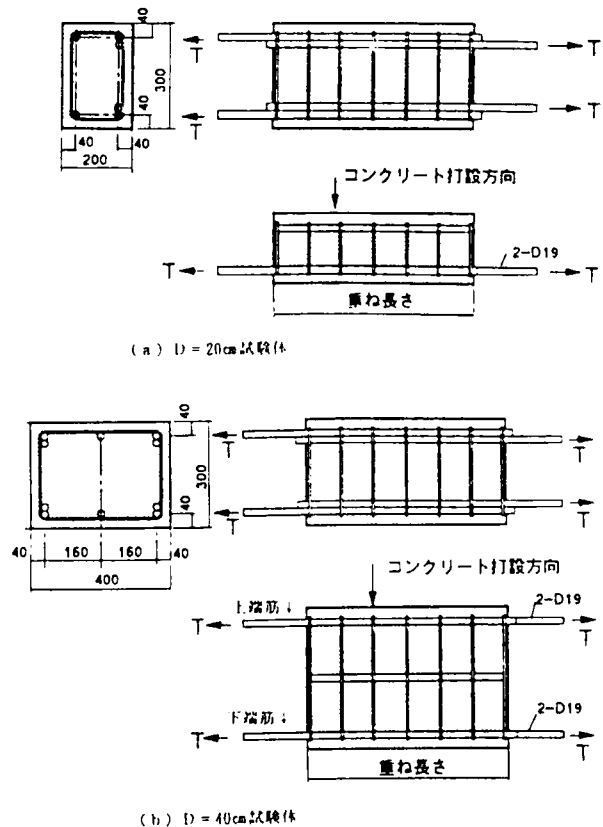


図-3. 10 両引実験Ⅱ試験体図

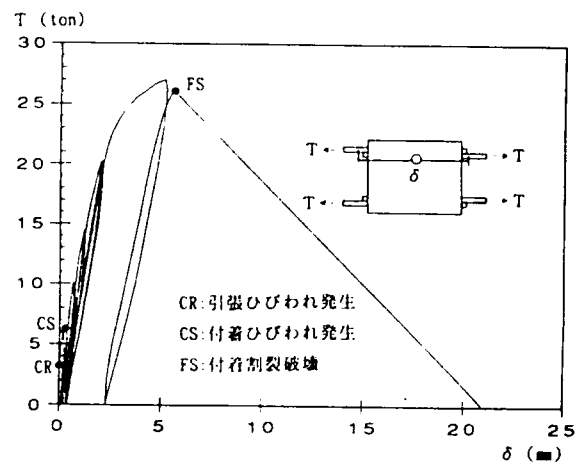


図-3. 12 荷重-変形関係 (ST-24)

表-3.4 両引実験シリーズII試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ*1			実験結果*2			
	σ_u kgf/cm ²	ℓ_s mm	D cm	f_c kgf/cm ²	f_s kgf/cm ²	f_u kgf/cm ²	τ_u kgf/cm ²
ST-01	279	5 d _b	20	—	—	662	33.3
ST-02	279	10 d _b	20	—	—	1394	35.1
ST-03	279	15 d _b	20	—	—	2230	37.4
ST-04	279	30 d _b	20	1777	3171	3937	33.0
ST-05	279	40 d _b	20	1812	3171	4878	30.7
ST-06u d	279	10 d _b	40	—	—	1742	43.9
				—	—	1394	35.1
ST-07u d	279	20 d _b	40	—	2125	2578	32.5
				—	2230	3310	41.7
ST-08u d	279	30 d _b	40	1777	3519	4077	34.2
				2230	2230	4669	39.2
ST-09u d	279	40 d _b	40	2230	2822	4704	29.6
				1951	2230	6063	38.2
ST-10	499	20 d _b	20	1080	2822	4530	57.0
ST-11	499	30 d _b	20	1115	2265	6934	58.2
ST-12	499	40 d _b	20	1394	2822	9059	57.0
ST-13	688	20 d _b	20	1812	2230	5052	63.6
ST-14	688	30 d _b	20	1394	2822	7038	59.1
ST-15	688	40 d _b	20	1394	3519	9338	58.8
ST-16	497	20 d _b	20	1777	2787	4460	56.1
ST-17	497	30 d _b	20	1742	3484	6690	56.1
ST-18	497	40 d _b	20	1777	2822	8502	53.5
ST-19	835	20 d _b	20	2230	2230	5052	63.6
ST-20	835	30 d _b	20	1777	2822	7840	65.8
ST-21	835	40 d _b	20	1429	2265	9443	—
ST-22	631	20 d _b	20	1777	2787	5017	63.2
ST-23	631	30 d _b	20	1429	2822	7143	59.9
ST-24	631	40 d _b	20	1080	2195	9408	59.2

試験体 記号	パラメータ*1			実験結果*2			
	σ_u kgf/cm ²	ℓ_s mm	D cm	f_c kgf/cm ²	f_s kgf/cm ²	f_u kgf/cm ²	τ_u kgf/cm ²
ST-25	579	5 d _b	20	—	—	976	49.1
ST-26	579	10 d _b	20	—	—	2021	50.9
ST-27	579	15 d _b	20	—	2787	3136	52.6
ST-28	579	20 d _b	20	2125	2822	3868	48.7
ST-29	579	30 d _b	20	1777	2265	5052	42.4
ST-30	579	40 d _b	20	1777	2230	6690	42.1
ST-31u d	579	10 d _b	40	—	—	2160	54.4
				—	—	2230	56.1
ST-32u d	579	20 d _b	40	2230	2787	3833	48.2
				2822	3519	4669	58.8
ST-33u d	579	30 d _b	40	2230	2822	5436	45.6
				1777	2195	6446	54.1
ST-34u d	579	40 d _b	40	2091	3519	6794	42.8
				2230	2822	8641	54.4
ST-35	663	5 d _b	20	—	—	1080	54.4
ST-36	663	10 d _b	20	2230	2230	2439	61.4
ST-37	663	15 d _b	20	1777	2230	3554	59.6
ST-38	663	20 d _b	20	1812	2265	3693	46.5
ST-39	663	30 d _b	20	2230	2230	5923	49.7
ST-40	663	40 d _b	20	1429	3519	9268	58.3
ST-41u d	663	20 d _b	40	2230	1777	4111	51.8
				1777	2265	5052	63.6
ST-42u d	663	30 d _b	40	2265	2265	5819	48.8
				1777	2822	7317	61.4

*1 試験体記号：u；上端筋，d；下端筋，D：試験体せい
 σ_u ：コンクリート強度， ℓ_s ：重ね長さ，

*2 f_c ， f_s ：引張り，付着ひびわれ発生時鉄筋応力
 f_u ：最大荷重時鉄筋応力， τ_u ：付着割裂強度

3. 3 重ね継手を有する部材の力学的性状

重ね継手を有する部材では継手部で2本以上の鉄筋を重ね合わせているため、その部分の主筋量を実質的に多くなっている。従って、そのことが部材の変形、主筋のひずみ、ひびわれ性状などに影響を及ぼし、継手の無い部材と異なる力学的性状を示すことになると考えられる。図-3. 13に継手部（継手の無い部材では同じスパン）の剛性と曲げ変形の関係を示しているが、継手を有する部材では主筋量が多いため初期剛性が大きくなっている。しかしながら、曲げひびわれ発生後は急激に剛性が低下し、継手の無い部材と同等程度の剛性になる傾向が見られる。実験では弾性域内の所定荷重で3回ずつ繰り返し加力を行ったが、図-3. 14に示すように繰り返しによる剛性比（3回目の剛性/1回目の剛性）は、曲げモーメント $M=1.5\text{tm}$ で曲げひびわれの発生により0.82と幾分低下が大きかったものの、 $M=3.0\text{tm}$ 以上では0.89以上であり、継手の有無による差異も見られなかった。つまり、継手があっても弾性範囲では繰り返し载荷の影響は無いと言える。主筋のひずみは、例えば重ね継手部で2本の鉄筋が重ね合わされている場合には、2本の鉄筋のひずみの合計が通し筋の場合のひずみと等しくなり、継手筋のひずみはその片方の鉄筋について見た場合、継手部では端部が0で荷重端が最大の三角形分布になると考えられる。図-3. 15に継手筋のひずみ分布を所定荷重時、鉄筋降伏時、最大荷重時について通し筋と比較して示しているが、荷重が小さいレベルでは継手両端部のひずみ勾配が大きく中央部ではほぼ一定のひずみ分布となっている。ひずみ分布の下には付着応力度分布を示す。付着応力度は鉄筋表面の単位面積当たりに生じる面内応力で表されるので、ある区間の鉄筋ひずみを用いて、下式により求めることができる。

$$\tau_{ab} = (\varepsilon_a - \varepsilon_b) E_s a / (\phi l)$$

$\varepsilon_a, \varepsilon_b$: a b 点の鉄筋ひずみ

E_s : 鉄筋の弾性係数

a : 鉄筋の断面積

ϕ : 鉄筋周長

l : a b 点の長さ

なお、継手端のひずみは測定していないが、

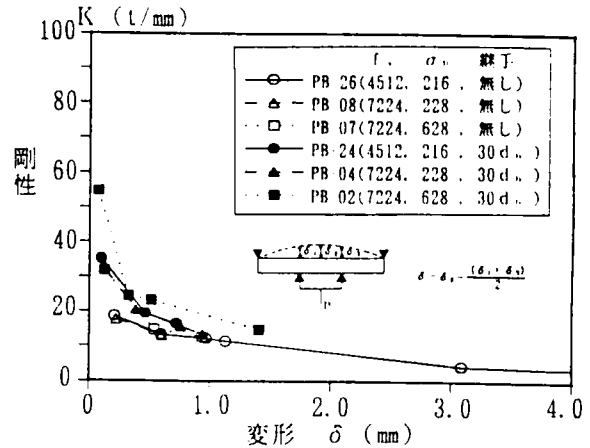


図-3. 13 曲げスパン内の剛性

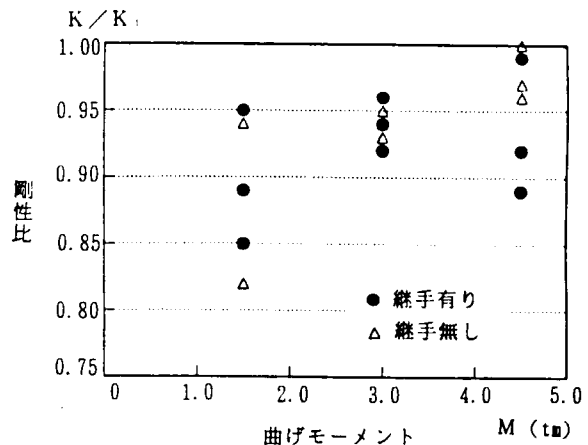


図-3. 14 繰り返しによる剛性低下

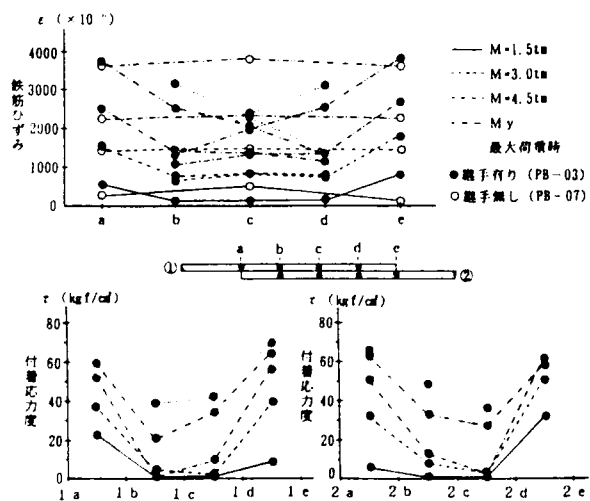


図-3. 15 ひずみ分布と付着応力分布

ひずみを0として付着応力度を算定した。付着応力度分布は、荷重が小さいレベルでは荷重端部が最大で継手中央部が0となる凹形状の分布となる。つまり、荷重が小さいレベルでは継手両端でほとんど付着力の負担が行われているものと考えられる。荷重の増加に伴い中央部のひずみが増加し、破壊直前には継手部全体でほぼ一様なひずみ勾配となっており、付着応力度分布は継手部全体でほぼ一定値となる。つまり、継手全体でかぶりコンクリートが耐えられる限界の付着応力度に達した時、付着割裂破壊が生じるものと考えられる。図に示した試験体では鉄筋降伏後継手端のひずみが急増するが、中央部のひずみも増加しており、このことより鉄筋降伏後も付着割裂破壊を生じることがわかる。鉄筋に生じる応力が大きくなると周囲のコンクリートを押し広げようとする力が大きくなるため、かぶりコンクリート表面には生じたリングテンションにより鉄筋に沿ったひびわれ、いわゆる付着ひびわれが生じる。継手部では端部の応力が大きいため、付着ひびわれは継手端に生じ、徐々に継手中央へと進展し、最終的に継手部のかぶりコンクリートが継手筋に沿って割裂破壊する。図-3. 16に破壊時のひびわれ性状を継手有無で比較して示すが、継手の有る試験体では継手部のかぶりコンクリートが継手筋に沿って割裂しているのに対し、継手の無い試験体でも付着ひびわれが生じているものの、かぶりコンクリートの割裂は見られず、最終的には載荷点の圧壊で破壊した。図-3. 17には試験体側面の鉄筋高さ位置についてコンタクトゲージにより測定した荷重 $P=11.8\text{tf}$ の時の軸方向の変位量を継手有無で比較して示している。x軸に示すa bとg hが継手端部の測定区間であるが、図より継手がある試験体では端部の変位が大きく、中央部は小さいのに対し、継手が無い試験体では中央部でも変位が大きくなっている。図-3. 18には $P=11.8\text{tf}$ の時と鉄筋降伏時について継手を有する試験体についての軸方向変位量を示しているが、同じように継手端部の変位が大きく、中央部は小さい傾向が見られる。計測値は10cm区間の変位量であるが、

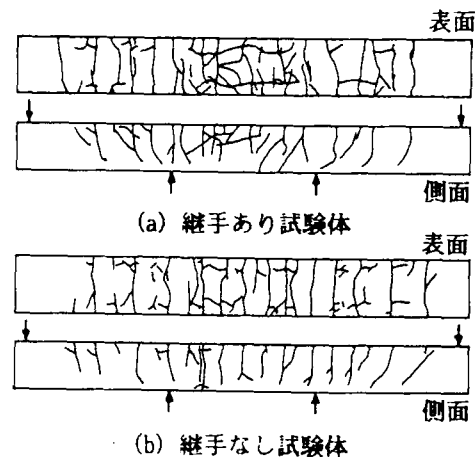


図-3. 16 破壊時のひびわれ性状

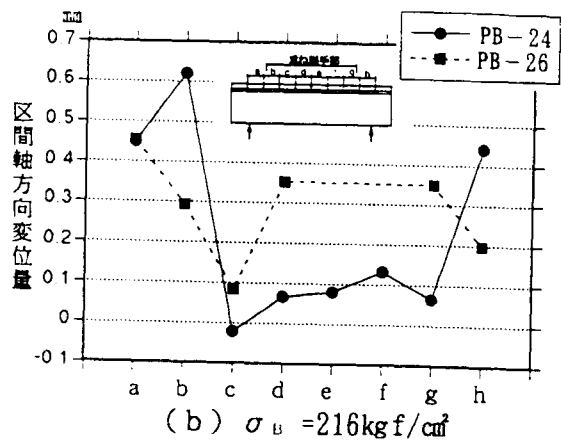
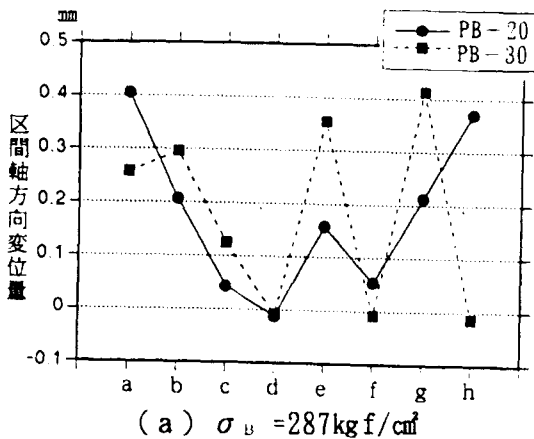
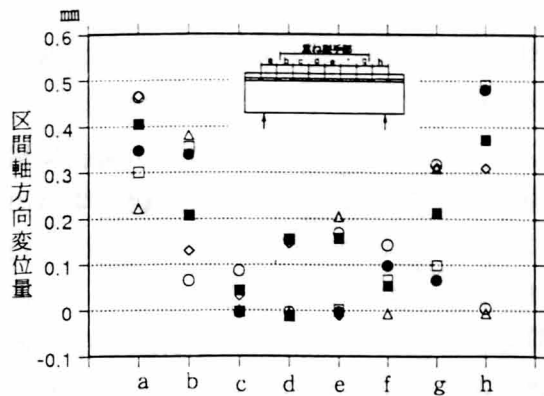
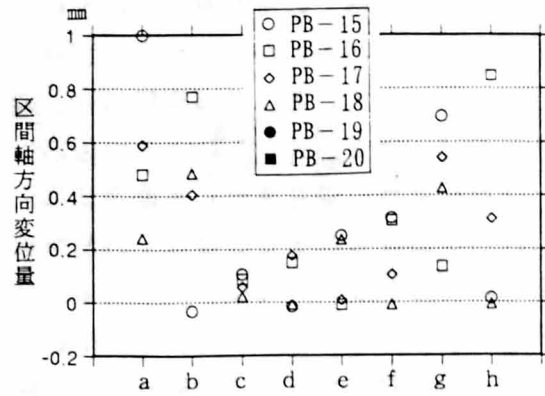


図-3. 17 区間内軸方向変位量の比較 (継手有無)



(a) P=11.8tf 時



(b) 鉄筋降伏時

図-3. 18 区間内軸方向変位量の比較 (継手試験体)

この変位量はその区間に生じたひびわれの幅に対応しており、このことより、継手を有する試験体では継手端部のひびわれ幅が大きく、内部のひびわれ幅は継手の無い試験体より逆に小さくなるものと言える。図-3. 19には曲げスパン内に生じた曲げひびわれの幅を実測した結果について、鉄筋応力 f_t で 1400, 2800, 4200kgf/cm²での最大ひびわれ幅を比較して示している。PB-07、PB-08、PB-26とPB-30試験体が継手の無い試験体であるが、弾性範囲内では最大ひびわれ幅に関して継手有無による差異は見られなかった。全継手試験体について最大ひびわれ幅を平均すると、普通強度コンクリートの場合、鉄筋応力度1400kgf/cm²で0.07mm、2800kgf/cm²で0.20mm、4200kgf/cm²で0.35mmとなり、高強度コンクリートの場合、それぞれ0.03mm、0.18mm、0.29mmとなっている。

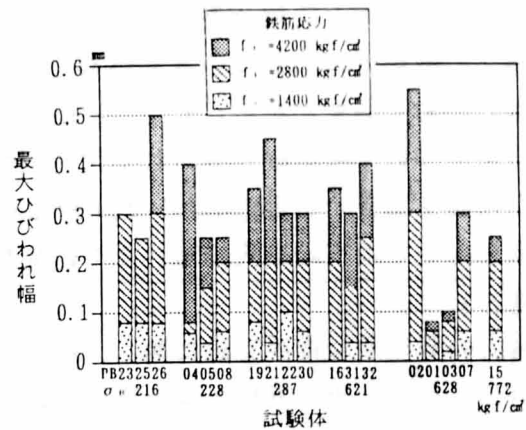


図-3. 19 最大ひびわれ幅の比較

3. 4 実験方法の検討

引張り応力状態での重ね継手性状を検討する場合、その実験方法は2点荷重による曲げ実験を行うことが多いが、わが国では継手筋を両側より直接引張り荷重する両引実験もかなり多く行われている。曲げ実験では、継手は部材中央の曲げスパン内に設けられるので、継手筋には曲げモーメントによる引張応力が生じることになる。これに対し、両引実験では、鉄筋を直接引張り荷重して継手筋に引張応力を生じさせるため、曲げ実験の場合のように鉄筋が曲げられることはなく、割裂破壊時に鉄筋によるかぶりコンクリートのはね上げ現象は見られない。また、曲げ実験では曲げモーメントによりかぶりコンクリートに曲げひびわれが生じるが、両引実験では鉄筋に引張応力が生じることにより引張りひびわれが生じる。このように曲げ実験と両引実験では継手部の応力性状等に若干の差異があるように思われるが、両引実験は継手部だけを取り出した試験体による実験が行えるため、簡便であり数多くの試験体を製作することができるという利点があり、また、継手筋に加えられる応力も直接測定することができる。本研究では重ね継手を有する部材の構造特性を調べるために曲げ実験を、数多くのデータを用いて付着割裂強度を定量的に評価するために両引実験を行ったが、付着割裂強度の評価にあたっては両引実験で得られる結果が曲げ実験での結果とどの程度の差異があるのかを把握しておく必要がある。そこで、既往の実験結果について両実験で得られた付着割裂強度の差異を調査するとともに、同じ断面の試験体を用いて両実験を実施し、その結果を比較検討した。

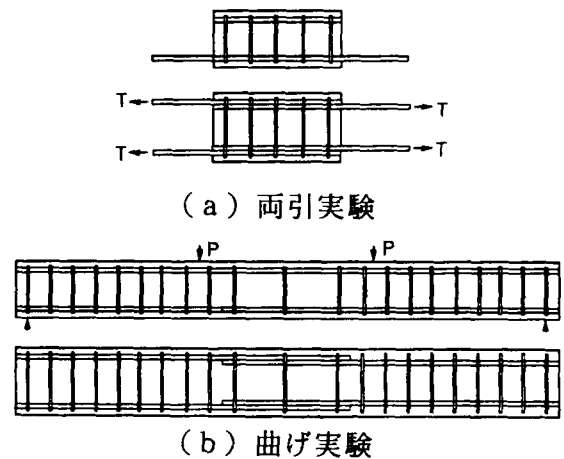


図-3. 20 重ね継手実験方法

国内の既往重ね継手実験に関し、付着割裂強度への各種要因の影響を図-3. 21から図-3. 24に曲げ実験と両引実験の結果を比較して示す。いずれの要因に関しても両実験で検討している要因の範囲が異なっており比較が難しいが、付着割裂強度への各種要因の定性的な影響に関しては曲げ実験と両引実験とではほぼ同様な傾向が見られ、特に差異は見られない。

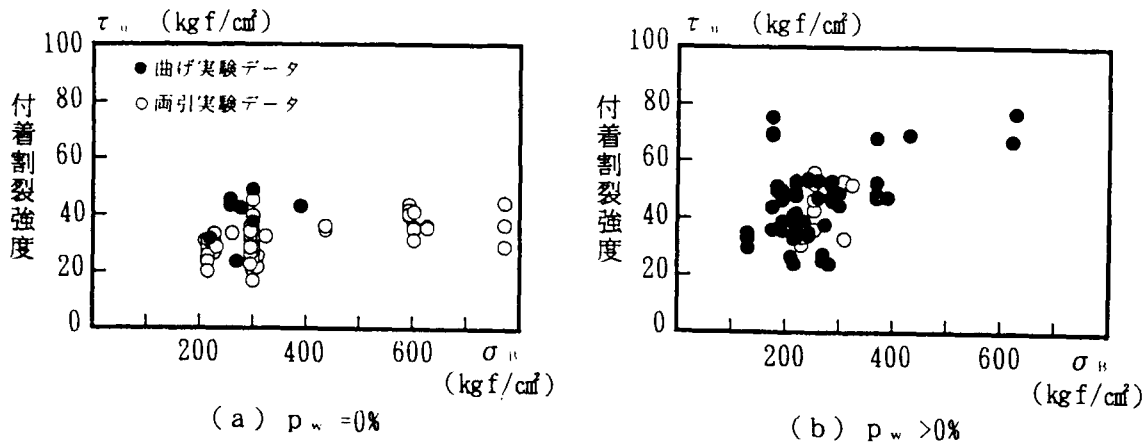


図-3. 21 付着割裂強度とコンクリート強度

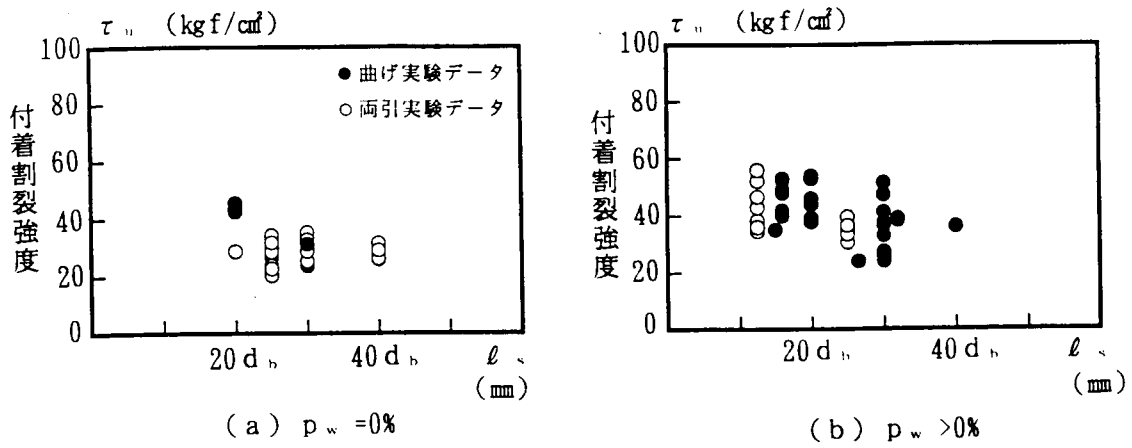


図-3. 2.2 付着割裂強度と重ね長さ

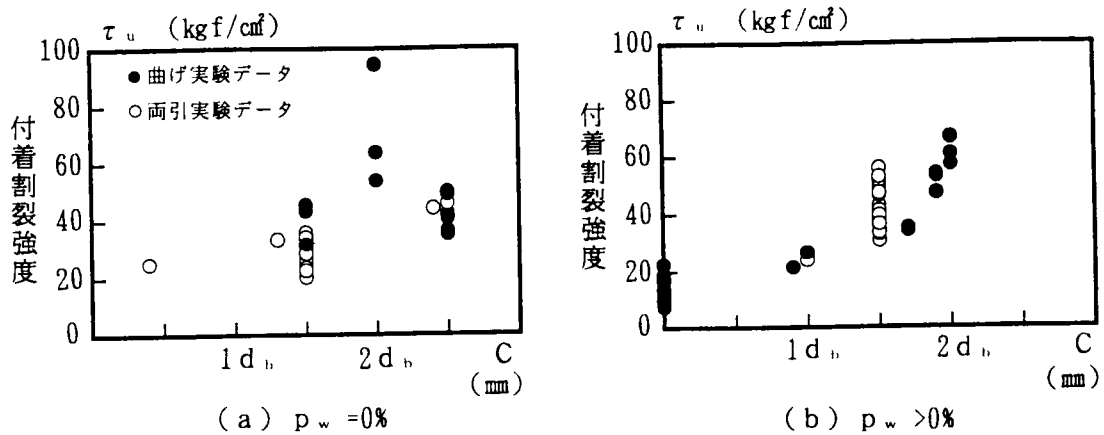


図-3. 2.3 付着割裂強度とかぶり厚さ

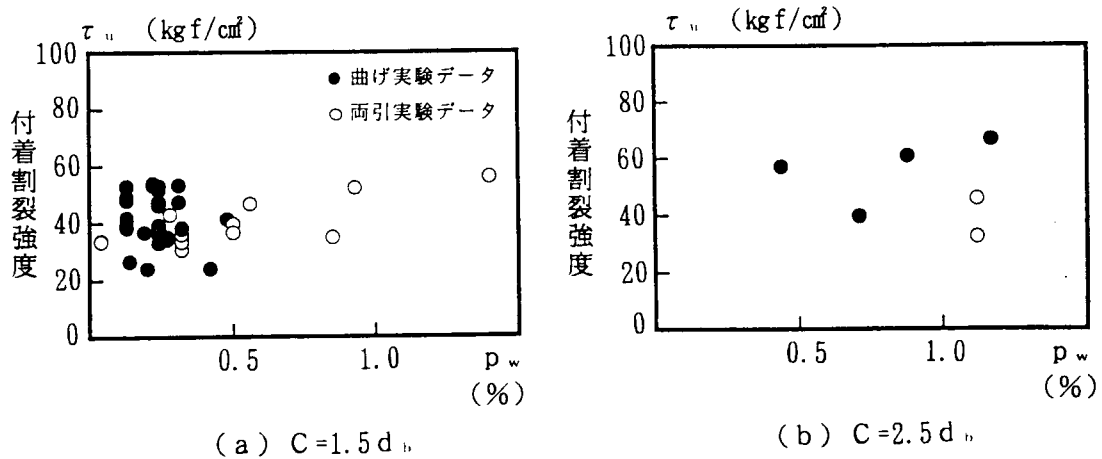


図-3. 2.4 付着割裂強度と横補強筋量

図-3. 2.5と図-3. 2.6には既往の付着割裂強度提案式を用いて算定した計算値と実験値との比較を示している。それぞれについて、データを回帰すると実験値と計算値との関係が下式のように得られる。

・藤井らの式⁷⁾

曲げ実験 $\tau_u = 9.18 + 0.87 \tau_u$

両引実験 $\tau_u = 20.36 + 0.34 \tau_u$

・Orangun らの式⁸⁾

曲げ実験 $\tau_u = 2.96 + 0.92 \cdot \tau_u$

両引実験 $\tau_u = 12.21 + 0.55 \cdot \tau_u$

曲げ実験データの場合、付着割裂強度が小さい範囲で実験値より森田式による計算値の方が若干小さめとなるが、実験値と計算値との適合性は比較的良いと言える。これに対し、両引実験データの場合、付着割裂強度が大きい範囲でいずれの式も計算値の方が大きくなり、実験値と計算値との適合性が悪い。図-3.27と図-3.28には付着強度比(計算値/実験値)とコンクリート強度の関係を示すが、両引実験の場合いずれの式においてもコンクリート強度が高い範囲で計算値が実験値に比べ大きくなっているのがわかる。曲げ実験の場合は計算値が実験値とほぼ一致しているが、データが少ないので実験方法による差異があるのかどうかは判断が難しい。結論としては、高強度コンクリートで既往の付着割裂強度式の適合性が良くないと言える。普通強度コンクリート($200 < \sigma_{bc} < 400 \text{ kgf/cm}^2$)の場合、曲げ実験では付着強度比の平均値が藤井式で1.03(標準偏差0.32)、Orangun式で1.10(0.31)となるのに対し、両引実験ではそれぞれ1.15(0.26)と1.12(0.24)となる。つまり、普通強度コンクリートではいずれの式も計算値と実験値との適合性が良いが、実験値について見ると曲げ実験に比べ両引実験の方が若干小さめになると言える。

本実験では曲げ試験体と同じ断面形状で継手部だけを対象とした両引試験体を作製し、3種類のコンクリート強度を同時に打設した。図-3.29には本実験で得られた両実験

方法による付着割裂強度とコンクリート強度との関係を示しているが、コンクリート強度にかかわらず両引実験での付着割裂強度は曲げ実験結果に比べ小さめになっていることがわかる。両引実験結果と曲げ実験結果の比を平均すると0.91倍となる。既往実験データと本実験結果から、重ね継手の付着割裂強度として両引実験で得られる結果は曲げ実験結果と比べ約10%低い強度が得られることがわかったが、これは曲げ実験では全継手筋が割裂破壊して初めて耐力が低下するのに対し、両引実験では1組の継手筋の割裂破壊で耐力が決まることに原因があるものと考えられる。

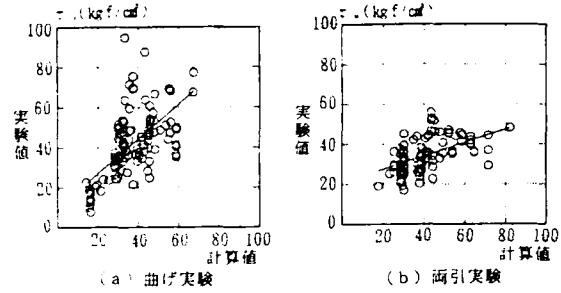


図-3.25 実験値と計算値の比較(藤井)

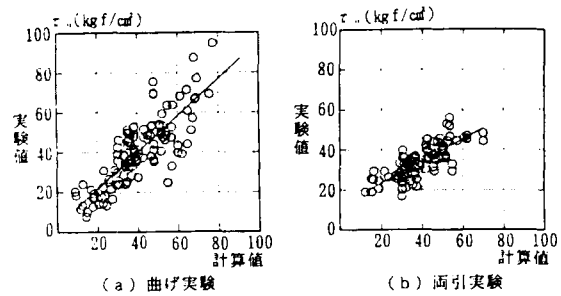


図-3.26 実験値と計算値の比較(Orangun)

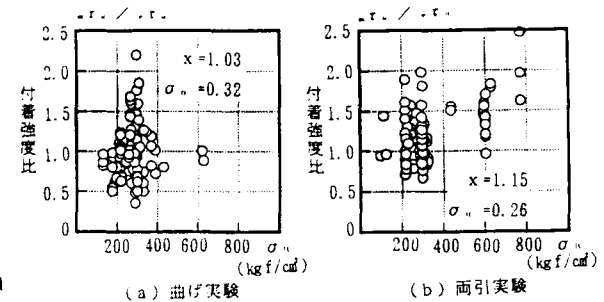


図-3.27 付着強度比の比較(藤井)

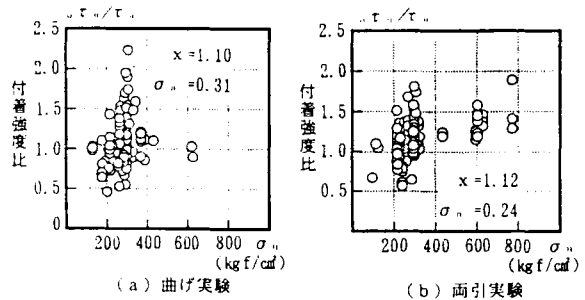


図-3.28 付着強度比の比較(Orangun)

重ね継手は引張応力を受ける場合が最も厳しい状態となると考えられるので、本研究では一方向の繰返し曲げ実験を主として行った。しかしながら、地震時には部材は交番繰返し応力を受けると考えられるので、重ね継手筋が引張応力と圧縮応力とを交合に受けることによる付着割裂強度への影響を検討する必要がある。本実験では同じ形状の試験体を用いて交番繰返し曲げ実験を行い、一方向の繰返し曲げ実験との比較検討を行った。図-3. 30に交番繰返し載荷した試験体の荷重-変形関係包絡線を実線で、一方向の繰返し載荷した試験体の結果を破線で示す。荷重15tonf、鉄筋応力5000kgf/cm²までは荷重-変形関係に差異が見られないが、15tonfの荷重での繰返し載荷により変形が若干大きくなっていることが図よりわかる。図-3. 29には付着割裂強度を比較して示すが、交番繰返し載荷した試験体の付着割裂強度は一方向の繰返し載荷した試験体の0.94倍となる。重ね継手筋は常に引張応力を受ける場合に比べ、圧縮と引張を交合に受けると鉄筋の節前面のコンクリートが破壊し、鉄筋がすべりやすくなるためと考えられる。

以上より、重ね継手の実験方法として両引実験では曲げ実験に比べ若干小さな付着割裂強度が得られるが、実験式のデータとして評価する場合には安全側の結果となるので両引実験による付着割裂強度を使用しても問題は無いと考えられる。一方、交番繰返し載荷した場合は一方向繰返し載荷の場合に比べ付着割裂強度が若干低下するようなので、一方向繰返し載荷の場合の付着割裂強度を実験式のデータとして評価する場合には注意を要すると言える。

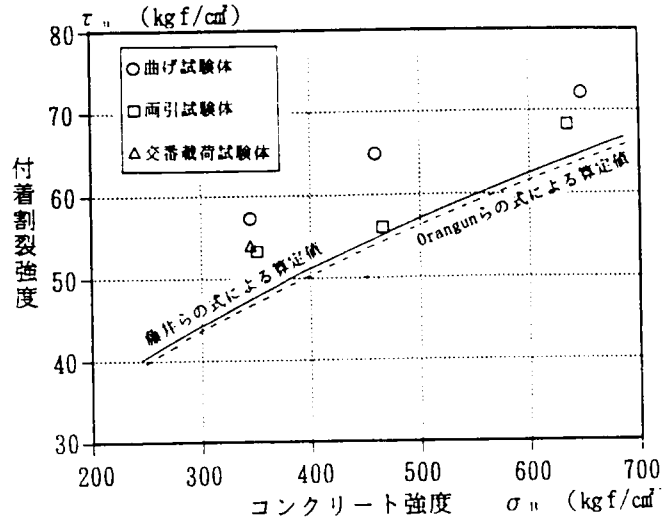


図-3. 29 $\tau_u - \sigma_u$ 関係

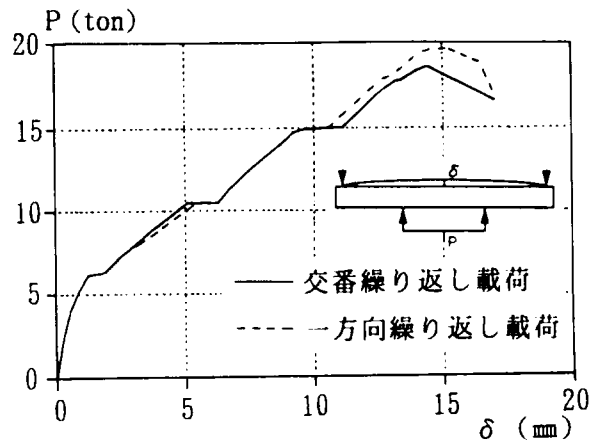


図-3. 30 荷重-変形関係比較

3. 5 重ね継手性能への諸要因の影響

3. 5. 1 コンクリート強度

図-3. 3 1にはコンクリート強度のみ異なる曲げ試験体について荷重-変形関係を比較して示す。初期剛性には差異が見られないが、コンクリート強度が低いと小さい荷重で曲げひびわれが発生するため剛性の低下が早期に生じている。その後包絡線は一致するが、荷重15tf、鉄筋応力5000kgf/cm²程度の繰り返し載荷でコンクリート強度が低い試験体の変形の増加が大きくなっている。

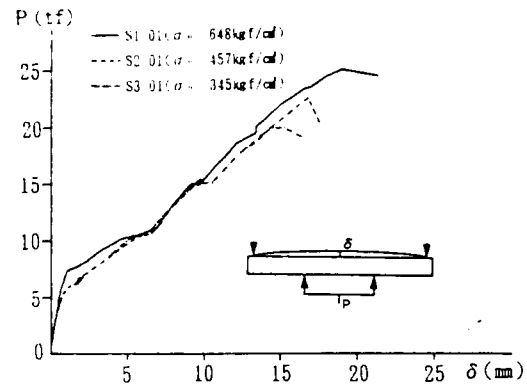


図-3. 3 1 荷重-変形関係包絡線比較

図-3. 3 2には重ね長さ30d_bの試験体について継手部の付着応力度比（区間付着応力度/継手全体の平均付着応力度）分布を示している。コンクリート強度が高い試験体ほど付着応力度比は継手端部で大きく中央部で小さな分布となっており、荷重レベルが小さいほどその傾向が大きい。これは、コンクリート強度が高い試験体では継手端部での付着力負担が大きいことを示しており、その結果継手性能が向上するものと考えられる。

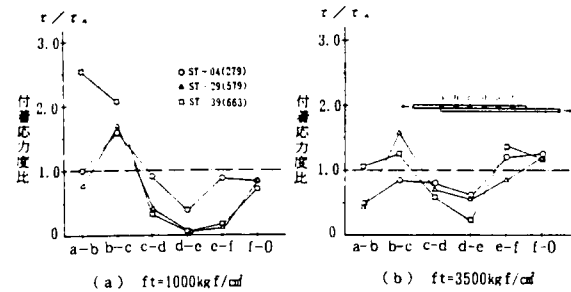


図-3. 3 2 付着応力度比分布

図-3. 3 3には継手端にある横補強筋のひずみと荷重の関係を示しているが、コンクリート強度が高い試験体ほど横補強筋にひずみが生じはじめる時の荷重が大きくなっているものの、最大荷重時のひずみ量には差異はあまり見られず、ほぼ1000~1500×10⁻⁶程度である。

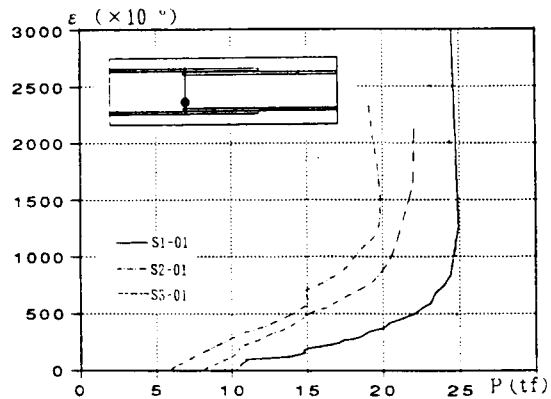


図-3. 3 3 補強筋ひずみ-荷重関係

図-3. 3 4には横補強筋が無い試験体について、また、図-3. 3 5には横補強筋を有する (p_w=0.2%)試験体について、付着割裂強度とコンクリート強度の関係を示してい

る。各図中には重ね長さ30d_bの試験体について実験値を近似した結果を実線で、既往の付着割裂強度評価式として提案されている Orangunらの式による計算結果を破線で、藤井らの式による計算結果を一点鎖線で示している。重ね長さごとに実験結果を回帰すると付着割裂強度とコンクリート強度の関係として下式が得られる。

・横補強筋が無い場合

$$l_s = 25d_b \text{ で } \tau_u = 5.646 \sigma_B^{0.3059} \quad R=0.8799$$

$$l_s = 35d_b \text{ で } \tau_u = 6.536 \sigma_B^{0.2686} \quad R=0.8810$$

$$l_s = 40d_b \text{ で } \tau_u = 8.864 \sigma_B^{0.2149} \quad R=0.9686$$

・横補強筋が有る場合

$$l_s = 20 d_b \text{ で } \tau_u = 1.636 \sigma_B^{0.5456} \quad R = 0.7345$$

$$l_s = 30 d_b \text{ で } \tau_u = 1.733 \sigma_B^{0.5324} \quad R = 0.7880$$

$$l_s = 40 d_b \text{ で } \tau_u = 0.597 \sigma_B^{0.7013} \quad R = 0.8352$$

いずれの図からも重ね長さにかかわらずコンクリート強度が高いほど付着割裂強度が大きくなるのがわかるが、コンクリート強度に対する増加率は横補強筋量で異なり、横補強筋が有る場合の方が大きくなっている。図-

3. 34中には材料試験で得られたコンクリートの圧縮強度 σ_B と引張強度 σ_t の関係を示しているが、圧縮強度と引張強度の関係は、 $\sigma_t = 7.126 \sigma_B^{0.63}$ となり、横補強筋が無い場合の付着割裂強度の圧縮強度に対する増加率は引張強度の場合より小さくなるのがわかる。既往の付着割裂強度式では割裂破壊がコンクリートの引張強度に関係すると考え、付着割裂強度がコンクリート圧縮強度の平方根に比例する形としているが、横補強筋が無い場合にはさらに小さな増加率となっている。横補強筋量がさらに多くなり、継手部のコンクリートが完全に拘束され付着割裂破壊が生じないと仮定すると、鉄筋表面の節とコンクリートとの支圧作用が支配的となる。つまり、横補強筋量が最大である場合(例えば鋼管)継手強度はコンクリートとの圧縮強度に比例するものと考えられる。以上より、重ね継手の付着割裂強度はコンクリート強度が高いほど大きくなるが、コンクリート強度に対する増加率は横補強筋量が多いほど大きくなるものと言える。

図-3. 36には曲げ実験I試験体について最大ひびわれ幅を比較して示している。継手の有無による差異はほとんど見られず、コンクリート強度が高いほどひびわれ幅が小さくなる傾向が見られた。最大ひびわれ幅を平均すると、普通強度コンクリートの場合、鉄筋応力度1400kgf/cm²で0.07mm、2800kgf/cm²で0.20mm、4200kgf/cm²で0.35mm、高強度コンクリートの場合、鉄筋応力度1400kgf/cm²で0.03mm、2800kgf/cm²で0.18mm、4200kgf/cm²で0.29mmであった。

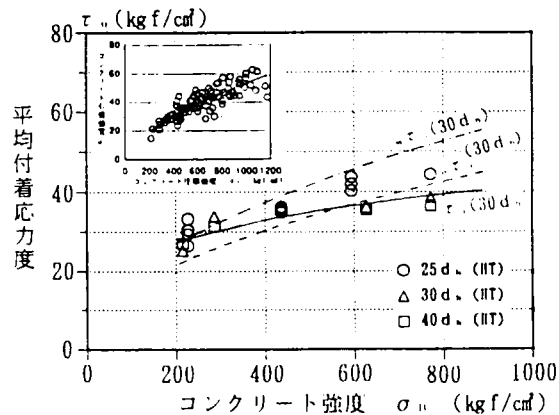


図-3. 34 $\tau_u - \sigma_B$ 関係 ($p_w = 0\%$)

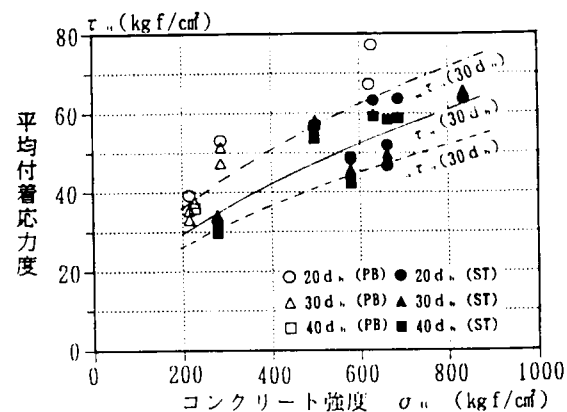


図-3. 35 $\tau_u - \sigma_B$ 関係 ($p_w = 0.2\%$)

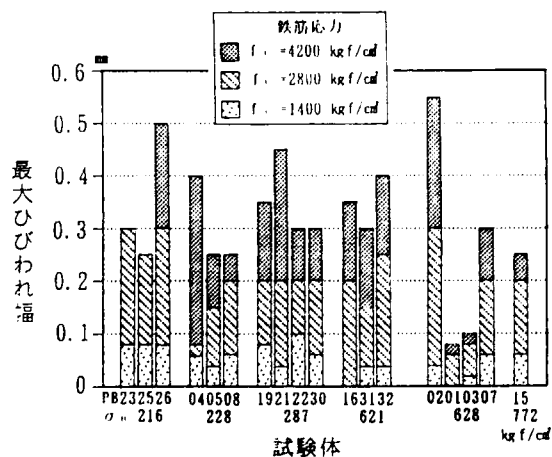


図-3. 36 最大ひびわれ幅比較

3. 5. 2 重ね長さ

図-3. 37には重ね長さの異なる両引実験Ⅱ試験体について、破壊時のひびわれ性状を比較して示している。継手筋に沿う付着ひびわれが継手端に生じ、荷重の増大に伴い徐々に継手中央に向かって進展し、付着ひびわれが継手全体につながった時、ぜい性的に破壊が起こる、破壊はいずれの試験体も隅のかぶりコンクリートが継手筋に沿って割裂するcorner split型の付着割裂破壊であるが、重ね長さ5d_bの試験体は継手筋に沿う割裂破壊というよりも、かぶりコンクリートが引き抜かれたような破壊であった。

図-3. 38には破壊直前の継手筋の付着応力度分布を、また、図-3. 39には各鉄筋応力度レベルでの継手筋のひずみと付着応力度分布を、重ね長さの異なる試験体について比較して示している。継手筋のひずみは、鉄筋応力1000kgf/cm²では荷重端から約10d_b程度までは勾配が見られるが、それ以外ではほぼ一定のひずみ分布となっている。荷重の増加に伴い徐々に継手内部のひずみ分布に勾配が見られるようになり、破壊直前には継手両端を除いてほぼ一定のひずみ分布となっている。従って、付着応力度は鉄筋応力が小さいレベルでは凹型の分布形状であるが、破壊直前には継手部全体でほぼ一定の分布形状となると逆に低下するという現象が重ね長さにかかわらず見られる。

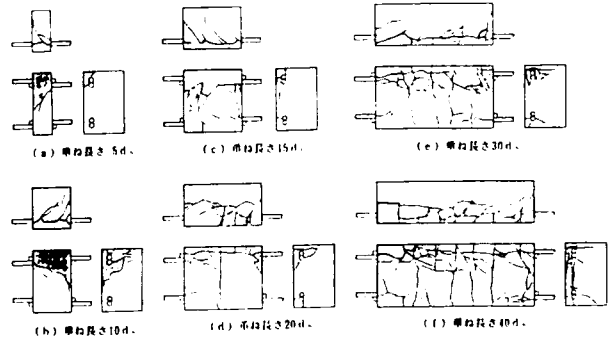


図-3. 37 破壊時のひびわれ性状

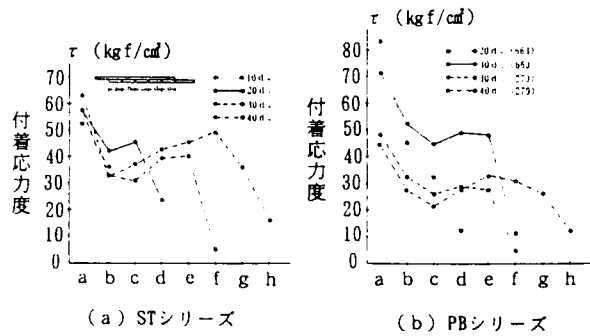


図-3. 38 破壊直前の付着応力度分布

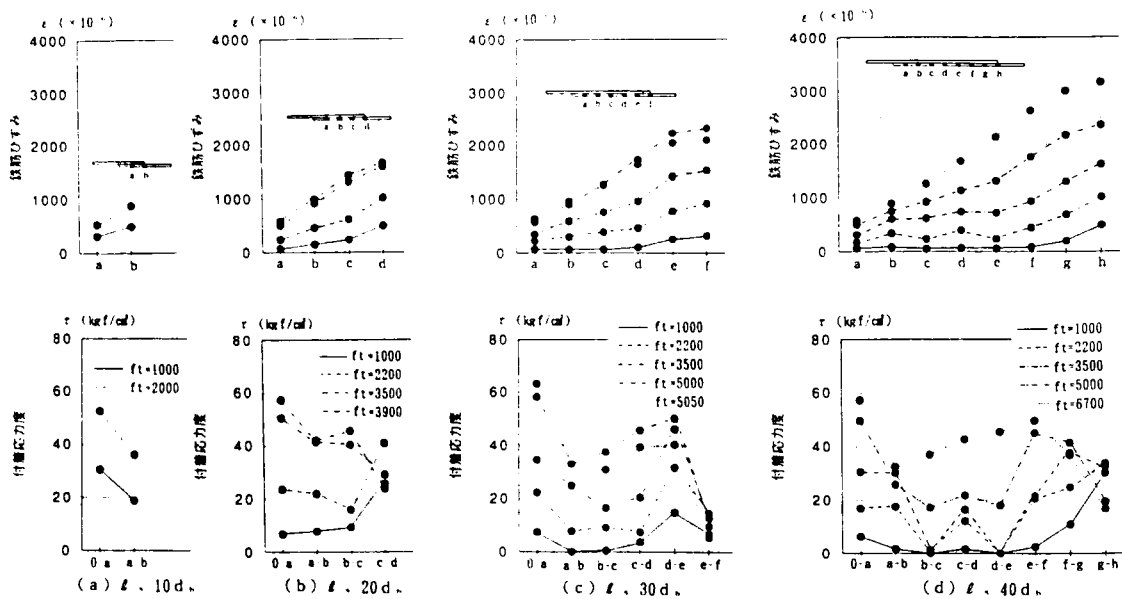


図-3. 39 鉄筋ひずみ分布と付着応力度分布の比較

図-3. 40には付着割裂強度と重ね長さの関係を示す。図中、白黒半分の記号が両引実験Ⅰ、白抜き記号が曲げ実験Ⅰ、黒塗りの記号が両引実験Ⅱの結果を示している。各実験とも、付着割裂強度は重ね長さ $5d_b$ の試験体を除いて、重ね長さが短いほど大きくなる傾向が見られる。データ数の多い両引実験Ⅱの結果について回帰分析を行うと下記の近似式が得られる。

$$\sigma_B = 279 \text{ の時 } \tau_u = 59.1 (\ell_s / d_b)^{-0.18}$$

$$\sigma_B = 579 \text{ の時 } \tau_u = 79.2 (\ell_s / d_b)^{-0.17}$$

$$\sigma_B = 663 \text{ の時 } \tau_u = 101.6 (\ell_s / d_b)^{-0.22}$$

それぞれ相関係数は0.8062, 0.9340, 0.8449である。それぞれで重ね長さに対する付着割裂強度の増加率が若干異なるが、誤差と考えコンクリート強度にかかわらず増加率が一定と考え、増加率を平均して実験データの近似式を求めると下式のようなになる。

$$\sigma_B = 279 \text{ の時 } \tau_u = 61.5 (\ell_s / d_b)^{-0.19}$$

$$\sigma_B = 579 \text{ の時 } \tau_u = 84.6 (\ell_s / d_b)^{-0.19}$$

$$\sigma_B = 663 \text{ の時 } \tau_u = 92.7 (\ell_s / d_b)^{-0.19}$$

図中にこれらの近似式を実線で示すが、合わせて Orangunらの提案式と藤井らの提案式をそれぞれ破線と一点鎖線で示す。本実験結果は上端筋の結果に近いという実験データが得られているので、計算は上端筋として算定した。それぞれの算定値は下式で表せる。なお、割裂パターンは藤井らの式より b_{c1} が最小となったので、corner split型の破壊と考えられる。

• Orangunらの提案式

$$\tau_u (279) = 72.25 (\ell_s / d_b)^{-0.25}$$

$$\tau_u (579) = 103.49 (\ell_s / d_b)^{-0.25}$$

$$\tau_u (663) = 110.77 (\ell_s / d_b)^{-0.25}$$

• 藤井らの提案式

$$\tau_u (279) = 42.0$$

$$\tau_u (579) = 60.5$$

$$\tau_u (663) = 64.7$$

藤井らは重ね長さを考慮していないので、付着割裂強度が一定値となり実験データの傾向と一致しない。これに対して Orangunらの式では重ね長さの影響を考慮しており、実験結果と良く一致している。実験値は継手部の付着応力度が一定である、つまり、破壊まで継手全域の付着状況が良好であるという仮定から平均付着応力度として算定している。しかしながら、破壊時の付着応力度分布は図-3. 39に示すように継手内部ではほぼ一定となるものの、継手端では逆に小さくなっており、付着性能が低下していると考えられる。破壊時の実際の重ね長さはより短いある値であると考え、重ね長さが長い試験体ほど付着強度を小さめに算定することになり、実験値の傾向が説明できる。いずれにしても、重ね継手の付着割裂強度の評価には重ね長さの考慮が必要であると言える。

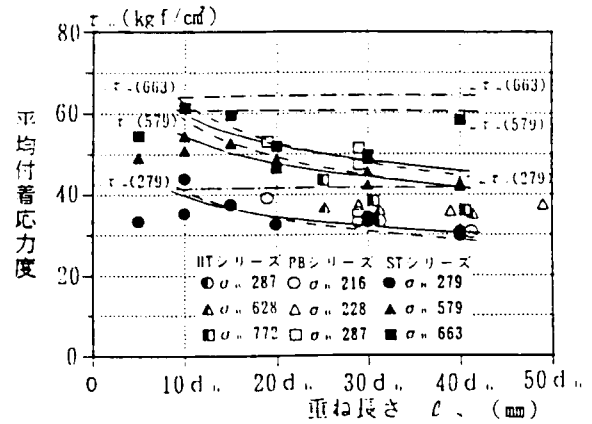


図-3. 40 付着割裂強度-重ね長さ

3. 5. 3 かぶり厚さ

曲げ実験Ⅱでは鉄筋間隔が大きく(14d_b)、side split型の付着割裂破壊とならない試験体を用いて表面かぶり厚さの影響を検討した。図-3.41には荷重-変形関係包絡線を、図-3.42には破壊時のひびわれ性状を示す。かぶり厚さが大きい試験体ほど初期剛性が大きく、曲げひびわれ発生時の荷重も大きい、その後の剛性には差異が見られない。また、かぶり厚さが小さい試験体では細かな斜めひびわれが多数見られるのに対しかぶり厚さが大きい試験体では鉄筋に沿ったひびわれが顕著に見られる。

図-3.43には付着割裂強度とかぶり厚さの関係を示す。かぶり厚さが大きくなるほど付着割裂強度が大きくなっており、実験データを回帰すると下記の近似式が得られる。

$$\tau_u = 50.26 + 6.51C / d_b \quad (R=0.9751)$$

図中には、下記に示す藤井らや Orangunらによる付着割裂強度式による算定値を示すが、かぶり厚さに対する増加率は実験値の方が小さめである。また、Orangunらはかぶり厚さが2.5d_b以上で付着割裂強度が頭打ちとなっているが、実験結果は3.5d_bまで強度が増加した。

$$\tau_u = 19.38 + 19.8C / d_b$$

$$\tau_u = 24.61 + 14.8C / d_b$$

図-3.44には横補強筋のひずみと荷重の関係を示すが、かぶり厚さが小さい試験体ほどひずみが生じ始める荷重が小さく、かぶり厚さが大きい試験体ではひずみの増加率も小さくなっている。

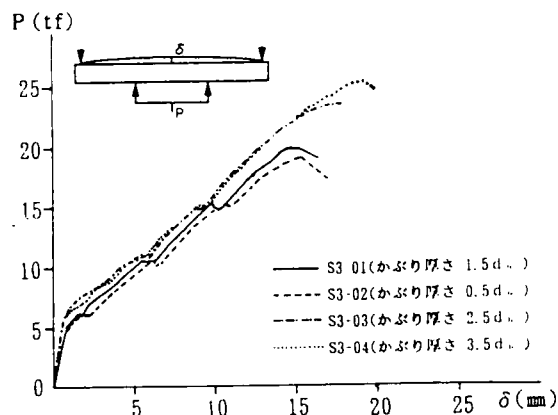


図-3.41 荷重-変形関係

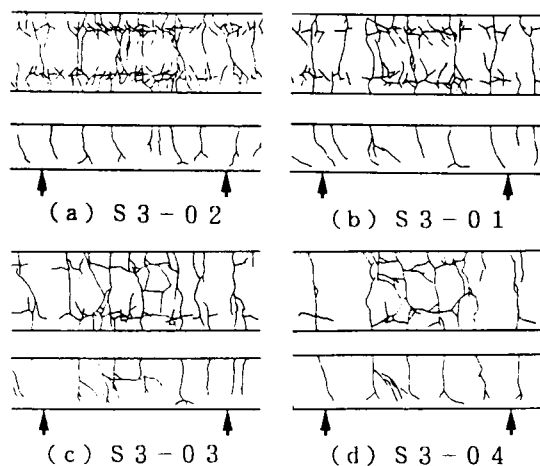


図-3.42 破壊時ひびわれ性状

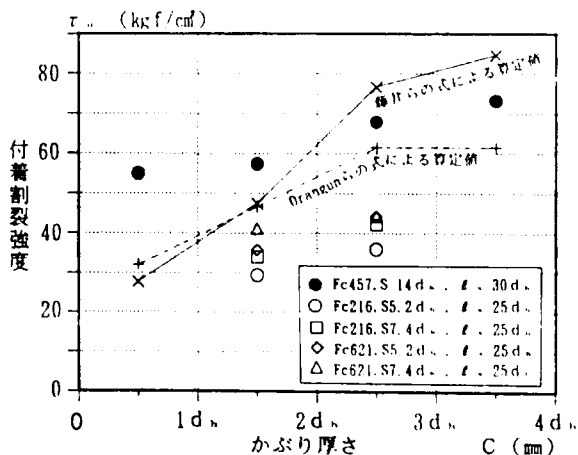


図-3.43 付着割裂強度-かぶり厚さ

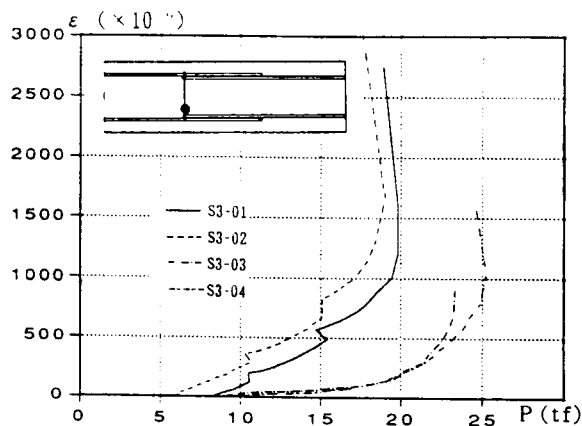


図-3.44 補強筋ひずみ-荷重関係

3. 5. 4 鉄筋間隔

曲げ実験Ⅱにおいて、かぶり厚さ $1.5d_b$ で同一断面の試験体を用いて主筋本数を変えることにより鉄筋間隔の影響を検討した。図-3. 45に破壊時のひびわれ性状を、図-3. 46に鉄筋応力-変形関係を比較して示す。鉄筋間隔が小さい試験体ほど初期剛性が小さく、曲げひびわれ発生時の鉄筋応力が小さいが、その後の剛性には差異が見られない。曲げひびわれは主筋間隔が小さいほど多く、付着ひびわれは継手筋上に生じているので、主筋間隔が小さいほど付着ひびわれが数多く見られる。

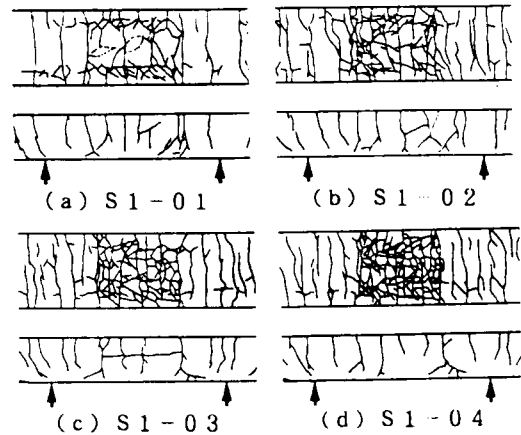


図-3. 45 破壊時ひびわれ性状

図-3. 47には付着割裂強度と鉄筋間隔の関係を示す。鉄筋間隔が大きくなるほど付着割裂強度が大きくなるものの、間隔が $6d_b$ 以上では強度が頭打ちとなる傾向が見られた。補強筋の無い両引実験でも同様の傾向が見られたが、試験体厚さが小さいためか、その増加率が小さく、逆になる場合も見られた。図中には既往式を用いて算定した結果を示しているが、Orangunらの式の場合、鉄筋間隔 $3d_b$ 以上で V-notch split 型の破壊として算定するのに対し、藤井らの式の場合、鉄筋間隔 $6d_b$ までは side split 型の破壊として算定するので、鉄筋間隔 $3d_b$ 以上で異なる結果を与えているが、実験結果は藤井らの式と比較的良く一致していると言える。実験結果の回帰式と既往式による算定結果は下記のように表される。

$S = 2d_b$ から $3d_b$

$$\tau_u = 32.3 + 10.8 S / d_b$$

$$\tau_u = 18.1 + 11.5 S / d_b$$

$$\tau_u = 20.9 + 12.0 S / d_b$$

$S = 3d_b$ から $6d_b$

$$\tau_u = 57.0 + 2.57 S / d_b$$

$$\tau_u = 33.5 + 6.37 S / d_b$$

$$\tau_u = 54.7 + 0.73 S / d_b$$

以上より若干の問題はあるものの、既往評価式により鉄筋間隔が重ね継手の付着割裂強度に及ぼす影響をほぼ適切に評価できるものと言える。

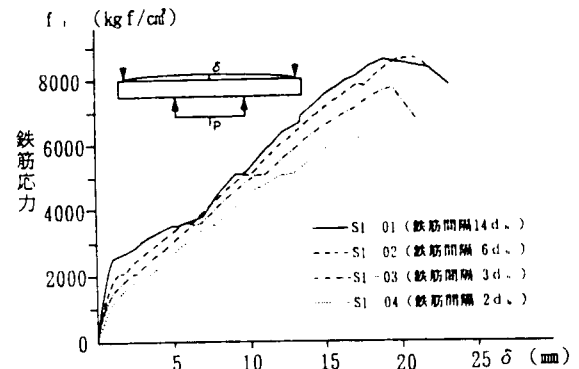


図-3. 46 鉄筋応力-変形関係

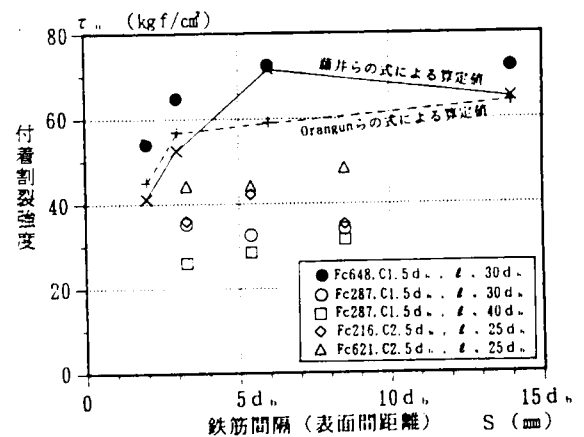


図-3. 47 付着割裂強度-鉄筋間隔

3. 5. 5 継手筋のあき

図-3. 48には曲げ実験Ⅱについての荷重-変形関係を、図-3. 49には破壊時ひびわれ性状を示す。初期剛性やひびわれ発生等の荷重-変形関係には継手筋のあきの影響はほとんど見られない。継手筋にあきが無い試験体では、鉄筋に沿った付着ひびわれが生じているが、あきがあると継手筋上の付着ひびわれとともに、あきの部分に斜めひびわれが数多く見られる。

図-3. 50には付着割裂強度と継手筋のあき間隔の関係を示す。あき間隔が大きくなるほど付着割裂強度が小さくなる傾向が見られるが、曲げ実験は両引実験に比べその低下率が小さくなっている。これは、曲げ実験では継手筋の一組が破壊しても応力の再配分が行われるのに対し、両引実験では一組の継手筋の破壊で耐力が決まることに原因があるのではないと思われる。また、継手筋のあき間隔が1d_s程度の場合、あきが無い場合に比べ付着割裂強度が大きくなるデータが得られたが、これは継手を密接するとコンクリートの充填性が悪くなるためと考えられる。曲げ実験結果について回帰分析すると下記の近似式が得られる。

$$\tau_u = 65.2 - 0.49 s_c / d_b \quad (R=0.9214)$$

曲げ実験結果によると、あき間隔が4d_sの場合でも付着割裂強度は約3%低下するだけである。

以上より、継手筋にあきがあると付着割裂強度は低下するが、その低下率は小さく、継手筋のあき間隔が付着割裂強度へ及ぼす影響は非常に小さく、問題ないと言える。

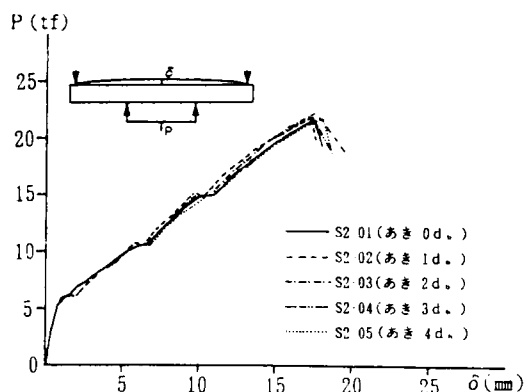


図-3. 48 荷重-変形関係

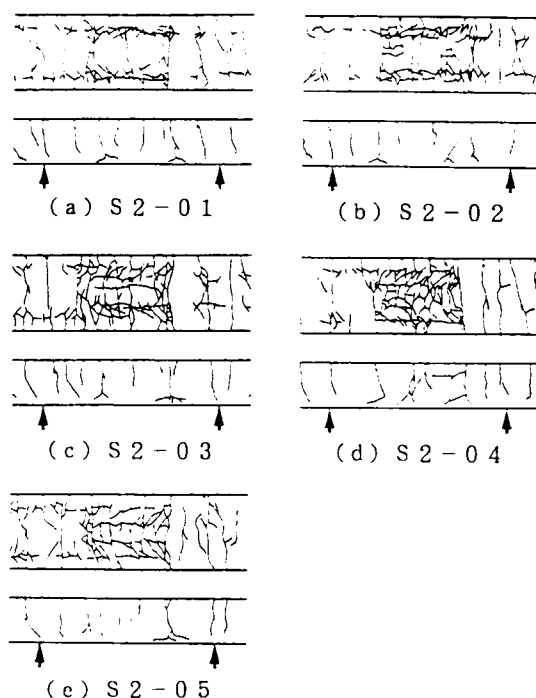


図-3. 49 破壊時ひびわれ性状

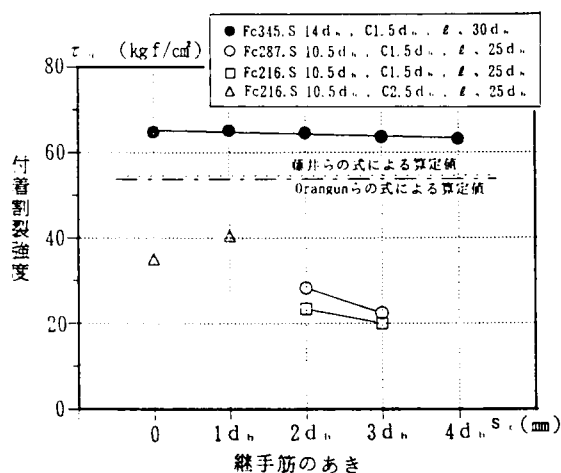


図-3. 50 付着割裂強度-あき間隔

3. 5. 6 上端筋と下端筋

両引実験Ⅱにおいてはりせいを2倍(40cm)にした試験体を用いて上端筋と下端筋の継手性能の差異を検討した。つまり、同じ試験体でコンクリートの打設方向に対して上端筋と下端筋をつくり、先に上端筋を破壊まで加力した後、下端筋を加力してそれぞれの付着割裂強度を得た。図-3. 51には重ね長さコンクリート強度の異なる試験体について、上端筋と下端筋の付着割裂強度を比較して示している。図中、黒塗りの記号が下端筋、白抜きの記号が上端筋、白黒半分の記号がはりせい20cmの試験体の結果である。破壊が引き抜き破壊的であった重ね長さ $10d_b$ の試験体を除いて、重ね長さ $20d_b$ 以上の試験体では下端筋の方が大きな付着割裂強度を示しており、下端筋と上端筋の付着割裂強度比は、コンクリート強度 $\sigma_B = 279\text{kgf/cm}^2$ の場合1.24、 $\sigma_B = 579\text{kgf/cm}^2$ の場合1.23、 $\sigma_B = 663\text{kgf/cm}^2$ の場合1.25、また、重ね長さ ℓ_s 、 $20d_b$ の場合1.24、 ℓ_s 、 $30d_b$ の場合1.20、 ℓ_s 、 $40d_b$ の場合1.28となっており、その比にコンクリート強度や重ね長さの違いによる差異は見られない。また、はりせい20cmの試験体の付着割裂強度は上端筋の値に近い結果となった。全試験体について下端筋と上端筋の付着割裂強度比を平均すると1.24となるが、既往の研究では1.22としており⁷⁾、本実験結果は若干大きくなっているが大差はないものと言える。

以上より、高強度コンクリートにおいても下端筋の付着割裂強度は上端筋の強度より大きくなり、その比は普通強度の場合と同程度であると言える。

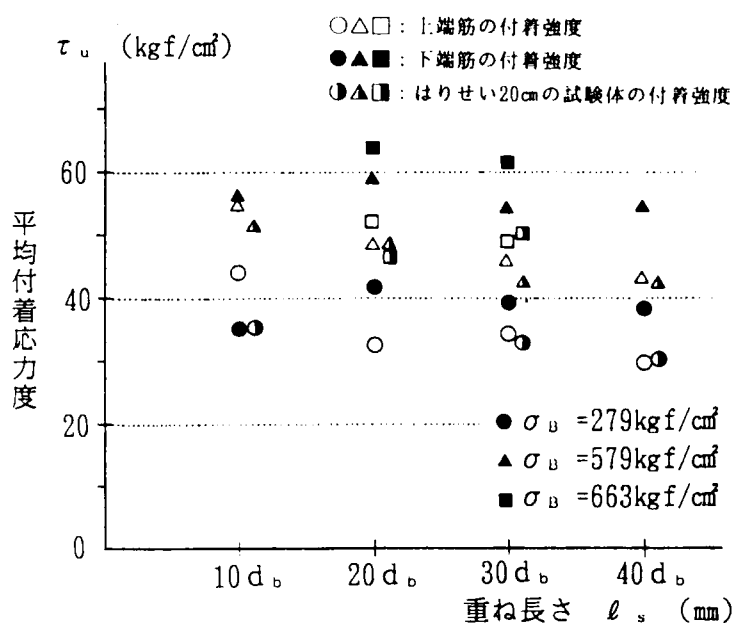


図-3. 51 鉄筋位置による付着強度比較

3. 6 結語

重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材を対象に、横補強筋を除く種々の要因について曲げ実験と両引実験を行った結果、以下のことがわかった。

1) 鉄筋応力が小さいレベルでは継手端で付着力の負担が主に行われ、継手部の付着応力分布は凹型形状となるが、破壊直前には継手部全体でほぼ一様な分布となる。つまり、付着割裂破壊は継手部全体の付着応力がある限界値に達した時起こると考えられる。ただし、破壊直前の付着応力分布を詳細に見ると、荷重端の付着応力が逆に小さくなっており、付着性能が低下しているのがわかる。また、コンクリート強度が高いほど継手端での付着力の負担が大きくなっている。

2) 鉄筋降伏前では継手の有無によるひびわれ幅の差異はほとんど見られない。最大ひびわれ幅はコンクリート強度が高いほど小さくなる傾向が見られる。

3) 両引実験と曲げ実験では付着応力分布等に差異は見られないが、付着割裂強度は両

引実験の方が1割程度曲げ実験の比べ小さな値となる。また、交番繰り返し載荷を行うと一方向繰り返し載荷の場合に比べ若干小さな付着割裂強度となる。

4) コンクリート強度にかかわらず重ね長さが長いほど付着割裂強度が小さくなる傾向が見られる。

5) コンクリート強度が高いほど付着割裂強度が大きくなるが、コンクリート強度に対する付着割裂強度の増加率は横補強筋の有無で異なる。

6) 鉄筋間隔が大きいほど付着割裂強度が大きくなるが、かぶり厚さ 1.5 d。の場合鉄筋間隔 6 d。以上で付着割裂強度は頭打ちとなる。

7) かぶり厚さが 3.5 d。まではかぶり厚さが大きいほど付着割裂強度が大きくなる。

8) 継手筋間のあき間隔が 1.0 d。程度では密着重ね継手の場合と比べ付着割裂強度に差異は見られないが、それ以上あき間隔が大きくなると付着割裂強度が低下する。ただし、低下率は小さく、あき間隔の付着割裂強度への影響は小さい。

9) 重ね長さやコンクリート強度の違いにかかわらず、下端筋の付着割裂強度は上端筋の値より大きく、その比は約1.24であった。

第4章 重ね継手性能への横補強筋の拘束効果

4.1 序

異形鉄筋に応力が生じた場合、鉄筋表面の節と周囲のコンクリートとの機械的な噛みあい作用により、節からコンクリートへ斜め方向の放射応力が生じる。この応力の鉄筋軸に平行な成分が付着力に相当するが、鉄筋軸に直交する成分は周囲のコンクリートを押し広げようとする。このため、コンクリートにはリングテンションが生じ、この応力が大きくなるとかぶりコンクリートが割り裂かれて部材耐力を失うことになる。このような破壊を付着割裂破壊と称するが、重ね継手を有するRC部材は付着割裂破壊により継手としての一体化が損なわれ、ぜい性的に部材耐力が低下する。従って、重ね継手を設計する場合、付着割裂強度の評価が重要である。

重ね継手の付着割裂破壊性状は、重ね長さ、かぶり厚さ、主筋間隔、コンクリート強度等の影響を受けると言われている¹⁾。そこで、第3章では高強度鉄筋コンクリート部材を対象に、重ね継手を有する部材の力学的性状と重ね継手性能への各種要因の影響を検討した実験結果を述べた。実験の結果、付着割裂強度と各種要因の関係を定量的に評価することができたが、横補強筋の有無により付着割裂強度とコンクリート強度の関係が異なることが明らかとなった。つまり、横補強筋による拘束程度の違いにより付着割裂強度へのコンクリート強度の影響度が異なるものと考えられる。著者の過去の実験でも重ね継手性能への横補強筋による影響が大きいことが確認されている²⁾。また、高強度コンクリートを対象に行った付着強度試験の結果から、横補強筋の有無によりコンクリート強度に対する付着強度の増加率が異なることも報告した³⁾。

既往の付着割裂強度提案式においても横補強筋による拘束効果が種々考慮されている。例えば Orangunらは横補強筋の断面積、降伏点、ピッチ等を考慮した横補強筋の拘束効果による付着割裂強度増分 τ_{st} を横補強筋の無い場合の付着割裂強度に累加する式を提案している⁴⁾。藤井らは同様な累加強度式を採用し、横補強筋の降伏点を考慮せず、新たに割裂パターンの違いによる横補強筋効果の差異を考慮する係数を式中に導入している⁵⁾。角らは中子筋の効果に着目し、横補強筋の吊り上げ効果による付着割裂強度増分 τ_{st} と拘束効果による付着割裂強度増分 τ_{st} の累加により横補強筋効果を考慮する式を提案している⁶⁾。小谷らは付着割裂強度増分 τ_{st} が主筋中心間距離 j_c に反比例し、かつコンクリート強度に依存しない式を提案している⁷⁾。市之瀬らは横補強筋に拘束される主筋と拘束されない主筋にそれぞれ異なる付着割裂強度増分 τ_{st} を与える式を提案している⁸⁾。これらの提案式のほとんどは小谷らの式を除いて付着割裂強度増分 τ_{st} がコンクリート強度の平方根に比例する形となっているが、高強度コンクリートを対象とした実験に基づく角・張式では0.6乗⁹⁾、市之瀬らの式では2/3乗に比例する形となっている。

既往の付着割裂強度式では横補強筋の有無によりコンクリート強度と付着強度の関係が異なるという実験結果を説明できない。これらの式は横補強筋量が多い高強度コンクリート部材の重ね継手に関してはその適合性に限界があるのではないかと考えられる。従って本章では高強度コンクリートを用いた部材中の重ね継手性状に関して、継手性能への横補強筋の影響について、特に付着割裂強度への横補強筋の拘束効果について実験により定性的、定量的な検討を行う。

4. 2 実験概要

重ね継手に関する実験は主にはり部材を用いた曲げ実験で行われているが、本研究では曲げ実験とともに、付着割裂強度への定量的な影響を検討するため、数多くの試験体を用いた実験が行える両引実験を行った。既往の実験データを比較した結果から、重ね継手の付着割裂強度を評価する上で両引実験結果は曲げ実験結果と大差が無いと考えられる¹⁰⁾。従って、本研究では重ね継手を有する鉄筋コンクリート部材としての変形性能等に関しては曲げ実験の結果を用いて検討し、付着割裂強度の評価に関しては曲げ実験結果と両引実験結果を用いた。

4. 2. 1 曲げ実験

1) 実験計画

図-4. 1に代表的な試験体の配筋図を示す。引張応力状態での重ね継手性能を検討するため一方向加力としたので、引張側主筋に熱処理により強度を高めたD19鉄筋を隅角筋として2本配筋し、表面のかぶり厚さを1.5d、側面のかぶり厚さを1.9dとした。圧縮側主筋にはD10鉄筋($f_y = 4141 \text{ kgf/cm}^2$)を用いた。重ね継手は引張側主筋に設け、重ね長さを30d、(d_b :鉄筋径)とした。横補強筋にはD10鉄筋またはD6鉄筋($f_y = 4240 \text{ kgf/cm}^2$)を用いた。コンクリートは引張側主筋が下になるように平打ちで打設した。主な検討要因は表-4. 1に示すように鉄筋強度、コンクリート強度、横補強筋量(径とピッチ)で、試験体数は8体である。

加力は、重ね継手が一定曲げモーメント部にあり、かつ引張力のみ受けるように、一方向の2点集中載荷を行った。荷重履歴は曲げモーメント $M=1.5\text{tm}, 3.0\text{tm}, 4.5\text{tm}$ で3回ずつの繰り返しとした。

表-4. 1 曲げ実験試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ ¹⁾			実験結果 ²⁾							
	f_y kgf/cm ²	σ_{cc} kgf/cm ²	p_w (%) (径)	曲げひびわれ		付着ひびわれ		最大荷重		f_u kgf/cm ²	塑性 率
				P	δ	P	δ	P	δ		
PB-09	7398	621	0	5.1	0.34	7.0	1.28	16.0	8.0	5700	—
PB-10	7398	621	0.2(D6)	3.9	0.27	7.9	2.77	21.0	13.2	7500	1.00
PB-16	6690	621	0.2(D10)	5.0	0.40	7.0	1.85	18.8	11.3	6706	1.10
PB-11	7398	621	0.4(D10)	3.6	0.26	7.9	2.53	21.7	15.6	7748	1.24
PB-12	7398	216	0	2.5	0.37	7.0	3.59	10.4	6.7	3700	—
PB-13	7398	216	0.2(D6)	2.6	0.49	6.5	3.03	12.2	9.8	4367	—
PB-24	4512	216	0.2(D10)	2.8	0.39	8.5	4.51	11.8	7.4	4207	—
PB-14	7398	216	0.4(D10)	2.5	0.46	8.5	4.74	13.8	12.3	4912	—

注1) f_y : 鉄筋降伏点(すべて降伏棚を有しており、上降伏点の値を採用)

σ_{cc} : 実験時コンクリート圧縮強度, p_w : 横補強筋比($= a_r / b_s$)

a_r : 1組の横補強筋断面積, b : はり幅, s : 補強筋間隔

2) P: 2点合計荷重(tf), δ : 中央たわみ量(mm), 塑性率: δ_u / δ_y ,

f_u : 最大荷重時鉄筋応力($M_u / (a \cdot j)$), M_u : 最大荷重時曲げモーメント

a : 主筋全断面積, j : 応力中心間距離($7/8 d$, d : 有効せい)

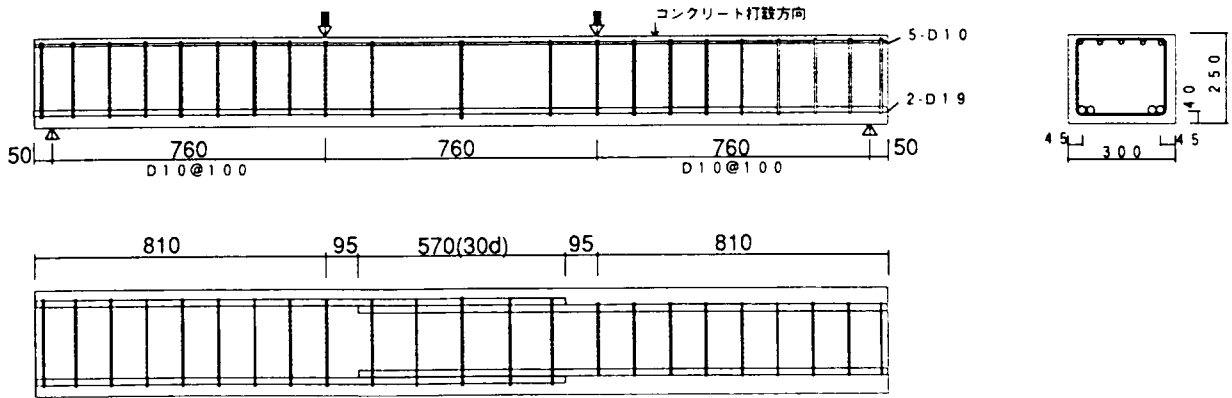


図-4.1 曲げ実験試験体配筋図 (PB-11)

2) 実験結果

表-4.1中に曲げ実験試験体の主要な実験結果を示す。最大荷重時の鉄筋応力としては継手端の応力について表注に示す式により曲げモーメントを用いて算定した。鉄筋降伏後に破壊した試験体については、鉄筋降伏後継手耐力があまり増加しなく、変形だけが増加するので、変形性能として最大荷重時のたわみ量を鉄筋降伏時のたわみ量で除した靱性率を示した。図-4.2にPB-16とPB-24試験体を除く(両試験体については3章に示している)全試験体の荷重-変形関係と破壊時ひびわれ性状を示すが、いずれの試験体も主筋に直交する曲げひびわれの発生で剛性が低下した後、主筋に沿った付着ひびわれが継手端に生じ、最終的にcorner split型の付着割裂破壊により急激に耐力が低下する破壊経過であった。

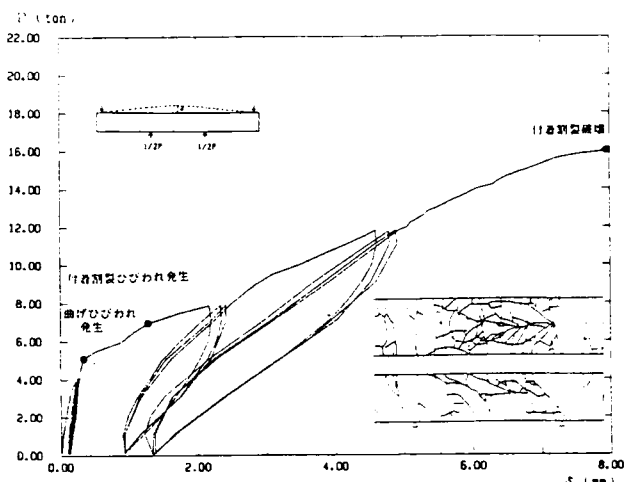


図-4.2a 荷重-変形関係 (PB-09)

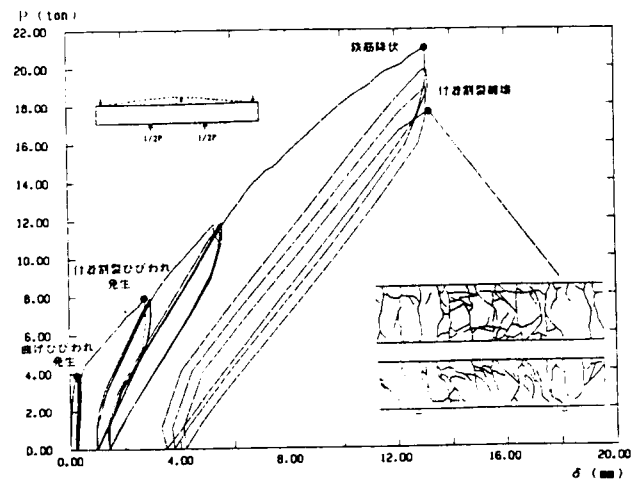


図-4.2b 荷重-変形関係 (PB-10)

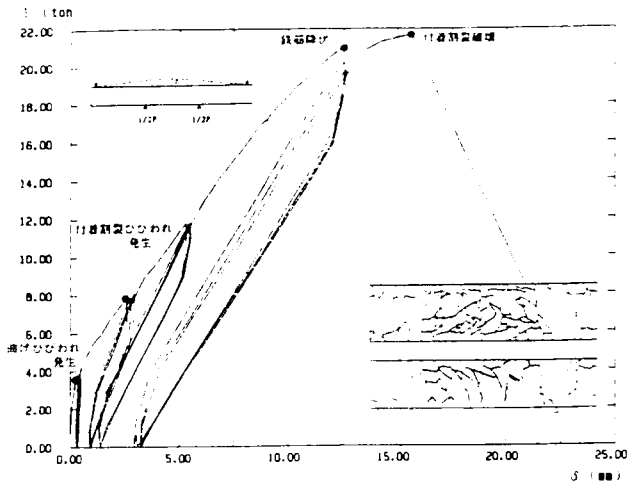


図-4. 2 c 荷重-変形関係 (PB-11)

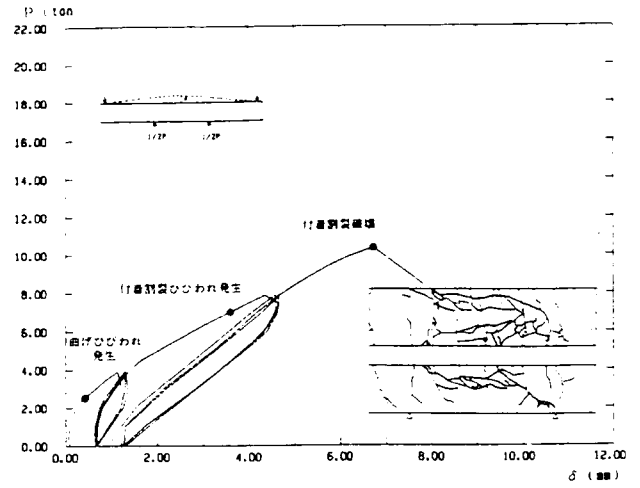


図-4. 2 d 荷重-変形関係 (PB-12)

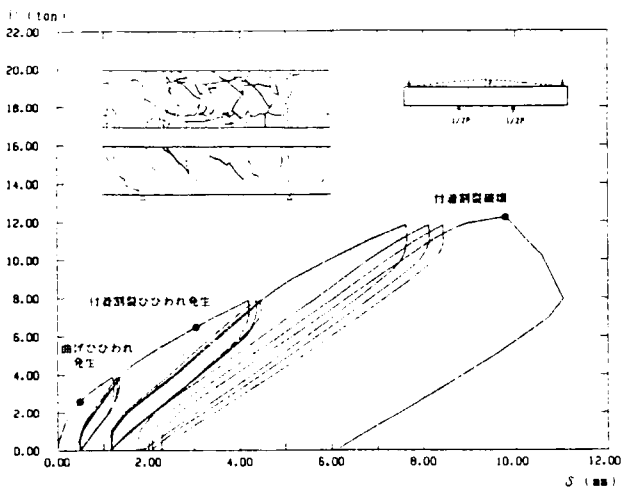


図-4. 2 e 荷重-変形関係 (PB-13)

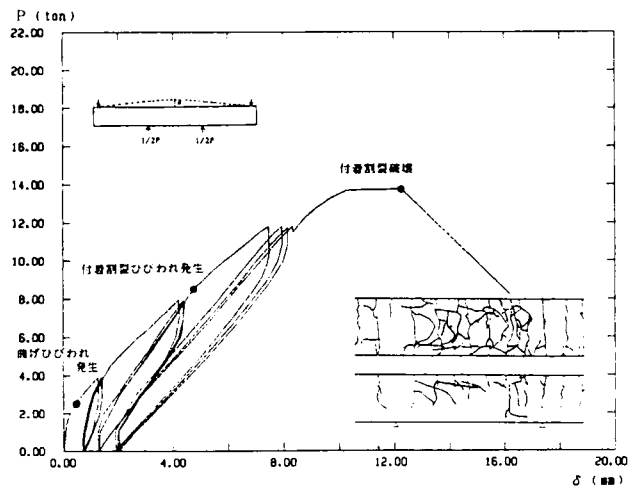


図-4. 2 f 荷重-変形関係 (PB-14)

4. 2. 2 両引実験

1) 実験計画

表-4. 2に試験体一覧を示す。検討要因はコンクリート強度と横補強筋の径、ピッチかかり方であり、試験体数は44体である。図-4. 3に代表的な試験体の配筋図を示すが、試験体は標準的なはり断面形状のnタイプを主とし、他に横補強筋のかかり方を検討するためにwタイプとsタイプの3種類の断面とした。主筋には鉄筋降伏前に付着割裂破壊を生じるように熱処理により強度を高めたD19鉄筋 ($f_y = 8600 \text{ kgf/cm}^2$, 0.2%耐力)を隅角筋として配筋し、表面と側面かぶり厚さを $1.5d_b$ とした。横補強筋には直径 6.4mm と 9.2mmの特殊な表面形状の高強度異形棒鋼 ($f_y = 14000 \text{ kgf/cm}^2$, 以降ではそれぞれu6鉄筋とu9鉄筋と称する)を用いた。コンクリートは継手筋が下側になるように平打ちで打設した。

加力は試験体から突き出た継手筋を加力フレームに取りつけたセンターホールジャッキを用いて、両側から鉄筋応力 $f_s = 2200, 3500, 5000, 7000 \text{ kgf/cm}^2$ で3回ずつ引っ張る両引き繰り返し載荷を行った。

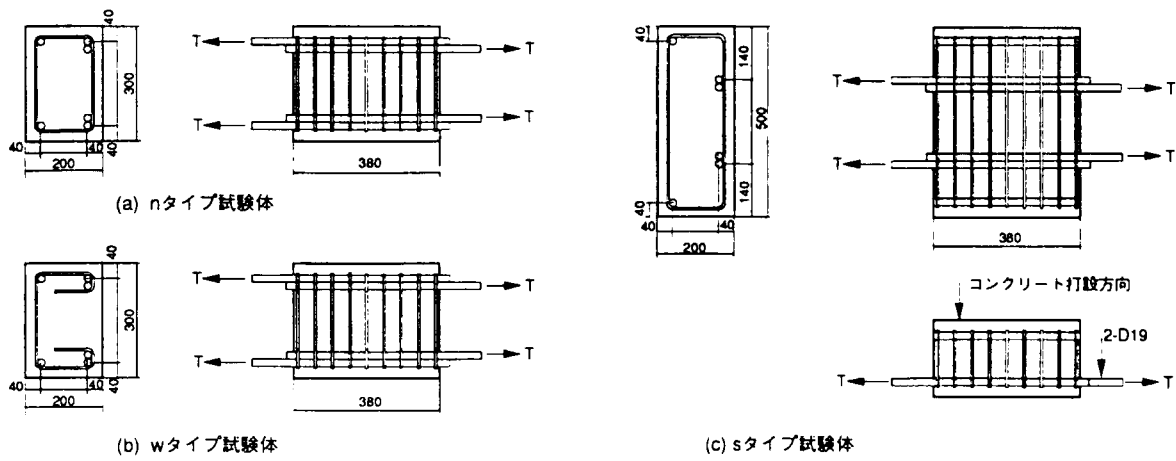


図-4.3 両引実験試験体配筋図

表-4.2 両引実験試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号 ¹	パラメータ ²		実験結果 ³		
	σ_B	p_w	f_c	f_s	f_u
300-20d-u6-30	279	0.71	1429	2474	3833
300-20d-u6-45	279	0.47	1777	1777	3659
300-20d-u6-45w	279	0.95	1777	3484	3763
300-20d-u6-45s	279	0.28	—	2822	4390
300-20d-u6-60	279	0.36	1429	2230	3275
300-20d-u6-90	279	0.24	—	2125	2578
300-20d-u6-90w	279	0.47	1428	2822	3066
300-20d-u6-90s	279	0.14	2822	2265	3937
300-20d-u6-120	279	0.18	1429	2230	2997
300-20d-u9-45	279	0.98	1812	2822	4425
300-20d-u9-60	279	0.73	1913	2195	4216
300-20d-u9-90	279	0.49	1777	1428	3519
300-20d-u9-120	279	0.37	1777	2822	3240
300-20d-u9-180	279	0.24	1429	2787	2997
300-30d-u6-30	279	0.71	1812	2195	5784
300-30d-u6-45	279	0.47	1429	2265	5087
300-30d-u6-60	279	0.36	1777	2857	4913
300-30d-u6-90	279	0.24	1777	3171	3937
300-30d-u6-120	279	0.18	1429	2265	4182
300-30d-u9-45	279	0.98	1429	3519	7003
300-30d-u9-60	279	0.73	1777	2822	6411
300-30d-u9-90	279	0.49	1429	2822	5052
600-20d-u6-30	579	0.71	2230	3554	5819
600-20d-u6-45	579	0.47	2230	3519	5052
600-20d-u6-45w	579	0.95	2265	3484	5470
600-20d-u6-45s	579	0.28	4286	2857	5610
600-20d-u6-60	579	0.36	2265	2822	4634
600-20d-u6-90	579	0.24	2125	2822	3868
600-30d-u6-90	579	0.24	1777	2265	5052
600-20d-u6-90w	579	0.47	2230	3519	4216
600-20d-u6-90s	579	0.14	3519	2822	4913
600-20d-u6-120	579	0.18	2230	3519	4216
600-20d-u9-45	579	0.98	2474	3519	7003
600-20d-u9-60	579	0.73	2230	2822	6167
600-20d-u9-90	579	0.49	2230	3484	4774
600-20d-u9-120	579	0.37	2474	3519	4634
600-20d-u9-180	579	0.24	1777	3519	4390
800-20d-u6-45	663	0.47	1742	2230	6272
800-20d-u6-60	663	0.36	1429	2230	5296
800-20d-u6-90	663	0.24	1812	2265	3693
800-30d-u6-90	663	0.24	2230	2230	5923
800-20d-u9-45	663	0.98	1777	2787	8084
800-20d-u9-60	663	0.73	1742	2822	7003
800-20d-u9-90	663	0.49	1429	2195	5052

注1. 試験体記号… F c - l s - φ - s F c : 目標コンクリート強度
 l s : 重ね長さ (d : 鉄筋径), φ : 補強筋径 (u6:6.4mm, u9:9.2mm), s : 補強筋間隔 (mm)
 2. σ_B : 実験時コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²), p_w : 横補強筋比 (%)
 3. f_c : 引張りひわれ発生時, f_s : 付着ひわれ発生時, f_u : 最大荷重時鉄筋応力 (kgf/cm²)

2) 実験結果

表-4. 2中に両引実験試験体の主要な実験結果を示す。図-4. 4には荷重-変形関係と破壊時ひびわれ性状の1例を示す。破壊経過は曲げ実験と同様であり、nタイプとwタイプ試験体は鉄筋降伏前にcorner split型の付着割裂破壊を生じたが、sタイプ試験体はv notch split型の付着割裂破壊を生じた。また、付着割裂強度の小さい試験体では2組の継手筋の一方のみの割裂破壊であったが、付着割裂強度の大きい試験体は2組の継手筋とも破壊し、かぶりコンクリートがはじけ飛ぶほどの激しい破壊性状であった。

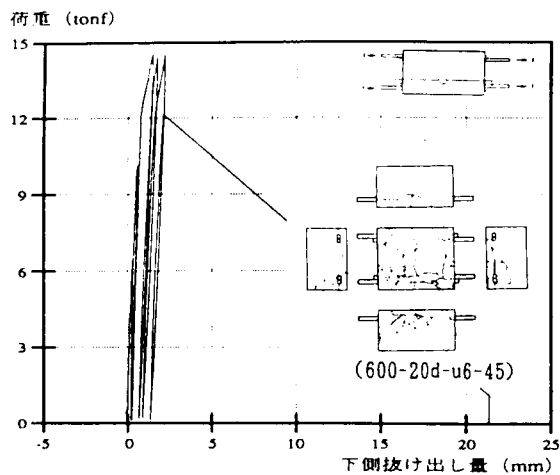


図-4. 4 a 荷重-変形関係 (600-20d-u6-45)

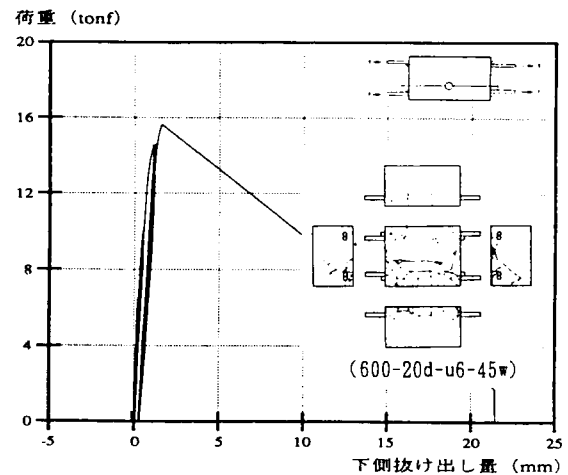


図-4. 4 b 荷重-変形関係 (600-20d-u6-45w)

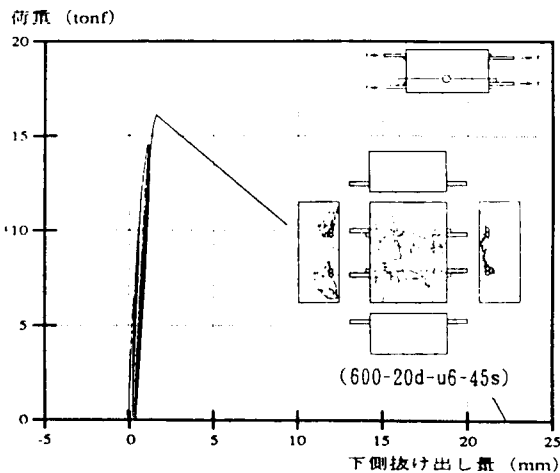


図-4. 4 c 荷重-変形関係 (600-20d-u6-45s)

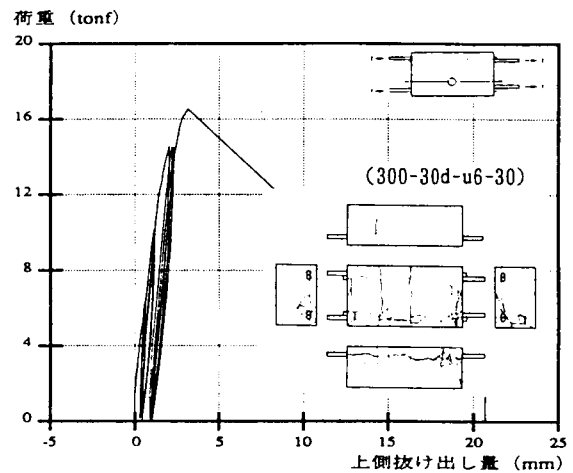


図-4. 4 d 荷重-変形関係 (300-30d-u6-30)

4. 3 結果の検討

4. 3. 1 変形性能及びひびわれ性状

図-4. 5には横補強筋量が異なる曲げ試験体について荷重-変形関係包絡線を比較して示す。いずれの試験体も曲げひびわれの発生により剛性が低下するが、高強度コンクリートを使用した試験体の方がひびわれ発生時の荷重が大きく、ひびわれ発生後の剛性の低下も小さめであった。付着ひびわれの発生時荷重にコンクリート強度による差異は特に見られなかった。コンクリート強度にかかわらずひびわれ荷重や剛性への横補強筋の影響は特に見られなかったが、横補強筋が無い試験体では割裂破壊により急激に荷重が低下するのに対し、横補強筋量が0.4%の試験体では破壊時にある程度のねばりが見られた。

図-4. 6には横補強筋量の異なる3体の曲げ実験試験体について破壊時のひびわれ性状を比較して示す。いずれの試験体も重ね継手部の表面および側面かぶりコンクリートに継手筋に沿って付着割裂ひびわれが見られたが、横補強筋の無い試験体ではかぶりコンクリートが盛り上がるような付着割裂破壊性状であったのに対し、横補強筋が多いと割裂ひびわれの発生が少なめであった。

4. 3. 2 横補強筋のひずみ

図-4. 7には重ね長さ30d.でコンクリート強度 $F_c=300, 600, 800\text{kgf/cm}^2$ の試験体の継手筋中央から継手端まで位置の異なる4本の横補強筋について、測定したひずみ値と主筋引張力との関係を示す。図より、横補強筋のひずみは主筋応力がある程度の大きさになって生じること、継手端の横補強筋が最も早くひずみが生じ始めること、主筋応力が増加す

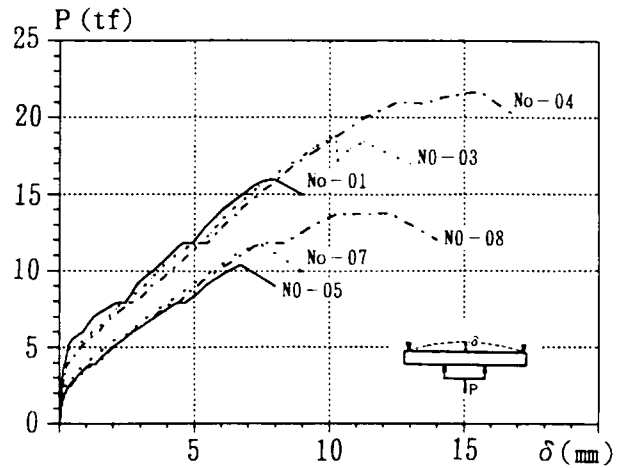


図-4. 5 荷重-変形包絡線の比較

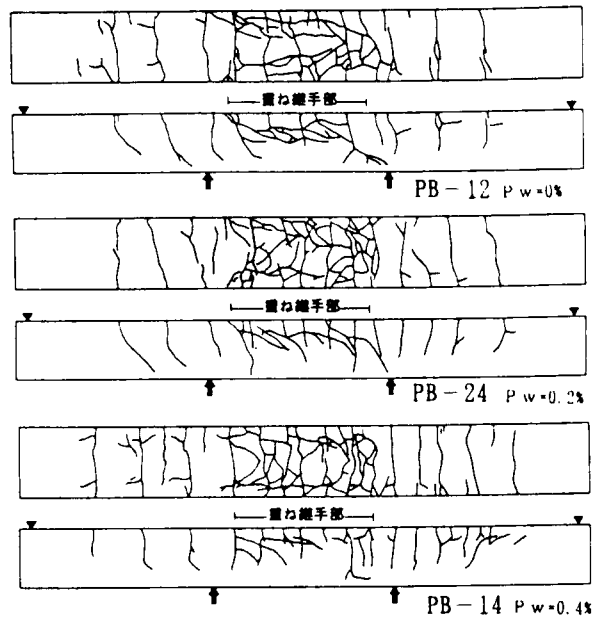


図-4. 6 破壊時ひびわれ状況の比較

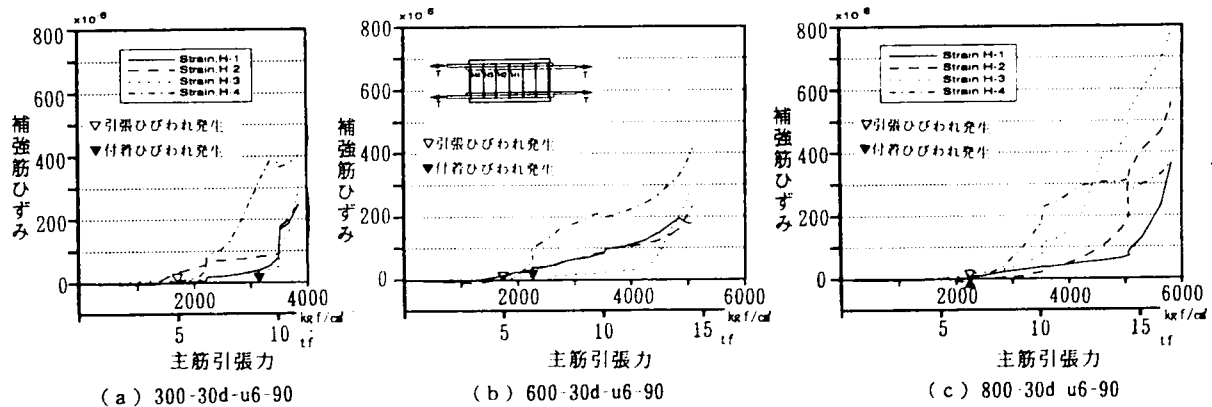


図-4. 7 横補強筋ひずみ値-鉄筋引張力関係

るにつれ継手内部の横補強筋にも徐々にひずみが生じ始め、継手中央部位置の横補強筋は破壊直前になってひずみが急増する傾向が見られること、コンクリート強度が高い試験体ほど横補強筋のひずみが生じ始める主筋応力が大きいこと等が言える。付着ひびわれの発生は主筋応力が約2000から3000kgf/cm²の時であり横補強筋にひずみが生じ始める時の主筋応力（約1000から2000kgf/cm²）に比べ大きい、これは試験体表面にひびわれが観測された時点での主筋応力度であり、内部ではもっと小さい応力度レベルでひびわれが生じていると考えられる。従って、横補強筋はコンクリートに付着ひびわれが生じた後、ひびわれが拡大しないようにコンクリートの拘束効果を高める働きをするものと言える。

図-4. 8にはコンクリート強度と横補強筋量の異なる試験体について、継手端部の横補強筋ひずみ値と主筋引張力との関係を示している。記号は横補強筋にu6鉄筋を使用した試験体の横補強筋ひずみ値について示しており、最大荷重時には記号を大きく示している。また、横補強筋にu9鉄筋を使用した試験体の横補強筋ひずみ値については破線で示している。図より、同じ横補強筋量の試験体ではコンクリート強度が高いほど同一荷重でのひずみが小さいこと、径の細い横補強筋の方がひずみが小さいこと、横補強筋の間隔が大きい試験体ほどひずみが大きいこと等が言える。また、高強度コンクリートを使用した試験体も含め全試験体は破壊時においても補強筋が降伏しておらず、割裂破壊時の補強筋のひずみは最大で1400×10⁻⁶程度であった。

以上より、継手端近くの横補強筋が最初に割裂拘束として働くが、破壊直前には継手部全域の横補強筋が有効に働くこと、コンクリート強度が高いほど横補強筋の割裂拘束の作用が遅れること、割裂拘束としてのみ作用する場合には破壊時においても横補強筋は降伏しないこと等が言える。

4. 3. 3 付着割裂強度

付着割裂強度は継手が付着割裂破壊する時の強度（継手耐力）であり、継手性能の評価上重要な値である。重ね継手部の付着応力度は破壊直前には継手全長にわたってほぼ一定値となると考えられているので（厳密には継手端と中央で差異がある）、付着割裂強度としては継手全長の平均付着応力度を用いた。平均付着応力度は継手端の最大鉄筋応力を用いて算定したが、曲げ実験の場合、曲げモーメントから最大鉄筋応力を求め、両引実験の場合、鉄筋の引張力から最大鉄筋応力を求めた。日本建築学会のRC規準では、上端筋と

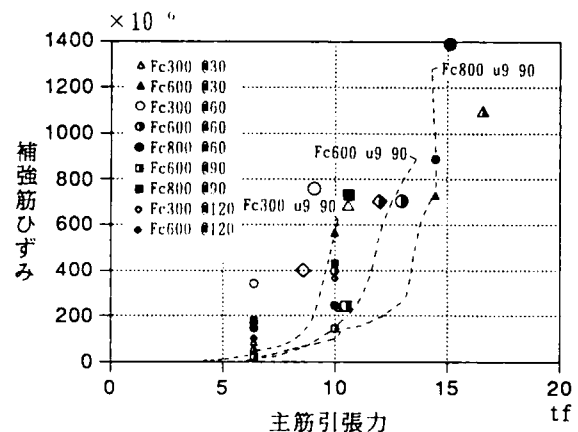


図-4. 8 横補強筋ひずみ値の比較

表-4. 3 曲げ実験の付着割裂強度

試験体 記号	σ_B kgf/cm ²	付着割裂強度 ¹⁾		
		τ_u	$r \tau$	$o \tau$
PB-09	621	47.8	51.7	39.0
PB-10	621	62.9	65.1	48.3
PB-16	621	56.3	66.6	49.1
PB-11	621	65.0	73.3	54.3
PB-12	216	31.1	30.5	23.0
PB-13	216	36.6	38.4	28.5
PB-24	216	35.3	39.3	29.0
PB-14	216	41.2	43.3	32.0

注1. 付着割裂強度 (kgf/cm²)

τ_u : 実験値 ($f_u \cdot a / (\phi \cdot L_s)$)

a : 鉄筋断面積, ϕ : 鉄筋周長

$r \tau$: 藤井らの式による計算値

$o \tau$: Orangunらの式による計算値

は、曲げ材にあって、その鉄筋の下に30cm以上のコンクリートが打ち込まれる場合の水平鉄筋をいうと定義されているが、上端筋と下端筋の付着割裂強度を検討した実験で、本試験体と同じ断面の試験体の付着割裂強度が上端筋の結果に近いという結果が得られた。従って、本研究では付着割裂強度計算値は上端筋として算定した。表-4. 3と表-4. 4に曲げ実験と両引実験について、付着割裂強度実験値と計算値を示す。

表-4. 4 両引実験の付着割裂強度

試験体 記号	σ_{11} kgf/cm ²	付着割裂強度			試験体 記号	σ_{11} kgf/cm ²	付着割裂強度		
		τ_u	$r\tau$	$o.\tau$			τ_u	$r\tau$	$o.\tau$
300-20d-u6-30	279	48.2	45.5	49.7	600-20d-u6-30	579	73.2	65.6	71.6
300-20d-u6-45	279	46.1	45.5	49.7	600-20d-u6-45	579	63.6	65.6	71.6
300-20d-u6-45w	279	47.4	45.5	49.7	600-20d-u6-45w	579	68.9	65.6	71.6
300-20d-u6-45s	279	50.7	42.7	49.7	600-20d-u6-45s	579	70.6	61.5	71.6
300-20d-u6-60	279	41.2	45.5	48.7	600-20d-u6-60	579	58.3	65.6	70.1
300-20d-u6-90	279	32.5	42.0	44.5	600-20d-u6-90	579	48.7	60.5	64.2
300-20d-u6-90w	279	38.6	45.5	49.7	600-30d-u6-90	579	42.4	60.5	58.8
300-20d-u6-90s	279	49.6	42.7	44.5	600-20d-u6-90w	579	53.1	60.5	71.6
300-20d-u6-120	279	37.7	40.4	42.5	600-20d-u6-90s	579	61.8	61.5	58.8
300-20d-u9-45	279	55.7	45.5	49.7	600-20d-u6-120	579	53.1	56.6	61.2
300-20d-u9-60	279	53.1	45.5	49.7	600-20d-u9-45	579	88.2	65.6	71.6
300-20d-u9-90	279	44.3	45.5	49.7	600-20d-u9-60	579	77.6	65.6	71.6
300-20d-u9-120	279	40.8	45.5	49.0	600-20d-u9-90	579	60.1	65.6	71.6
300-20d-u9-180	279	37.7	42.4	44.8	600-20d-u9-120	579	58.3	65.6	70.7
300-30d-u6-30	279	48.5	45.5	46.0	600-20d-u9-180	579	55.3	61.0	64.5
300-30d-u6-45	279	42.7	45.5	46.0	800-20d-u6-45	663	78.9	70.2	76.6
300-30d-u6-60	279	41.2	45.5	45.0	800-20d-u6-60	663	66.7	70.2	75.0
300-30d-u6-90	279	33.0	42.0	40.8	800-20d-u6-90	663	46.5	64.8	68.6
300-30d-u6-120	279	35.1	39.3	38.8	800-30d-u6-90	663	49.7	64.8	63.0
300-30d-u9-45	279	58.8	45.5	46.0	800-20d-u9-45	663	101.8	70.2	76.6
300-30d-u9-60	279	53.8	45.5	46.0	800-20d-u9-60	663	88.2	70.2	76.6
300-30d-u9-90	279	42.4	45.5	46.0	800-20d-u9-90	663	63.6	70.2	76.6

1) 付着割裂強度と補強筋比

図-4. 9に Fc300試験体、図-4. 10に Fc600と Fc800の試験体について、付着割裂強度と横補強筋比の関係を示す。横補強筋比を除く条件が同じ試験体については、以下に示す線形回帰式で評価でき、図中にはそれぞれの回帰式による値を直線で示している。

- 曲げ実験 216... $\tau_u = 30.8 + 25.3 p_w$ (R=0.99)
- 曲げ実験 621... $\tau_u = 47.8 + 43.0 p_w$ (R=0.99)
- Fc300-20d-u6... $\tau_u = 34.5 + 20.6 p_w$ (R=0.96)
- Fc300-20d-u9... $\tau_u = 31.7 + 25.9 p_w$ (R=0.98)
- Fc300-30d-u6... $\tau_u = 29.0 + 28.2 p_w$ (R=0.96)
- Fc300-30d-u9... $\tau_u = 27.2 + 33.4 p_w$ (R=0.97)
- Fc600-20d-u6... $\tau_u = 42.2 + 43.8 p_w$ (R=0.96)
- Fc600-20d-u9... $\tau_u = 41.2 + 47.5 p_w$ (R=0.98)
- Fc800-20d-u6... $\tau_u = 13.6 + 141 p_w$ (R=0.99)
- Fc800-20d-u9... $\tau_u = 27.5 + 77.8 p_w$ (R=0.98)

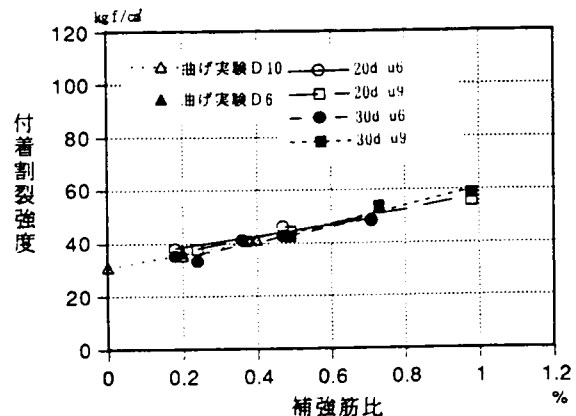


図-4. 9 付着強度-横補強筋比関係 I

横補強筋比が0%から約1.0%の範囲で実験を行ったが、曲げ実験と両引実験のいずれの場合においても付着割裂強度増分（各試験体の付着割裂強度から横補強筋が無い場合の付着割裂強度を減じた値）は横補強筋比にほぼ比例しており、横補強筋比が小さいレベルでは同じ横補強筋比でも補強筋間隔が小さい試験体の方が付着割裂強度が大きくなるが、補強筋比が大きくなると差異がなくなること、重ね長さが長いほど、コンクリート強度が高いほど付着割裂強度の増加率が大きくなること等

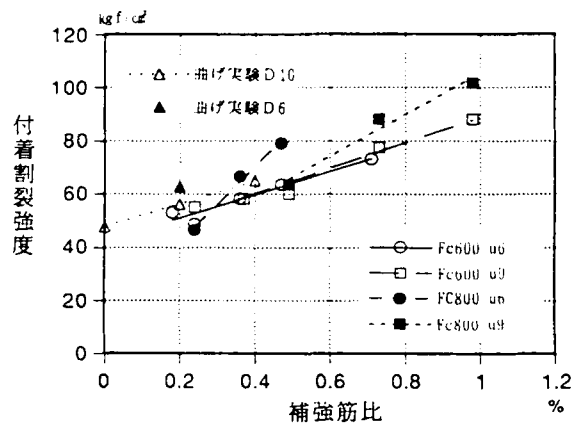


図-4.10 付着強度-横補強筋比関係

が言える。横補強筋の径や間隔で付着強度に差異はあるものの、その差は小さいので、コンクリート強度別に実験データを線形回帰すると次式が得られる。ただし、Fc800のデータはばらつきが大きいため除外した。

$$Fc300-20d(279) \quad \dots \tau_u = 31.0 + 26.6 p_w$$

$$Fc600-20d(579) \quad \dots \tau_u = 41.3 + 46.7 p_w$$

以上より付着割裂強度は横補強筋が無い場合の付着割裂強度 α と横補強筋による付着割裂強度増分の和で与えられ、付着割裂強度増分の横補強筋比に対する増加率を β とすると、下式のように付着割裂強度が表される。 α と β はコンクリート強度等に関係する定数と考えられる。

$$\tau_u = \alpha + \beta p_w$$

既往の付着割裂強度式、例えば藤井らの式では下式のように横補強筋による付着割裂強度増分の上限を設定しており、横補強筋量が限界値を超えると付着割裂強度が一定となる。本試験体の場合に限界補強筋比を算定すると、約0.3%となるが、実験では横補強筋比が約1.0%まで付着割裂強度増分は横補強筋比に比例して増加しており、既往式での限界補強筋比は過少評価ではないかと考えられる。

・藤井らの式における付着割裂強度増分

$$\tau_{st} = 24.9 k A_{st} / s N d_b \sqrt{F_c} < 0.87 \sqrt{F_c}$$

ここで、 k ; 横補強筋効果を表現する係数(= $\sqrt{2}$)、 A_{st} ; 一組の横補強筋全断面積

s ; 横補強筋間隔、 N ; 主筋本数、 d_b ; 主筋径、 F_c ; コンクリート強度

2) 付着割裂強度とコンクリート強度

図-4.11には付着割裂強度とコンクリート強度の関係を示す。横補強筋比が同じ試験体について下式で示す回帰式が得られ、図中には各回帰式とともに限界補強筋比の場合の藤井らの式による計算値を実線で示す。

$$0\% \quad \dots \tau_u = 3.392 \sigma_u^{0.39} \quad (R=1.00)$$

$$u6-0.24\% \quad \dots \tau_u = 2.029 \sigma_u^{0.49} \quad (R=0.95)$$

$$u6-0.36\% \quad \dots \tau_u = 2.078 \sigma_u^{0.53} \quad (R=0.99)$$

$$u6-0.47\% \quad \dots \tau_u = 1.938 \sigma_u^{0.56} \quad (R=0.95)$$

$$u9-0.49\% \quad \dots \tau_u = 4.214 \sigma_u^{0.42} \quad (R=1.00)$$

$u9-0.73\% \cdots \tau_u = 2.207 \sigma_B^{0.56} \quad (R=0.99)$
 $u9-0.98\% \cdots \tau_u = 1.244 \sigma_B^{0.67} \quad (R=0.99)$
 $u9-0.49\%$ の場合を除くと、横補強筋比が大きくなるとコンクリート強度に対する付着割裂強度の増加率が大きくなっており、藤井らの式による計算値は $u6-0.47\%$ の場合の回帰式の値とよく一致しているものの、それ以上の横補強筋比の場合には既往式では適用できないと言える。

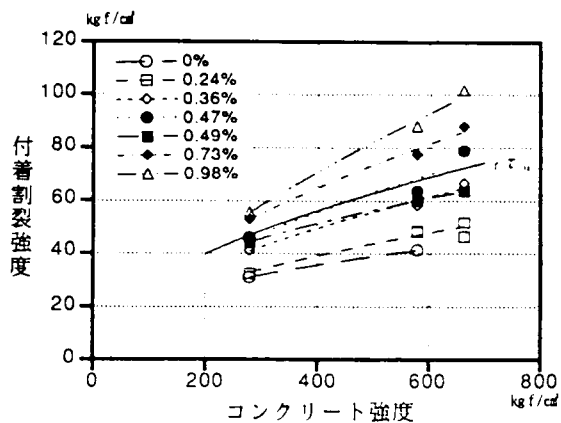
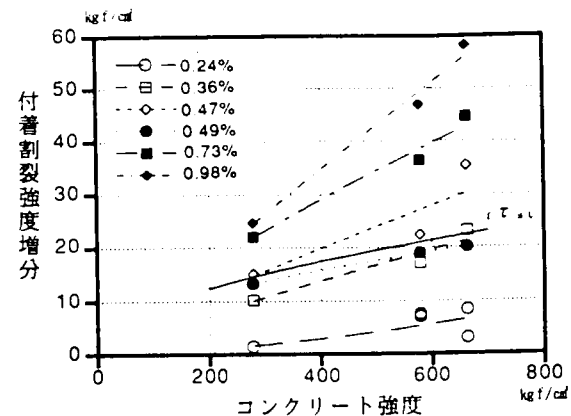


図-4. 1 1 付着強度-コンクリート強度関係

図-4. 1 2には横補強筋による付着割裂強度増分とコンクリート強度の関係を示す。横補強筋比が同じ試験体について下式で示す線形回帰式が得られ、図中には各回帰式とともに限界補強筋比の場合の藤井らの式による計算値を実線で示す。



- $u6-0.24\% \cdots \tau_{st} = 0.0002 \sigma_B^{1.58} \quad (R=0.61)$
- $u6-0.36\% \cdots \tau_{st} = 0.0754 \sigma_B^{0.87} \quad (R=0.96)$
- $u6-0.47\% \cdots \tau_{st} = 0.1323 \sigma_B^{0.84} \quad (R=0.88)$
- $u9-0.49\% \cdots \tau_{st} = 0.8990 \sigma_B^{0.48} \quad (R=1.00)$
- $u9-0.73\% \cdots \tau_{st} = 0.2863 \sigma_B^{0.77} \quad (R=0.98)$
- $u9-0.98\% \cdots \tau_{st} = 0.1132 \sigma_B^{0.96} \quad (R=0.99)$

図-4. 1 2 付着強度増分-コンクリート強度関係

既往の付着割裂強度式のほとんどは付着割裂強度増分が $\sqrt{\sigma_B}$ に比例する形としているが、本実験では $u9-0.49\%$ の場合を除いて、いずれの場合もコンクリート強度に対する付着割裂強度増分の増加率は $\sqrt{\sigma_B}$ より大きいことが確認された。横補強筋が無い場合の付着割裂強度はコンクリートの引張強度に関係するが、横補強筋による拘束効果があると継手筋とコンクリートとの機械的なかみあいが増持され、鉄筋表面の節から放射状に作用する圧縮力の影響が大きくなるものと考えられる。従って、横補強筋による付着割裂強度増分は σ_B にほぼ比例するものと言え、下式のように表した方が妥当と考えられる。ここで γ は横補強筋比に関する定数である。

$$\tau_{st} = \gamma \sigma_B$$

3) 割裂パターンの違いによる補強筋効果

既往の付着割裂強度式のうち、Orangunらの式では補強筋効果に割裂パターンの違いが考慮されていないが、藤井らの式では割裂パターンの相違による横補強筋効果の差異を表現する係数 k が考慮し、下記のように与えている。

- side split mode の場合 $\cdots k = 1$
- corner split mode の場合 $\cdots k = \sqrt{2}$
- v-notch split mode の場合 $\cdots k = 0$

つまり、side split mode の場合を基準とし、corner split mode の場合にはその約1.4倍の補強筋効果があると考え、v-notch split mode の場合には補強筋効果が無いと考えている。本研究ではcorner split mode の場合を主として検討したが、両引実験のsタイプ

試験体の場合v-notch split modeの付着割裂破壊となった。図-4. 13にwタイプの試験体の結果と合わせて付着割裂強度と補強筋間隔の関係を比較して示すが、sタイプ試験体の付着割裂強度はnタイプ試験体に比べその増加率が小さめではあるものの、補強筋間隔が小さくなるほど大きくなっている。また、wタイプの試験体はnタイプ試験体とほぼ同じ増加率であり、Corner split modeの場合wタイプのような横補強筋のかけ方は割裂拘束にはあまり効果がないと考えられる。

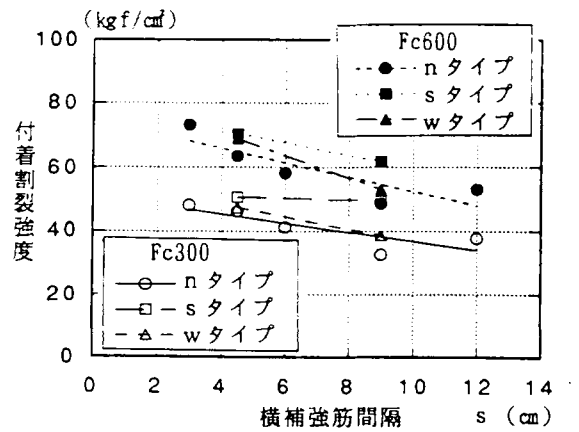


図-4. 13 付着割裂強度と補強筋間隔

藤井らと Orangunらは横補強筋による付着強度増分 τ_{st} をそれぞれ下式のように表している。

$$\tau_{st} = 24.9 k A_{st} / s N d_b \sqrt{F_c} < 0.87 \sqrt{F_c}$$

$$\tau_{st} = 7.528 \times 10^{-3} A_{tr} f_{vt} / s d_b \sqrt{F_c} < 0.80 \sqrt{F_c}$$

ここで、 A_{st} : 一組の横補強筋断面積、 s : 横補強筋間隔、 N : 主筋本数

A_{tr} : 主筋1本あたりの一組の横補強筋断面積 (= A_{st} / N)

F_c : コンクリート強度、 f_{vt} : 横補強筋降伏点、 d_b : 主筋径

両式とも横補強筋の拘束効果が横補強筋断面積とコンクリート強度の平方根に比例し、横補強筋間隔と主筋径に反比例する点は共通であるが、藤井らの式で割裂パターンの違いによる横補強筋の拘束効果の差異を表現する係数 k が考慮されている点と Orangunらの式で横補強筋降伏点を考慮している点が異なっている。実験の結果、付着割裂破壊直前の横補強筋のひずみは高強度コンクリートを使用した場合においても 1000 から 1500×10^{-6} 程度であり、普通強度の横補強筋を使用しても降伏することはなかった。従って、横補強筋の拘束効果に横補強筋降伏点は関係しないと考えられる。次に割裂パターンの違いによる横補強筋の拘束効果の差異を表現する係数 k に関して、藤井らはSide split modeの場合1.0、Corner split modeの場合 $\sqrt{2}$ 、V-notch split modeの場合0と定義している。

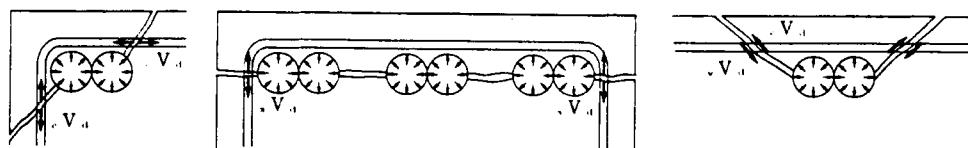
図-4. 14に3種類の割裂パターンについて付着割裂に対する補強筋の拘束効果のメカニズムを示す。1組の重ね継手筋からの割裂力を P とし、補強筋の拘束力を V_d とすると、Corner split modeとSide split modeの場合、それぞれ以下のように表され、係数 k はSide split modeの場合を $k=1.0$ とするとCorner split mode場合 $k=\sqrt{2}$ となる。

• Corner split mode ... $P = 2 \times \sqrt{2} \cdot V_d$

• Side split mode ... $P = 2 \times V_d$

$$2 \times V_d = 2 \times \sqrt{2} \cdot V_d$$

$$V_d = \sqrt{2} \cdot V_d$$



(a) Corner split mode

(b) Side split mode

(c) V-notch split mode

図-4. 14 割裂パターンの違いによる横補強筋の拘束メカニズム

これに対し、V-notch split modeの場合は藤井らは $k=0$ として、横補強筋の拘束効果が無いと定義したが、実験結果からは横補強筋の拘束効果が認められた。ただし、図に示すように割裂に対し横補強筋は引張りではなくだぼ作用で拘束するものと考えられ、その場合横補強筋にはせん断力が加わっているとすると、横補強筋は引張りの場合と比べ $1/\sqrt{3}$ の効果しかないと考えられる。従って、V-notch split modeの場合、横補強筋の拘束効果を表現する係数を $k = 1/\sqrt{3}$ とする。

以上より横補強筋による付着強度増分 τ_{st} は下記のように表せる。

$$\tau_{st} = \alpha k A_{st} / s N d_b \sigma_B$$

Side split mode の場合… $k = 1.0$

Corner split mode の場合… $k = \sqrt{2}$ ただし $N=2$

V-notch split modeの場合… $k = 1/\sqrt{3}$

4. 4 結語

高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手性状について、継手性能への横補強筋の影響を実験により検討した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 破壊までの変形及びひびわれ性状に関して、横補強筋の影響はほとんど見られないが、横補強筋量が多いと付着割裂破壊時にある程度のねばりが確保され、割裂ひびわれの発生も少なくなる。
- 2) 横補強筋は継手端部に位置するものが最初割裂拘束として作用するが、破壊時には継手全域の横補強筋が有効に働く。
- 3) 横補強筋による付着割裂強度増分は横補強筋比に比例し、横補強筋比が小さい範囲では同じ横補強筋比でも補強筋間隔が小さい場合の方が付着割裂強度が大きくなる。また、横補強筋比が1.0%程度までは付着強度増分に頭打ちの現象は見られなかった。
- 4) 横補強筋量が多いほどコンクリート強度に対する付着割裂強度の増加率が大きくなる。
- 5) 割裂破壊形式の違いにより横補強筋の拘束効果に差異があり、3種類の割裂破壊形式に対して横補強筋の拘束効果を表す係数を定めた。

第5章 重ね継手の付着割裂強度評価

5. 1 序

鉄筋コンクリート構造物の破壊種別の中で、付着割裂破壊は極めてぜい性的な破壊であり、また、鉄筋コンクリート構造物の設計法が許容応力度設計法から終局強度設計法へと以降しつつある今日、鉄筋コンクリート構造物の重ね継手設計においては付着割裂強度の評価が重要である。これまで数多くの重ね継手に関する実験的研究が行われているが、そのほとんどはある特定の条件下での継手性能の確認であり、付着割裂強度の評価に関する研究はほとんど行われていない。従って、重ね継手を対象とした付着割裂強度算定式の提案もほとんど無い。

本章では、重ね継手以外の付着強度実験より導かれた付着割裂強度算定式も含めて、既往の付着割裂強度算定式の適合性を検討するとともに、高強度コンクリートを対象とした重ね継手実験のデータを定量的に評価することより、重ね継手に適用できる付着割裂強度算定式を導き、その適合性を確認する。

5. 2. 既往の付着割裂強度算定式

一般的な鉄筋コンクリート構造物の研究において、鉄筋とコンクリートとの付着抵抗機構の解明と付着割裂強度の評価に多くの研究者が取り組み、いくつかの付着割裂強度式が提案されている。付着割裂破壊のメカニズムに関しては、通し筋と重ね継手筋の場合とで違いはないと考えられ、付着実験で得られた付着割裂強度式を重ね継手筋の付着割裂強度を評価する場合に用いても問題は無いと考えられる。ここで、これら既往の付着割裂強度算定式の概要を以下に示す。

• Orangun, Jirsa, Breen 式¹⁾

本式は鉄筋降伏前に付着割裂破壊を生じた重ね継手を有する試験体の曲げ実験データを回帰分析して導いた実験式である。継手の付着割裂強度がコンクリートの引張強度 $\sqrt{f_c}$ に比例すると考え、かぶり厚さ、鉄筋間隔、鉄筋径、重ね長さを影響因子として、補強筋の無い場合のデータからそれぞれの係数を非線形回帰分析で求め、それぞれの強度を累加した式である。かぶり厚さに関しては、鉄筋径の2.5倍以上の場合抜け出し破壊となるので、 $2.5d_c$ 以上では付着割裂強度を頭打ちとしている。補強筋の影響に関しては、補強筋により強度増分があると考える累加強度の考え方をとり、付着割裂強度増分が補強筋の断面積と降伏点の積に比例し、補強筋の間隔と主筋径に逆比例する形でデータを回帰分析して係数を求めている。ただし、補強筋の効果に関しては実験データから上限が必要と考え、上限値を設定している。

• Jimenez, White, Gergely 式²⁾

本式は付着に関する多くの実験データを統計的に整理評価して得られた実験式である。付着割裂強度がかぶり厚さに比例し、鉄筋径と付着長さに逆比例すると考え、さらに横補強筋による付着割裂強度の累加強度の考え方をとっている。ただし、補強筋の影響に関しては鉄筋比の形をとっており、補強筋の項にはコンクリート強度が考慮されていない。

• 藤井、森田式³⁾

本式は横補強筋の無い場合の付着割裂強度 τ_c と横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{s1}

の和として式を構成している。また、 τ_{co} の項では割裂パターンによるコンクリートの割裂抵抗の差異を考慮する係数 b_i を採用している。補強筋の効果に関しては、割裂パターンによる横補強筋効果の差異を考慮する係数 k を採用している点と横補強筋の降伏点を考慮していない点以外はOrangunらと同様な考え方をしている。

・三浦，鈴木式⁴⁾

本式はOrangunらの式と同様な考え方で式を構成している。ただし、各係数の定数は低温下の実験データに合うように修正されており、横補強筋については降伏点は強度に関係なくその剛性が影響すると考えて、Orangunらの式中のかぶり厚さ c の代わりに剛性分だけかぶり厚さが増えたとみなすみかけのかぶり厚さ c' を採用している。また、Orangunらの式中の $\sqrt{f_c}$ の代わりにコンクリートの引張強度 f_t を採用している。

・角，山田式⁵⁾

本式はside split型割裂破壊を対象に横補強筋の影響、特に中子筋がある場合に適用できるように藤井らの式を修正した式である。横補強筋が付着割裂破壊を抑制するメカニズムを考察し、藤井，森田式中の横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{st} の代わりに補強筋の効果としてつり上げ効果 ${}_s\tau_{st}$ と拘束効果 ${}_c\tau_{st}$ を考慮している。従って、藤井らの式と異なり、補強筋の足数と主筋の応力中心間距離を取り入れ、さらに、 ${}_c\tau_{st}$ 中に補強筋幅を取り入れている。また、 ${}_s\tau_{st}$ と ${}_c\tau_{st}$ とも横補強筋間隔の2乗に逆比例する形としている。

・角，張式⁶⁾

本式はside split型割裂破壊を対象に高強度コンクリートレベルをも包含し、かつ、中子筋がある場合にも適用できるように藤井らの式を修正した式である。異なる点は、付着長さ l と付着割裂強度の関係性を考慮する関数 q と中子筋の付着割裂強度増大効果を表すための係数 k_n を取り入れたこと、下端筋に対する換算係数をコンクリート強度に影響される k としたこと、データの回帰分析から付着割裂強度がコンクリート強度の0.6乗に比例する形としたことの3点である。

・小谷，前田式⁷⁾

本式はside split型割裂破壊を対象としており、藤井らの式と同じようにコンクリート負担分 τ_{co} と横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{st} の和という構成であり、 τ_{co} は藤井らの式を用い、 τ_{st} に関しては横補強筋が主筋を拘束する応力度に τ_{st} が比例する考え方で実験データを定量分析している。特徴としては、 τ_{st} が主筋中心間距離 j_t に反比例する形であることと τ_{st} がコンクリート強度に依存しない形であることである。

・市之瀬，横尾式⁸⁾

本式は高強度コンクリート部材のside split型割裂破壊を対象とし、横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{st} に関して藤井らの式を修正した式である。特徴は、横補強筋に拘束される主筋と拘束されない主筋に対してそれぞれ係数の異なる τ_{st} を与えていること、付着割裂強度がコンクリート強度の2/3乗に比例する形としていることである。

・角，熊谷式⁹⁾

本式は高強度コンクリート部材を対象とした実験データより藤井らの式を修正して得られた式である。つまり、コンクリート負担分 τ_{co} に関して付着長さの影響を考慮した形と

し、横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{st} に関してつり上げ効果 τ_{st} と拘束効果 τ_{st} を考慮した形で実験データを回帰分析して式を得ている。ただし、下端筋に対する換算係数 k_c は τ_c に対して与えている。

・修正南式¹⁰⁾

本式は塑性理論を応用した実用せん断強度式である修正南式に基づいた付着割裂強度式として提案されている。ただし、付着割裂破壊時のはり機構の負担せん断力 Q_b を求める際の τ_{bu} は藤井らの式を使用している。

・終局強度型設計指針式¹¹⁾

本式はCorner Split型割裂破壊とside split型割裂破壊を対象に藤井らの式を修正した式である。コンクリート負担分 τ_c に関しては藤井らの式とほとんど同じであり、付着割裂強度増分 τ_{st} がside split型割裂破壊の場合に中子筋の効果を考慮する形となっている。

表-5. 1 a 既往の付着割裂強度算定式の概要1

・Orangun, Jirsa, Breen式 (1977. 3, ACI Journal)

$$\tau_u = (1.2 + \frac{3c}{d_b} + 50 \frac{d_b}{\ell_s} + \frac{A_{tr} \cdot f_{yt}}{35.2s d_b}) \cdot 0.265 \sqrt{f_c}$$

$$\text{ただし } \frac{A_{tr} \cdot f_{yt}}{35.2s d_b} \cdot 0.265 \sqrt{f_c} < 0.8 \sqrt{f_c}$$

$$c/d_b < 2.5$$

下端筋以外の鉄筋に対しては τ_u を1.3 で除す

ここで、C; かぶり厚さと鉄筋間のあきの半分のうち小さい方の値, d_b ; 鉄筋径

ℓ_s ; 付着長さ, A_{tr} ; 主筋1本あたりの一組の横補強筋断面積

s; 横補強筋間隔, f_{yt} ; 横補強筋降伏点, f_c ; コンクリート強度

・Jimenez, White, Gergely 式 (1979. 1, ACI Journal)

$$\tau_u = \frac{1}{4} \left(\frac{c \sqrt{f_c}}{0.105 d_b + 0.0017 L} + 0.573 \rho_v \cdot f_{yt} \right)$$

ここで、L ; 付着長さ, ρ_v ; 横補強筋比

・三浦, 鈴木式 (1987. 2, JSE No378)

$$m_s \tau_u = (0.191 + 0.253 C' / \phi + 8.28 \phi / \ell) \cdot f_t$$

C' は Cs' , Cb' , Ca' のうち小さい値

$$Cs' = 2Cs + (N-1) A_{tr}/s \quad A_{tr} = 2a_b$$

$$Cb' = 2Cb + (N-1) A_{tr}/s \quad A_{tr} = 2a_b$$

$$Ca' = Ca + (N-1) A_{tr}/s \quad A_{tr} = \Sigma a_b / \text{継手数}$$

ここで、Cs ; 側方かぶり, Cb ; 底面かぶり, Ca ; 側方の全クリア間隔

ϕ ; 鉄筋径, ℓ ; 重ね長さ, f_t ; コンクリートの引張強度

表-5. 1 b 既往の付着割裂強度算定式の概要2

・藤井, 森田式 (1983. 2, AIJ No324)

$$m\tau_u = \tau_{co} + \tau_{st}$$

$$\tau_{co} = (0.307b_i + 0.427) \cdot \sqrt{F_c}$$

$$\tau_{st} = 24.9 \cdot kA_{st} / sNd_b \cdot \sqrt{F_c} < 0.87\sqrt{F_c}$$

$$b_{vi} = \sqrt{3} \left(\frac{2c_{min}}{d_b} + 1 \right) \quad b_i = b_{vi} \text{の時} \quad k=0$$

$$b_{ci} = \sqrt{2} \left(\frac{c_s + c_b}{d_b} + 1 \right) - 1 \quad b_i = b_{ci} \text{の時} \quad k=\sqrt{2}$$

$$b_{si} = \frac{b}{Nd_b} - 1 \quad b_i = b_{si} \text{の時} \quad k=1$$

水平上端筋以外の鉄筋に対しては $m\tau_u$ に1.22を乗じる

ここで、 c_s ; 側面かぶり厚さ, c_b ; 底面かぶり厚さ, b ; はり幅

c_{min} ; 最小かぶり厚さ (c_s と c_b の小さい方), N ; 主筋本数

F_c ; コンクリート強度, A_{st} ; 一組の横補強筋断面積

・角, 山田式 (1990. 8, AIJ No414)

$$k_y\tau_u = \tau_{co} + s\tau_{st} + c\tau_{st}$$

$$\tau_{co} = 1.22 \left(0.307 \frac{b - N_t \cdot d_b}{N_t \cdot d_b} + 0.427 \right) \sqrt{f_c}$$

$$s\tau_{st} = 0.85 \frac{n^{1.65} A_w \cdot j_d}{s^2 \cdot d_b}$$

$$c\tau_{st} = 7.40 \frac{n^{1.65} A_w \cdot j_d}{s^2 \cdot b_w}$$

係数1.22は水平上端筋以外に対する換算係数である

ここで、 A_w ; 1本の横補強筋断面積, n ; 一組の横補強筋の足数

j_d ; 断面の応力中心間距離, b_w ; 横補強筋幅

・角, 張式 (1992. 1, JCI No1)

$$k_z\tau_u = [0.08 + 0.12b_i + k_n \cdot (qb_i + 18.0p_w b / Nd_b)] \sigma_B^{0.6}$$

$$q = f(\ell_b / d_b, p_w) = (2.5 + 875p_w) / (\ell_b / d_b + 7000p_w)$$

$$k_n = 1.0 + 0.85(n-2)/N$$

上端筋以外には k_o を $k_z\tau_u$ に乗じる

$$k_o = 1.22 \quad (\sigma_B < 300 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$= 1.31 - 0.31 \times 10^{-3} \sigma_B \quad (300 < \sigma_B < 1000 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$= 1.0 \quad (\sigma_B > 1000 \text{ kgf/cm}^2)$$

無補強の場合 $p_w = 0$, $k_n = 1.0$

ここで、 σ_B ; コンクリート強度, ℓ_b ; 付着長さ

表-5. 1c 既往の付着割裂強度算定式の概要3

• 小谷, 前田式 (1992.8, AIJ)

$${}_{om}\tau_u = \tau_{co} + \tau_{st}$$

$$\tau_{co} = (0.375b_i + 0.521) \sqrt{\sigma_B}$$

$$\tau_{st} = (1.12 + 0.98 \frac{n}{N}) \frac{b p_w}{N j_t} \times 10^4 < (0.365 + 0.322 \frac{n}{N}) \frac{b p_w \sigma_{wy}}{N d_b}$$

$$b_i = b / (N d_b) - 1, \quad p_w < 1.2\%$$

上端筋には $\lambda = 0.803 + 1.52 \times 10^{-4} \sigma_B$ を ${}_{om}\tau_u$ に乗じる

ここで、 j_t ; 主筋中心間距離, p_w ; 横補強筋比, σ_{wy} ; 横補強筋降伏点

• 市之瀬, 横尾式 (1992, JCI No2)

$${}_{ly}\tau_u = [0.15b_i + 0.2 + 20q_{st}] \sigma_B^{2/3} \quad \text{補強筋拘束有り}$$

$$[0.15b_i + 0.2 + 10q_{st}] \sigma_B^{2/3} \quad \text{補強筋拘束無し}$$

$$q_{st} = \frac{A_v}{N d_b s} = \frac{b p_w}{N d_b}$$

• 角, 熊谷式 (1992.8, AIJ)

$${}_{kk}\tau_u = \tau_{co} + \tau_{st}$$

$$\tau_{co} = k_o (0.317b_i + 7.94d_b / \ell_b) \sqrt{\sigma_B}$$

$$\tau_{st} = \frac{dt^2}{s} \left(\frac{12.4 n + 58.2 n'}{N d_b} + \frac{92.9}{bw} + \frac{17.8}{bw} \right)$$

ここで、 n ; 外周筋足数, n' ; 中子筋足数, bw ; 中子筋幅

• 修正南式 (1990.10, AIJ)

$${}_{m}Q_b = {}_bQ_b + (\gamma - 2\alpha \Psi_r) b D \sigma_B$$

$${}_bQ_b = d \sum \phi \tau_{bu} L_r / L$$

$$\Psi_r = L_r \sum \phi \tau_{bu} / (b L \sigma_B)$$

• 終局強度型設計指針式 (1988)

$${}_{AIJ}\tau_u = \tau_{co} + \tau_{st}$$

$$\tau_{co} = (0.4b_i + 0.5) \sqrt{\sigma_B}$$

b_i は $b_{c,i}$, $b_{s,i}$ のうち小さい方の値

$$b_{c,i} = (2 \sqrt{2d_c - d_b}) / d_b$$

$$b_{s,i} = (b - \sum d_b) / \sum d_b$$

$$\tau_{st} = 50 A_w \sqrt{\sigma_B} / (s d_b) \dots b_{c,i} < b_{s,i}$$

$$\tau_{st} = \{ (20 / N_t + 5 N_u / N_t + 15 N_s / N_t) p_w b \sqrt{\sigma_B} \} / d_b$$

ただし、 $N_t / 2 < N_u$ の場合 $\tau_{st} = (5 p_w b \sqrt{\sigma_B}) / d_b$

ここで、 N_t ; 全主筋本数, N_u ; 直接補強筋のかかっていない主筋本数

N_s ; 中子筋のかかる主筋本数, p_w ; 断面外周部の補強筋断面積

5. 3. 既往の付着割裂強度式の適合性の検討

鉄筋コンクリートの付着割裂強度を予想する式が既往の研究でいくつか提案されているが、その中で藤井、森田式、Orangun, Jirsa, Breen 式、Jimenez, White, Gergely 式について実験データとの適合性を検討する。

・藤井、森田の式

$$\tau_u = \tau_{co} + \tau_{st} = (0.307 b_i + 0.427) \sqrt{F_c} + \tau_{st} \dots \dots \dots (1)$$

$$\tau_{st} = 24.9 k A_{st} / s N d_b \sqrt{F_c} < 0.87 \sqrt{F_c} \dots \dots \dots (2)$$

b_i は b_{vi} , b_{ci} , b_{si} の最小値

$$b_{vi} = \sqrt{3} (2 C_{min} / d_b + 1) \quad \rightarrow k = 0$$

$$b_{ci} = \sqrt{2} \{ (C_s + C_b) / d_b + 1 \} - 1 \quad \rightarrow k = \sqrt{2} \quad (N=2)$$

$$b_{si} = b / (N d_b) - 1 \quad \rightarrow k = 1$$

ここで、 C_s : 側面かぶり厚さ, d_b : 主筋径, C_b : 底面かぶり厚さ

A_{st} : 1組の横補強筋断面積, b : はり幅, s : 横補強筋間隔

N : 主筋本数, F_c : コンクリート強度, C_{min} : 最小かぶり厚さ

・Orangun, Jirsa, Breen の式

$$\tau_u = \{ 1.2 + 3 C / d_b + 50 d_b / \ell_s + A_{tr} f_{yt} / (35.2 s d_b) \} * 0.265 \sqrt{F_c} \dots \dots (3)$$

$$A_{tr} f_{yt} / (35.2 s d_b) \leq 0.265 \sqrt{F_c} < 0.8 \sqrt{F_c} \dots \dots (4)$$

$$C / d_b < 2.5$$

ここで、 C : かぶり厚さと鉄筋間のあきの半分のうち小さい方, ℓ_s : 重ね長さ

A_{tr} : 主筋1本あたりの横補強筋断面積, f_{yt} : 横補強筋降伏点

・Jimenez, White, Gergely の式

$$\tau_u = 0.25 \{ C \sqrt{F_c} / (0.105 d_b + 0.0017 \ell_s) + 0.573 \rho_v f_{yt} \} \dots \dots (5)$$

ここで、 ρ_v : 横補強筋比

図-5. 1に国内と国外の付着割裂強度実験値と各提案式で算定した計算値の比較を示す。なお、継手筋は下端筋として算定している。図中には実験データの近似式を示すが、それぞれの近似式とその相関係数は下記の通りである。

国内実験

$$\text{藤井式} \quad \tau_u = 16.458 + 0.54105 \tau_u \quad (R=0.4969)$$

$$\text{Orangun式} \quad \tau_u = 6.0595 + 0.78141 \tau_u \quad (R=0.7910)$$

$$\text{Jimenez式} \quad \tau_u = 16.934 + 0.46391 \tau_u \quad (R=0.7039)$$

国外実験

$$\text{藤井式} \quad \tau_u = 11.122 + 0.85013 \tau_u \quad (R=0.6104)$$

$$\text{Orangun式} \quad \tau_u = 8.5143 + 0.87952 \tau_u \quad (R=0.7545)$$

$$\text{Jimenez式} \quad \tau_u = 21.697 + 0.46408 \tau_u \quad (R=0.6011)$$

国内と国外の実験データについて、いずれの式とも付着割裂強度が小さい場合には実験値の方が大きく、付着割裂強度が大きい場合には計算値の方が大きくなる傾向が見られる。全般的に見て、藤井式とOrangun式は実験値との適合性が比較的良いが、Jimenez式では先に述べた傾向が大きく付着割裂強度がかなり小さい場合と大きい場合では実験値との適合性が悪いと言える。計算値と実験値との全般的な適合性は国外の実験データの方が良い。

国内と国外の実験データについて、付着割裂強度計算値を実験値で除した付着強度比とコンクリート強度との関係を図-5. 2に示している。国内の実験データについては、普通強度コンクリート ($200 < \sigma_B < 400 \text{ kgf/cm}^2$) の場合、各付着強度比の平均値と標準偏差は藤井式では1.09と0.30、Orangun式では1.11と0.28、Jimenez式では1.10と0.51となり、高強度コンクリート ($400 < \sigma_B < 800 \text{ kgf/cm}^2$) の場合、各比の平均値と標準偏差は藤井式では1.49と0.38、Orangun式では1.31と0.20、Jimenez式では1.63と0.35となる。これより、普通強度コンクリートでは計算値と実験値は良く一致するが、高強度コンクリートではいずれの式でも計算値の方が大きく、またばらつきも大きいことがわかる。国外の実験データは、高強度コンクリートにおいても国内の実験データと比べ計算値と実験値が比較的良く一致している。今後、高強度コンクリートでの付着割裂強度データを蓄積し、既往の評価式の妥当性を詳細に検討する必要がある。

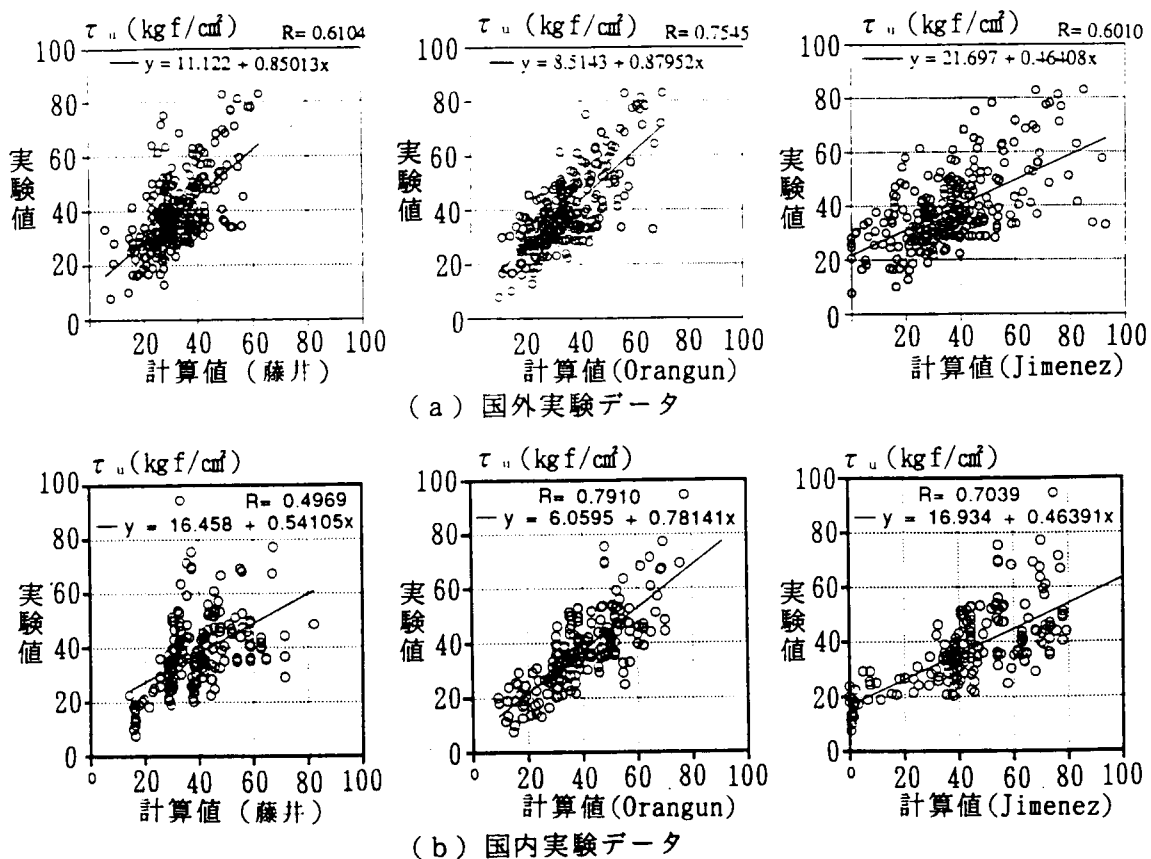


図-5. 1 付着割裂強度実験値と計算値との比較

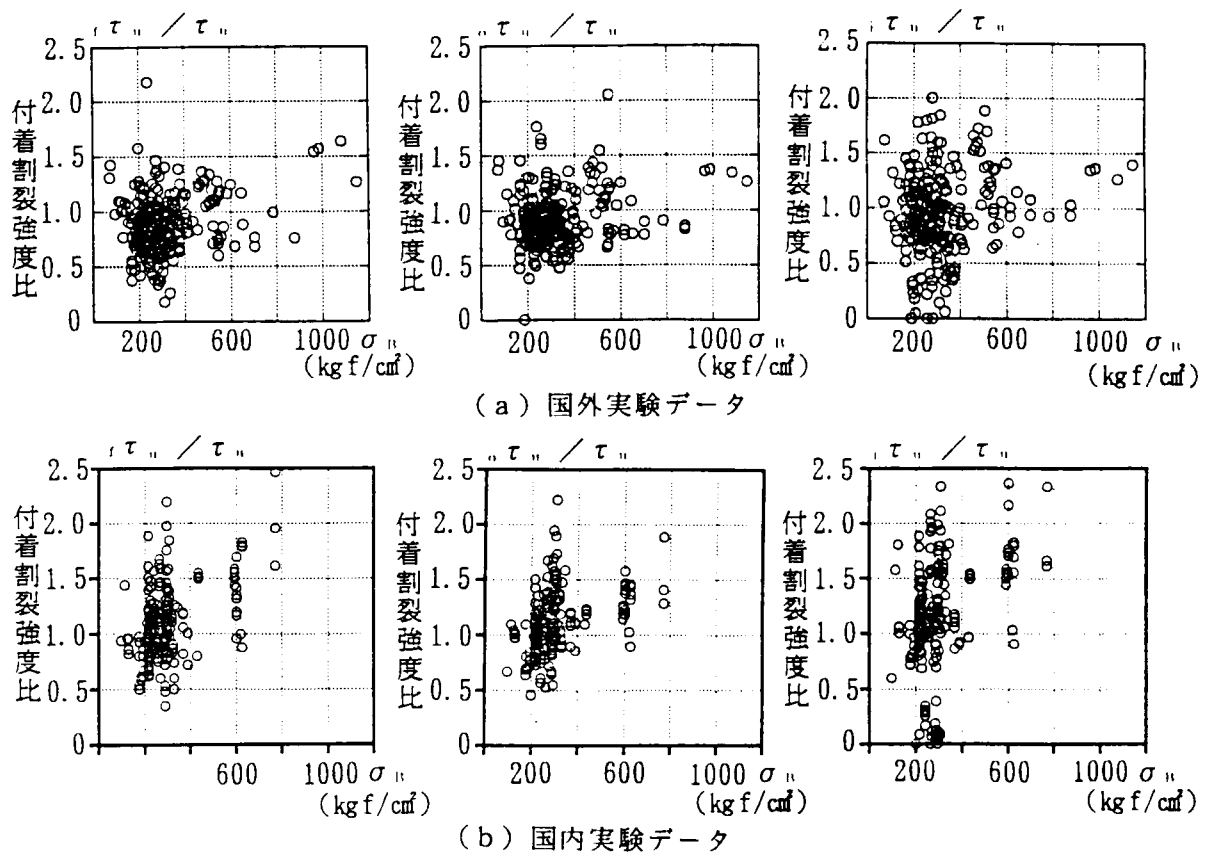


図-5.2 付着割裂強度比とコンクリート強度

5.4 付着割裂強度算定式の検討

既往の研究により種々の付着割裂強度算定式が提案されているが、それらは Orangun, Jirsa, Breen 式と藤井, 森田式のどちらかを基本としている。この2式を用いて既往の重ね継手実験結果と比較検討した結果、これらの式により適切に実験結果が評価できるものの、若干の問題もあることがわかった。そこでこの2式をもとにし、高強度鉄筋コンクリート部材を対象に行った重ね継手実験結果を定量的に検討することにより、高強度コンクリートレベルにまで適用できる付着割裂強度算定式を誘導する。

藤井らの式は基本的には横補強筋のない場合の付着割裂強度と横補強筋による付着割裂強度増分の和という形で構成されているが、これは Orangunらの式も同じである。既往式の中には横補強筋の剛性分に対応してみかけのかぶり厚さを増すことで横補強筋の拘束効果を表す方法を提案しているものもあるが、横補強筋の拘束効果は割裂ひびわれが生じた後に発揮されるのであり、付着割裂強度 τ_u を横補強筋のない場合の付着割裂強度 τ_{c0} と横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{sl} の和であると考え方がより適切である。従って、本論文では藤井らの式と同じ構成の式を考える。

$$\tau_u = \tau_{c0} + \tau_{sl}$$

高強度鉄筋コンクリートの重ね継手を対象としてかぶり厚さや鉄筋間隔の影響を検討した実験の結果、2式により実験結果をほぼ適切に評価できるものの、各要因に対する増加率が若干大きめであることがわかった。Orangunらの式ではかぶり厚さと鉄筋表面間隔の半分の小さい方の値を入れる係数 c を、藤井らの式では割裂パターンの違いを考慮した係

数 b_i を式中で採用しているが、係数 b_i に対応した横補強筋の拘束効果を考慮できる点を考え、本論文では藤井らの式と同じ係数 b_i を採用し、高強度鉄筋コンクリートの重ね継手実験結果を定量的に検討して b_i の定数を求めた。

重ね長さの影響に関しては、藤井らは考慮していないが、実験の結果では重ね長さが長いほど付着割裂強度が減少し、Orangunらの式でより適切に評価できることがわかった。そこで、本論文では Orangunらと同様な形で重ね長さを考慮し、重ね継手実験結果を定量的に検討してその定数を求めた。

コンクリート強度の影響に関しては、2式はいずれも付着割裂強度がコンクリート強度の平方根に比例する形としている。これは、割裂破壊がコンクリートの引張強度に関係しており、コンクリートの引張強度はその圧縮強度に比例するという従来からの考えに基づいている。しかしながら、補強筋の無い試験体を用いた実験ではコンクリート圧縮強度の0.2乗から0.3乗の値に比例する結果が得られたので、ここではコンクリート圧縮強度の0.3乗の値に比例すると考える。

以上の検討の結果、横補強筋のない場合の実験結果より、横補強筋のない場合の付着割裂強度 τ_{c0} は下式のように得られる。

$$\tau_{c0} = \left(2.7 + 0.5 b_i + 25.0 \frac{d_b}{\ell_s} \right) \sigma_u^{0.3}$$

b_i は b_{si} , b_{ci} , b_{vi} のうち小さい値

横補強筋による付着割裂強度増分に関して、既往式は付着割裂強度増分が主筋1本あたりの横補強筋断面積とコンクリート圧縮強度の平方根に比例し、横補強筋間隔と主筋径に反比例する点が共通であるものの、Orangunらの式では横補強筋の降伏点を考慮している点、藤井らの式では割裂パターンの相違による横補強筋効果の差異を表現する係数 k を考慮している点が異なっている。横補強筋の影響を検討した重ね継手実験から、付着割裂強度増分は横補強筋量に比例するが、付着割裂破壊時においても横補強筋は降伏しないという結果が得られている。横補強筋の拘束効果に関しては、割裂パターンの相違により差異があるものと考えられ、本論文では藤井らと同じ係数 k を考慮する。ただし、藤井らは V-notch split 型の付着割裂の場合 $k=0$ 、つまり補強筋の拘束効果が無いとしているが、3章「重ね継手性能への横補強筋の拘束効果」で述べたように、他の破壊モードの場合に比べ劣るものの、V-notch split 型の付着割裂の場合でも若干の補強筋の拘束効果があることが確認されたので、拘束係数 k を下記のように決める。

V-notch split モードの場合 $k = 1/\sqrt{3}$

corner split モードの場合 $k = \sqrt{2}$

side split モードの場合 $k = 1$

横補強筋の影響を検討した実験結果から、 τ_{c0} を用いて付着割裂強度増分を求め、図-5.3に付着割裂強度増分 τ_{st} と横補強筋量

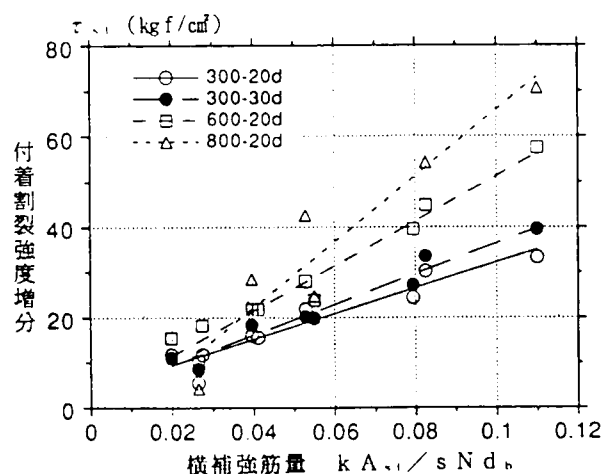


図-5.3 τ_{st} - 横補強筋量関係

($k A_{st} / s N d_b$) の関係を示す。図中には各条件について実験結果を直線近似した結果を示すが、付着割裂強度増分は横補強筋量に比例し、その増加率は重ね長さには関係せず、コンクリート強度に関係することがわかる。

図-5. 4には横補強筋量の異なる試験体について付着割裂強度増分とコンクリート強度の関係を示す。図より付着割裂強度増分はコンクリート強度にほぼ比例して増加しており、横補強筋量が多いほどコンクリート強度に対する付着割裂強度増分増加率が大きくなることがわかる。既往の2式は横補強筋量に関係なく付着割裂強度増分がコンクリート圧縮強度の平方根に比例する形としているが、割裂ひびわれが生じた後に横補強筋が主筋を拘束した状態では、鉄筋表面の節と周囲のコンクリートとの支圧作用が支配的になると考えられる。従って、拘束状態での継手強度はコンクリートの割裂強度よりむしろ圧縮強度に影響されるものと考えられる。このような考えで実験データを定量的に検討すると、下式で表される付着割裂強度増分の式が得られる。

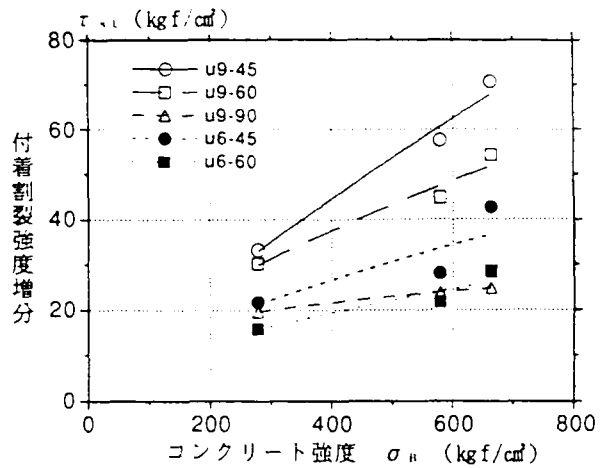


図-5. 4 τ_{st} -コンクリート強度関係

$$\tau_{st} = 1.8 \frac{k A_{st}}{s N d_b} \sigma_u$$

既往の2式は横補強筋の効果に限界を設けているが、横補強筋量の影響を検討した重ね継手実験の結果より、既往式の限界以上の横補強筋量である横補強筋比が約1.0%までは付着割裂強度が横補強筋量に比例して増加することが確認されている。しかしながら、横補強筋比が1.0%以上の実験データが少ないことと、横補強筋比が1.0%以上になると補強筋間隔が小さくなりコンクリートの充填度が悪くなると考えられることより、本論文では下記に示すように横補強筋比1.0%以上に対しては拘束効果に限界を設けることにする。

$$1.8 k A_{st} / s N d_b \sigma_u < 0.2 \sigma_u$$

以上をまとめると、下式の付着割裂強度算定式が得られる。

• 付着割裂強度 τ_u は

$$\tau_u = \tau_{c0} + \tau_{st} \dots \dots \dots (6)$$

• 横補強筋の無い場合の付着割裂強度 τ_{c0} は

$$\tau_{c0} = (2.7 + 0.5 b_i + 25.0 \frac{d_b}{\ell_s}) \sigma_u^{0.3} \dots \dots \dots (7)$$

b_i は b_{vi} , b_{ci} , b_{si} の最小値

$$\left. \begin{aligned} b_{vi} &= \sqrt{3} \left(\frac{2 c_{min}}{d_b} + 1 \right) \\ b_{ci} &= \sqrt{2} \left(\frac{c_s + c_b}{d_b} + 1 \right) - 1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

$$b_{s_i} = \frac{b}{N d_b} - 2$$

• 横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{s_i} は

$$\tau_{s_i} = \frac{1.8 k A_{s_i}}{s N d_b} \sigma_B < 0.2 \sigma_B \dots\dots\dots (9)$$

• 割裂パターンの相違による拘束効果の差異を表現する係数 k は

$$\left. \begin{array}{l} b_i = b_{v_i} \text{の時 } k = \frac{1}{\sqrt{3}} \\ b_i = b_{c_i} \text{の時 } k = \sqrt{2} \\ b_i = b_{s_i} \text{の時 } k = 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

下端筋以外の鉄筋に対しては上式(6)を1.24で除す。

ここで、 c_s : 側面かぶり厚さ、 c_b : 底面かぶり厚さ、 c_{min} : 最小かぶり厚さ (c_s と c_b の小さい方)、 d_b : 鉄筋径、 L_s : 重ね長さ、 s : 横補強筋間隔、 b : はり幅 (いずれも cm)、 A_{s_i} : 1組の横補強筋全断面積 (cm²)、 N : 継手筋組数、 σ_B : コンクリート強度 (kgf/cm²)

図-5. 5には横補強筋量の影響を検討した実験データについて付着割裂強度 τ_u とコンクリート強度 σ_B の関係を示している。横補強筋量が等しい実験データについて回帰式を求めると次式が得られる。

$$\begin{aligned} p_w -0.36\% \cdots \tau_u &= 2.1 \sigma_B^{0.53} \quad (R=0.99) \\ p_w -0.49\% \cdots \tau_u &= 4.2 \sigma_B^{0.42} \quad (R=1.00) \\ p_w -0.74\% \cdots \tau_u &= 2.2 \sigma_B^{0.56} \quad (R=0.99) \\ p_w -0.99\% \cdots \tau_u &= 1.2 \sigma_B^{0.67} \quad (R=0.99) \end{aligned}$$

コンクリート強度が高いほど付着割裂強度が大きくなるが、その増加率は横補強筋量が多いほど大きくなるということを実験結果は示している。図中には各横補強筋量の試験体について藤井らの式と提案式とによる算定値を曲線で示している。藤井らの式では、横補強筋量が0.3%以上では横補強筋による付着割裂強度増分 τ_{s_i} が、横補強筋の拘束効果の限界値 ($0.87\sqrt{\sigma_B}$) となるため、本実験の場合横補強筋量にかかわらず算定値は一つしか得られなく、また、限界値が無いと仮定しても、算定付着強度はコンクリート強度の平方根に比例する形としているため、横補強筋量により付着割裂強度へのコンクリートの影響度が異なるという実験結果をフォローできない。これに対し、提案式は実験結果と良く一致しており、提案式を用いることにより横補強筋量が多いほどコンクリート強度に対する付着割裂強度の増加率が大きいという実験結果を説明することができる。

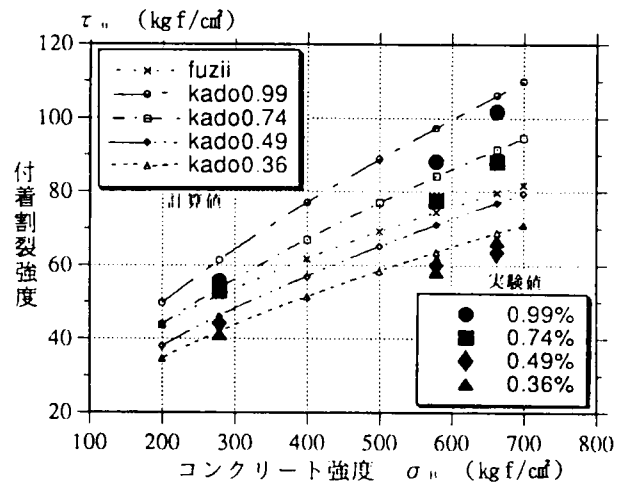


図-5. 5 τ_u -コンクリート強度関係

5. 5 提案算定式の適合性の検証

本論文では鉄筋降伏前に付着割裂破壊した試験体の付着割裂強度と本提案式および既往2式による計算値との比較を行うことにより、算定式の適合性を検証する。実験データは、国内が昭和27年から63年に報告された試験体と著者が高強度鉄筋コンクリートに関して報告した試験体を合わせた337体、国外が1955年から1976年に報告された試験体229体の実験結果である。これらの試験体の概要として、図-5. 6にコンクリート強度、重ね長さ、破壊モード、かぶり厚さ、横補強筋比、鉄筋径に関しての試験体数の分布を示す。破壊モードに関して、実験結果のほとんどはその種別を記述していないので、藤井らの式で提案されている割裂パターンを判定する尺度 b_s を用いて計算した結果を示している。

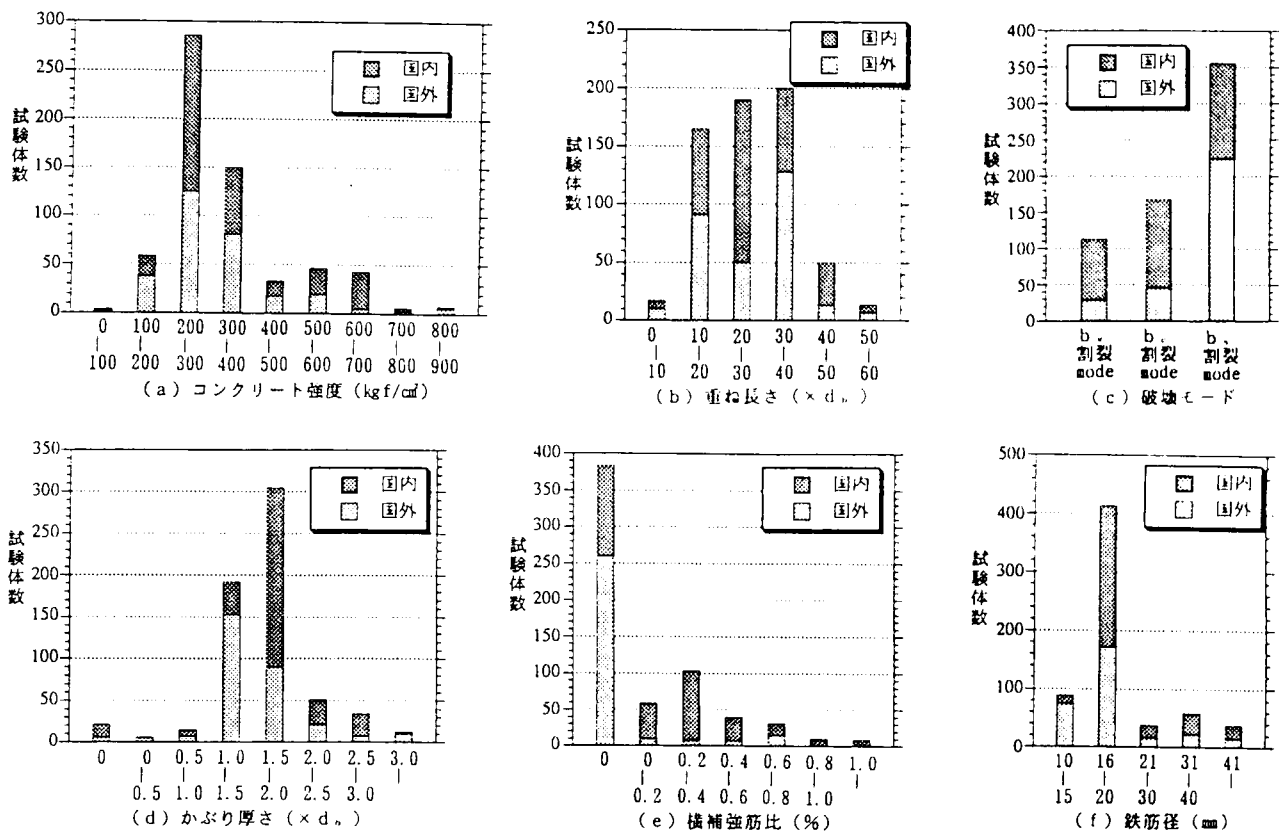


図-5. 6 既往実験データの概要

5. 5. 1 各要因に対する適合性

各算定式が付着割裂強度への種々の要因の影響をどの程度評価できているのかを調べるために、図-5. 7から図-5. 10に付着割裂強度比（実験値/計算値）と各種要因との関係を示す。

コンクリート強度に関しては、400 kgf/cm^2 未満のデータが多いこともあり、ばらつきが大きい。提案式と実験値の比は既往2式に比べ平均値に関して1.0に近く実験値と良い一致が見られ、標準偏差も最も小さい。400 kgf/cm^2 以上の場合、提案式による計算値は実験値より若干大きめになるものの、標準偏差も比較的小さい。

重ね長さに関しては、藤井らの式では考慮していないため、重ね長さが短くなるほど実験値と計算値の差が大きくなり、重ね長さが20 d_s 以下の場合、計算値は平均で実験値の約0.8倍となり、標準偏差も大きくなっている。これに対し、提案式とOrangun式では重

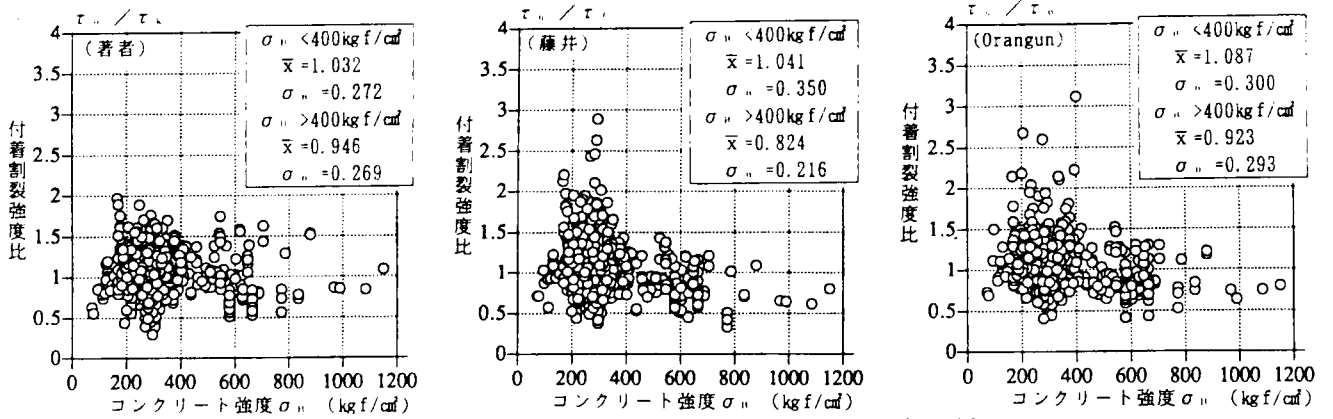


図-5.7 付着割裂強度比-コンクリート強度関係

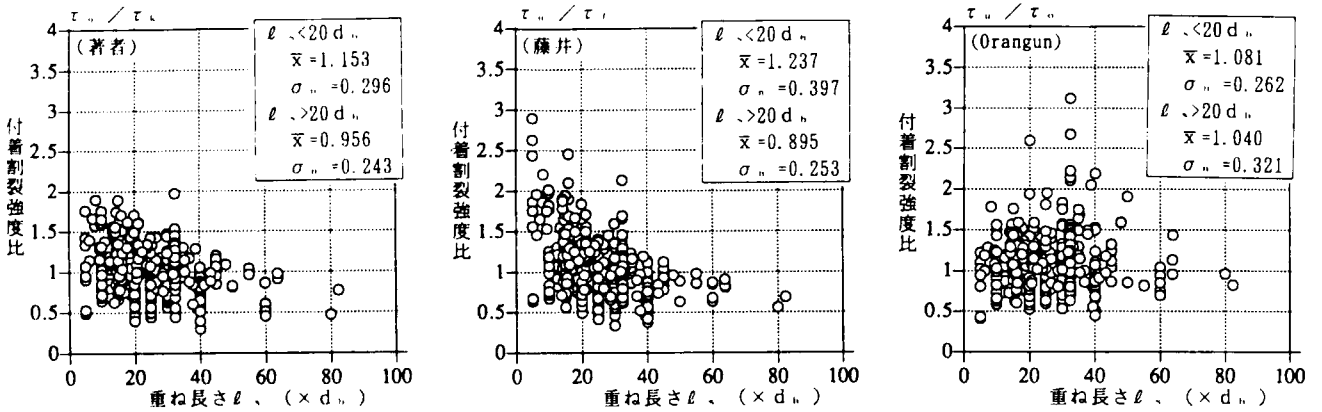


図-5.8 付着割裂強度比-重ね長さ関係

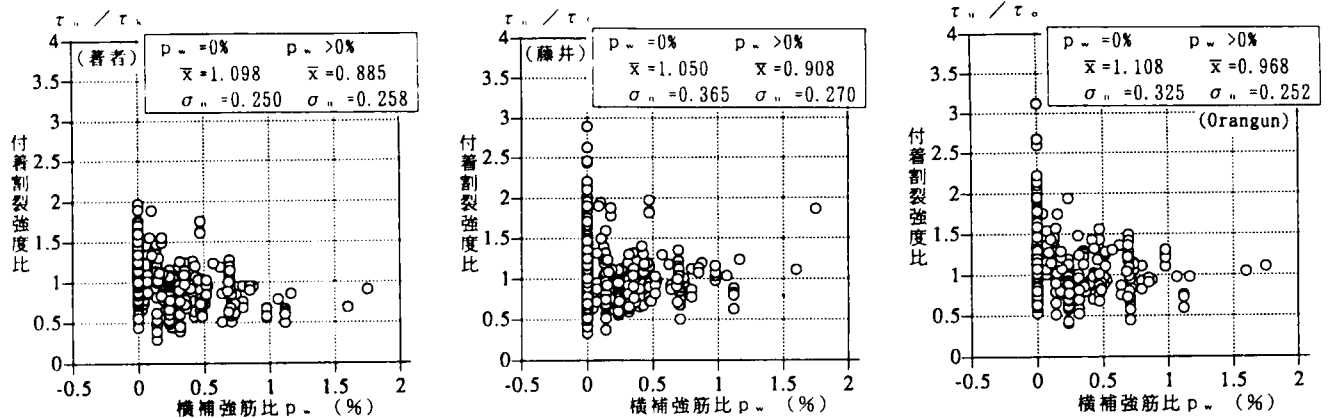


図-5.9 付着割裂強度比-横補強筋比関係

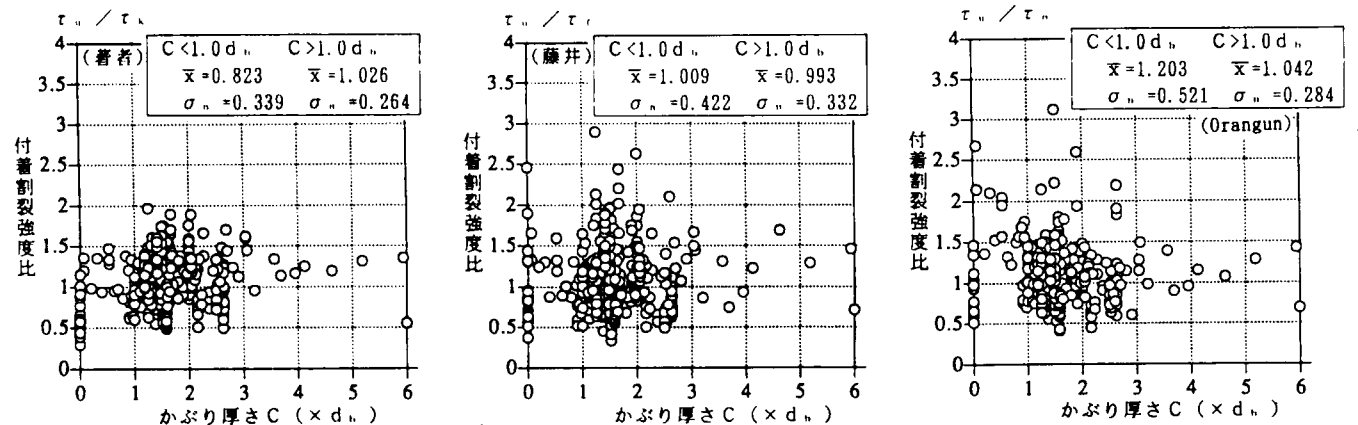


図-5.10 付着割裂強度比-かぶり厚さ関係

ね長さにかかわらず標準偏差が小さく、平均値に関して計算値と実験値との間に良い一致が見られる。重ね長さが20d。以上でも提案式は実験値と良い一致が見られる。

横補強筋比に関しては、横補強筋が無い場合、既往2式では標準偏差が大きい、提案式による計算値と実験値との比は標準偏差が小さく、平均値に関しても計算値は実験値と良く一致している。横補強筋がある場合、提案式による計算値は実験値より若干大きめであるが、標準偏差は小さい。

かぶり厚さに関しては、かぶり厚さが1.0d。未満では既往2式による計算値は小さめの値となり、標準偏差もかなり大きくなるのに対し、提案式による計算値は大きめになるものの標準偏差は小さい。かぶり厚さが1.0d。以上でも提案式では標準偏差が小さく、計算値は実験値と良い一致が見られる。

以上より、提案式は考慮した要因のいずれについても適切にその影響度を評価できているものと言える。

5. 5. 2 破壊モードによる適合性

図-5. 11から図-5. 13には、異なる付着割裂破壊、つまり鉄筋を連なる割裂破壊であるb_sモード、部材隅のかぶりコンクリートが割裂破壊するb_cモード、表面かぶりコンクリートが割裂破壊するb_fモードについて、付着割裂強度実験値と各算定式による計算値を比較して示している。

b_sモードの場合、藤井らの式では特に付着強度が大きい範囲で計算値が小さめとなっているが、Orangunらの式と提案式では計算値は実験値と良い一致を示している。特に提案式では実験値との比の標準偏差が小さくなっている。

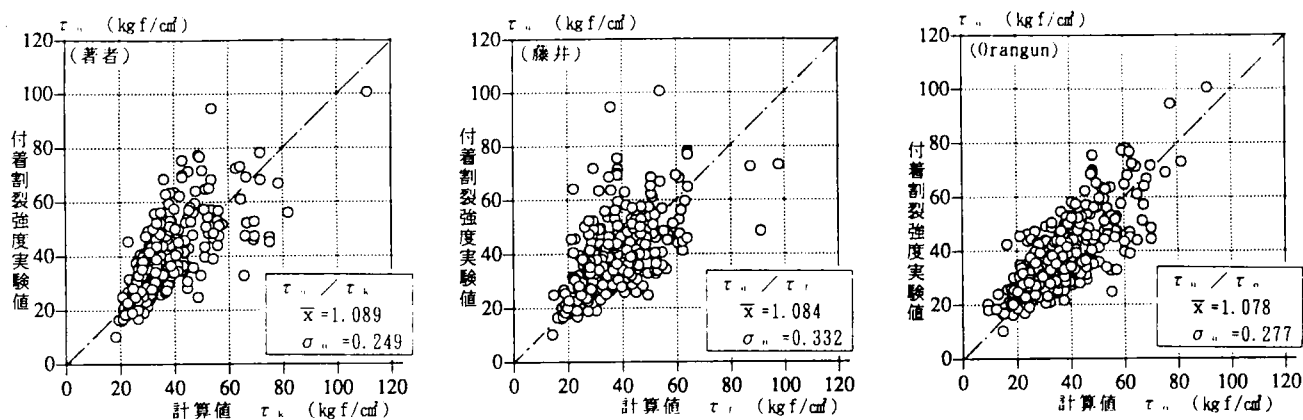


図-5. 11 付着割裂強度実験値と計算値の比較 (b_sモード型割裂破壊データ)

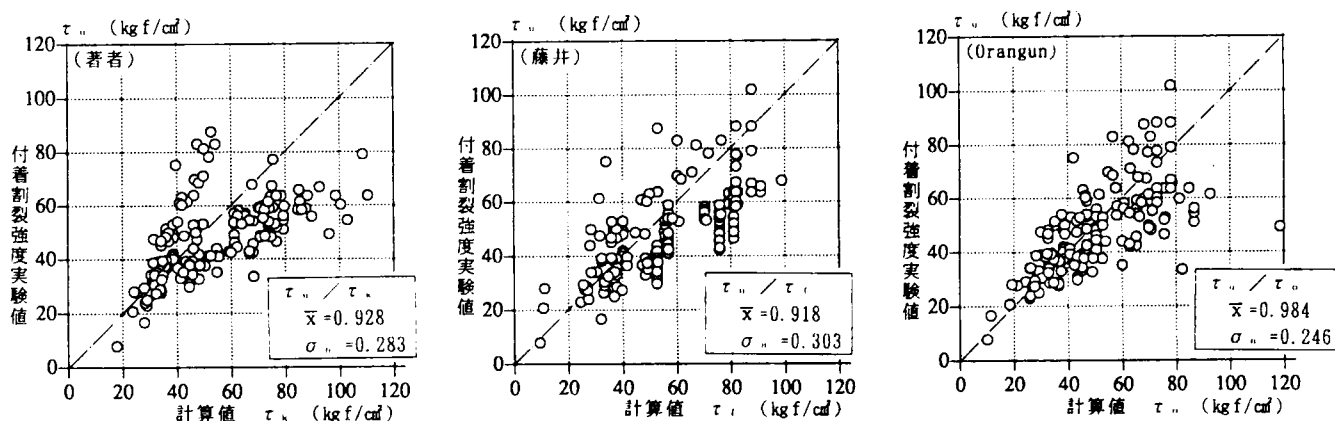


図-5. 12 付着割裂強度実験値と計算値の比較 (b_cモード型割裂破壊データ)

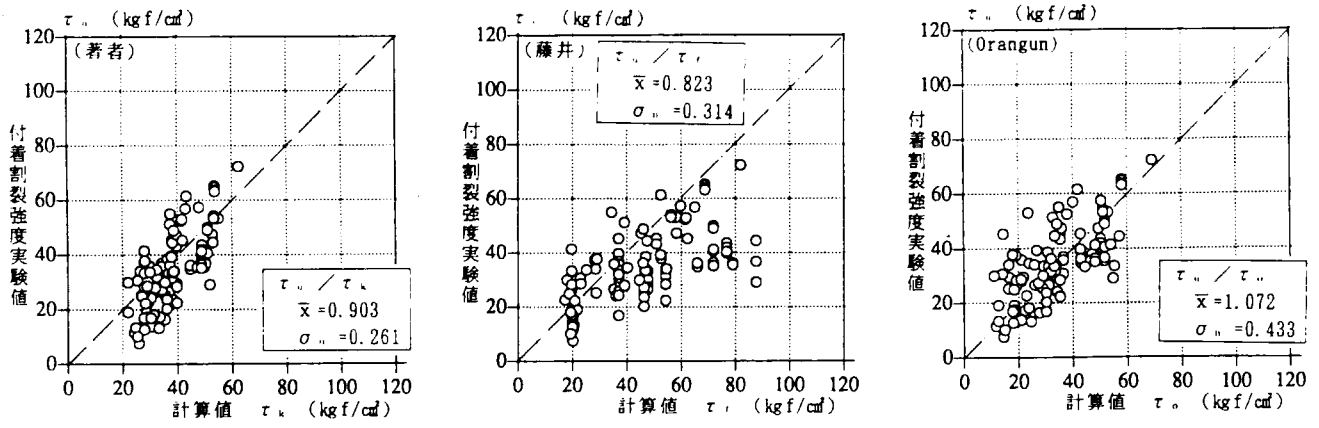


図-5. 13 付着割裂強度実験値と計算値の比較 (b、モード型割裂破壊データ)

b、モードの場合、全般的に計算値が大きめであるが、Orangunらの式による計算値が実験値と良く一致している。提案式による計算値は付着強度が大きい範囲で実験値より大きめであるが、標準偏差は比較的小さめである。

b、モードの場合、藤井らの式による計算値は付着強度が大きい範囲で実験値より大きく、提案式による計算値も平均的には大きめであるが、標準偏差は最も小さく、計算値と実験値は良く一致していると言える。

実験結果全体についての計算値と実験値との比較を国内外に分けて図-5. 14 と図-5. 15 に示す。

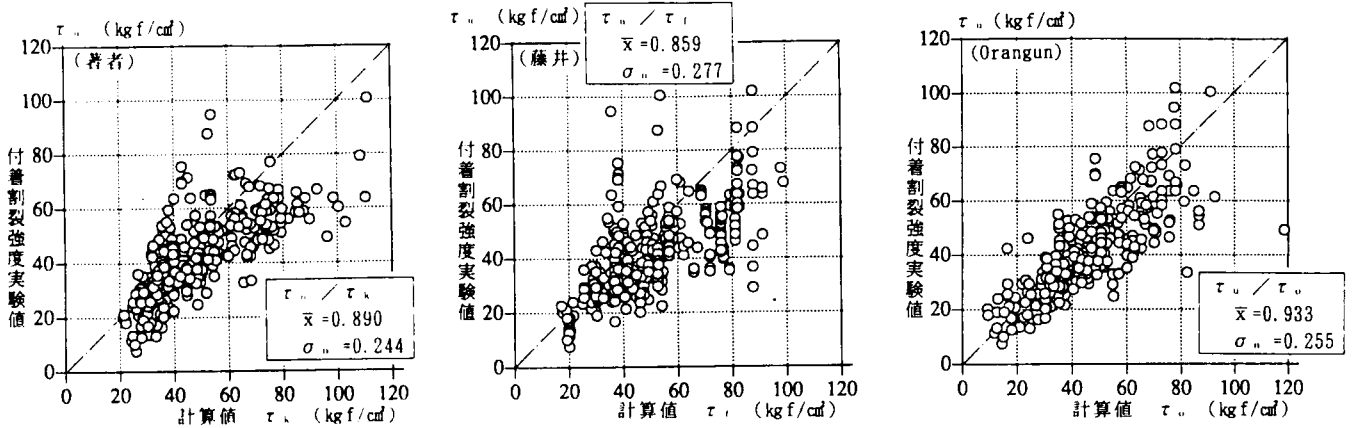


図-5. 14 付着割裂強度実験値と計算値の比較 (国内実験データ)

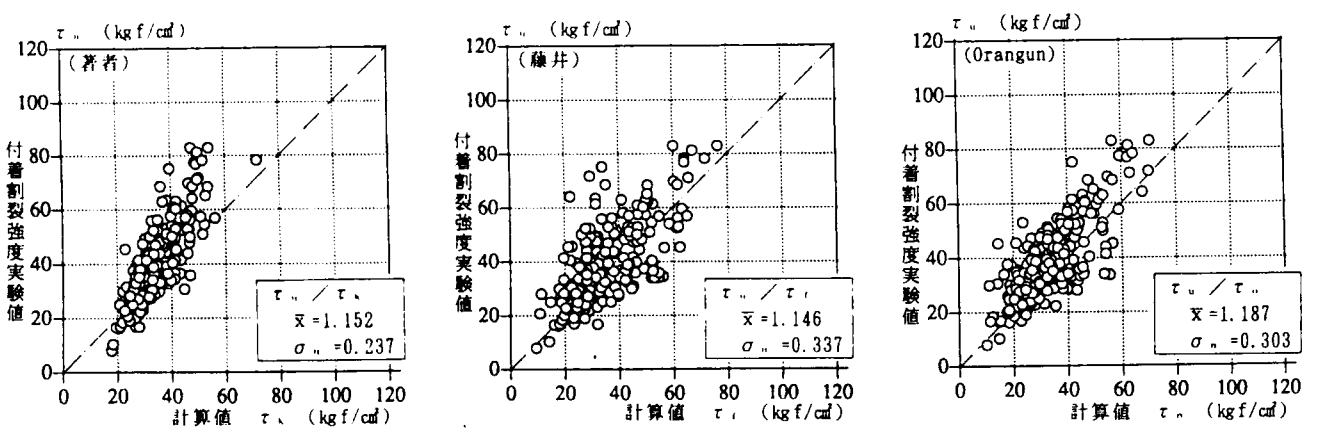


図-5. 15 付着割裂強度実験値と計算値の比較 (国外実験データ)

実験値と計算値との比は、提案式では国内データの場合平均値が $x=0.890$ 、標準偏差が $\sigma_n=0.244$ 、国外の場合 $x=1.152$ 、 $\sigma_n=0.237$ 、データ全体では $x=1.013$ 、 $\sigma_n=0.274$ となる。藤井らの式では国内の場合 $x=0.859$ 、 $\sigma_n=0.277$ 、国外の場合 $x=1.146$ 、 $\sigma_n=0.336$ 、データ全体では $x=0.994$ 、 $\sigma_n=0.338$ となる。Orangunらの式では国内の場合 $x=0.933$ 、 $\sigma_n=0.255$ 、国外の場合 $x=1.187$ 、 $\sigma_n=0.303$ 、全体で $x=1.052$ 、 $\sigma_n=0.306$ となる。

以上より、提案式による計算値は破壊モードの違いにかかわらず、国内国外いずれのデータについても実験値と良い一致を示していると言える。つまり、著者の提案式は付着割裂強度への種々の要因の影響を適切に考慮できており、現状の実験データの範囲では高強度コンクリートレベルまでに対しても最も適合性が良い算定式であると言える。

5. 6 結語

高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手の付着割裂強度を適切に評価する算定式を検討するにあたって、既往の付着割裂強度算定式についてその概要と適合性を検討した。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 数多くの付着割裂強度算定式が提案されているが、ほとんどは Orangun, Jirsa, Breen 式か藤井, 森田式を修正した改良式である。
- 2) 既往式の中で、Orangun, Jirsa, Breen 式、Jimenez, White, Gergely 式、藤井, 森田式について実験結果との適合性を検討すると、実験値と計算値との比は、普通強度コンクリートの場合でも 0.5 から 2.0 倍とばらつく。実験値と計算値との差が特に大きい試験体は、Orangun, Jirsa, Breen 式の場合かぶり厚さが小さかったり、藤井, 森田式の場合重ね長さが短いという特徴が見られた。
- 3) コンクリート強度が高い試験体では計算値が大きめになる傾向が見られる。

高強度コンクリートを用いた重ね継手の実験データを定量的に評価することにより、重ね継手の付着割裂強度算定式を導いた。提案式の特徴は以下の点である。

- 4) 付着割裂強度算定式は既往式と同様に、横補強筋の無い場合の付着割裂強度と横補強筋の拘束効果による付着割裂強度増分の和で表す。
- 5) かぶり厚さや鉄筋間隔に関しては、藤井らの式と同じ係数 b_1 を用いるが、重ね継手の場合に適合するように若干の修正をおこなっており、その定数は高強度コンクリートの実験結果を定量的に評価して導いた。
- 6) 重ね長さに関しては、Orangunらの式と同様な形で考慮したが、その定数は高強度コンクリートの実験結果を定量的に評価して導いた。
- 7) 横補強筋による付着割裂強度増分は、主筋 1 本当りの横補強筋断面積に比例し、横補強筋の間隔に反比例するとした。
- 8) 割裂破壊モードの違いにより横補強筋の拘束効果が異なるが、それぞれの破壊モードについて拘束効果を表す係数 k を考慮し、その値を定めた。
- 9) 横補強筋の無い場合の付着割裂強度はコンクリート強度の 0.3 乗に、横補強筋による付着割裂強度増分は増加率はコンクリート強度に比例するとした。

既往の実験データ 566 体に提案算定式を適用した結果、提案式は重ね継手性能への各種要因の影響を適切に評価できており、破壊モードの違いにかかわらず、高強度コンクリートレベルまでの実験結果と良い一致を示すことが確認された。

第6章 太径鉄筋重ね継手の力学的性状

6.1 序

重ね継手は鉄筋とコンクリートとの付着を利用した継手工法であり、異形鉄筋に重ね継手を設けた場合、鉄筋表面の節のくさび作用により周囲のコンクリートを押し広げようとする力（割裂応力と称する）が生じる。鉄筋に生じる付着応力が大きくなると割裂応力も大きくなるため、梁、柱、壁部材のように主筋上のかぶりコンクリートが比較的薄い部材ではかぶりコンクリートが割裂破壊し、継手筋がすべり出して継手としての一体性が失われ、急激に部材の耐力が低下する恐れがある。このような破壊を付着割裂破壊と称するが、太径鉄筋では鉄筋に生じる力が大きくなるためかぶりコンクリートが割裂しやすいと考えられ、日本建築学会RC規準¹⁾ではD29以上の太径鉄筋での重ね継手の使用を原則として禁じており、鉄筋径の制限の無い土木構造物では太径鉄筋に重ね継手を使用されているのに対し、一般建築物では壁筋や床スラブ筋等の比較的細い鉄筋の継手として重ね継手が用いられている状況である。しかしながら、建築物においても発電所建屋や鉄筋コンクリートコア形式の建築物のような大型の壁式鉄筋コンクリート構造物ではD38からD51程度の太径鉄筋が使用されており、太径鉄筋の配筋施工において鉄筋先組工法が行われるに伴い、多数の継手を同時に施工する場合に有利な重ね継手を使用したいという要望が高まっている。そのような背景から、著者らは原子力発電所建屋の壁筋に重ね継手を適用することを目的として、D38鉄筋を対象として重ね継手に関する共同研究^{2)~5)}を実施し、その成果は日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（1991）」にD38鉄筋の定着および重ね継手の長さとして規定されている。

一方、鉄筋コンクリート構造物が近年大型化高層化しつつあり、それに伴い使用される鉄筋が太径化、高強度化する傾向にある。現在でも鉄筋径ではD38からD41、鉄筋強度ではSD390 からSD490 鉄筋が使用されることがあり、降伏点8000kgf/cm²程度の超高強度鉄筋やD57からD64極太径鉄筋が開発されている。このような超高強度鉄筋や極太径鉄筋に重ね継手を用いるにはまだいろいろ問題があるが、鉄筋径でD38、鉄筋強度でSD490の高強度太径鉄筋に関しては、JISで規格されており、実用性が高いと考えられる。高強度太径鉄筋の付着性能に関する研究としては、SD50鉄筋の実用化研究⁶⁾や建設省のNew RC総プロ研究⁷⁾の中で付着割裂強度の検討が行われている。しかしながら、高強度太径鉄筋の重ね継手に関する実験はほとんど行われておらず、SD490程度の高強度鉄筋の重ね継手に関しては、D16鉄筋を使用した田中らの実験⁸⁾⁹⁾などがあるが、D38程度の高強度太径鉄筋を使用した重ね継手実験は行われていない。SD490鉄筋はJIS化されているものの、RC規準では対象外となっており、重ね継手を適用する場合には実験等によりその構造性能を確認する必要がある。

本章では、D38程度の高強度太径鉄筋を対象として、鉄筋コンクリート造耐震壁の壁筋に重ね継手を適用することを目的として、重ね継手性能への種々の要因の影響を検討すべく実験を行った結果を示すとともに、前章に示す付着割裂強度算定式が高強度太径鉄筋の重ね継手に適用できるかどうかを検証する。

6. 2 実験概要

6. 2. 1 曲げ実験

(1) 実験計画

面外曲げを受ける壁板を対象とし、D38太径鉄筋の壁内筋（外側に直交筋を有する壁筋で以後横筋と称する）に重ね継手を設けた場合の構造特性を検討した。試験体は壁板の一部を取り出した幅 1,100mmの矩形断面形状であり、壁筋にはD38波ふし筋（SD345）を使用し、鉄筋ピッチを 200mm(5.2 d_s)とし、横筋と直交筋をシングル配筋した。重ね継手は横筋の中央に重ね長さ40 d_sのイモ継手（隣接鉄筋の継手位置が同じ）として設け、横筋のかぶり厚さを 2.5 d_sとした。直交筋は長さが短いため定着が不十分なので、D10U型筋（f_y = 4075kgf/cm²）で壁厚方向の定着を、鉄筋端部に溶接した鉄板プレート（P-3.2-100×100）で鉄筋軸方向の定着を行った。また、コア側には圧縮筋としてD13鉄筋（f_y = 4173kgf/cm²）を配筋した。コンクリートはD38鉄筋が下端筋となるように平打ちで打設した。検討した要因は継手の有無、直交筋の有無、継手筋のあきの有無、壁厚さ（試験体の曲げ変形時の曲率の大きさの影響を調べる）とした。試験体は6体で、図-6. 1に試験体配筋図の一例を、表-6. 1に試験体のパラメータ一覧を示す。

加力は、継手部が純曲げ応力場にあり、継手筋が引張応力を受けるように一方向繰り返しで2点集中載荷を行った。加力履歴は主筋が降伏するまでは荷重制御とし、鉄筋応力で1000, 2000, 3000, 3500kgf/cm²で3回ずつ、主筋が降伏した後は降伏時たわみ量の1.0倍、1.5倍、2.0倍で3回ずつ繰り返した。

表-6. 2 曲げ実験試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ ^{*1}						実験結果 ^{*2}								
	σ _{cc} kgf/cm ²	f _y kgf/cm ²	継手 有無	縦筋 有無	継手 あき	壁版 厚さ	曲げ crack		付着 crack		鉄筋実降伏		最大耐力		破壊 形式
							P	δ	P	δ	P	δ	P	δ	
MLA 1	313	4351	無し	有り	無し	60cm	7.0	2.9	42.9	38.0	44.3	39.9	48.3	219.7	圧壊
MLA 2	296	4056	有り	有り	無し	60cm	3.6	1.0	42.3	44.3	39.6	30.8	45.5	141.7	割裂
MLA 3	298	4056	有り	有り	62mm	60cm	7.2	2.9	37.7	29.4	37.7	29.4	46.7	169.9	圧壊
MLA 4	320	4056	有り	無し	無し	60cm	5.0	1.8	32.3	24.9	38.3	32.2	43.0	73.1	割裂
MLB 1	274	4351	無し	有り	無し	30cm	0.3	0.6	—	—	14.1	123	15.5	143.2	圧壊
MLB 2	274	4056	有り	有り	無し	30cm	0.4	0.9	9.1	70.1	13.5	110	14.3	156.5	圧壊

* 1 ; σ_{cc} : 実験時コンクリート圧縮強度, f_y : 鉄筋降伏点, 継手あき : 鉄筋表面間距離

* 2 ; P : ジャッキ荷重 (ton), δ : 中央部たわみ量 (mm)

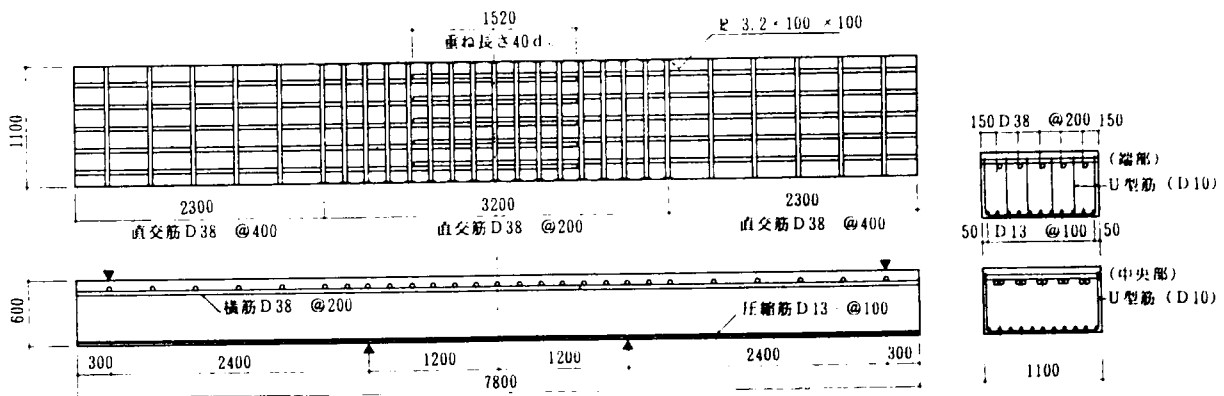


図-6. 1 曲げ実験試験体配筋図 (MLA-2)

荷重はジャッキの先にロードセルをセットし測定した。変形は、図-6. 2に示すように主要部の面外変形の他に、曲率を求めるため試験体軸方向変形を測定した。鉄筋のひずみは図-6. 3に示すように横筋と直交筋にワイヤーストレインゲージを貼り測定した。ひびわれ状況は所定荷重のピーク時にひびわれ発生状況を記録するとともに、曲げひびわれの幅を測定した。

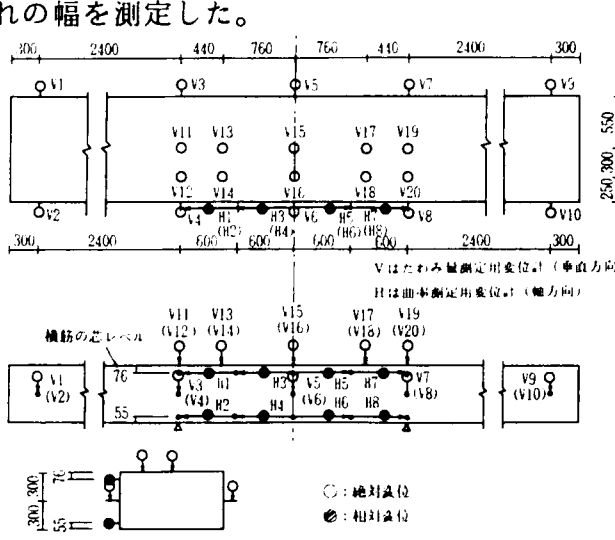


図-6. 2 変位測定位置図

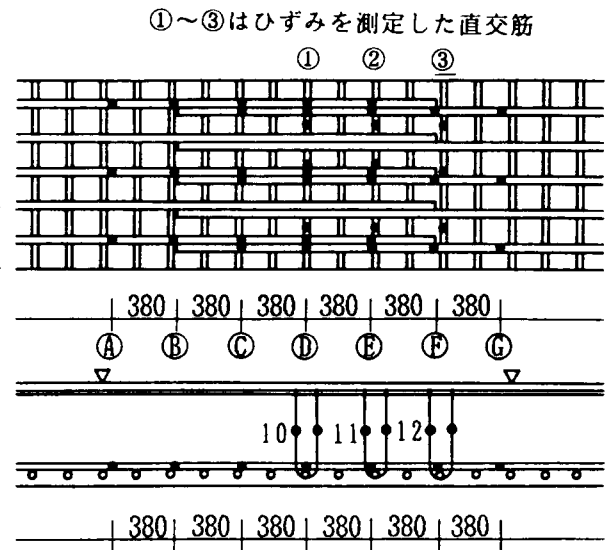


図-6. 3 鉄筋ひずみ測定位置図

(2) 実験結果

表-6. 1中に全試験体の実験結果一覧として曲げ及び付着ひびわれ発生時、鉄筋降伏時、最大荷重時の荷重と中央部のたわみ量を示す。図-6. 5には各試験体の荷重-変形関係と破壊時のひびわれ状況を示す。破壊経過は、最初横筋に直交する曲げひびわれが発生し、次に横筋に沿う付着ひびわれが継手端に発生したが、その前後に鉄筋が降伏することにより変形が増大し、最終的にかぶりコンクリートが付着割裂破壊するか圧縮側コンクリートが圧壊した。MLA-2と MLA-4試験体のみが付着割裂破壊したが、直交筋の無い MLA-4試験体は継手部のかぶりコンクリートが全面にわたってはじけ飛ばほどの激しい破壊であった。所定荷重で3回ずつ繰り返し加力を行ったが、いずれの試験体も3回目の剛性は初期剛性の0.95倍以上と繰り返し加力による剛性の低下はわずかであり、継手の有無、継手筋のあきの有無、直交筋の有無による剛性低下率の差異は見られなかった。図-6. 4には継手無し試験体と継手有り試験体について横筋のひずみ分布を示す。鉄筋応力が小さいレベルでは、継手端部のみひずみ勾配が大きく、中央部はほぼ一定のひずみ分布であるが、鉄筋の応力が増すにつれ中央部のひずみ勾配が大きくなっているのがわかる。写真-6. 1から写真-6. 3には代表的な試験体についてその破壊状況を示す。

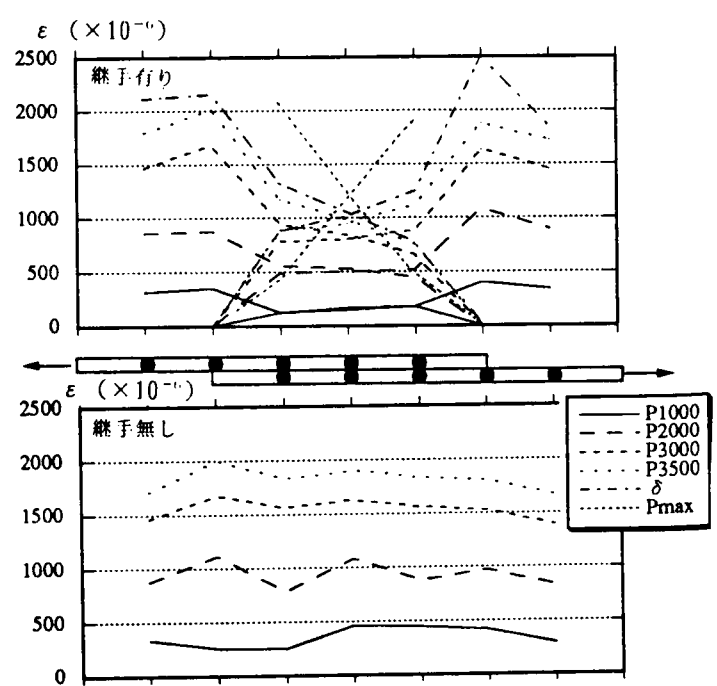
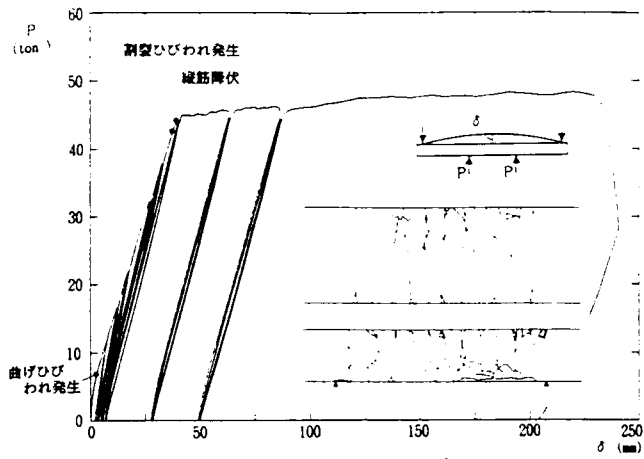
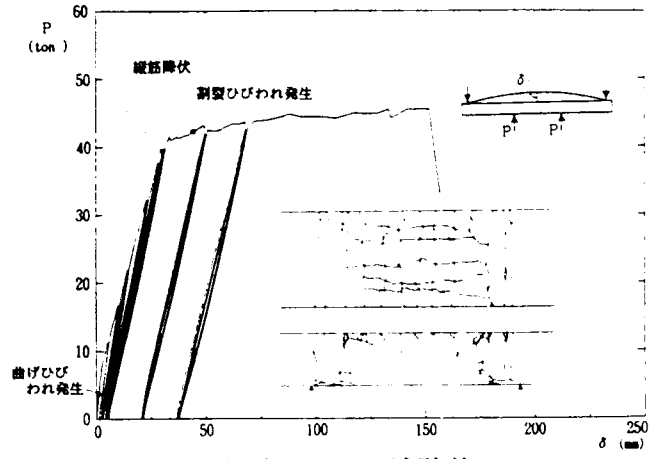


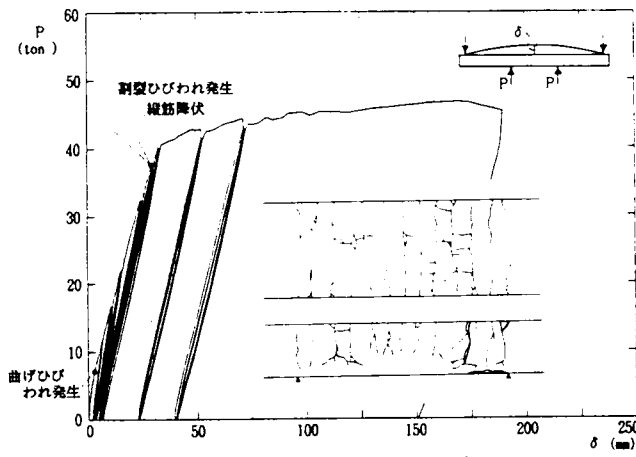
図-6. 4 横筋のひずみ分布比較



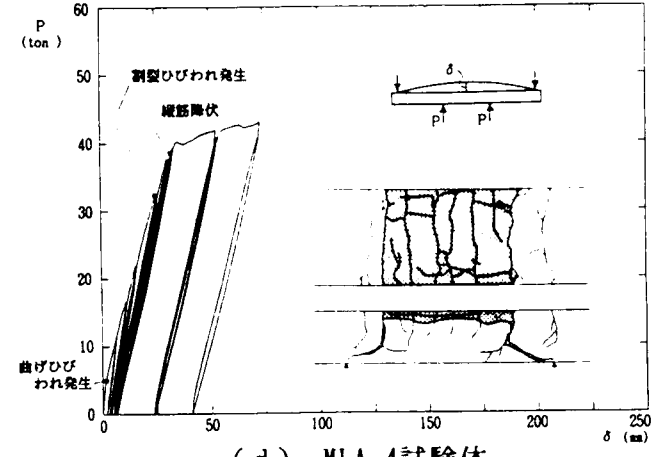
(a) MLA-1試験体



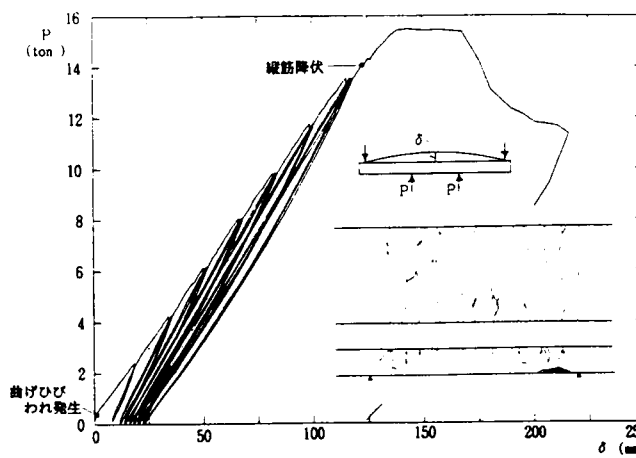
(b) MLA-2試験体



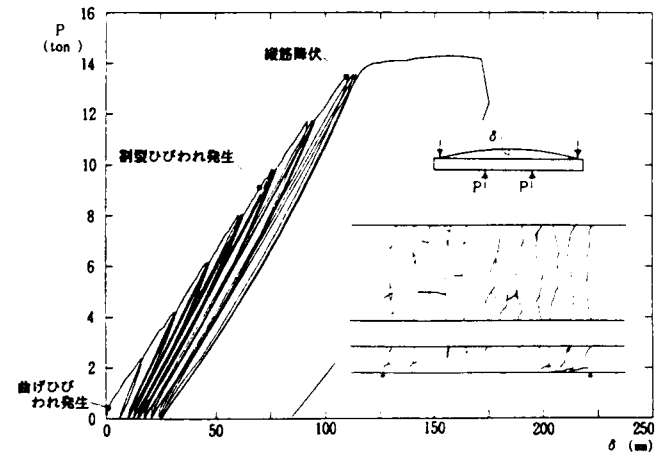
(c) MLA-3試験体



(d) MLA-4試験体



(e) MLB-1試験体



(f) MLB-2試験体

図-6. 5 荷重-変形関係及び破壊時ひびわれ状況

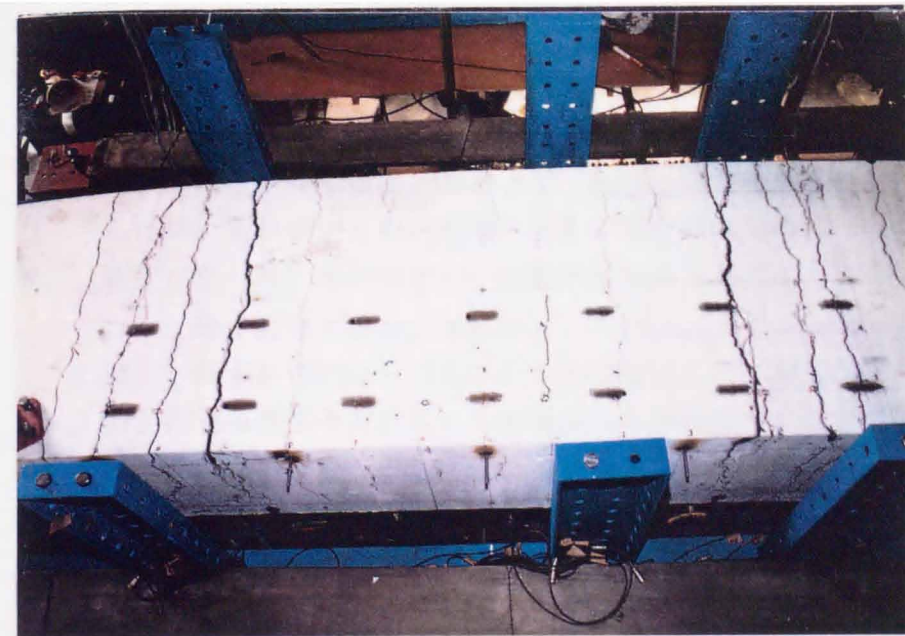


写真-6.1

曲げ実験破壊状況 (MLA-2)

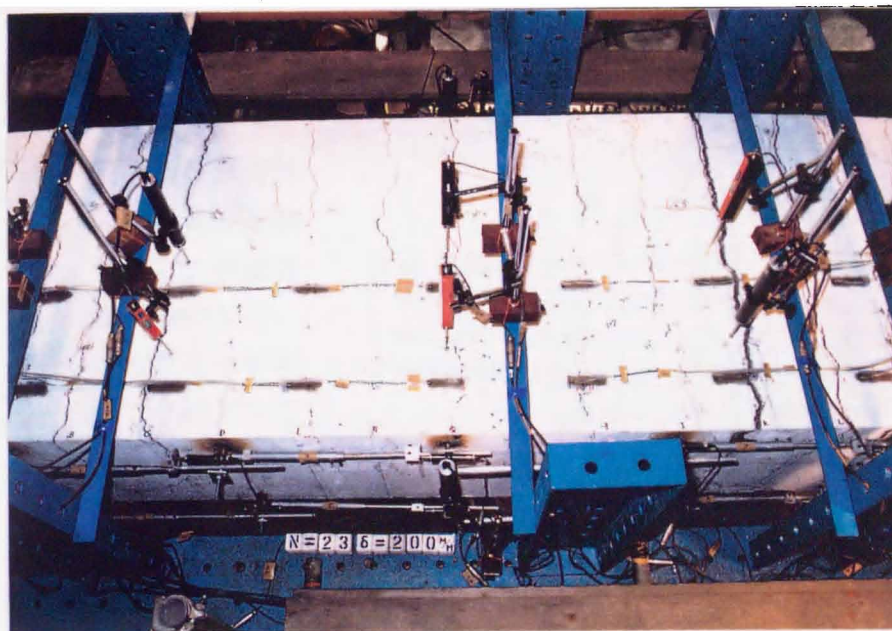


写真-6.2

曲げ実験破壊状況 (MLA-3)

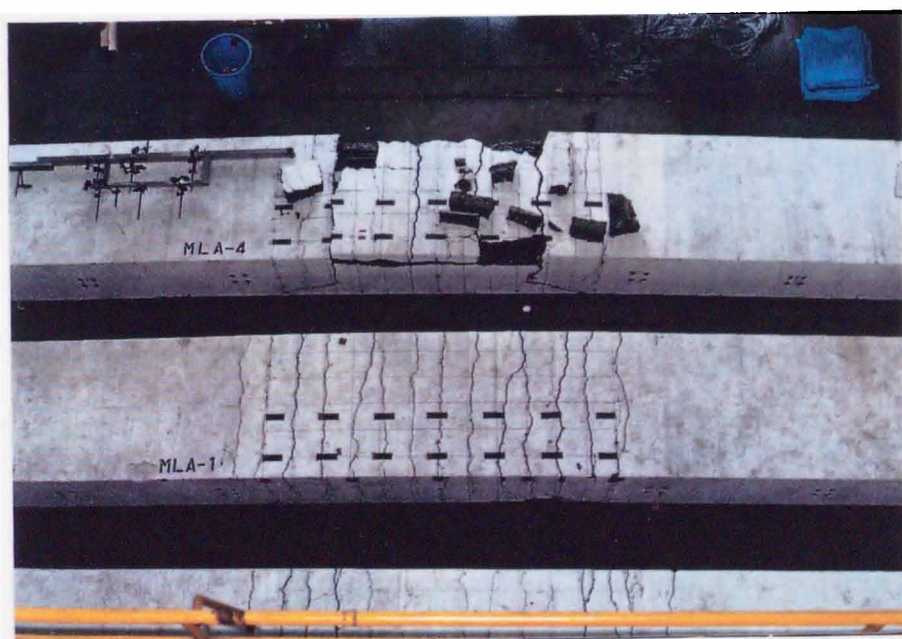


写真-6.3

曲げ実験破壊状況 (MLA-1, MLA-4)

6. 2. 2 両引実験

(1) 実験計画

SD390及びSD490のD38高強度太径鉄筋に重ね継手を設けた場合の構造特性を検討すべく、曲げを受ける壁板を対象とし、数多くの試験体を用いて重ね継手性状を簡便に検討するため、重ね継手部のみを取り出した形状の試験体を用いて両引実験を行った。試験体配筋図を図-6.6に示すが、試験体は加力上の問題から継手筋の両端に長さ $5d_b$ のアンボンド部を設けており、全長が $\ell_s + 10d_b$ (ℓ_s :重ね長さ)、幅が $4S$ (S :鉄筋間隔)、厚さが 280mm ($7.4d_b$)の矩形板とした。壁筋はD38鉄筋を縦横シングル配筋し、横筋に重ね継手を設けた。全試験体とも重ね継手にとって最も不利と考えられる外筋に重ね継手がある状態での継手性能を検討するため、横筋を外筋とし、かぶり厚さを $1.5d_b$ とした。コンクリートはかぶり厚側が下になるように平打ちで打設した。検討した要因は鉄筋強度、コンクリート強度、重ね長さ、鉄筋間隔で、試験体数は8体である。表-6.2に試験体一覧を示す。

加力は鉄筋の両引き繰り返し加力とし、継手筋1本ずつをセンターホールジャッキを用いて同一荷重で引張り载荷した。加力履歴は鉄筋が降伏するまでは荷重制御とし、鉄筋の公称降伏点 σ_{yD} の0.30倍の荷重で1回、0.75倍の荷重で7回、0.95倍の荷重で6回、公称降伏点荷重で3回、鉄筋が降伏した後は変形制御とし、鉄筋実降伏時の1倍、2倍、5倍の変形で3回ずつ引張り繰り返し载荷を行った。なお、両引载荷を

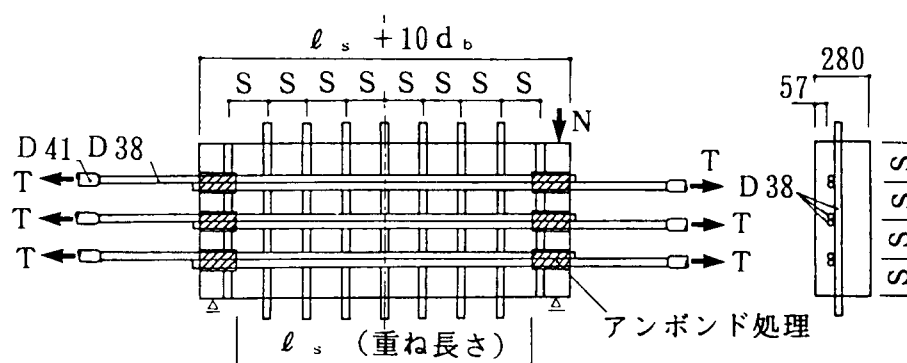


図-6.6 両引実験試験体配筋図

表-6.2 両引実験試験体パラメータ及び実験結果一覧

試験体 記号	パラメータ ¹⁾				実験結果 ²⁾								
	σ_c kgf/cm ²	f_y kgf/cm ²	ℓ_s mm	S mm	T ₁ tf	T ₂ tf	T _{max} tf	δ_y mm	検長間最大変形量 δ_{max} (mm)	平均	自由端すべり量 δ_f (mm)	平均	塑性率
No 01	227	4477	40d _b	200	8.1	38.2	50.3	4.4	(13.4, 6.1, 4.8)	8.1	(0.37~0.61)	0.51	1.8
No 02	177	4477	50d _b	200	9.0	43.4	54.1	4.7	(17.7, 21.6, 20.2)	19.8	(0.34~0.51)	0.45	4.2
No 03	287	5596	50d _b	200	8.2	42.8	58.6	—	(7.1, 6.2, 6.0)	6.4	(0.41~0.77)	0.62	—
No 04	321	5596	40d _b	200	12.2	42.7	61.6	5.0	(9.2, 10.6, 5.7)	8.5	(0.43~0.77)	0.68	1.7
No 05	368	5596	40d _b	250	13.2	42.8	69.0	5.6	(25.3, 26.1, 25.8)	25.7	(0.33~0.52)	0.40	4.6
No 06	227	4477	25d _b	150	10.1	—	33.3	—	(2.3, 1.7, 2.2)	2.0	(0.12~0.22)	0.16	—
No 07	227	4477	25d _b	200	11.1	34.3	40.3	—	(2.9, 2.4, 2.5)	2.6	(0.14~0.22)	0.18	—
No 08	227	4477	25d _b	250	16.4	34.3	43.9	—	(3.1, 2.9, 2.9)	3.0	(0.21~0.41)	0.31	—

- σ_c : 実験時コンクリート強度, f_y : 鉄筋降伏点, ℓ_s : 重ね長さ (d_b : 鉄筋径), S: 鉄筋中心間距離
- T₁: 引張りびわれ発生時荷重, T₂: 付着びわれ発生荷重, T_{max}: 最大荷重 (鉄筋1本当たり平均荷重)
- δ_y : 鉄筋降伏時検長間変形量, δ_{max} : 最大荷重時検長間変形量 (上段, 中段, 下段の値)
- δ_f : 最大荷重時自由端すべり量 (最小値~最大値), 塑性率: δ_f / δ_{max}

行った場合、継手筋の重ね合わせによる偏芯のため試験体が回転するので、アンボンド部上部にジャッキをセットし試験体の回転を拘束した。

荷重は、ロードセルを用いて継手筋1本ずつについて測定した。変形は、図-6. 7に示すように継手筋の検長間 ($\ell_s + 18d_b$) の相対変位量 δ と試験体端部からの継手筋荷重端の変位量 δ_d 、自由端の変位量 δ_f を測定した。鉄筋のひずみは、図-6. 8に示すように全横筋 (4点/1本) と縦筋 (5点) にワイヤーストレインゲージを貼り測定した。ひびわれ状況は所定荷重のピーク時にひびわれ発生状況を記録するとともに、中段継手筋を直交するひびわれの幅を測定した。

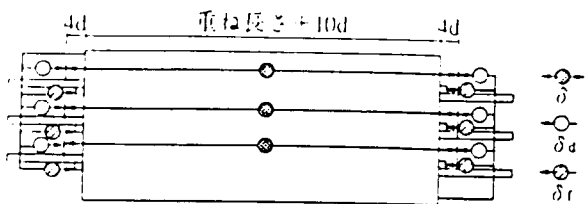


図-6. 7 変位測定位置図

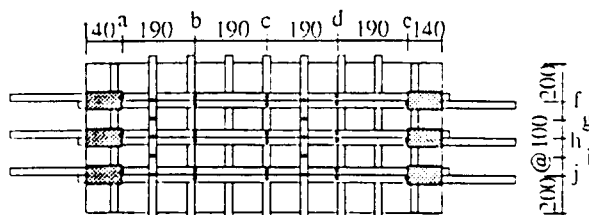


図-6. 8 鉄筋ひずみ測定位置図

(2) 実験結果

表-6. 2 に実験結果一覧としてひびわれ荷重、最大荷重検長間変形量、自由端すべり量、塑性率を示す。荷重と変形は3組の継手筋それぞれについて測定したが、荷重についてはほとんど差異が無く、表中の値は平均値で示している。変形は鉄筋降伏時の検長間変形量について平均値を、最大荷重時の検長間変形量と自由端すべり量について、個々の測定値と平均値を示している。

図-6. 9 に荷重-変形関係と破壊時のひびわれ状況の1例を示すとともに、図-6. 10 に各試験体の荷重-変形関係包絡線を比較して示す。いずれの試験体も継手筋に直交するひびわれ (引張ひびわれ) が生じた後、継手筋に沿うひびわれ (付着ひびわれ) が継手端に生じ、荷重の増加とともに継手中央に向かって進展した後、最終的に継手部のかぶりコンクリートが割裂破壊して耐力が急激に低下する破壊経過であった。全試験体とも継手部のかぶりコンクリートが割裂する付着割裂破壊であったが、No-03, 06, 07, 08の4体が鉄筋降伏前の付着割裂破壊で、残り4体は鉄筋降伏後の付着割裂破壊であった。コンクリート強度の高い試験体は他の試

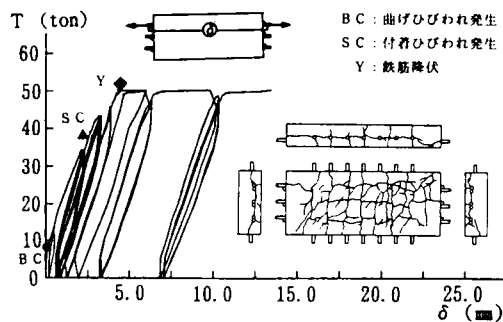


図-6. 9 荷重-変形関係 (No-01)

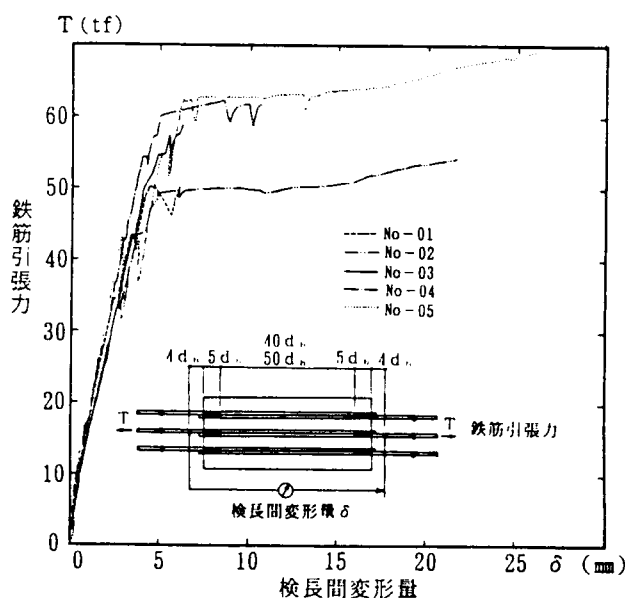
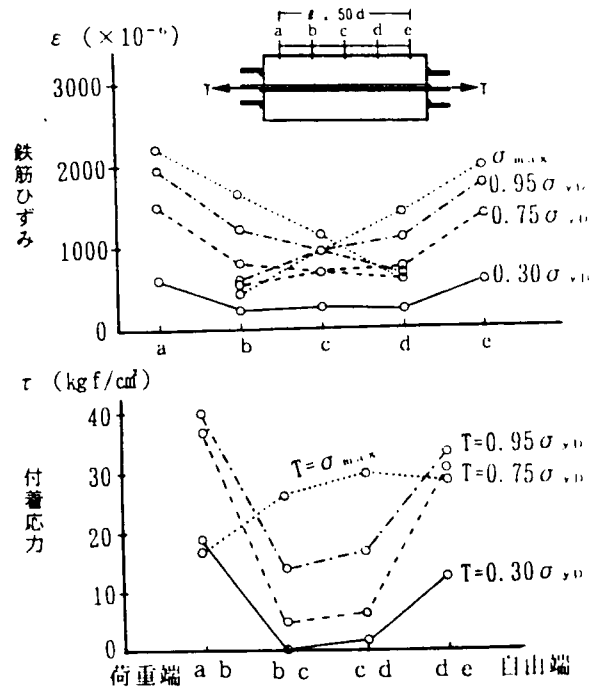


図-6. 10 荷重-変形包絡線比較

験体に比べ最大荷重が大きく、また、鉄筋1本当りの荷重が大きいため、爆裂音とともに試験体全面のかぶりコンクリートが飛散するほど激しい破壊であった。

図-6. 11にはNo-03試験体の中段継手筋のひずみ分布と重ね合わせた継手筋のうちの1本についての付着応力度分布を示す。鉄筋の応力レベルが小さい段階では、継手筋のひずみは継手両端の勾配が大きく中央部はほぼ一定となっている分布形状であるが、応力レベルが増すにつれ中央部のひずみ分布勾配が大きくなり、破壊直前には継手全長にわたってほぼ一定の勾配のひずみ分布形状となっている。これは上段と下段継手筋でも同じであり、また、鉄筋降伏の有無にかかわらずいずれの試験体でも同じ傾向であった。従って、図-6. 11 継手筋ひずみ付着応力分布



6. 3 結果の検討

6. 3. 1 曲げ実験結果の検討

1) 継手の有無

MLA-1と MLA-2試験体、MLB-1と MLB-2試験体により重ね継手の有無による構造特性の差異を検討した。継手部の剛性は、MLA試験体の場合鉄筋応力で2000kgf/cm² (P=22t)で継手有り試験体は14.5 t/mmで継手無し試験体は9.3t/mmとなり、MLB試験体の場合には継手有り試験体は1.2t/mm、継手無し試験体は1.0t/mmとなり、継手有り試験体の曲げひびわれ発生後の剛性は継手無し試験体に比べ大きくなる。これは、

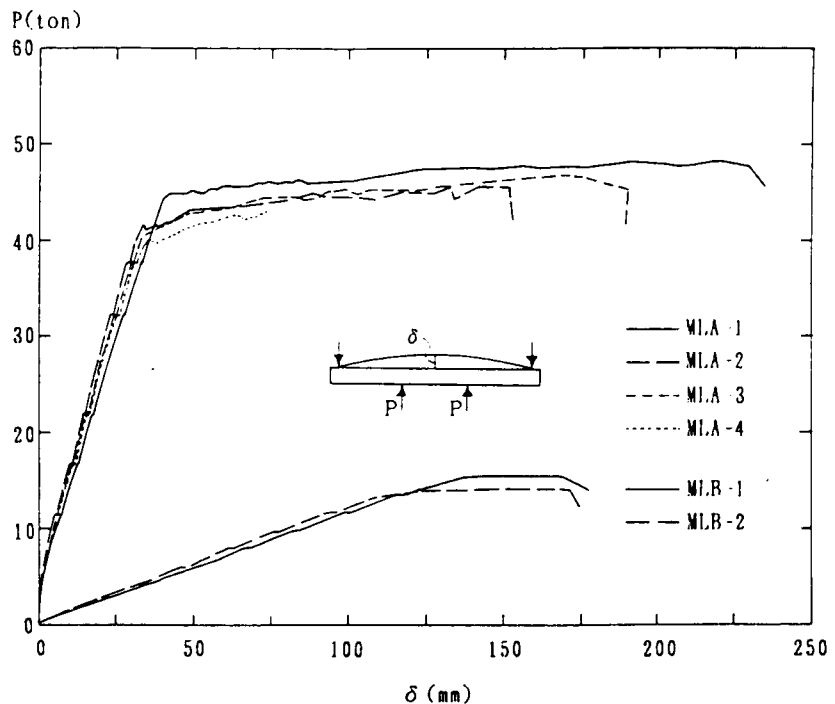


図-6. 12 曲げ実験荷重-変形関係包絡線比較

継手部で鉄筋量が多くなっているためと考えられる。破壊時のひびわれは、継手有り試験体の場合横筋に沿って割裂ひびわれが生じているのに対し、継手無し試験体では割裂ひびわれがほとんど生じていない。また、継手有り試験体の場合、継手端部に位置する定着筋のひずみが試験体の変形の増大とともに増加し、最大で約 800×10^{-6} になっているが、継手無し試験体では定着筋のひずみはほとんど生じていない。これは継手筋端部の曲げ戻しによる影響が考えられる。

2) 直交筋の有無

MLA-2と MLA-4試験体とにより重ね継手筋の外側の直交筋の影響を検討した。鉄筋降伏前の剛性には差異は見られないが、付着ひびわれの発生は直交筋の無い MLA-4試験体の方が小さな荷重で生じている。いずれの試験体も鉄筋降伏後の付着割裂破壊であったが、直交筋が有る MLA-2試験体が降伏時変形の約 3.6倍で破壊したのに対し、MLA-4試験体は約 2.0倍の変形で破壊し、継手筋の曲げ戻しによりかぶりコンクリートが弾け飛ぶような割裂破壊となった。

3) 継手筋のあきの有無

継手筋が接触した MLA-2試験体と鉄筋ピッチの半分継手筋が離れた MLA-3試験体により継手筋のあきの影響を検討した。実験の結果、MLA-3試験体は MLA-2試験体と比べ構造的に差異が見られず、降伏時変形の約 5.8倍というさらに大きな変形性能を示し、最終的には圧縮側コンクリートの圧壊で破壊した。これは、本試験体のように平打ちでコンクリートを打設した場合、鉄筋をある程度はなした方がコンクリートの充填性が良くなったためではないかと考えられる。

4) 試験体曲率の大小

壁厚の小さな MLB-2試験体は MLA-2試験体に比べ同じ鉄筋応力での曲率は約 4 倍ほどと大きい。いずれも直交筋があるため継手性能に差異は見られなかった。

以上、SD345の D 38 太径鉄筋の重ね継手を有する壁板が大きな曲げ変形を受ける場合の継手性能を検討したが、重ね長さ $40d_b$ 、

鉄筋ピッチ 200mm、かぶり厚さ $2.5d_b$ 、

という条件下であれば、直交筋が無くても十分な継手性能が得られること、直交筋があればさらに大きな変形性能が確保されること等が実験により確認された。

6. 3. 2 両引実験結果の検討

両引実験ではコンクリート強度、重ね長さ、鉄筋間隔の重ね継手性能、特に付着割裂強度への影響を検討したが、検討にあたっては本実験と同一形状の外筋継手試験体で得られ既往実験データも含めて行った。表-6. 3に両引試験体の最大鉄筋応力 f_u と付着割裂強度実験値 τ_u を示すとともに、表-

表-6. 3 付着割裂強度一覧

図 No	試験体記号	破壊形式	f_u (kgf/cm ²)	付着割裂強度 ¹⁾ (kgf/cm ²)			
				τ_u	$\kappa\tau$	$r\tau$	$o\tau$
1	No-01	YS	4410	27.6	25.2	26.3	27.7
2	No-02	YS	4740	23.7	22.8	23.2	23.6
3	No-03	S	5140	25.7	26.4	29.5	30.1
4	No-04	YS	5410	33.8	28.0	31.2	33.0
5	No-05	YS	6050	37.8	33.0	33.4	35.3
6	No-06	S	2920	29.2	23.8	18.8	24.4
7	No-07	S	3540	35.4	27.1	26.3	30.7
8	No-08	S	3850	38.5	30.5	33.7	30.7

1) 破壊形式: S (鉄筋降伏前の付着割裂破壊)
YS (鉄筋降伏後の付着割裂破壊)

2) f_u : 最大鉄筋応力 (= T_u / a)

3) τ_u : 付着割裂強度 (= $f_u \cdot a / \phi \cdot \ell_s$)

a: 鉄筋断面積, ϕ : 鉄筋周長, ℓ_s : 重ね長さ

$\kappa\tau$: 著者の提案式による算定値

$r\tau$: 藤井らの式による値, $o\tau$: Orangunらの式による値

6. 4に既往実験データの検討パラメータと付着割裂強度実験値を示す。付着割裂強度実験値は最大荷重時の継手端の鉄筋応力（最大引張荷重を鉄筋断面積で除した値）を用いて重ね継手部全長の平均付着応力度として算定した。本実験は壁部材を対象としているが、実験は引張重ね継手の性能を確認する実験方法の一つである両引実験で行っており、両引実験結果は曲げ実験結果に比べ若干小さめの付着割裂強度となるものの、評価上は問題ないと考えられるので、本論文では梁部材の重ね継手実験結果と同等に評価する。つまり、既往の付着割裂強度算定式として提案されている式の中で、藤井らの提案式を重ね継手に適用できるように修正した改良式と Orangunらの提案式を用いて実験結果と比較する。表-6. 3と表-6. 4には付着割裂強度計算値として Orangunらの提案式、藤井らの式の改良式、5章に示す著者の提案した算定式を用いて横補強筋の無い場合の下端筋の付着割裂強度として算定した値を示している

表-6. 4 既往実験パラメータ及び付着割裂強度一覧¹⁰⁾¹¹⁾

図中 No	試験体記号	パラメータ			塑性率	付着割裂強度			
		σ_u kgf/cm ²	l mm	S mm		τ_u kgf/cm ²	τ_{av} kgf/cm ²	τ_{max} kgf/cm ²	τ_{min} kgf/cm ²
9	TL-18	242	40 d _b	150	1.0	24.4	22.3	19.5	22.1
10	TL-19	233	40 d _b	200	5.4	26.4	25.4	26.6	28.1
11	TL-20	233	40 d _b	300	8.9	29.4	32.2	41.6	28.1
12	TL-22	238	35 d _b	200	4.8	30.2	26.1	26.9	29.1
13	TL-23	238	40 d _b	200	5.7	27.6	25.6	26.9	28.4
14	40LW-40	185	40 d _b	200	—	25.4	23.7	23.7	25.1
15	40LW-40	236	40 d _b	200	5.1	29.2	25.5	26.8	28.3
16	40MW-40	276	40 d _b	200	5.4	29.2	26.8	29.0	30.6
17	40HW-40	397	40 d _b	200	7.5	30.2	29.8	34.7	36.7
18	50MW-40	303	40 d _b	200	—	31.1	27.5	30.3	32.1
19	50HW-40	349	40 d _b	200	—	33.8	28.7	32.6	34.4
20	40LW-50	260	50 d _b	200	5.8	24.4	25.6	28.1	28.6
21	50MW-50	310	50 d _b	200	1.1	27.3	27.0	30.7	31.3

* 鉄筋降伏点：TL-18からTL-23 (3933kgf/cm²)
 40LW-40から40HW-40, 40LW-50 (4477kgf/cm²)
 50MW-40, 50HW-40, 50MW-50 (5596kgf/cm²)

(1) コンクリート強度

図-6. 13には最大鉄筋応力とコンクリート強度の関係を示す。図中、白抜き記号は鉄筋降伏前に付着割裂破壊した試験体の結果を、黒塗り記号は鉄筋降伏後に付着割裂破壊した試験体の結果を示している。既往の付着割裂強度式として Orangunらの式による算定値を重ね長さ40 d_bについて一点鎖線、重ね長さ50 d_bについて破線で示す。コンクリート強度が高くなるほど最大鉄筋応力が大きくなっており、重ね長さ40 d_bの場合、鉄筋降伏後付着割裂破壊したコンクリート強度 397kgf/cm²の試験体をのぞいて実験値と計算値はほぼ一致していると言える。重ね長さ50 d_bの場合、No-02試験体の結果が計算値と一致しているが、他の2体の実験値は小さめであり、重ね長さ40 d_bの実験値と変わらない結果であった。

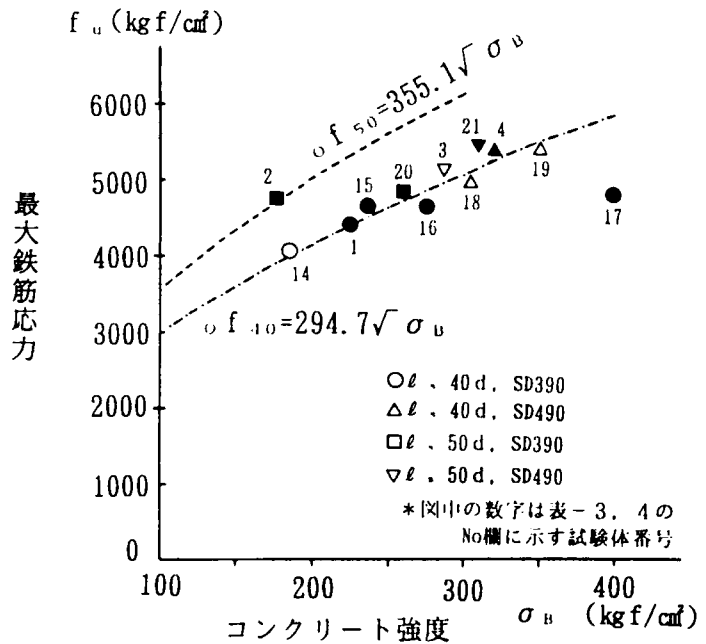


図-6. 13 $f_u - \sigma_b$ 関係

図-6. 14には塑性率とコンクリート強度の関係を示す。継手端で鉄筋が降伏すると鉄筋応力が変わらずに変形のみが増大するが、継手内部の鉄筋応力は増加しており、鉄筋降伏後においても重ね継手は付着割裂破壊をすることがある。そのような鉄筋降伏後付着割裂破壊した試験体ではコンクリート強度が高いほど塑性率が大きくなっていることがわかる。

(2) 重ね長さ

図-6. 15には重ね長さ $40d_b$ と $50d_b$ の場合について鉄筋降伏時のひびわれパターンを示す。引張りひびわれには重ね長さによる差異はほとんど見られないが、鉄筋にそう付着ひびわれは重ね長さ $40d_b$ の試験体ではほぼ継手全長にわたって生じているのに対し、 $50d_b$ の試験体では継手中央部には付着ひびわれがほとんど生じていない。継手部全長に付着ひびわれが進展した時試験体が付着割裂破壊すると考えると、重ね長さが長いほど継手耐力が大きくなるものと言える。

図-6. 16には強度の異なる鉄筋について付着割裂強度と重ね長さとの関係を示す。図中には、鉄筋間隔 200mm 、コンクリート強度 240kgf/cm^2 の場合について、藤井らの付着割裂強度式とOrangunらの式を用いて算定した計算値をそれぞれ1点鎖線と2点鎖線で示す。付着割裂強度は重ね長さが長いほど小さくなっている。ちなみに細径鉄筋を主とした既往の実験

データを分析した結果でも同様な傾向であった¹⁴⁾。藤井らの式では重ね長さが考慮されておらず、Orangunらの式による算定値が比較的良好に実験結果と一致する結果となった。

図-6. 17には塑性率と重ね長さの関係を示すが、鉄筋降伏後付着割裂破壊した試験

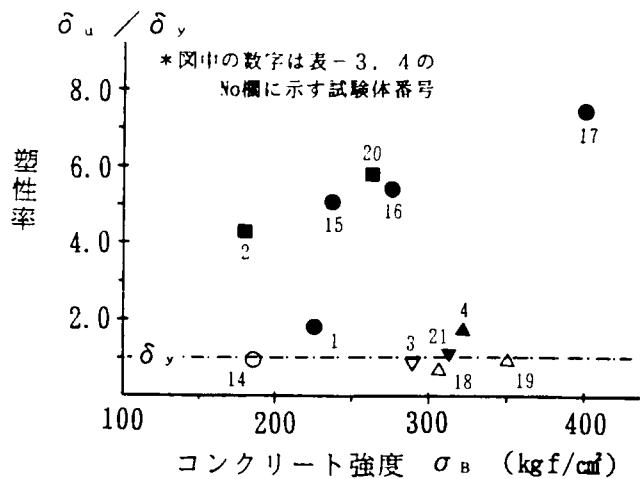


図-6. 14 $\delta_u / \delta_y - \sigma_B$ 関係

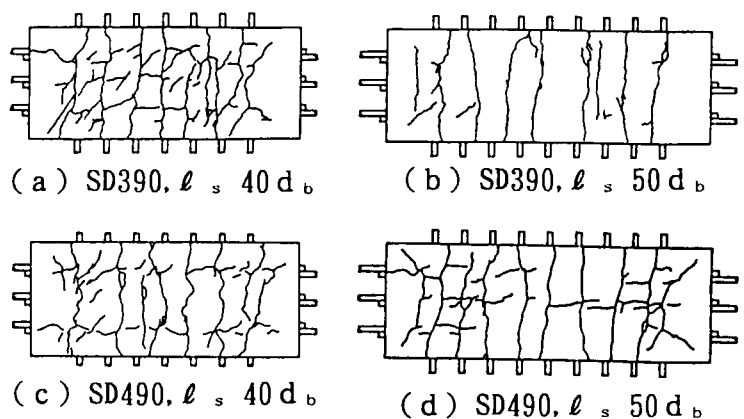


図-6. 15 ひびわれパターンの比較

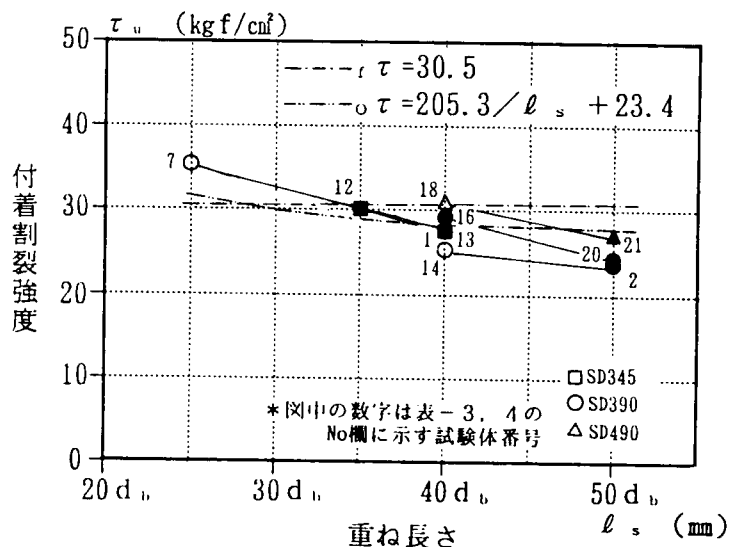


図-6. 16 $\tau_u - l_s$ 関係

体では重ね長さが長いほど塑性率が大きくなっている。

(3) 鉄筋間隔

図-6. 18に重ね長さとコンクリート強度の異なる場合について付着割裂強度と鉄筋間隔の関係を示す。本実験の場合、ひびわれ性状から見て鉄筋を連なる付着割裂破壊形式であり、付着割裂強度は鉄筋間隔が大きいほど大きくなった。ただし、鉄筋降伏後に破壊したTLシリーズの試験体は降伏後荷重があまり増大しないため、鉄筋間隔に対する付着割裂強度の増加率は小さくなっている。図中にはコンクリートの圧縮強度が 240 kgf/cm^2 で重ね長さが $25 d_b$ と $40 d_b$ の場合について、Orangunらと藤井らの付着割裂強度式を用いて算定した計算値をそれぞれ1点鎖線と2点鎖線で示している。いずれの式でも鉄筋間隔が小さい場合にはside split型の付着割裂破壊となり、下式で表せる値となる。

藤井式

$$\tau = 6.341 S / d_b - 2.897$$

Orangun式 $25 d_b$

$$\tau_{25} = 6.158 S / d_b + 0.821$$

Orangun式 $40 d_b$

$$\tau_{40} = 6.158 S / d_b + 2.257$$

Orangunらの式では本試験体の場合、鉄筋間隔 190 mm 以上で、藤井らの式では 255 mm 以上でV-notch split型の付着割裂破壊となり計算値が一定値となるが、実験結果と比較すると、

Orangunらの式では鉄筋間隔が 250 mm の場合には過少評価となる。これに対し、藤井らの式では若干増加率が実験値と比べ大きめであるが、ほぼ実験値と一致していると言える。

図-6. 19には塑性率と鉄筋間

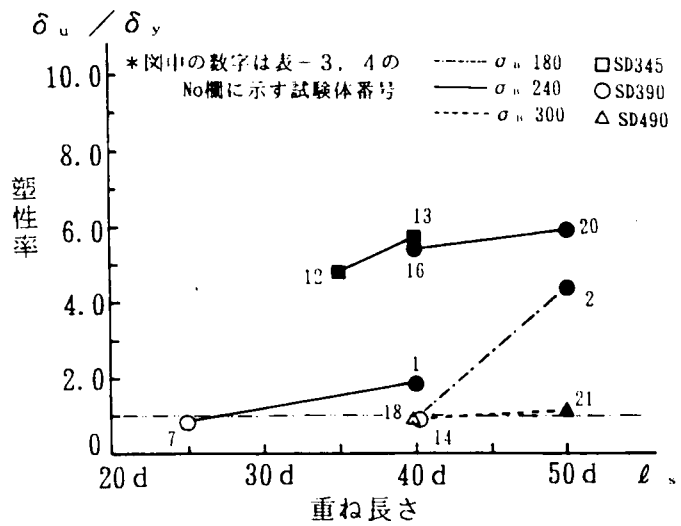


図-6. 17 $\delta_u / \delta_y - l_s$ 関係

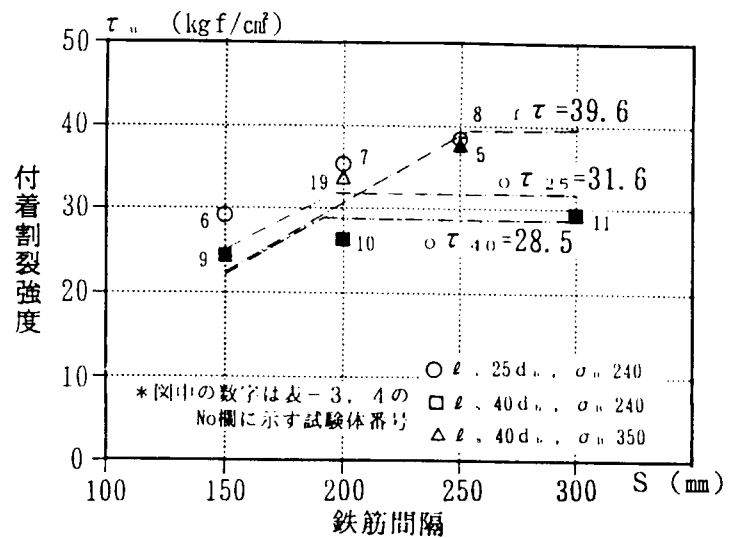


図-6. 18 $\tau_u - S$ 関係

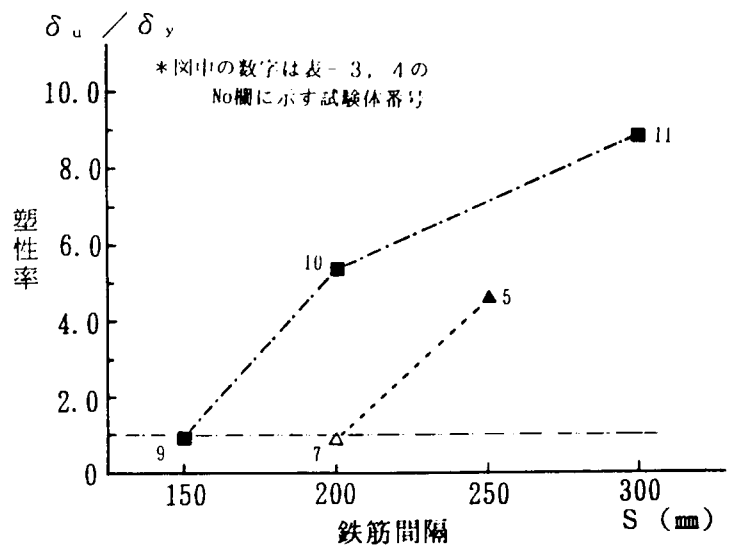


図-6. 19 $\delta_u / \delta_y - S$ 関係

隔の関係を示すが、鉄筋降伏後付着割裂破壊した試験体では鉄筋間隔が大きいほど塑性率が大きくなっている。

6. 3. 3 付着割裂強度

重ね継手の付着割裂破壊は極めてぜい性的な破壊であり、重ね継手を設計するにあたっては降伏耐力以下で重ね継手が付着割裂破壊しないように、その付着割裂強度を評価することが重要となる。付着割裂強度評価式が既往の研究で種々提案されているが、本実験ではそれらの評価式の基本とも言える藤井、森田式とOrangun, Jirsa, Breen 式とを用いて実験結果と比較検討した。図-6. 20に実験値と計算値との比較を示す。図中、白抜きの記号は鉄筋降伏前に付着割裂破壊した試験体の結果、黒塗りの記号は鉄筋降伏後付着割裂破壊した試験体の結果を示している。実験値と計算値との比（実験値/計算値）は、藤井らの式の場合平均値 $x=1.06$ で標準偏差 $\sigma_x=0.181$ 、鉄筋降伏前に破壊した結果のみでは $x=1.15$ で $\sigma_x=0.228$ となり、実験値の方が若干大きい。Orangunらの式では $x=1.00$ で $\sigma_x=0.109$ 、鉄筋降伏前に破壊した結果のみでは $x=1.06$ で $\sigma_x=0.144$ となる。実験値と提案式による計算値との比は平均値が $x=1.10$ 、標準偏差が $\sigma_x=0.099$ 、鉄筋降伏前に破壊した結果では $x=1.16$ 、 $\sigma_x=0.107$ となり、実験結果と良く一致していることがわかる。従って、提案式により高強度太径鉄筋重ね継手の付着割裂強度を適切に評価できるものと言える。

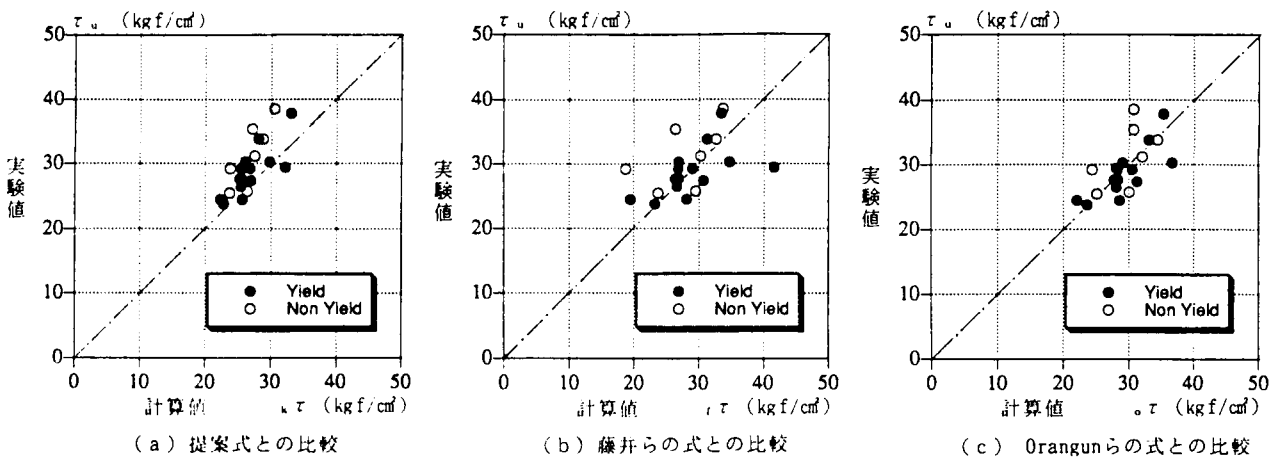


図-6. 20 付着割裂強度実験値と計算値の比較

D38高強度太径鉄筋について提案式を用いて重ね長さを求めると表-6. 5の値が得られる。ここで、鉄筋中心間隔は200mm、最大鉄筋応力は $1.1\sigma_{yb}$ として計算した。計算結果は、RC規準に記された継手の最小限長さに比べ若干長めの重ね長さになっている。

表-6. 5 D38高強度太径鉄筋の算定重ね長さ

$\sigma_{yb} \backslash \sigma_{bs}$	240 kgf/cm ²	300 kgf/cm ²	360 kgf/cm ²	420 kgf/cm ²
SD345	41.4 d _b	38.6 d _b	36.5 d _b	34.8 d _b
SD390	47.5 d _b	44.4 d _b	41.9 d _b	40.0 d _b
SD490	59.8 d _b	55.8 d _b	52.8 d _b	50.3 d _b

6. 4 結語

D38太径鉄筋(SD345)について、重ね継手を設けた壁板が大きな曲げ変形を受ける場合の構造特性を実験により検討したが、重ね長さ $40d_b$ 、鉄筋間隔200mm、かぶり厚さ $2.5d_b$ (d_b :鉄筋径)という条件下であれば、重ね継手の外側に直交筋が無くても十分な継手性能が得られること、直交筋があればさらに大きな変形性能が得られること、継手筋にあきがあっても継手性能に問題は無いこと等が曲げ実験により確認された。

さらに、D38高強度太径鉄筋(SD390, SD490)を対象に、壁筋に重ね継手を設けた場合の付着割裂強度を両引実験により検討した。その結果、以下の知見が得られた。

(1)コンクリート強度が高いほど付着割裂破壊時の鉄筋応力が大きくなり、重ね長さが $40d_b$ の場合Orangunらの付着割裂強度式による計算値が実験値とほぼ一致した。

(2)重ね長さが長いほど付着割裂強度が小さくなるが、Orangunらの付着割裂強度式による計算値が実験値とよく一致した。

(3)鉄筋間隔が250mmまでは鉄筋間隔が大きいほど付着割裂強度が大きくなり、藤井らの付着割裂強度式による計算値が比較的よく実験値と一致した。

既往の付着割裂強度算定と5章に示す提案算定式を用いて横補強筋が無い場合の太径鉄筋重ね継手の付着割裂強度を評価したが、提案算定式は太径鉄筋についても既往式に比べより適切に付着割裂強度を評価できることが確認できた。

第7章 結論

近年、鉄筋コンクリート構造物の大型化、高層化に伴い、使用される鉄筋及びコンクリートが高強度化される傾向にある。一方、鉄筋工事の合理化から鉄筋先組工法等が行われることが多いが、このような場合、鉄筋の継手としては同時に多数の継手を施工する必要があり、各種継手工法の中で重ね継手が最も経済的で施工性が良いと言える。鉄筋強度や鉄筋径に関する制限が規定されていない土木構造物の設計に対し、建築構造物の設計では付着割裂破壊のおそれからD29以上の太径鉄筋での重ね継手を原則として禁じている。従って、重ね継手は、現状では床スラブや壁筋等の比較的細い鉄筋の継手として使用されている。また、材料強度に関してもコンクリート強度で 360kgf/cm^2 、鉄筋強度で SD390 までしか規定されていない。より高強度でより太径の鉄筋に重ね継手を使用したいという要望が高いが、高強度太径鉄筋に重ね継手を使用する場合には実験等でその性能を確認する必要がある。一方、構造設計法が許容応力度設計法から終局強度型設計法へと移行しつつある今日、材端降伏機構を想定した構造設計法も提案されており、そのような場合、重ね継手が付着割裂破壊する時の継手強度、付着割裂強度の評価が重要となる。

本研究は、梁や床スラブ等のように曲げにより鉄筋に引張力が生じるコンクリート強度 800kgf/cm^2 程度までの高強度鉄筋コンクリート部材を対象としている。研究の目的は次の3点である。

- ①異形の主筋に重ね継手を設けた部材の力学的性状を実験的に明らかにする。
- ②重ね継手性能への各種要因の影響を定量的に評価する。
- ③重ね継手強度を適切に算定できる付着割裂強度算定式を実験データより導く。

以下に、本論文の概要と結論を示す。

第1章「序論」では、本研究の目的の他、鉄筋継手の歴史と現状、重ね継手に関する国内外の設計規準等、研究の背景について述べた。さらに、重ね継手に関する既往研究の概要について述べた。重ね継手は最も古くから行われている継手工法であるが、鉄筋工事の合理化等の面から高強度太径鉄筋での重ね継手使用の要望が高いこと、現行設計規定には近年の研究成果が反映されていないこと、既往の研究は確認実験がほとんどで定量的検討が不足していることを指摘した。また、本章では本研究の方針を示した。

第2章「引張重ね継手の力学的性状」では、重ね継手の応力伝達機構を概念的に示すとともに、継手性能の評価について述べた。さらに、既往の重ね継手実験について分析した結果を示した。異形鉄筋に重ね継手を設けた場合、外力により生じる鉄筋応力が大きくなると、付着応力とともに割裂応力が増大するため、比較のかぶり厚さの薄い部材ではぜい性的な付着割裂破壊が生じやすい。従って、重ね継手を設計する際には付着割裂破壊が生じないように重ね継手強度の適切な評価が重要であることを指摘した。材端降伏機構を想定する終局強度型設計法では、部材端での降伏ヒンジの形成を保証するため、部材端に継手がある場合には鉄筋降伏前に継手が破壊しないように設計する必要があることを示した。既往の重ね継手実験データに関して、試験体の概要（材料強度、鉄筋径、かぶり厚さ、破壊形式等）と実験データとして付着割裂強度の統計的分析を行い、高強度でのデータが少ないこと、各種要因と付着割裂強度との関係を定量的に評価するにはデータが不十分であることを指摘した。

第3章「重ね継手性能への各種要因の影響」では、重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材を対象として、曲げ及び両引実験により重ね継手性能への各種要因の影響を検討した。重ね継手を有する部材の力学的性状として、継手筋の付着応力度分布性状、変形性状、ひびわれ性状について継手無し試験体との比較検討結果を述べた。さらに、重ね継手の付着割裂強度へのコンクリート強度、鉄筋間隔、かぶり厚さ、継手筋のあき間隔、鉄筋位置（上端筋と下端筋）の影響を定量的に検討した結果について述べた。つまり、重ね長さが長くなるほど付着割裂強度が小さくなること、コンクリート強度が高いほど付着割裂強度が大きくなるが、その増加率は補強筋の有無で異なること、鉄筋間隔やかぶり厚さが大きいほど付着割裂強度が大きくなること、継手筋間のあきが大きいほど付着割裂強度が小さくなるが、その低下率は小さく、通常の鉄筋間隔の範囲では継手筋間のあきの影響は問題とならないこと、高強度コンクリートにおいても下端筋の付着割裂強度は上端筋の場合より大きな値となり、その比は普通強度の場合と同程度であること等を述べた。また重ね継手の実験方法について、両引実験で得られる付着割裂強度値が曲げ実験の場合に比べ1割程度小さくなること、曲げ実験において交番繰り返し載荷を行うと継手筋が引張応力のみ受ける一方向繰り返し載荷の場合に比べ付着割裂強度値が若干小さくなることを指摘した。

第4章「重ね継手性能への横補強筋の拘束効果」では、重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材を対象として、曲げ及び両引実験により継手性能への横補強筋の拘束効果を検討した。第3章で述べた実験において、横補強筋の有無により付着割裂強度とコンクリート強度の関係が異なるという結果が得られたので、本章では特に横補強筋の拘束効果を定量的に検討した。重ね継手部材の力学的性状に関して、破壊までの変形性能やひびわれ性状に横補強筋の影響は見られないが、横補強筋量が多いと破壊がより靱性的となること、継手端に位置する横補強筋が最初割裂拘束として作用するが、破壊時には継手部全域の横補強筋が割裂拘束として有効に働くことを指摘した。付着割裂強度に関しては、横補強筋比が約1%程度までは横補強筋量に比例して付着割裂強度が大きくなること、横補強筋比が小さい範囲で同じ横補強筋量の場合、横補強筋間隔が小さいほど付着割裂強度が大きくなること、割裂破壊形式の違いにより横補強筋の拘束効果が異なることを指摘した。

第5章「重ね継手の付着割裂強度評価」では、既往の付着割裂強度算定式の概要と実験値との適合性について検討した結果を述べた。さらに、高強度鉄筋コンクリート部材を対象とした重ね継手実験結果より導いた付着割裂強度提案式について実験値との適合性を述べた。提案式の特徴は、以下の通りである。

- 1)付着割裂強度式は、横補強筋の無い場合の付着割裂強度と横補強筋の拘束効果による付着割裂強度増分の和の形で構成される。
- 2)横補強筋の無い場合の付着割裂強度は、かぶり厚さ、鉄筋間隔、重ね長さの影響を評価できる形にした。また、コンクリート強度の0.3乗の値に比例する形とした。
- 3)横補強筋による付着割裂強度増分は、主筋1本当たりの横補強筋断面積とコンクリート強度に比例し、横補強筋の間隔に反比例する形とした。また、付着割裂破壊形式の違いにより横補強筋の拘束効果が異なることを評価する係数kを考慮し、その値を定めた。

提案式は、重ね継手性能への各種要因の影響度を適切に評価できており、破壊形式の違いにかかわらず高強度コンクリートレベルまでの実験結果と良い一致を示すことが確認さ

れた。

第6章「太径鉄筋重ね継手の力学的性状」では、D38太径鉄筋の壁筋を対象に重ね継手の適用性を検討した実験結果について述べた。SD345のD38太径鉄筋に関して、曲げを受ける場合の重ね継手性能を実験により検討し、各種要因の重ね継手性能への影響を明らかにするとともに、かぶり厚さ $2.5d_b$ 、鉄筋間隔 200mm、重ね長さ $40d_b$ (d_b : 鉄筋径) あれば十分な継手性能を有することを確認した。さらに、高強度のSD390及びSD490のD38太径鉄筋に関して、外筋(かぶり厚さ $1.5d_b$) 重ね継手を対象に、付着割裂強度への各種要因の影響を明らかにするとともに、5章に示す付着割裂強度評価式が高強度太径鉄筋にも適用できることを示した。

本研究では、高強度鉄筋コンクリート部材を対象に、重ね継手を有する梁や床スラブ等の曲げ部材に関する力学的性状を明らかにした。さらに、重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート部材の付着割裂強度を適切に評価できる算定式を導いた。しかしながら、本研究成果を一般的な継手性能評価基準として設計規準に反映するには以下に示すいくつかの研究課題が残されていると考えられる。

- 1) 高強度コンクリートを対象とした実験結果から、横補強筋が無い場合の付着割裂強度が、コンクリート圧縮強度の 0.3乗の値に比例するとした。これは、高強度コンクリートの実験データの回帰分析により工学的に判断して決めた値である。本研究では高強度コンクリートを用いた数多くの実験を行ったが、既往の普通強度実験データに比べるとデータ数としては圧倒的に少なく、その信頼度が小さい。また、普通強度の実験データから導いた既往の付着割裂強度式はコンクリート圧縮強度の平方根に比例する形であり、それらの式との整合性を検討する必要がある。今後、付着割裂強度とコンクリート強度の関係に関して、より高いコンクリート強度の実験データを集めるとともに、破壊力学的な解析的検討も行う、詳細な検討を行う必要がある。
- 2) 破壊モードを判別する係数 b_i は既往式を参考にし、重ね継手に適用できるように修正した。 b_i の値は、かぶり厚さと鉄筋間隔の寸法の大小関係から定まる。しかしながら、実験データと若干のずれが見られる場合もあり、他の要因の影響も考えられるので、今後破壊モードをより詳細に検討する必要がある。
- 3) 横補強筋の拘束効果が付着割裂破壊形式の違いにより異なることを示し、それぞれの破壊形式について横補強筋の拘束効果を評価する係数 k の値を定めた。しかしながら、これはわずかな実験データから工学的に定めた値であり、今後、実験データを蓄積するとともに、解析的検討も行うことによりその係数の妥当性を検証する必要がある。
- 4) 本研究は主に曲げにより鉄筋が引張応力を生じるような梁や床スラブ部材を対象としたが、軸力とともに曲げせん断応力を受ける柱部材や面内せん断応力を受ける耐震壁等での重ね継手性状についても明らかにし、そのような部材に適用できる付着割裂強度式を開発する必要がある。
- 5) 機械的継手の場合、継手性能がS A継手、A継手、B継手、C継手の4種類に分類され、それぞれの継手性能に応じて使用箇所、部材種別、集中度を定めた基準があり、それにより継手の設計が行われるようになっている¹⁾が、重ね継手の場合にもこのような設計方法を確立する必要があると考えられる。また、他の継手工法との併用などの問題も今後検討する必要があると思われる。

以上の課題を解決することにより、一般的な鉄筋コンクリート部材を対象に、終局強度型設計法に対応した重ね継手の標準設計法が確立されるであろう。

鉄筋コンクリート構造物の高層化にともない、近年、数多くの種々の高強度鉄筋コンクリートに関する実験的研究が行われ、高強度鉄筋コンクリートに関する材料、構造、施工、設計等の面で種々の知見が得られている。しかしながら、高強度鉄筋コンクリート構造物の鉄筋継手としては、さまざまな理由から機械的継手が主に考慮されており、重ね継手に関する実験はほとんど行われていない。高強度鉄筋での重ね継手使用の要望は高く、超高強度鉄筋での使用は現段階では困難としても、徐々により高強度の鉄筋に重ね継手を使用されていくものと考えられる。本研究成果は、このような場合に有益な知見として生かされるであろう。また、比較的かぶり厚さの薄い部材での定着設計にも本研究成果は反映できるであろう。

謝 辞

本論文は、清水建設(株)技術研究所において実施した重ね継手に関する研究成果をまとめたものです。

神戸大学名誉教授・山田稔博士（現関西大学教授）には、筆者が神戸大学工学部建築学科および大学院修士課程に在籍中から現在に至るまで暖かいご指導を頂くとともに、会社での研究をまとめ発表するようにと機会あるごとに励ましの言葉を頂きました。感謝いたします。

恩師、神戸大学教授・河村廣博士には、在学中の研究のみならず、本論文をまとめるにあたり、終始暖かいご指導とご助言を賜りました。厚くお礼申し上げます。

恩師、神戸大学教授・辻文三博士、恩師、神戸大学教授・金谷弘博士、ならびに神戸大学教授・富田佳宏博士には、ご多忙中にもかかわらず、論文を読んでいただき、幾多の課題点をご指摘して頂くとともに、暖かいご指導を賜りました。厚くお礼申し上げます。

東北工業大学教授・田中礼治博士、日本大学助教授・櫻田智之氏、名古屋工業大学助教授・市之瀬敏勝博士ら建築学会、鉄筋コンクリート構造運営委員会、鉄筋継手ワーキングの委員の方々には、委員会の席上で継手全般について有益なご示唆を頂きました。京都大学助手・藤井栄博士には海外の文献のご提供を頂きました。厚くお礼申し上げます。

本研究の端緒は原子力発電所建屋を対象とした太径鉄筋重ね継手の研究であり、その機会を与えて下さった清水建設(株)技術開発センター副所長・磯畑脩博士、技術本部担当・杉田稔氏、原子力本部設計1部部長・竹内洋一郎氏に感謝いたします。

本研究にあたって、清水建設(株)常務取締役技術研究所所長・太田利彦博士、構造技術研究部部長部長・稲田泰夫博士、ならびに技術開発センター生産技術開発部主査・坂口昇博士には終始暖かいご指導とご助言を賜りました。厚くお礼申し上げます。

また、研究の遂行にあたって、清水建設(株)技術研究所・猿田正明氏、小林俊夫氏、三瓶敏夫氏、串木克巳氏（現トラス建築企画(株)）、原子力本部・鳥田晴彦氏（現（財）原子力発電技術機構）、松本良一郎氏、姫野洋一氏には実験全般にご協力頂きました。総務部主査：長島重明氏には継手の歴史について貴重なご示唆を頂きました。さらに、技術研究所主任研究員・斎藤秀人氏、山野辺宏治氏には論文作成にあたりいろいろご助言を頂き、河内武氏、神野靖夫氏、熊谷仁志氏には高強度鉄筋コンクリート部材の研究を共に行うことにより貴重なご示唆を頂きました。また、他の建築構造グループの方々にも有益なご示唆を頂きました。お礼申し上げます。

清水建設(株)試験センター部長・岡田武二氏、同グループ長・田中伸幸氏をはじめとする試験センター実験技術グループの方々には、研究に専念できる環境を整えて頂いたことを感謝致します。

また、鈴木秀子嬢には、データ入力、ワープロ、コピー等で、多大なるご協力を頂きました。お礼申し上げます。

最後に私事ではありますが、煉瓦建築という特殊な分野の建築技術者として同じ建築技術者へと進むように導いたくれた亡父 角陸米八、父が亡くなった後も大学そして大学院へ進学する機会を与えてくれた母 安岐和子、義父 安岐雅義、そして家庭面から私を支援してくれた妻 郁代に感謝いたします。

参 考 文 献

第1章

1. 1

1. 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説1991」、日本建築学会、1991.4

1. 2

2. 「絵でみる鉄筋専科」、豊島光夫著、建設資材研究会、昭和58年 9月改訂新版
3. 「鉄筋混凝土工学」、阿部美樹志著、三秀舎、大正13年 2月
4. 「大正12年関東大地震震害調査報告、橋梁、建築物之部、道路之部」、土木学会、昭和 2年12月
5. 「鉄筋コンクリート構造の諸問題 6編 付着力と異形鉄筋」、日本建築学会、昭和30年
6. 池田尚治：教室コンクリート技術の歴史、第9回鉄筋の高強度化・太径化への歩み、コンクリート工学 Vol. 31, No4, 1993. 4、pp89～pp94
7. 豊島光夫：講座コンクリート施工法—その移り変り—（その6）、材料における移り変り—鉄筋—、コンクリート工学、Vol. 18, No11, Nov. 1980、pp75～pp83
8. 「コンクリートハンドブック」、吉田徳次郎著、養賢堂、昭和25年 7月
9. 大井, 山岸, 今井：ガス圧接法に関する研究（第1報）ガス圧接法による鉄筋（軟鋼棒）の接合、鉄道業務研究資料、Vol. 9, No. 5, 1951
10. 「鉄筋コンクリート」、川口輝夫著、オーム社、昭和30年 4月
11. 田中礼治他：特集 いまだから知りたい鉄筋継手のすべて 鉄筋継手の現状と展望、建築技術、1992 Feb. 2、pp73～pp76
12. 坂本哲郎他：高強度鉄筋SD50の実用化に関する研究（その1～3）、日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和63年10月、pp667～pp670
13. 山本孝一他：高強度・高品質鉄筋の開発に関する研究（その1～7）、日本建築学会大会学術講演梗概集C構造Ⅱ、1993、pp93～pp106
14. 「鉄筋継手市場調査報告書」、日本圧接協会鉄筋継手市場調査委員会、1992年 5月
15. 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究（その1～5）、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和59年10月、pp1765～pp1774
16. 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究（その6～12）、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和60年10月、pp583～pp596
17. 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究（その13～19）、日本建築学会大会学術講演梗概集、昭和61年 8月、pp727～pp740
18. 「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」日本建築学会、1991
19. 「建築基準法令集」、建設省住宅局編、日本建築学会、平成 5年 6月
20. 「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」、日本建築学会、昭和62年 3月
21. 「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 鉄筋コンクリート工事」、日本建築学会、1993年 5月
22. 「コンクリート標準示方書平成3年版（設計編）（施工編）」、土木学会、平成 3年 9月
23. 「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説」、日本建築学会、1988
24. 「Building Code Requirement for Reinforced Concrete (ACI 318-89)」
American Concrete Institute
25. 「Code of Practice for the Design of Concrete Structures(NZS 3101)」,
Standard Association of New Zealand、1982
26. 「Structures use of Concrete(BS 8110), Code of Practice for design and construction」
British Standards Institution、1985
27. 「Beton und Stahlbeton(DIN 1045)」 German Comittee for Reinforced Concrete、1988

28. 「CEB-FIP Model Code for Concrete Structures」、CEB-FIP International Recommendations、1978
1. 3
29. 大塚, 森: 束ね鉄筋の重ね継手の実用化に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、1979. 10,
pp365~pp366
30. 矢代, 杉田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第1報)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1972、pp1037~pp1038
31. 桜田, 矢代, 町田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第2報)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1973、pp1353~pp1354
32. 岡沢, 田辺: 太径異形鉄筋の重ね継手の力学的性状に関する基礎研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、1972. 10、pp113 ~pp118
33. Ferguson, Krishnaswamy :Tensile lap Splices Part 2 Design Recomendations for Retaining Wall Splices and Large Bar Splices, Research Report 113-3 Center for Highway Research, 1969. 7,
34. 池田, 柳田, 太田: 鉄筋の重ね継手の耐力特性に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、1975. 10、pp341 ~pp342
35. 村田, 富田, 石渡: 重ね継手に用いる圧着式連結用補強金具に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、1976. 10、pp219 ~pp220
36. Chinn, Ferguson, Thompson:Lapped Splices in Reinforced Concrete Beams, ACI Journal, 1955. 10,
pp201~pp213
37. 大塚: 異形鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、1976. 10、pp209 ~pp210
38. 士堅, 白川: 太径異形鉄筋(D51)の重ね継手に関する実験的研究、土木学会年次学術講演会講演概要集
1972. 10、pp109 ~pp112
39. 矢代, 桜田, 町田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第3報)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1973、pp1355~pp1356
40. 後藤, 大塚, 竹沢: 太径異形鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集
1974. 10、pp232 ~pp233
41. Lukose, Gergely, White:Behavior of Reinforced Concrete Lapped Splices for Inelastic Cycling Loading, ACI Journal, 1982. 10, pp355~pp365
42. Dario, Ochoa:Earthquake Resistant Tensile Lap Splices, ASCE. Vol109, 1983. 4, pp843~pp858
43. 太田, 森田, 和田: 重ね継手(D51)における離れの影響について、土木学会年次学術講演会講演概要集
1978. 9、pp377 ~pp378
44. 飯野, 秋元, 富沢: 施工条件を考慮した太径鉄筋の重ね継手に関する実験、土木学会年次学術講演会講演概要集、1976. 10、pp211 ~pp212
45. 門司, 船越, 和田: 太径鉄筋D51の重ね継手に関する実験、住友技研報、1977、pp39~pp53
46. 出雲, 岡村, 池田: 各種鉄筋継手の集中度がRCはりの疲労特性に及ぼす影響について、コンクリート工学年次講演会論文集、1981、pp257 ~pp260
47. 阿部, 田辺, 岡沢, 服部, 原口: 太径異形鉄筋(D38)重ね継手の力学的性状に関する研究、セメント協会技術年報、1973、pp428 ~pp433

第2章

2. 2

1. 「鉄筋コンクリート構造」、小坂義夫, 森田司郎著、丸善、昭和55年11月
2. David M. F. Orr:Lap Splicing of Deformed Reinforcing Bars, ACI Journal, Nov. 1976, pp622~pp627
3. 「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説」、日本建築学会、1988

2. 3

4. 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究—第2報 付着割裂強度算定式の提案、日本建築学会構造系論文報告集、第324号、1983年2月、pp45~pp53
 5. 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説1991」、日本建築学会、1991.4
 6. Orangun, Jirsa, Breen: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Proc. Vol. 74, Mar. 1977, pp114~pp122
- *実験データの分析に用いた文献は最後に示す。

第3章

3. 1

1. 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説1991」、日本建築学会、1991.4
 2. Tepfer, R.: A Theory of Bond Applied to Overlapped Tensile Reinforcement Splices for Deformed Bars Publication 73:2, Division of Concrete Structures 1973, Chalmers University of Technology, Gutenberg, Sweden
 3. 田中, 但木, 大芳賀: 高強度鉄筋SD50の重ね継手に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集、第405号、1989年11月、pp19~pp29
 4. 矢野, 大森, 阿部, 東端, 杉田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その7 壁板鉄筋両引実験シリーズ・実験概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985、pp585~pp586
 5. 矢野, 杉田稔, 阿部, 東端, 杉田和, 鳥田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その14 フランジ壁板鉄筋両引実験 実験概要と結果)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986、pp729~pp730
 6. 杉田, 角陸, 竹内, 鳥田: 面外力を受ける壁板鉄筋重ね継手に関する実験研究(その1 研究の概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986、pp311~pp312
- ### 3. 4
7. 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究—第2報 付着割裂強度算定式の提案、日本建築学会構造系論文報告集、第324号、1983年2月、pp45~pp53
 8. Orangun, Jirsa, Breen: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Proc. Vol. 74, Mar. 1977, pp114~pp122

第4章

4. 1

1. 角陸, 田中: 異形鉄筋重ね継手に関する既往実験データの分析、日本建築学会構造系論文報告集、第435号、1992年5月、pp131~pp139
2. 角陸: 異形鉄筋重ね継手の補強に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、1988、pp211~pp214
3. 角陸, 熊谷: 超高強度鉄筋コンクリートの付着性状に関する実験 その1 コンクリート強度の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、1989、pp349~pp350
4. Orangun, Jirsa, Breen: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Proc. Vol. 74, Mar. 1977, pp114~pp122
5. 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究—第2報 付着割裂強度算定式の提案、日本建築学会構造系論文報告集、第324号、1983年2月、pp45~pp53
6. 角, 山田, 合衆: 鉄筋コンクリート部材の付着割裂強度算定式の提案、日本建築学会構造系論文報告集、第414号、1990年8月、pp23~pp33
7. 小谷, 前田, 青山: 鉄筋コンクリート部材の付着割裂破壊に関する研究(その1 付着割裂強度)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992年、pp921~pp922
8. 市之瀬, 横尾: 高強度鉄筋コンクリートを用いたRC部材の付着割裂実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, No. 2、1992年、pp75~pp80

9. 角, 張, 飯塚, 山田: 高強度コンクリートレベルをも包含するRC部材の付着割裂強度算定式の提案, コンクリート工学論文集、第3巻第1号、1992年1月、pp97~pp108
4. 2
10. 小林, 角陸, 市之瀬, 田中: 在来鉄筋継手を全数継手で用いる場合の継手性能評価に関する研究(その5 重ね継手実験方法の違いによる結果の比較), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993年、pp45~pp46

第5章

5. 2

1. Orangun, Jirsa, Breen. :A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices ,ACI Journal, Proc. Vol. 74, Mar. 1977. pp114~pp122
2. Jimenez, White, Gergely: Bond and Dowel Capacities of Reinforced Concrete, ACI Journal, Proc. Vol. 76, Jan. 1979, pp73~pp92
3. 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究-第2報 付着割裂強度算定式の提案-, 日本建築学会構造系論文報告集、第324号、昭和58年2月、pp45~pp53
4. 三浦, 鈴木: 鉄筋の重ね継手強度における横方向鉄筋の効果について、土木学会論文集、第378号、1978年2月、pp53~pp59
5. 角, 山田, 合衆: 鉄筋コンクリート部材の付着割裂強度算定式の提案, 日本建築学会構造系論文報告集、第414号、1990年8月、pp23~pp33
6. 角, 張, 飯塚, 山田: 高強度コンクリートレベルをも包含するRC部材の付着割裂強度算定式の提案, コンクリート工学論文集、第3巻第1号、1992年1月、pp97~pp108
7. 小谷, 前田, 青山: 鉄筋コンクリート部材の付着割裂破壊に関する研究(その1 付着割裂強度)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992年、pp921~pp922
8. 市之瀬, 横尾: 高強度鉄筋コンクリートを用いたRC部材の付着割裂実験, コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 14, No. 2, 1992年、pp75~pp80
9. 熊谷, 角, 福田: RC部材の付着割裂強度算定式の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集、1992年、pp913~pp914
10. 倉本, 南, 若林: 鉄筋コンクリート梁、柱の付着割裂強度式とその検証、日本建築学会大会学術講演梗概集 1990年、pp723~pp724
11. 「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説」、日本建築学会、1988

第6章

6. 1

1. 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」、日本建築学会、1991.7
2. 矢野, 中澤, 杉田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 全体計画)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984、pp1765~pp1766
3. 矢野, 松井, 最上, 大森, 山口, 杉田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その6 フェーズII概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985、pp583~pp584
4. 矢野, 杉田, 山口育, 最上, 山口恒, 大森: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その13 フェーズIII概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986、pp727~pp728
5. 最上, 矢野, 杉田和, 東端, 角陸, 小池, 宇佐美: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その19 耐震壁における太径鉄筋重ね継手工法仕様の提案)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986、pp739~pp740
6. 坂本, 吉田, 小垣, 武田, 永井, 山本, 唐津, 山田: 高強度鉄筋SD50の実用化に関する研究(その1~3) 日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、pp. 667~670

7. 熊谷, 角, 福田: R C部材の付着割裂強度算定式の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1992年、pp. 913~914
 8. 田中, 大芳賀: 鉄筋コンクリートはり主筋の重ね継手の継手位置に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文報告集、第 396号、1989年、pp69~pp81
 9. 田中, 但木, 大芳賀: 高強度鉄筋SD50の重ね継手に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文報告集、第 405号、1989年、pp19~pp29
6. 3
10. 矢野, 杉田, 阿部, 東端, 杉田, 鳥田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その14 フランジ壁板鉄筋両引実験 実験概要と結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、pp729~730
 11. 松本, 太田, 角陸: 高強度せん断補強筋のR C耐震壁への適用性に関する研究(その6 太径鉄筋重ね継手実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集、1989年、pp577~578
 12. 藤井, 森田: 異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究-第2報 付着割裂強度算定式の提案-, 日本建築学会構造系論文報告集、第 324号、1983年、pp45~53
 13. Orangun, Jirsa, Breen: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Proc. Vol. 74, Mar. 1977. pp114~pp122
 14. 角陸, 田中: 異形鉄筋重ね継手に関する既往実験データの分析、日本建築学会構造系論文報告集、第 435号、1992年 5月、pp131~pp139

第7章

1. 「特殊な鉄筋継手の取り扱いについて、鉄筋継手性能判定基準」、建設省住指発第31号、平成3年

第2章の実験データ分析に用いた参考文献

*文献Noは付録の試験体記号に対応

国内文献

- 27-1 武藤清他: 繰返し応力を受ける新形異形鉄筋継手の耐力、日本建築学会研究報告第18号、1952年、pp107~pp108
- 28-1 武藤清他: 繰返し応力を受ける新形異形鉄筋継手の耐力(第2報)、日本建築学会研究報告第21号、1953年、pp1~pp4
- 28-2 武藤清他: 新形異形鉄筋重ね継手の耐力(重ね長さ16dの場合)、日本建築学会研究報告第22号、1953年、pp113~pp114
- 28-3 武藤, 小倉: 異形鉄筋重ね継手の耐力(その3)、日本建築学会研究報告第23号、1953年、pp1~pp4
- 38-1 渡辺, 山本: 異形三角鉄筋の引張継手に関する研究(その1)、日本建築学会論文報告集第89号、1963年、pp149
- 38-2 小倉, 亀田: 引抜形式による異形鉄筋の重ね継手強度試験(予備検討)、日本建築学会論文報告集第89号、1963年、pp150
- 39-1 小倉, 亀田: 引抜形式による異形鉄筋の重ね継手強度試験(続報)、日本建築学会論文報告集第 103号、1964年、pp186
- 45-1 岡村, 高橋: 軽量コンクリートと鉄筋の付着、セメント技術年報、1954年、pp410~pp414
- 45-2 藤田, 西堀, 開発: 異形鉄筋の重ね継手に関する実験、セメント技術年報、1954年、pp491~pp495
- 45-3 菅生, 村山: 異形鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会第25回年次学術講演会講演概要集(5)、1970年、pp29~pp30
- 46-1 後藤, 大塚: 異形鉄筋の重ね継手部におけるひびわれについて、土木学会第26回年次学術講演会講演概要集(5)、1971年、pp225~pp226

- 47-1 土堅, 白川: 太径異形鉄筋(D51)の重ね継手に関する実験的研究、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集(5)、1972年、pp109~pp112
- 47-2 後藤, 大塚: 異形鉄筋の重ね継手の破壊機構について、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集(5)、1972年、pp119~pp120
- 47-3 小村敏他: 各種鉄筋継手比較実験、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集(5)、1972年、pp121~pp124
- 47-4 矢代, 杉田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第1報)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1972年、pp1037~pp1038
- 47-5 岡沢, 田辺: 太径鉄筋重ね継手の力学的性状に関する基礎研究、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集(5)、1972年、pp113~pp114
- 47-6 岡村, 松本: 太径鉄筋継手について、土木学会第27回年次学術講演会講演概要集(5)、1972年、pp115~pp118
- 48-1 池田尚治: 鉄筋の重ね継手とその改良、セメント・コンクリート、No. 321、1973年、pp18~pp22
- 48-2 阿部博俊他: 太径異形鉄筋(D38)重ね継手の力学的性状に関する研究、セメント協会技術年報73、1973年、pp428~pp433
- 48-3 池田尚治: 鉄筋の重ね継手に関する研究、セメント協会技術年報73、1973年、pp434~pp437
- 48-4 池田尚治: コンクリートの内部ひびわれを考慮した鉄筋の応力伝達について、土木学会第28回年次学術講演会講演概要集(5)、1973年、pp103~pp104
- 48-5 桜田, 町田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第2報 異形鉄筋D32の場合)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1973年、pp1353~pp1354
- 48-6 矢代, 桜田, 町田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第3報 異形鉄筋D41の場合) 日本建築学会大会学術講演梗概集、1973年、pp1355~pp1356
- 49-1 池田尚治: 重ね継手に関する実験、コンクリートジャーナル、1974年、pp71~pp76
- 49-2 池田尚治: 鉄筋とコンクリートの応力伝達とその複合特性について(特に重ね継手の複合特性について) 土木学会第29回年次学術講演会講演概要集(5)、1974年、pp1~pp2
- 49-3 後藤, 大塚, 竹沢: 太径異形鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会第29回年次学術講演会講演概要集、1974年、pp232~pp233
- 49-4 桜田, 町田: 重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第4報 異形鉄筋D41の場合)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1974年、pp1397~pp1398
- 50-1 白川潔: らせん筋で補強された太径鉄筋D51 重ね継手の強度、コンクリートライブラリー、No. 40、1975年、pp108~pp112
- 50-2 永井, 藤川: 補強金具を用いた重ね継手に関する実験的研究、コンクリートライブラリー、No. 40、1975年、pp102~pp107
- 50-3 門司剛至: 太径鉄筋D51の重ね継手の補強法に関する試験、土木学会第30回年次学術講演会講演概要集、1975年、pp319~pp320
- 50-4 池田, 柳田, 太田: 鉄筋の重ね継手の耐力に関する研究、土木学会第30回年次学術講演会講演概要集、1975年、pp341~pp342
- 50-5 小倉, 田中, 布施: 重ね継手を用いて打継ぎした鉄筋コンクリート柱の曲げ、せん断実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、1975年、pp1283~pp1284
- 51-1 大塚浩司: 異形鉄筋の重ね継手に関する研究(複合機構)、土木学会第31回年次学術講演会講演概要集、1976年、pp209~pp210
- 51-2 池田, 信田: 鉄筋の重ね継手の疲労特性に関する研究: 土木学会第31回年次学術講演会講演概要集、1976年、pp213~pp214
- 51-3 飯野, 秋元, 富沢: 施工条件を考慮した太径鉄筋の重ね継手に関する実験、土木学会第31回年次学術講演会講演概要集、1976年、pp211~pp212

- 51-4 小林, 山本: 接合部内に重ね継手を有する鉄筋コンクリートはり, 柱接合部加力実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、1976年、pp1467~pp1468
- 51-5 村田, 富田, 石渡: 重ね継手に用いる圧着式連結用補強金具に関する研究、土木学会第31回年次学術講演会講演概要集、1976年、pp219~pp220
- 52-1 池田, 堀田, 加島: 鉄筋の異種径重ね継手に関する研究、土木学会第32回年次学術講演会講演概要集、1977年、pp204~pp205
- 52-2 狩野, 太田, 石田: 橋脚軸方向鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会第32回年次学術講演会講演概要集、1977年、pp206~pp207
- 53-1 佐藤, 原, 村木: RCはりにおけるリバーコンD51の重ね継手に関する研究、土木学会第33回年次学術講演会講演概要集、1978年、pp375~pp376
- 53-2 太田, 森田, 和田: 重ね継手(D51)における離れの影響について、土木学会第33回年次学術講演会講演概要集、1978年、pp377~pp378
- 53-3 後藤, 大塚: 束ね鉄筋の重ね継手に関する研究、土木学会第33回年次学術講演会講演概要集、1978年、pp379~pp380
- 53-4 村田, 富田, 石渡: 圧着鋼管によって補強した重ね継手工法の研究、コンクリート工学論文、No. 78、1978年、pp121~pp130
- 54-1 大塚, 森: 束ね鉄筋の重ね継手の実用化に関する研究、土木学会第34回年次学術講演会講演概要集、1979年、pp365~pp366
- 54-2 神山, 岡部, 出頭: D32鉄筋の重ね継手に関する実験、土木学会第34回年次学術講演会講演概要集、1979年、pp372~pp373
- 54-3 矢代, 花井, 清水: 鉄筋コンクリートばりの継手の重ね長さに関する実験的研究(曲げ圧縮破壊との比較検討)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1979年、pp1221~pp1222
- 54-4 大塚, 堀口: 円筒重ね継手に関する実験、土木学会第34回年次学術講演会講演概要集、1979年、pp371
- 54-5 三浦, 阿部, 渡部: 極低温下における鉄筋コンクリートの性状に関する研究(重ね継手強度)、土木学会第34回年次学術講演会講演概要集、1979年、pp367~pp368
- 54-6 後藤, 三浦: 極低温下における鉄筋コンクリート部材の性質に関する研究、土木学会論文報告集第285号、1979年、pp121~pp134
- 54-7 樋口芳朗他: 重ね継手の緊結および補強方法と強度の関係、セメント技術年報、1979年、pp537~pp540
- 55-1 小杉雅男他: プレキャスト鉄筋コンクリートラーメン構造の開発研究(その2. 重ね継ぎ定着したPC基礎ばりの加力実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1980年、pp1773~pp1774
- 55-2 大塚雅生: 円筒重ね継手の膨脹材の効果について、土木学会第35回年次学術講演会講演概要集、1980年、pp82
- 55-3 後藤, 大塚: 引張を受ける異形鉄筋周辺のコンクリートに発生するひびわれに関する実験的研究、土木学会論文報告集第294号、1980年、pp85~pp100
- 55-4 辻正哲他: 重ね継手の新しい補強方法および緊結方法、セメント技術年報、1980年、pp382~pp384
- 56-1 大塚, 森: 引張鉄筋の重ね継手におけるフックの効果に関する実験的研究、土木学会第36回年次学術講演会講演概要集、1981年、pp222~pp223
- 56-2 太田, 服部, 菊池: エポキシ樹脂被服鉄筋の重ね長さについて、土木学会第36回年次学術講演会講演概要集、1981年、pp226~pp227
- 56-3 角田, 高橋: 異形鉄筋の重ね継手における定着付着強度に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集第38号、1981年、pp425~pp428
- 56-4 三浦, 長谷川: 極低温下における鉄筋の重ね継手強度に関する研究、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp253~pp256

- 56-5 出雲淳一他：各種鉄筋継手の集中度がRC梁の疲労特性に及ぼす影響について、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp257～pp260
- 56-6 大塚浩司：繰返し引張荷重を受ける重ね継手部の性状について、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp261～pp264
- 56-7 辻幸和他：重ね継手の補強方法に関する実験的研究、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp265～pp268
- 56-8 佐々木、大塚、堀口：円筒重ね継手のグラウト材について、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp269～pp272
- 56-9 角、長友、中村：異形鉄筋の割裂補強に関する基礎実験、セメント技術年報、1981年、pp428～pp430
- 56-10 矢代、桜田：束ね鉄筋の配筋形状に関する実験研究、第3回コンクリート工学年次講演会論文集、1981年、pp281～pp284
- 56-11 辻正哲他：重ね継手の補強方法とコンクリートの行き渡りについて、セメント技術年報、1981年、pp455～pp458
- 56-12 大塚、佐々木：円筒重ね継手の充てんモルタルについて、土木学会第36回年次学術講演会講演概要集、1981年、pp217
- 56-13 池田尚治：鉄筋コンクリート部材における鉄筋とコンクリートとの応力伝達に関する研究、土木学会論文報告集第307号、1981年、pp85～pp97
- 57-1 矢代、桜田：2本束ね鉄筋の重ね継手長さに関する研究、第4回コンクリート工学年次講演会論文集、1982年、pp285～pp288
- 57-2 榎本、二羽、岡村：重ね継手の集中度がRC梁の疲労特性に及ぼす影響、第4回コンクリート工学年次講演会論文集、1982年、pp289～pp292
- 57-3 小林肇他：プレキャスト部材の接合目地部における鉄筋の重ね継手に関する研究、第4回コンクリート工学年次講演会論文集、1982年、pp421～pp424
- 57-4 桜田、大木：束ね鉄筋の重ね継手長さに関する実験的研究（2本束ね鉄筋の場合）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1982年、pp1347～pp1348
- 57-5 太田、服部、菊池：エポキシ樹脂被服鉄筋の重ね長さについて、土木学会第37回年次学術講演会講演概要集、1982年、pp35～pp38
- 57-6 惣田、尾坂、石田：エポキシ樹脂注入による異形鉄筋重ね継手の補修効果について、土木学会第37回年次学術講演会講演概要集、1982年、pp39～pp40
- 57-7 妹島、三浦、阿部：極低温下における鉄筋の重ね継手強度に及ぼす横方向鉄筋の性質の影響について、土木学会第37回年次学術講演会講演概要集、1982年、pp41～pp42
- 57-8 鈴木、三浦、阿部：極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の影響、土木学会第37回年次学術講演会講演概要集、1982年、pp425～pp426
- 58-1 大塚浩司：引張鉄筋の重ね継手におけるフックの効果に関する研究、第5回コンクリート工学年次講演会論文集、1983年、pp381～pp384
- 58-2 三浦、妹島：極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の性質の影響、第5回コンクリート工学年次講演会論文集、1983年、pp385～pp388
- 58-3 塩尻弘雄他：連続地中壁継手部曲げ特性に関する研究、第5回コンクリート工学年次講演会論文集、1983年、pp397～pp400
- 58-4 藤井、森田：異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究－第2報 付着割裂強度算定式の提案、日本建築学会論文報告集第324号、1983年、pp45～pp53
- 58-5 太田、服部、福井：エポキシ樹脂被服鉄筋の重ね長さについて、土木学会第38回年次学術講演会講演概要集、1983年、pp33～pp34
- 58-6 大塚、佐々木：円筒重ね継手と硫黄モルタルの充填について、土木学会第38回年次学術講演会講演概要集、1983年、pp35～pp36

- 58-7 桜田, 小島: 添え筋を用いた重ね継手のひび割れ性状に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1983年、pp1911~pp1912
- 59-1 矢野, 中沢, 杉田: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その1 全体計画)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1765~pp1766
- 59-2 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その2 小型壁対角加力実験シリーズ)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1767~pp1768
- 59-3 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その3 中小型壁水平加力実験シリーズ・概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1769~pp1770
- 59-4 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その4 小型壁水平加力実験シリーズ)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1771~pp1772
- 59-5 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その5 中型壁水平加力実験シリーズ)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1773~pp1774
- 59-6 真岸徹他: 異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の効果に関する実験的考察、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年、pp423~pp424
- 59-7 太田, 服部, 福井: エポキシ樹脂被服鉄筋の重ね継手に及ぼす横方向鉄筋の影響について、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年、pp429~pp430
- 59-8 鈴木, 三浦, 阿部: 極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の影響、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年、pp425~pp426
- 59-9 村野, 三浦: 極低温下におけるコンクリートの引張破壊時の衝撃が鉄筋に及ぼす影響、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年、pp427~pp428
- 59-10 大塚, 佐々木: 円筒重ね継手について、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年、pp431~pp432
- 59-11 矢代, 桜田: 3本束ね鉄筋の重ね継手長さに関する研究、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984年、pp373~pp376
- 59-12 長沢, 内田, 岡田: 重ね継手部の高応力繰返し曲げ特性、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984年、pp377~pp380
- 59-13 遠藤達巳他: 重ね継手を有する合成断面はりの曲げ特性、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984年、pp381~pp384
- 59-14 矢代秀雄他: 束ね鉄筋の重ね継手長さに関する実験的研究(3本束ね鉄筋の場合)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1984年、pp1775~pp1776
- 60-1 田中, 大芳賀, 但木: SD50の重ね継手に関する実験研究(その1 -あき重ね継手の実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp597~pp598
- 60-2 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その6 フェーズII概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp583~pp584
- 60-3 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その7 壁板鉄筋両引実験シリーズ・実験概要)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp585~pp586
- 60-4 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その8 壁板鉄筋両引実験シリーズ・実験結果)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp587~pp588
- 60-5 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その9 壁板鉄筋両引実験シリーズ・パラメータ検討(1))、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp589~pp590
- 60-6 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その10 壁板鉄筋両引実験シリーズ・パラメータ検討(2))、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp591~pp592
- 60-7 矢野明義他: 太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究(その11 準大型壁水平加力実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、pp593~pp594

- 60-8 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その12 水平加力実験シリーズ比較検討）日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、 pp595～pp596
- 60-9 矢代、桜田、北堀：束ね鉄筋重ね継手部における横補強効果に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985年、 pp599～pp600
- 60-10 入沢、武田、小島：鉛直継手による地中壁の一体化に関する面外せん断実験（その8 J. BOX 内重ね継手のせん断補強について）、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年、 pp399～pp400
- 60-11 阿部浩幸他：乾式接着工法の開発に関する基礎的研究、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年、 pp401～pp402
- 60-12 鈴木、三浦：極低温下における鉄筋の重ね継手強度について、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 1985年、 pp403～pp404
- 60-13 高橋、角田：RCはりの重ね継手スターラップの効果について、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年、 pp405～pp406
- 60-14 大塚、佐々木：硫黄円筒重ね継手のひずみについて、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年、 pp407～pp408
- 60-15 実森、西堀：異形鉄筋の重ね継手における付着応力度分布と継手強度、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、1985年、 pp409～pp410
- 60-16 松田、阿部：交番荷重を受ける引張鉄筋の重ね継手に関する研究、セメント技術年報、1985年、 pp440～pp443
- 60-17 大塚、佐々木：硫黄円筒重ね継手の繰り返し応力の影響について、セメント技術年報、1985年、 pp444～pp446
- 61-1 田中、大芳賀：SD50の重ね継手に関する実験研究（その2 フックなしおよびフック付き継手）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp713～pp714
- 61-2 大芳賀、田中：SD50の重ね継手に関する実験研究（その3 中筋のあき重ね継手の実験）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp715～pp716
- 61-3 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その13 フェーズⅢ概要）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp727～pp728
- 61-4 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その14 フランジ壁板鉄筋両引実験 実験概要と結果）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp729～pp730
- 61-5 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その15 フランジ壁板鉄筋両引実験 D38 実験シリーズ パラメータ検討（1））、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp731～pp732
- 61-6 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その16 フランジ壁板鉄筋両引実験 D38 実験シリーズ パラメータ検討（2））、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp733～pp734
- 61-7 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その17 フランジ壁板鉄筋両引実験 D51 実験シリーズ）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp735～pp736
- 61-8 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その18 大型壁水平加力実験）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp737～pp738
- 61-9 矢野明義他：太径鉄筋継手の構造特性に関する実験的研究（その19 耐震壁における太径鉄筋重ね継手工法仕様の提案）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp739～pp740
- 61-10 小倉、亀田、佐々木：小径異形鉄筋を使用した重ね継手における重ね長さとの継手割合のRC部材の曲げ強度・剛性・靱性に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp703～pp704
- 61-11 矢代、桜田：束ね鉄筋重ね継手部の靱性の向上に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986年、 pp705～pp706
- 61-12 内田祐一他：重ね継手を有するRCリングの曲げ破壊性状に関する研究、第8回コンクリート工学年次講演会論文集、1986年、 pp589～pp592

- 61-13 田中, 大芳賀: 高強度鉄筋SD50の重ね継手に関する実験研究、第8回コンクリート工学年次講演会論文集 1986年、 pp593~pp596
- 61-14 岩淵, 村山, 林: 高強度軽量コンクリートにおける付着, 定着及び重ね継手強度、土木学会第41回年次学術講演会講演梗概集(5)、1986年、 pp331~pp332
- 62-1 角陸, 猿田: 高強度鉄筋コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その1 鉄筋両引実験結果)、日本建築学会関東支部研究報告集、1987年、 pp69~pp72
- 62-2 小野寺, 田中, 大芳賀: 重ね継手を持つはり部材の曲げせん断実験(その1 応力の大きい部分で継手した場合)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp139~pp140
- 62-3 小倉弘一郎他: 異形鉄筋重ね継手の強度・剛性及び靱性に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp141~pp142
- 62-4 角陸, 猿田: 高強度鉄筋コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その2 はりの純曲げ実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp143~pp144
- 62-5 矢代, 桜田, 藤本: 二本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp145~pp146
- 62-6 上原広他: SRC梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構に関する実験的研究(その1 梁主筋の重ね継手の継手長さ及びせん断補強筋量の効果)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp1185~pp1186
- 62-7 上原広他: SRC梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構に関する実験的研究(その2 重ね継手端部のフックの効果)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年、 pp1187~pp1188
- 62-8 海野, 棚村, 小島: 連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その1 重ね継手部耐力の基本的検討)、土木学会第42回年次学術講演会講演梗概集(5)、1987年、 pp270~pp271
- 62-9 梅原, 高旗, 岡野: 連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その2 添筋による補強型継手の場合)、土木学会第42回年次学術講演会講演梗概集(5)、1987年、 pp272~pp273
- 62-10 海野, 棚村, 永岡: 連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その3 帯鉄筋による補強型継手の場合)、土木学会第42回年次学術講演会講演梗概集(5)、1987年、 pp274~pp275
- 63-1 角陸純一: 異形鉄筋重ね継手の補強に関する研究、第10回コンクリート工学年次講演会論文集、1988年、 pp211~pp214
- 63-2 小倉弘一郎他: 板状部材における異形鉄筋重ね継手の強度・剛性及び靱性に関する実験的研究、第10回コンクリート工学年次講演会論文集、1988年、 pp195~pp200
- 63-3 上原広他: 鉄骨鉄筋コンクリート梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構、第10回コンクリート工学年次講演会論文集、1988年、 pp205~pp210
- 63-4 矢代, 桜田: 3本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性に関する実験的研究、第10回コンクリート工学年次講演会論文集、1988年、 pp183~pp188
- 63-5 越前谷, 小倉: 重ね継手を最大曲げモーメント点に設けた部材の曲げ強度及び剛性に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp343~pp344
- 63-6 田中, 大芳賀: 重ね継手の継手位置がはり部材の力学的性能に及ぼす影響に関する実験研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp345~pp346
- 63-7 杉田和直他: 太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究(その1 引抜き耐力実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp351~pp352
- 63-8 杉田和直他: 太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究(その2 両引き継手部分実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp353~pp354
- 63-9 杉田和直他: 太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究(その3 有限要素法によるシュミレーション解析)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp355~pp356
- 63-10 角陸純一: 高強度鉄筋コンクリート柱部材の重ね継手に関する実験研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年、 pp663~pp664

- 63-11 佐々木, 大塚: 乾燥砂を充てんした円筒重ね継手について、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、1988年、pp710~pp711
- 63-12 高橋, 角田: 異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の効果について、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、1988年、pp712~pp713
- 64-1 矢代, 桜田: 3本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性に関する実験的研究、第11回コンクリート工学年次講演会論文集、1989年、pp183
- 64-2 田中, 大芳賀: 鉄筋コンクリートはり主筋の重ね継手の継手位置に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集第396号、1989年、pp69

国外文献

- 55-1 J. Chinn, P. M. Ferguson, J. N. Thompson: Lapped Splices in Reinforced Concrete Beams, ACI Journal, Vol. 52, No. 2, October 1955, pp201~pp213
- 65-1 P. M. Ferguson, J. E. Breen: Lapped Splices for High Strength Reinforcing Bars, ACI Journal, Vol. 62 No. 9, September 1965, pp1063~pp1078
- 67-1 J. P. Colaco, C. P. Siess: Behavior of Splices in Beam-Column Connection, Journal of the Structural Division, October 1967, pp175~pp193
- 69-1 U. Behera, K. S. Rajagopalan: Two-Piece U-Stirrups in Reinforced Concrete Beams, ACI Journal, July 1969, pp522~pp524
- 71-1 P. M. Ferguson, K. S. Krishnaswamy: Tensile Lap Splices, Part 2 Design Recommendations for Retaining Wall Splices and Large Bar Splices, Research Report 113-3 Center for Highway Research, The University of Texas, April 1971, pp1~pp61
- 73-1 R. Tepfers: Theory of Bond Applied to Overlapped Tensile Reinforcement Splices for Deformed Bars, Publication 73:2, Division of Concrete Structures, Chalmers, University of Technology, Gotenborg, Sweden, 1973, pp1~pp328
- 75-1 A. Thompson, J. O. Jirsa, J. E. Breen, D. F. Meinhart: The Behavior of Multiple Lap Splices in Wide Sections, Research Report 154-1, Center for Highway Research, The University of Texas, January 1975, pp1~pp75
- 75-2 T. Reznansoff, Bufkin, Jirsa, J. E. Breen: The Performance of Lapped Splices under Rapid Loading, Research Report 154-2, Center for Highway Research, The University of Texas, January 1975, pp1~pp92
- 76-1 D. M. F. Orr: Lap Splicing of Deformed Reinforcing Bars, ACI Journal, Vol. 73, No. 11, November 1977, pp622~pp627
- 77-1 C. O. Orangun, J. O. Jirsa, J. E. Breen: A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices ACI Journal, Vol. 74, No. 3, March 1977, pp114 ~pp122
- 78-1 P. D. Arthur, J. W. Cairns: Compression Laps of Reinforcement in Concrete Columns, The Structural Engineer, March 1978, No. 1, pp9
- 78-2 M. Betzle: Bond Slip and Strength of Lapped Bar Splices, Douglas Mchenry International Symposium ACI, 1978. pp493
- 79-1 M. A. Thompson, J. O. Jirsa, J. E. Breen, D. F. Meinhart: Behavior of Multiple Lap Splices in Wide Sections, ACI Journal, Vol. 76, No. 2, February 1979, pp227~pp248
- 79-2 J. Cairns, P. D. Arthur: Strength of Lapped Splices in Reinforced Concrete Columns, ACI Journal, Vol. 76, No. 2, February 1979, pp277~pp296
- 80-1 R. Tepfers: Bond Stress along Lapped Reinforcing Bars, Magazine of Concrete Research, Vol. 32, No. 112, September 1980, pp135~pp142

- 80-2 J. D. Ochoa, A. E. Fiorato, W. G. Corley: Tension Lap Splices under Severe Load Reversals, Proceeding of the World Conference on Earth Engineering, September 1980, Vol. 7
- 81-1 T. Rezanoff, J. O. Jirsa, J. E. Breen: Lap Splices in Reinforced Concrete under Impact, ASCE, Vol. 107, No. ST8, August 1981, pp1611~pp1628
- 82-1 R. Tepfers: Lapped Tensile Reinforcement Splices, ASCE, Vol. 108, No. ST1, January 1982, pp283~pp301
- 82-2 K. Lukose, P. Gergely, R. N. White: Behavior of Reinforced Concrete Lapped Splices for Inelastic Cyclic Loading, ACI Journal, September-October 1982, pp355~pp365
- 82-3 T. Paulay: Lapped Splices in Earthquake Resisting Columns, ACI Journal, November-December 1982, pp458~pp469
- 83-1 J. D. A. Ochso: Earthquake Resistant Tensile Lap Splices, ASCE, Vol. 109, No. 4, April 1983, pp843~pp858
- 83-2 B. Sivakumar, P. Gergely, R. N. White: Suggestions for Design of R/C Lapped Splices for Seismic Loading, Concrete International, February 1983, pp46~pp50
- 85-1 J. Cairns: Strength of Compression Splices A Reevaluation of Test Data, ACI Journal, July-August 1985, pp510
- 88-1 T. Rezanoff, J. A. Zaccaruc, R. Topping: Tensile Lap Splices in Reinforced Concrete Beams under Inelastic Cyclic Loading, ACI Structural Journal, January-February 1988, pp46~pp52
- 90-1 R. C. B. Judge, R. H. Scott, P. A. T. Gill: Strain and bond stress distribution in tension lap joints in reinforced concrete, Magazine of Concrete Research, 1990, 42, No. 150, Mar. 5-14 pp5~pp14
- 91-1 V. E. Sagan, P. Gergely, R. N. White: Behavior and Design of Noncontact Lap Splices Subjected to Repeated Inelastic Tensile Loading, ACI Structural Journal, July-August 1991, pp420~pp431
- 92-1 N. Panahshahi, R. N. White, P. Gergely: Reinforced Concrete Compression Lap Splices under Inelastic Cyclic Loading, ACI Structural Journal, March-April 1992, pp164~pp175

発 表 論 文

1 本研究に直接関係する発表論文

- 1) 田中, 角陸: 「異形鉄筋重ね継手に関する既往実験データの分析」
日本建築学会構造系論文集, 第435号, pp131-139, 1992.5
- 2) 角陸純一: 「高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手の性状に関する研究」
日本建築学会構造系論文集, 第453号, pp123-130, 1993.11
- 3) 角陸純一: 「高強度コンクリートを用いた重ね継手の付着割裂破壊に対する横補強筋の影響に関する研究」 日本建築学会構造系論文集, 第455号, 1994.1
- 4) 角陸純一: 「高強度太径鉄筋壁筋重ね継手の付着割裂強度に関する研究」
日本建築学会構造系論文集, 第456号, 1994.2
- 5) 角陸純一: 「高強度鉄筋コンクリート部材中の重ね継手性能へのかぶりコンクリートの影響に関する研究」 日本建築学会構造系論文集, 投稿中
- 6) 角陸純一: 「異形鉄筋重ね継手の付着割裂強度に関する研究」
日本建築学会構造系論文集, 投稿予定
- 7) 杉田, 角陸, 竹内, 鳥田: 「面外力を受ける壁板鉄筋重ね継手に関する実験研究(その1 研究の概要)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986.8, pp311-312
- 8) 杉田, 角陸, 竹内, 姫野: 「面外力を受ける壁板鉄筋重ね継手に関する実験研究(その3 壁板面外加力実験)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986.8, pp315-316
- 9) 角陸, 猿田: 「高強度鉄筋コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その2 はりの純曲げ実験)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1987.10, pp143-144
- 10) 松本, 太田, 角陸: 「高強度せん断補強筋のRC耐震壁への適用性に関する研究(その6 太径鉄筋重ね継手実験)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989.10, pp577-578
- 11) 隈澤, 桜田, 角陸, 杉田, 田中: 「鉄筋コンクリート造における鉄筋継手に関する研究(その2 重ね継手の既往実験データの検討Ⅰ)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990.10, pp669-670
- 12) 田中, 角陸, 隈澤, 桜田, 杉田: 「鉄筋コンクリート造における鉄筋継手に関する研究(その3 重ね継手の既往実験データの検討Ⅱ)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990.10, pp671-672
- 13) 桜田, 隈澤, 角陸, 杉田, 田中: 「鉄筋コンクリート造における鉄筋継手に関する研究(その4 重ね継手の内外規準の比較)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1990.10, pp673-674
- 14) 角陸, 小林, 市之瀬, 田中: 「在来鉄筋継手を全数継手で用いる場合の継手性能評価に関する研究(その4 重ね継手に関する諸外国データの分析)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993.9, pp43-44
- 15) 小林, 角陸, 市之瀬, 田中: 「在来鉄筋継手を全数継手で用いる場合の継手性能評価に関する研究(その5 重ね継手実験方法の違いによる結果の評価)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993.9, pp45-46
- 16) 角陸, 猿田: 「高強度鉄筋コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その1

- 鉄筋両引実験結果)」 日本建築学会関東支部研究報告集, 1987年、pp69-72
- 17) 角陸純一: 「高強度鉄筋コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究」
清水建設研究報告, 第46号、1987.10、pp67-73
- 2 本研究に関連する発表論文
- 1) 杉田, 角陸, 竹内, 鳥田: 「太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その2 小型壁対角加力実験シリーズ)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1984.10, pp1767-1768
- 2) 江頭, 杉田, 角陸, 鳥田: 「太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 1 準大型壁水平加力実験)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1985.10, pp593-594
- 3) 杉田, 鳥田, 角陸, 竹内: 「太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 2 水平加力実験シリーズの比較検討)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1985.10, pp595-596
- 4) 矢野, 山口, 東端, 角陸, 宇佐美: 「太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 5 フランジ壁板鉄筋両引実験 D38実験シリーズ パラメータ検討(1))」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986.8, pp731-732
- 5) 最上, 矢野, 杉田, 東端, 角陸, 小池, 宇佐美: 「太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 9 耐震壁における太径鉄筋重ね継手工法仕様の提案)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986.8, pp739-740
- 6) 杉田, 角陸, 竹内, 姫野: 「面外力を受ける壁板鉄筋重ね継手に関する実験研究(その2 壁板面外面内加力実験)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1986.8, pp313-314
- 7) 角陸純一: 「高強度鉄筋コンクリート柱部材の重ね継手に関する実験研究」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1988.10, pp663-664
- 8) 角陸, 熊谷: 「高強度鉄筋コンクリートの付着性状に関する実験(その1 コンクリート強度の影響)」 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989.10, pp349-350
- 9) 角陸, 熊谷: 「高強度鉄筋コンクリートの付着割裂強度に関する研究」 日本建築学会関東支部研究報告集, 1990年度, pp65-68
- 10) 角陸純一: 「異形鉄筋重ね継手の補強に関する研究」 コンクリート工学年次論文報告集, 1988, 10-3, pp211-214
- 11) 角陸純一: 「重ね継手を有する高強度鉄筋コンクリート柱部材の構造特性に関する研究」 コンクリート工学年次論文報告集, 1990, 12-2, pp399-404
- 12) 別所, 角陸: 「鉄筋継手の種類と力学的性状」 コンクリート工学・解説Vol. 29, No. 12, 1991.12, pp20-32
- 13) 角陸純一: 「特集いまだから知りたい鉄筋継手のすべて(各種鉄筋継手の特徴 1) 重ね継手)」 建築技術, 1992.02, pp77-80
- 14) Kadoriku, Sugita, Yano: 「Experimental study on lapped splices in shear wall」 TRANSACTIONS OF THE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL MECHANICS IN REACTOR TECHNOLOGY, Volume H Concrete and Concrete Structures, 17-21 AUGUST 1987, pp493-498

記 号

本論文で用いる記号を以下に示す。

なお、既往文献から引用した式中の記号は下記の記号とは関係なく、文献に示す記号を用いる。

A_{st} : 1組の横補強筋断面積	N : 継手本数
a : 鉄筋の断面積	P : 曲げ荷重
b : 曲げ材の幅	p_w : 横補強筋比
b_i : 割裂パターンの判定する尺度	R : 相関係数
b_{vi} : 表面割裂型付着割裂破壊	S : 鉄筋（継手筋）中心間隔
b_{ci} : 隅角部割裂型付着割裂破壊	s : 横補強筋間隔
b_{si} : 側面割裂型付着割裂破壊	S_c : 鉄筋の表面間距離
C : 表面かぶり厚さ	s_c : 継手筋間のあき間隔
C_b : 底面かぶり厚さ	T : 鉄筋引張荷重
C_s : 側面かぶり厚さ	\bar{x} : 平均値
C_{min} : 最小かぶり厚さ	δ : 曲げ材のたわみ量
D : 試験体のせい	両引実験検長間変形量
d : 曲げ材の有効せい	δ_f : 両引実験自由端変形量
d_b : 鉄筋の呼び名に用いた数値	δ_y : 鉄筋降伏時変形量
F_c : コンクリート打設時目標強度	δ_u : 最大荷重時変形量
ただし、既往式では圧縮強度	ϕ : 鉄筋の周長
f_c : 引張りひびわれ発生時鉄筋応力	ϕ : 横補強筋径
f_s : 付着ひびわれ発生時鉄筋応力	σ_B : コンクリート圧縮強度
f_t : 鉄筋応力	σ_n : 標準偏差
f_v : 鉄筋の降伏点	τ : 付着応力度
f_u : 最大鉄筋応力	τ_u : 付着割裂強度
j : 曲げ材の応力中心距離	τ_u : 付着割裂強度実験値
K : 曲げ材の剛性	ε : 鉄筋のひずみ量
k : 横補強筋の拘束程度を表す係数	τ_{co} : 横補強筋の無い場合の付着割裂強度
ℓ_s : 継手の重ね長さ	τ_{st} : 横補強筋による付着割裂強度増分
M : 曲げモーメント	

付録1 付着・定着及び重ね継手に関する国内・国外の設計規準に関する調査

目 次

1. はじめに	127
2. 規準の概要	127
3. 付着・定着に関する規定	149
4. 重ね継手に関する規定	154
5. まとめ	158

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物は鉄筋とコンクリートが一体となって外力に抵抗するものと考えられ、鉄筋とコンクリートとの間に高い付着性能が要求される。

近年、鉄筋コンクリート構造物の高層化・巨大化に伴い、太径鉄筋や高強度鉄筋が使用される傾向にあるが、鉄筋1本当当たりの力が大きくなるため、付着の面ではより厳しい状態になることが予想される。このような理由から、太径鉄筋や高強度鉄筋の付着・定着及び重ね継手に関する種々の研究が行われている。現行の設計規準は既往の研究成果を反映したものであり、それらの内容と設計上での適用限界等を明らかにすることは今後の研究に役立つものと考ええる。

各国の設計規準はそれぞれの国の技術水準や支配的となる外力の種類の違いにより異なっているものと考えられるので、単純な比較は困難であるが、ここでは、付着・定着及び重ね継手に関する国内外の設計規準について、一般的な見地からその内容を把握するとともに、各規準の規定を比較検討し、我が国の現行設計規準の位置づけを行う。

2. 規準の概要

付着・定着及び重ね継手に関する国内外の設計・施工規準として表-1に示すものについて調査を行った。各規準については表-2から表-8にその概要を示す。表中では、定着長さや重ね長さに関する規定、その他の主要な規定をまとめて示しているが、単位は国内規準に関しては kg/cm^2 及び cm 、国外規準に関しては MPa 及び mm 表示にしている。

表-1 調査した国内・国外の設計・施工規準の一覧

○ 国内

- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (1988), 6条, 17条 日本建築学会
- ・鉄筋コンクリート造建物の終局強度型 耐震設計指針 (案), 6章, 7章
日本建築学会
- ・コンクリート標準示方書設計編 (昭和61年), 10章 土木学会

○ 国外

- ・Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83),
american concrete institute
- ・Proposed Revisions to : Building Code Requirements for Reinforced
Concrete (ACI 318-83) (Revised 1986), ACI Committee 318
- ・New Zealand Standard : Code of Practice for the Design of Concrete
Structures. (NZS 3101, Part 1, 1982), standards association of New
Zealand
- ・British Standard : Structural use of concrete. (BS 8110-1985) Part 1.
Code of practice for design and construction. British Standards
Institution
- ・German Standard din 1045 ; Beton und Stahlbeton : Bemessung und
Ausführung (1988)p German Committee for Reinforced Concrete
- ・CEB-FIP Model Code for Concrete Structures (1978), CEB-FIP
International Recommendations

○ その他

- ・建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 鉄筋コンクリート工事 (1986),
10章 日本建築学会
- ・建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 N 原子炉発電所施設における鉄
筋コンクリート工事 (1985), 9章 日本建築学会

○ 曲げ材の引張鉄筋の付着応力度の算定は次式による。

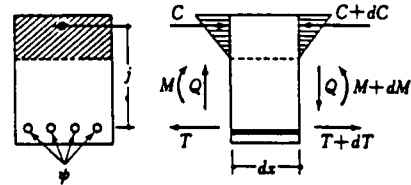
$$\tau_a = \frac{Q}{\phi j} \leq f_a$$

Q : 設計用せん断力

j : 曲げ材の応力中心距離
(7/8 d)

ϕ : 引張鉄筋周長の総和

f_a : 許容付着応力度



○ 曲げ材の引張鉄筋の算定断面位置よりスパン途中の鉄筋端までの付着長 l_d は次式による。

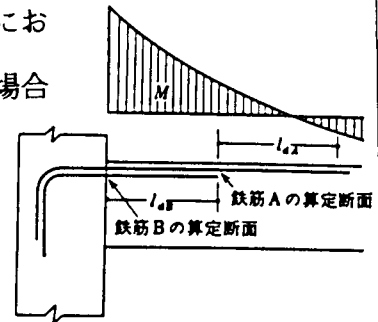
$$l_d \geq \frac{\sigma_s \cdot a}{0.8 f_a \cdot \phi} + j$$

l_d : 算定断面位置から鉄筋端までの長さ

σ_s : 曲げ材引張鉄筋の算定断面位置における引張応力度フックを設ける場合にはその値の 2/3倍とできる

a : 鉄筋断面積

j : 曲げ材の応力中心距離 (7/8 d)



○ 鉄筋の仕口への定着長さ及び重ね継手長さは次式により算定する。

$$l \geq \frac{\sigma_s \cdot a}{f_a \cdot \phi}$$

l : 定着又は重ね継手の長さ, フックを除いた長さとする

σ_s : 定着又は継手部分の鉄筋の最大存在応力度

鉄筋の許容応力度をとることを原則とするが,

フックを設ける場合にはその値の 2/3倍とできる

a : 鉄筋断面積

○ 鉄筋のコンクリートに対する許容応力度 f_s (kg/cm^2) は下表の通り

	長期		短期
	上端筋	その他の鉄筋	
丸鋼	$\frac{4}{100} F_c$ かつ 9 以下	$\frac{6}{100} F_c$ かつ 13.5 以下	長期に対する 値の 1.5 倍
異形鉄筋	$\frac{1}{15} F_c$ かつ $(9 + \frac{2}{75} F_c)$ 以下	$\frac{1}{10} F_c$ かつ $(13.5 + \frac{1}{25} F_c)$ 以下	

- [注] (1) 上端筋とは、曲げ材にあって、その鉄筋の下に30cm以上のコンクリートが打ち込まれる場合の水平鉄筋をいう。
 (2) F_c は、コンクリートの設計規準強度 (kg/cm^2) を表す。
 (3) 異形鉄筋で、その鉄筋までのコンクリートかぶり厚さが鉄筋の径の 1.5 倍未満の場合には、その鉄筋の許容付着応力度は、この表の値に、「かぶり厚さ/鉄筋径の 1.5 倍」を乗じた値とする。

○ 定着及び継手の最小限長さは下表の通り

表 10 定着・継手の最小限長さ

鉄筋		コンクリートの設計 基準強度	250 kg/cm^2 以下		250 kg/cm^2 を超えるもの	
			フックなし	フック付き	フックなし	フック付き
丸鋼	SR 24 SRR 24		-	25 d	-	20 d
	SR 30		-	30 d	-	25 d
異形鉄筋	SDR 24		20 d	15 d	15 d	10 d
	SD 30 A SD 30 B SDR 30		25 d	20 d	20 d	15 d
	SD 35 SDR 35		30 d	20 d	25 d	15 d
	SD 40		35 d	25 d	30 d	20 d

[注] d は丸鋼では直径、異径鉄筋では呼び名に用いた数値 (mm) で、 d の異なる鉄筋の継手においては細いほうの値とする。

○ その他

- ・直径が28mm以上の丸鋼またはD29以上の異形鉄筋においては、通常の場合は重ね継手を用いないものとする。

○ 設計用付着応力度の算定式は①の式による。ただし、一端のみに降伏ヒンジを計画するかヒンジを計画しない場合は、①または②式の小さいほうとする。

$$\tau_v = d_b \Delta \sigma / \{4(L-d)\} \quad \dots\dots\dots ①$$

$$\tau_v = b P_w \sigma_w \cot \phi / \Sigma \phi \quad \dots\dots\dots ②$$

ここで、 d_b : 主筋径

$\Delta \sigma$: 部材両端部の主筋の
応力度差

L : 部材の内法長さ

d : 部材の有効せい

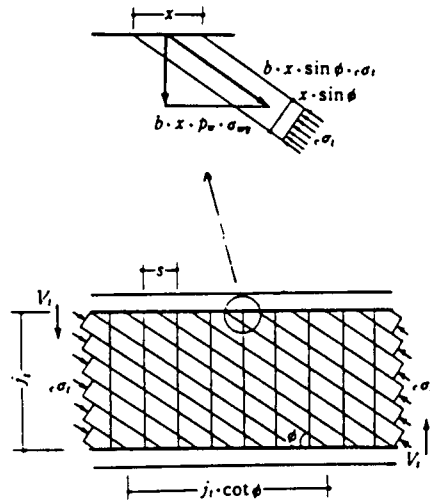
b : 部材の幅

P_w : せん断補強筋比

σ_w : せん断補強筋強度

ϕ : コンクリート圧縮束
の角度

$\Sigma \phi$: 鉄筋周長



○ 柱はりの付着強度の算定は③式または④式による。

$$\tau_{b,u} = (1.2 + 5 P_w b / d_b) \sqrt{\sigma_B} \quad \dots\dots\dots ③$$

$$\tau'_{b,u} = (0.4 b_i + 0.5) \sqrt{\sigma_B} + \tau_{s,i} \quad \dots\dots\dots ④$$

$$\tau_{s,i} = 50 A_w \sqrt{\sigma_B} / (S \cdot d_b) \quad \dots\dots\dots \text{コーナー割裂}$$

$$\tau_{s,i} = \{ (20/N_i + 5N_u/N_i + 15N_s/N_i) P_w' b \sqrt{\sigma_B} \} / d_b \quad \dots\dots\dots \text{全割裂}$$

σ_B : コンクリート強度

b_i : 付着割裂破壊の形式より定まる係数

($b_{c,i}$ と $b_{s,i}$ の小さい方)

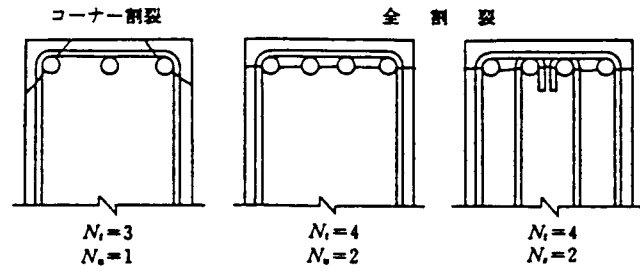
$$b_{c,i} = (2 \sqrt{2} d_c - d_b) / d_b$$

$$b_{s,i} = (b - \Sigma d_b) / \Sigma d_b$$

A_w : 横補強筋断面積

S : 横補強筋間隔

N : 主筋本数



○ 鉄筋の定着長 l_o は、基本定着長 l_d 以上でなければならない。 $A_s > A_{sc}$ の場合は次式により l_o を低減してもよい。

$$l_o = l_d (A_{sc}/A_s) \text{ かつ, } l_o \geq l_d/3$$

$$\text{ここに, } l_d = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \frac{f_{yd}}{4 f_{b0d}} \phi$$

l : 定着長

f_{yd} : 鉄筋の設計引張降伏強度

(SD35 : 3500, SD40 : 4000, SD50 : 5000kgf/cm²)

l_d : 基本定着長

f_{b0d} : コンクリートの設計付着強度

$$f_{b0d} = 0.6 f'_{ck}{}^{2/3} / \gamma_c \text{ ただし } f_{b0d} \leq 33\text{kg/cm}^2$$

f'_{ck} : コンクリートの設計基準強度

γ_c : コンクリートの材料係数, $\gamma_c = 1.3$

ϕ : 鉄筋径

A_{sc} : 計算上の必要鉄筋量

A_s : 実際に配置される鉄筋量

適用係数は以下の通り

α_1 : 圧縮鉄筋と引張鉄筋の差の影響を表わす係数

$$\alpha_1 = 1.0 \text{ (引張)}, 0.8 \text{ (圧縮)}$$

α_2 : 部材断面に於ける鉄筋位置の影響を表わす係数

$$\alpha_2 = 1.3$$

{ 打込終了面から30cm以内のコンクリートに、水平から45°以内の角度で鉄筋を配置する場合。 }

1.0 (その他)

α_3 : 被りと横方向筋の影響を表わす係数

$$\alpha_3 = 1.0 \text{ (} k_c \leq 1.0 \text{)}$$

$$0.9 \text{ (} 1.0 < k_c \leq 1.5 \text{)}$$

$$0.8 \text{ (} 1.5 < k_c \leq 2.0 \text{)}$$

$$\alpha_3 = 0.7 \quad (2.0 < k_c \leq 2.5)$$

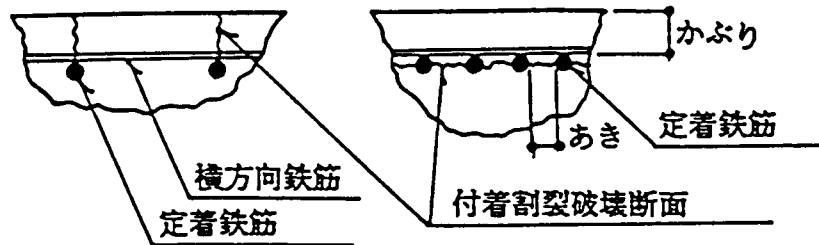
$$0.6 \quad (2.5 < k_c \quad)$$

$$k_c = C / \phi + 15 A_t / (S \cdot \phi)$$

C : 定着鉄筋のかぶりと、鉄筋間のあきの 1/2 のうち小さい方の値。何れか小さい方に付着割裂破壊断面が現れると仮定する。

A_t , S : 仮定した付着割裂破壊断面に垂直な横方向鉄筋の断面積及び鉄筋間隔

単位 : kgf, cm



- 重ね継手の重ね合せ長さは、基本定着長 l_d 以上でなければならない。
- $A_s < 2 A_{sc}$ かつ同一断面の継手の割合が 1/2 より大きい場合、重ね長さは、 $1.3 l_d$ 以上とし、継手部を横筋で補強しなければならない
 - $A_s < 2 A_{sc}$ かつ同一断面の継手の割合が 1/2 より大きい場合、重ね長さは、 $1.7 l_d$ 以上とし、継手部を横筋で補強しなければならない。
 - 低サイクル疲労を受ける場合、重ね長さは $1.7 l_d$ 以上とし、フックを設けるとともに、継手部をらせん筋等で補強しなければならない。
 - 重ね長さは 20ϕ 以上とする。

表-4a ACI規準 [Building Code Requirements for Reinforced Concrete]
(ACI 318-83)

○ 引張力を受ける異形鉄筋の定着長

定着長 l_d は①の基本定着長に②の適用係数を乗じて求める。さらに③の緩和係数を乗じてよい。

但し、④の最小規定以上の長さとしなければならない。

① 基本定着長 l_{db}

#35鉄筋以下 $l_{db} = 0.02 A_b \cdot f_y / \sqrt{f'_c}$
但し、 $0.06 d_b f_y$ 以上

#45鉄筋 $l_{db} = 26 f_y / \sqrt{f'_c}$

#55鉄筋 $l_{db} = 34 f_y / \sqrt{f'_c}$

{ 但し、 l_{db} : 基本定着長 (mm) A_b : 鉄筋1本の断面積 (mm^2)
 f_y : 鉄筋の規格降伏点 (MPa) d_b : 鉄筋の公称径 (mm)
 $\sqrt{f'_c}$: コンクリートの設計基準強度の平方根 (MPa) }

② 適用係数

曲げ材上端筋 1.4

[鉄筋下に 300mm以上のコンクリートが打設される水平鉄筋]

$f_y \geq 400\text{MPa}$ $2 - (400 / f_y)$

③ 適用係数 (鉄筋の配置による緩和)

鉄筋間隔 : 鉄筋の中心間隔が 150mm以上で、かつ

部材側面のかぶりが70mm以上の場合 0.8

余剰鉄筋 : 曲げ材で必要鉄筋量より余分に配筋されている場合

..... $(\text{必要な } A_s) / (\text{実際の } A_s)$

A_s : 引張鉄筋の断面積

スパイラル筋 : 径 5 mm以上、ピッチ 100mm以下

のスパイラル筋で囲んだ場合 0.75

④ 最小規定

$l_d \geq 300\text{mm}$

○ 圧縮力を受ける異形鉄筋の定着長

定着長 l_d は①の基本定着長に②の適用係数を乗じて求める。但し③の最小規定以上の長さとしなければならない。

① 基本定着長 l_{db}

$$l_{db} = 0.25 d_b \cdot f_y / \sqrt{f'_c} \text{ 但し, } 0.04 d_b \cdot f_y \text{ 以上}$$

② 適用係数（鉄筋の配置による緩和）

余剰鉄筋：必要鉄筋量より余分に配筋されている場合

$$\dots\dots\dots (\text{必要な } A_s) / (\text{実際の } A_s)$$

スパイラル筋：径 5 mm 以上, ピッチ 100 mm 以下の

$$\text{スパイラル筋で囲んだ場合} \dots\dots\dots 0.75$$

③ 最小規定

$$l_d \geq 200 \text{ mm}$$

○ フックを有する場合の定着長

標準フックを有する異形鉄筋の定着長 l_{dh} は、①の基本定着長さ l_{db} に②の適用修正係数を乗じて求める。

ただし、 $l_{dh} \geq 8 d_b$ or 150 mm

① 基本定着長 l_{db}

$$f_y = 400 \text{ MPa なるフック鉄筋} \dots\dots\dots l_{db} = 100 d_b / \sqrt{f'_c}$$

② 適用定数

• $f_y = 400 \text{ MPa}$ 以外の鉄筋 $\dots\dots\dots f_y / 400$

• 標準フックの横かぶりが 60 mm 以上, 90° フックの場合余長部のかぶりが 50 mm 以上である #35 以下の鉄筋 $\dots\dots\dots 0.7$

• $3 d_b$ 以下の間隔のスターラップやフープで囲まれている #35 以下の鉄筋 $\dots\dots\dots 0.8$

• 必要鉄筋量以上に配筋されている場合 $\dots\dots\dots \text{必要な } A_s / \text{実際の } A_s$

○ 重ね継手の一般事項

- ・ #11 (35.8mm) より太い鉄筋に重ね継手を使用すべきではない
- ・ 曲げ部材中の重ね継手のあきは重ね長さの 1/5 または 150mm 以下とする

○ 引張力を受ける異形鉄筋の重ね継手

- ・ 継手種別と最小重ね長さ

継手筋の割合と鉄筋量により表のように3クラスに分けられ、各クラスごとに以下のように最小重ね長さを決める。ただし、300mm以上とする。

クラスA継手	1.0 l_d
クラスB継手	1.3 l_d
クラスC継手	1.7 l_d

実際の A_s	所要重ね長さ内で継がれた A_s の最大 %		
	50	75	100
必要な A_s			
2以上	クラスA	クラスA	クラスB
2未満	クラスB	クラスC	クラスC

○ 圧縮力を受ける異形鉄筋の重ね継手

- ・ 重ね長さは圧縮定着長さ l_d 以上とする
- ・ $f_y \geq 400\text{MPa}$ の鉄筋の場合 ... $l_d \geq 0.07 f_y d_b$ (0.13 $f_y - 24$) d_b
ただし $l_d \geq 300\text{mm}$
- ・ $f'_c \geq 20\text{MPa}$ のコンクリートの場合 ... 重ね長さを 1/3倍増加

表-5 New Zealand Standard : Code of Practice for the Design of
Concrete Structure, NZS 3101. Part1. 1982

○ 引張り力を受ける異形鉄筋の定着長

定着長さ l_d は①の基本定着長さに②の適用修正係数を乗じて求める。

ただし, $l_d \geq 300\text{mm}$ とする。

① 基本定着長 l_d

(a) かぶりが40mm以上, 鉄筋間隔が 100mm以上の場合

$$l_{d_b} = 20 d_b \quad \dots d_b \leq 20\text{mm} \text{ かつ } f'_c \geq 20\text{MPa}$$

$$l_{d_b} = 7.6 A_b / \sqrt{f'_c} \quad \dots d_b > 20\text{mm}$$

(b) かぶりが40mm以下

$$l_{d_b} = 200 d_b / \sqrt{f'_c} \quad \dots \text{鉄筋間隔} \geq 80 d_b$$

$$l_{d_b} = 400 (d_b - 11) / \sqrt{f'_c} \quad \dots \text{鉄筋間隔} \geq 80\text{mm}$$

(c) (a)の制限が満足されない場合

$$l_{d_b} = \frac{380 A_b}{C \sqrt{f'_c}}$$

$$C \leq 3 d_b$$

d_b : 鉄筋公称径 (mm)

A_b : 鉄筋一本の断面積 (mm^2)

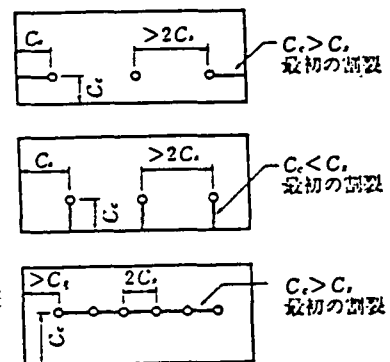
f'_c : コンクリートの圧縮強度 (MPa)

C : C_c と C_s の小さい方 (mm)

C_c : 引張量外線から鉄筋中心までの距離

C_s : 鉄筋中心とコンクリート表面までの

距離と鉄筋中心間距離の半分のうち小さい方



② 適用係数

(a) $f_y \geq 275\text{MPa}$ なる鉄筋 $\dots f_y / 275$

(b) 鉄筋下にコンクリートが
300 mm以上打設される水平上端筋 $\dots 1.3$

(c) 曲げ部材で必要量以上に鉄筋が
配筋されている場合 $\dots A_{s,r} / A_{s,p}$

(d) 定着部の外側に3本以上の直交筋

が配筋される場合 …… 1.0 or $\frac{C}{C+K_{tr}}$

f_y : 鉄筋の降伏強度 (MPa)

A_{sr} : 必要曲げ鉄筋断面積 (mm^2)

A_{sp} : 実際の曲げ鉄筋断面積 (mm^2)

K_{tr} : 定着部の横筋指標 = $\frac{A_{tr} f_{yt}}{10S}$ (mm)

A_{tr} : 最外引張線を含むコンクリート面に直交する割裂面を横切る間隔 S 内の横筋断面積か、間隔 S 内の鉄筋層に直交する横筋の全面積を n で除したもののうち小さい方、スパイラルで配筋されている場合は A_s

f_{yt} : 横筋の降伏点

S : l_d 内の横筋間隔

○ 圧縮力を受ける異形鉄筋の付着長さ

定着長さ l_d は①の基本定着長さに②の適用修正係数を乗じて求める。

ただし、 $l_d \geq 200\text{mm}$ とする。

① 基本定着長 l_{db}

$$l_{db} = 0.24 d_b f_y / \sqrt{f'_c} \geq 0.044 d_b f_y$$

② 適用修正係数

必要鉄筋量以上に配筋されている場合 A_{sr} / A_{sp}

3本以上のスパイラル筋又は矩形フープがある場合 …… 0.75

$$\frac{A_{tr}}{S} \geq \frac{A_b}{1000}$$

○ フックを有する場合の定着長

引張力を受ける場合標準フックを有する異形鉄筋の定着長さ l_{dn} は、基本定着長さ l_{db} と適用係数の積として求められる。

ただし、 $l_{dn} \geq 8 d_b$ or 150mm

① 基本定着長さ l_{nb}

$$l_{nb} = \frac{66 d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

② 適用係数

(a) $f_y \geq 275\text{MPa}$ なる鉄筋 …… $f_y/275$

(b) 標準フック面に直交する横かぶりが60mm以上か90°フックの
余長部のかぶりが40mm以上である32mm以下の鉄筋 …… 0.7
スターラップ又は最大間隔 $6 d_b$ 以下のフープで拘束され …… 0.8

$$\frac{A_{sr}}{s} \geq \frac{A_b}{1000} \text{ の場合}$$

(c) 曲げ部材で必要量以上の鉄筋が配筋される場合 …… A_{sr}/A_s

○ 引張力を受ける異形鉄筋の重ね長さ l

最小長さは、引張力を受ける場合の付着長さ l_d とする。

○ 圧縮力を受ける異形鉄筋の重ね長さ l

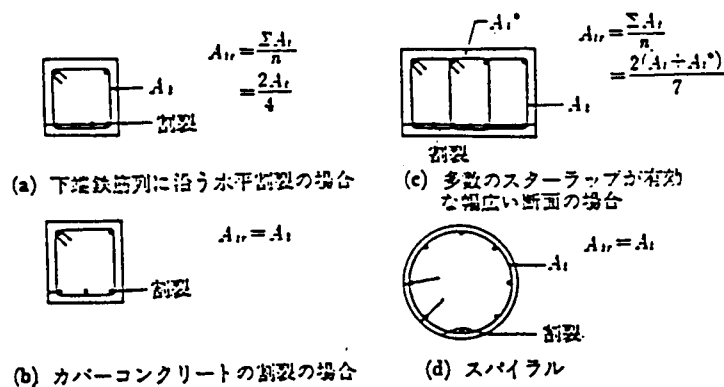
最小長さは、圧縮力を受ける場合の付着長さ l_d とする。

ただし、

$$f_y \leq 415\text{MPa} \quad l \geq 0.073 f_y d_b \geq 300\text{mm}$$

$$f_y > 415\text{MPa} \quad l \geq (0.13 f_y - 24) d_b \geq 300\text{mm}$$

$f'_c < 20\text{Ma}$ の場合、重ね長さを 1/3増す。



- 定着部の付着応力度の設計用値は次式によって与えられる。

$$f_b = F_s / \pi \phi_e \ell$$

f_b : 付着応力度

F_s : 鉄筋の力

ϕ_e : 鉄筋径

ℓ : 定着長さ

- 定着部の終局付着応力度の設計用値は次式によって与えられる。

$$f_{b,u} = \beta \sqrt{f_{c,u}}$$

$f_{b,u}$: 設計用終局付着応力度

β : 鉄筋タイプによる係数

$f_{c,u}$: コンクリート強度

(単位 N/mm^2)

Bar type	β	
	Bars in tension	Bars in compression
Plain bars	0.28	0.35
Type 1 : deformed bars	0.40	0.50
Type 2 : deformed bars	0.50	0.63
Fabric (see 3.12.8.5)	0.65	0.81

- フックの有効定着長さ

フックの有効定着長さは、折曲げ部の始点から折曲げ部の終点を鉄筋径の4倍の長さだけ超えた点までの鉄筋と定着に対して等価な真直な鉄筋の長さとする。

この有効定着長さは、次のようにとつてもよい。

- a. 180° フック : (1)フックの曲げ内半径の8倍で鉄筋径の24倍以下、もしくは
(2)直線部を含むフック部の実際の鉄筋長さのうち大きい方

- b. 90° フック : (1)フックの曲げ内半径の 4 倍で鉄筋径の12倍以下, もしくは(2)鉄筋の実際の長さのうち大きい方。鉄筋径の 4 倍だけ折曲げ部を超えた部分の鉄筋, また鉄筋の定着が期待されるコンクリート部にある鉄筋の長さも含めてよい。

Table 3.29 Ultimate anchorage bond lengths and lap lengths as multiples of bar size					
Reinforcement type	Grade 250 plain	Grade 460			
		Plain	Deformed type 1	Deformed type 2	Fabric
Concrete cube strength 25					
Tension anchorage and lap length	39	72	51	41	31
1.4 x tension lap	55	101	71	57	44
2.0 x tension lap	78	143	101	81	62
Compression anchorage length	32	58	41	32	25
Compression lap length	39	72	51	40	31
Concrete cube strength 30					
Tension anchorage and lap length	36	66	46	37	29
1.4 x tension lap	50	92	64	52	40
2.0 x tension lap	71	131	92	74	57
Compression anchorage length	29	53	37	29	23
Compression lap length	36	66	46	37	29
Concrete cube strength 35					
Tension anchorage and lap length	33	61	43	34	27
1.4 x tension lap	46	85	60	48	37
2.0 x tension lap	66	121	85	68	53
Compression anchorage length	27	49	34	27	21
Compression lap length	33	61	43	34	27
Concrete cube strength 40					
Tension anchorage and lap length	31	57	40	32	25
1.4 x tension lap	43	80	56	45	35
2.0 x tension lap	62	113	80	64	49
Compression anchorage length	25	46	32	26	20
Compression lap length	31	57	40	32	25
NOTE. The values are rounded up to the whole number and the lengths derived from these values may differ slightly from those calculated directly for each bar or wire size.					

○ 最小重ね継手

異形鉄筋の最小重ね継手長さは、 $15\phi e$ か 300mm 以上とする。

○ 引張り重ね継手

・引張り重ね継手の重ね長さは、設計引張り定着長さ以上とする。

・ a) 継手が上端筋にあり、かぶり厚さが $2\phi e$ 以下 …… 1.4 倍増

b) 継手が隅筋にあり、かぶり厚さが $2\phi e$ 以下 …… 1.4 倍増

または、隣接継手筋間隔が 75mm か $6\phi e$ 以下

c) a) と b) の両方が満足される場合 …… 2.0 倍

○ 圧縮重ね継手

重ね長さは、圧縮定着長さより25%以上大きくする。

○ 定着長さ l_1 は次式で計算される。

$$l_1 = \alpha_1 \frac{\text{erf } A_s}{\text{Vorh } A_s} \cdot \ell_0 \geq 10 d_s \quad (\text{直線定着})$$

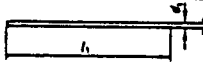
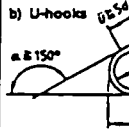
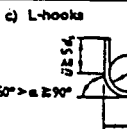
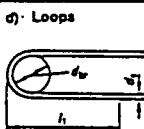
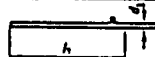
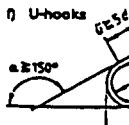
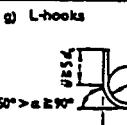
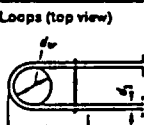
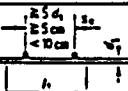
$$\geq \frac{d_{br}}{2} + d_s \quad (\text{U, Lフックかループ定着})$$

$$\ell_0 = \frac{F_s}{r \cdot u \cdot \text{Zul } \tau_1} = \frac{d_s}{4 \cdot \text{Zul } \tau_1} \cdot \frac{\beta_s}{r} = \frac{\beta_s}{7 \cdot \text{Zul } \tau_1} \cdot d_s$$

ここで、

- α_1 : 定着タイプを考慮した係数
- $\text{erf } A_s$: 必要鉄筋量
- $\text{Vorh } A_s$: 実際の鉄筋量
- d_{br} : 実際の鉄筋の曲げ径
- F_s : $\sigma_s = \beta_s$ の時の鉄筋の引張力又は圧縮力
- u : 鉄筋の周長
- β_s : 鉄筋の公称引張降伏点
- r : 安全係数 = 1.75
- d_s : 鉄筋径
- $\text{Zul } \tau_1$: 基本付着応力値

Coefficients α_1

1	Type and configuration of anchorage	Coefficient α_1	
		Tension	Compression
1	a) Bars with straight ends 	1.0	1.0
2	b) U-hooks  $\alpha \geq 150^\circ$ c) L-hooks  $150^\circ > \alpha \geq 90^\circ$ d) Loops 	0.7 (1.0)	1.0
3	e) Bars with straight ends having at least one welded-on bar within l_1 	0.7	0.7
4	f) U-hooks  $\alpha \geq 150^\circ$ g) L-hooks  $150^\circ > \alpha \geq 90^\circ$ h) Loops (top view)  In each case with at least one welded-on bar within l_1 in front of the beginning of the curvature	0.5 (0.7)	1.0
5	i) Bars with straight ends having at least two welded-on bars within l_1 (bar spacing $s_1 < 10 \text{ cm}$ or $\geq 5 d_s$ and $\geq 5 \text{ cm}$), permissible only in the case of individual bars of $d_s \leq 16 \text{ mm}$ or double bars of $d_s \leq 12 \text{ mm}$ 	0.5	0.5

The values given in brackets in column 2 apply where the concrete coverage in the zone of curvature and at right angles to the plane of curvature is less than $3 d_s$, and if no transverse compression or circumferential reinforcement in the form of ties is present.

基本許容付着応力値

zul τ_1 in MN/m²

1	2	3	4	5	6
Bondin range	*2 Strength class of the concrete				
	B15	B25	B35	B45	B55
I	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0
II	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5

*1 付着域

I : 打設中水平軸に対し45° から90° 傾いている鉄筋

打設面から25cm以下か部材面から30cm以下にある45° 以下に傾いている鉄筋

II : 付着域 I に含まれないすべての鉄筋

*2 コンクリート強度

	1	2	3	4	5	6
	Concrete group	Strength class of concrete	Nominal strength ¹⁾ β_{WN} (minimum value for the compressive strength β_{W28} of each cube in accordance with Section 7.4.3.3.2) N/mm ²	Series strength β_{WS} (minimum value for the average compressive strength β_{Wm} of each series of cubes) N/mm ²	Made in accordance with	Application
1	Concrete B I	B 5	5.0	8.0	Section 6.5.5	For plain concrete only
2		B 10	10	15		
3		B 15	15	20		
4		B 25	25	30		
5	Concrete B II	B 35	35	40	Section 6.5.6	For plain and reinforced concrete
6		B 45	45	50		
7		B 55	55	60		

¹⁾ The nominal strength is based on the 5% fractile of the statistical parent population.

- 引張重ね継手の重ね長さは、次式で計算される

$$l_u = \alpha_u l_1 > 20\text{cm} \text{ か } 15d_s$$

- 圧縮重ね継手の重ね長さは l 。以上でなければならない

係数 α_u

	1	2	3	3	5	6
	付着域	d_s mm	一鉄筋総の断面中で軸方向に千鳥なしに継がれる主筋の比 <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <20% >20% <50% <50% </div>			横筋
1	I	<16	1.2	1.4	1.6	1.0
2		>16	1.4	1.8	2.2	
	II	付着域 I の値の75%				1.0
33) 3 と 5 欄の係数 α は、軸方向に千鳥になっていない鉄筋間隔 (図17) $10d_s$ 以上で縁間隔が $5d_s$ 以上の場合、0.7 を乗じてよい 34) 20.1.6.3 と 25.5.5.2 節による係数						

表-8 CEB-FIP MODEL CODE FOR CONCRETE STRUCTURES (1978)

○ 必要定着長は、次式により計算される。

$$\ell_{b \cdot net} = \alpha \cdot \ell_b \quad \frac{A_s \cdot cal}{A_s \cdot ef} \geq \ell_{b \cdot min}$$

$$\ell_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

ここで、 $A_s \cdot cal$: 必要鉄筋断面積 (mm²)

$A_s \cdot ef$: 使用鉄筋断面積 (mm²)

$\alpha = 1.0$ 引張 or 圧縮側の直線定着

= 0.7 引張側のフック定着

= 1.0 圧縮側のフック定着

$\ell_{b \cdot min}$: 最小定着長 (mm)

引張側鉄筋 $\ell_{b \cdot min} = 0.3 \ell_b \geq 10\phi \geq 100\text{mm}$

圧縮側鉄筋 $\ell_{b \cdot min} = 0.6 \ell_b \geq 10\phi \geq 100\text{mm}$

ϕ : 鉄筋径 (mm)

f_{yd} : 鉄筋の降伏点 (MPa)

f_{bd} : 終局付着応力度 (MPa)

丸 鋼 : $f_{bd} = \frac{0.36}{r_c} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad r_c = 1.5$

異形鉄筋 : $f_{bd} = 2.25 f_{ctd} = 2.25 f_{ctk0.05} / r_c$

f_{ck} : コンクリートの圧縮強度 (MPa)

$f_{ctk0.05}$: コンクリートの引張強度 (MPa)

終局付着応力度 (f_{bd})

Concrete grade	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Smooth bars	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
High-bond bars with $\phi \leq 32\text{mm}$	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	3.9	4.2	4.5

○ 引張りを受ける鉄筋の重ね長さは、

$$l_o \geq \alpha_1 l_{net} \geq l_{o, min}$$

$$l_{o, min} = 0.3 \alpha_1 l_b \geq 15\phi \geq 200\text{mm}$$

α_1 の値

	全鉄筋断面積に対する重ね継手の割合				
	20%	25%	33%	50%	50%
$a \leq 10\phi$ か $b \leq 5\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
$a > 10\phi$ で $b > 5\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

a : 隣接継手の間隔

b : 最も近い表面までの距離

○ 圧縮を受ける鉄筋の重ね長さ

$$l_o \geq l_b$$

3. 付着・定着に関する規定

3.1 規定内容の比較

(1) 使用材料について

鉄筋及び、コンクリートについて規定されている強度等の限界値（最大値）を比較して表-13に示す。これより次のことが言える。

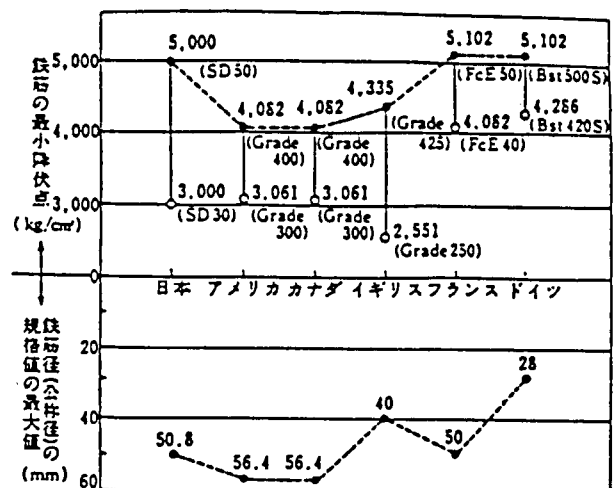
a. 鉄筋

我が国の場合、鉄筋の種類としてはJIS規格でSD50まで規定されているが、設計で用いられている鉄筋の種類はRC規準でSD40までである。他の規準では、土木学会標準示方書とCEB-FIPでは強度制限はないが、他の規定（例えばひびわれ幅制限等）から強度の上限が決まってくるものと思われる。他の規準では表のように設計で使用される強度限界が規定さ

れている。ACI 318-83 とDIN 1045 ではSD50程度が適用限界であるが、他はSD40程度までと我が国とほぼ同じであると言える。

鉄筋径については、付着・定着の項ではいずれの規準でも制限はないが、鉄筋の規格としては、図-1のように最大径が定められており、我が国のJIS規格は諸外国と比べ大差ないと言える。

図-1 諸外国における高強度鉄筋の規格



b. コンクリート

コンクリート強度の上限については、ACI 318-83 の改定案で約 700kgf/cm²以上では定着長算定式中の $\sqrt{f_c}$ の値を7 kgf/cm²とすると規定されている。他の規準では明確な制限が規定されていない。なお、各規準の設計で対象とされているコンクリート強度の最大値は表の通りである。

表-13 鉄筋及びコンクリート強度の限界

	RC規準	標準 示方書	ACI 318-83	NZS 3101	BS 8110	DIN 1045	CEB- FIP
鉄筋 強度	SD40	規定なし	5625 kg/cm ²	415MPa	460MPa	5000 kg/cm ²	規定なし
コンクリート 強度	360 kg/cm ²	500 kg/cm ²	規定なし	55MPa	(60MPa)	(550) kg/cm ²	50MPa

(2) 定着長について

各規準に規定されている定着長の算定式に関しては付録中に示すが、それぞれの式で考慮されている要因を表-14に比較して示す。これより次のことが言える。

a. 算定式の形式

我が国の場合、RC規準及び標準示方書とも鉄筋力を設計付着強度で除して規定長を求める形になっているが、これはBS8110、DIN1045、CEB-FIPでも同様である。これに対し、ACI318では鉄筋力をコンクリート圧縮強度の平方根で除して定着長さを求める形で、NZS3101では鉄筋径の倍数か鉄筋断面積をコンクリート圧縮強度の平方根で除して求める形になっている。

b. 考慮している要因

付着割裂強度に影響する要因としては、表のように数多くのものがあると言われている。しかしながら、表に示すようにいずれの規準もそのすべてを考慮しているわけではなく、NZS3101が最も多くの要因を考慮していると言える。

RC規準では、横筋量等を考慮していないが、「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針(案)・同解説」ではかぶり、鉄筋間隔、横筋量等が考慮される算定式も提案されている。

表-14 定着長算定式に関する要因

	RC 規準	標 準 示方書	ACI 318-83	NZS 3101	BS 8110	DIN 1045	DIN 1045
鉄筋強度	○	○	○	○	○	○	○
コンクリート強度	○	○	○	○	○	○	○
鉄筋径	○	○	○	○	○	○	○
鉄筋種別*1	○				○	○	○
鉄筋位置*2	○	○	○	○		○	
応力部位*3	○	○	○	○	○		○
鉄筋間隔			○	○			○
鉄筋量*4		○		○			
横筋量*5			○	○	○	○	○
定着タイプ*6	○	○	○	○	○	○	○
かぶり	△	○		○			

*1 鉄筋種別 : 鉄筋の表面形状

*2 鉄筋位置 : 上端筋等の条件

*3 応力部位 : 引張力と圧縮力を受ける部位

*4 鉄筋量 : 計算上必要な曲げ鉄筋量と実際の鉄筋量の比

*5 横筋量 : 横筋の断面積, 強度ピッチの条件

*6 定着タイプ: 直線, U形, L形, ループ等の末端定着形式

3.2 算定定着長さ

各規準で示されている定着長の算定式を用いて各種鉄筋の定着長を算定すると表-15のようになる。ここで、算定断面としては、一般部での引張力を受ける異形鉄筋の直線定着で、鉄筋間隔を $5d$ (d :鉄筋径)以上と仮定している。

表の結果より次のことが言える。

- いずれの規準でも鉄筋径に比例して定着長が増すという傾向はない。
- コンクリート強度が高くなるほど定着長は短くなるが、RC規準、ACI、NZSでは細径鉄筋の場合定着長限界の規定のためコンクリート強度にかかわらず一定となる。

表-15 算定定着長さの比較

規 準	コンクリート 強 度	S D35				S D40				S D50			
		D10	D19	D29	D38	D10	D19	D29	D38	D10	D19	D29	D38
R C 規 準	F _c 240	26.9	38.1	37.3	37.9	30.7	43.6	42.6	43.3	38.4	54.5	53.2	54.1
	F _c 300	24.4	34.6	33.8	34.3	27.8	39.5	38.6	39.2	34.8	49.4	48.2	49.0
	F _c 360	22.3	31.6	30.9	31.4	25.4	36.1	35.3	35.8	31.8	45.1	44.1	44.8
標 準 示 方 書	F _c 240	40	—	—	40	45	—	—	45	57	—	—	57
	F _c 300	34	—	—	34	39	—	—	39	49	—	—	49
	F _c 360	30	—	—	30	35	—	—	35	43	—	—	43
A C I	F _c 240	30.5	20.2	24.7	23.2	30.5	23.1	34.0	36.8	31.3	33.4	49.1	53.2
	F _c 300	30.5	20.0	26.6	28.8	30.5	22.9	30.4	32.9	31.3	33.1	43.9	47.6
	F _c 360	30.5	20.0	24.3	26.3	30.5	22.9	27.7	30.1	31.3	33.1	40.1	43.4
N Z S	F _c 240	30	24.9	43.3	58.7	30	28.5	49.4	67.0	30	35.6	62.0	83.7
	F _c 300	30	24.9	38.7	52.5	30	28.5	44.2	59.9	30	35.6	55.3	74.9
	F _c 360	30	24.9	35.3	47.9	30	28.5	40.4	54.7	30	35.6	50.5	68.4
B S	F _c 240	32.0	35.9	34.4	35.6	36.6	41.0	39.4	40.7	45.7	51.2	49.2	50.9
	F _c 300	28.6	32.0	30.8	31.8	32.7	36.6	35.1	36.4	40.9	45.8	43.9	45.4
	F _c 360	26.1	29.2	28.1	39.0	29.8	33.4	32.1	33.2	37.3	41.8	40.1	41.5
D I N	F _c 240	27.2	—	—	27.2	31.1	—	—	31.1	38.9	—	—	38.9
	F _c 300	/	—	—	/	/	—	—	/	/	—	—	/
	F _c 360	22.3	—	—	22.3	25.4	—	—	25.4	31.8	—	—	31.8
C E B	F _c 240	30.6	—	—	30.6	35.0	—	—	35.0	43.8	—	—	43.8
	F _c 300	26.8	—	—	26.8	30.6	—	—	30.6	38.3	—	—	38.3
	F _c 360	23.8	—	—	23.8	27.2	—	—	27.2	34.0	—	—	34.0

4. 重ね継手に関する規定

建築学会RC規準，土木学会標準示方書，米国のACI 318-83，ニュージーランドのNZS 3101，イギリスのBS 8110，ドイツのDIN 1045およびCEB-FIPについて，重ね継手に関する規定を，一般事項，引張継手，圧縮継手等の項に分け比較して表-16と表-17に示す。各種規準について共通点及び相違点を以下に述べる。

4.1 一般事項

使用鉄筋径に関する制限としては，RC規準で通常の場合D29以上の鉄筋において重ね継手を用いないものとしており，ACIでは異なった径の圧縮継手と圧縮のみを受ける基礎での継手をのぞいて，#11（35.8mm）より太い鉄筋に重ね継手を用いてはならないとしており，NAZも同様に35mmより太い鉄筋で使用を禁じている。しかし，他の基準では制限を設けていない。

継手の集中度に関しては，標準示方書，BS 8110，CEBで隣接継手位置を互い違いに設けるものとしている。

継手位置に関しては，RC規準，標準示方書，BS 8110，CEBで高応力点をさけることとされている。

4.2 引張継手

引張力を受ける場合の重ね継手の重ね長さは，各規準とも重ねられた2本の鉄筋の所定応力を伝達するのに必要とされる長さを確保することを原則として算定式を定めている。従って，重ね長さはいずれの規準でも定着長さの倍数で表わしており，RC規準とNZSが定着長そのものを採用している以外は，種々の条件で定着長を割増す形式になっている。

4.3 圧縮継手

圧縮力を受ける場合の重ね継手の重ね長さは，各規準とも引張重ね継手長さより短くしており，ACI改定案とNZSでは鉄筋応力とコンクリート強度の影響を考慮する形になっている。

表4-16 重ね継手に関する各種基準の比較

建築学会 R C 基準 (7-1)	土木学会標準示方書 (7-9)	ACI 318 - 83 (7-8)	ACI 318 - 83 改定案																																																						
<p>一般事項</p> <p>(1) 鉄筋の継手は、部材応力ならびに鉄筋応力の小さい箇所に設けることを原則とする。</p> <p>(2) 直径が28mm以上の丸鋼またはD29以上の異形鉄筋においては、通常の場合は重ね継手を用いないものとする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手の重ね長さは次式により算定。</p> $l \geq \frac{\sigma_c \cdot a}{f_a \cdot \psi} \dots (1)$ <p>l : 重ね長さ。フックを設けるときは、フックを除いた長さとする。 σ_c : 継手部分の鉄筋の最大存在応力度。その値の2/3倍とすることができる。 a : 鉄筋の断面積 f_a : 許容付着応力度。上ば筋に対する値を用いる。 ψ : 鉄筋の間長</p> <p>(2) 継手の最小限長さ</p> <table border="1" data-bbox="248 815 680 1166"> <thead> <tr> <th rowspan="2">F_c フック 鉄筋</th> <th colspan="2">F_c ≤ 250kg/cm²</th> <th colspan="2">250kg/cm² < F_c</th> </tr> <tr> <th>無</th> <th>有</th> <th>無</th> <th>有</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SR24 SRR24</td> <td>—</td> <td>25d</td> <td>—</td> <td>20d</td> </tr> <tr> <td>SR30</td> <td>—</td> <td>30d</td> <td>—</td> <td>25d</td> </tr> <tr> <td>SDR24</td> <td>20d</td> <td>15d</td> <td>15d</td> <td>10d</td> </tr> <tr> <td>SD30</td> <td>25d</td> <td>20d</td> <td>20d</td> <td>15d</td> </tr> <tr> <td>SD35</td> <td>30d</td> <td>20d</td> <td>25d</td> <td>15d</td> </tr> <tr> <td>SD40</td> <td>35d</td> <td>25d</td> <td>30d</td> <td>20d</td> </tr> </tbody> </table> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 鉄筋の応力が圧縮の場合には、f_aの値を1.5倍まで割増しすることができる。</p>	F _c フック 鉄筋	F _c ≤ 250kg/cm ²		250kg/cm ² < F _c		無	有	無	有	SR24 SRR24	—	25d	—	20d	SR30	—	30d	—	25d	SDR24	20d	15d	15d	10d	SD30	25d	20d	20d	15d	SD35	30d	20d	25d	15d	SD40	35d	25d	30d	20d	<p>一般事項</p> <p>(1) 鉄筋の継手は、鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置等に応じて適切な継手を選ばなければならない。</p> <p>(2) 鉄筋の継手位置および継手方法は、設計図に示すのを原則とする。</p> <p>(3) 鉄筋の継手位置は相互にずらし、一断面に集めてはならない。 また、応力の大きい部分では、鉄筋の継手を、できるだけ避けなければならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手重ね長さは次式により算定</p> <p>(a) 鉄筋量が計算鉄筋量の2倍以上かつ同一断面の継手の割合が1/2以下の場合</p> $l \geq l_d = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \frac{f_y d}{4 f_{b04}} \phi$ <p>l : 重ね長さ。 l_d : 基本定着長。 $f_y d$: 鉄筋の許容引張応力度。 f_{b04} : コンクリートの許容付着応力度。 ϕ : 鉄筋直径。 α_1 : 鉄筋の応力種別による定数。 α_2 : 鉄筋位置による係数。 α_3 : 横筋とかぶりによる係数。</p> <p>(b) (a)の条件のうち一方が満足されない場合 $l \geq 1.3 l_d$</p> <p>(c) (a)の条件のうち両方が満足されない場合 $l \geq 1.7 l_d$</p> <p>(d) 低サイクル疲労を受ける場合 $l \geq 1.7 l_d$</p> <p>(2) 継手最小限長さは20φ。</p> <p>(3) (b)と(c)の場合は継手部を、横方向鉄筋により補強しなければならない。(d)の場合はらせん鉄筋により補強しなければならない。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 設計図または仕様書に規定されているか、工事監理者が許可した時以外設けてはならない。</p> <p>(2) #11 (35.81φ) より太い鉄筋に重ね継手を用いてはならない。(例外あり)</p> <p>(3) 曲げ部材におけるあき重ね継手の鉄筋間のあきは、規定重ね継手長さの1/5以上、あるいは、150mm以上であってはならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、以下の通りとする。 また、300mm以上とする。 A級継手 ... 1.0 l_d B級継手 ... 1.3 l_d C級継手 ... 1.7 l_d l_d : 降伏強度 f_y に対する定着長さ (in)</p> <p>(2) 引張力を受ける異形鉄筋の重ね継手は下表に従わなければならない。</p> <table border="1" data-bbox="1220 671 1637 879"> <thead> <tr> <th rowspan="2">実際の鉄筋量*</th> <th colspan="3">規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)</th> </tr> <tr> <th>50</th> <th>75</th> <th>100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2以上</td> <td>A級</td> <td>A級</td> <td>B級</td> </tr> <tr> <td>2未満</td> <td>B級</td> <td>C級</td> <td>C級</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 継手位置で解析うえ必要な鉄筋断面</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは圧縮定着長さとする。ただし、 $f_y > 400 \text{ MPa}$ $l \geq 0.07 f_y d$ $l \geq (0.13 f_y - 24) d$ $l \geq 300 \text{ mm}$ $f'_c \leq 21 \text{ MPa}$ 1/3割増しをする。</p>	実際の鉄筋量*	規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)			50	75	100	2以上	A級	A級	B級	2未満	B級	C級	C級	<p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、以下の通りとする。 また、300mm以上とする。 A級継手 ... 1.0 l_d B級継手 ... 1.3 l_d</p> <p>A級継手は鉄筋断面積が解析上必要な量の2倍以上で鉄筋の1/2以下が継がれる場合B級継手は上記以外</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、 $f_y \leq 414 \text{ MPa}$ $l > 0.07 f_y d$、$\geq 300 \text{ mm}$ $f_y > 414 \text{ MPa}$ $l > (0.13 f_y - 24) d$、$\geq 300 \text{ mm}$ (2) $f_c \leq 21 \text{ MPa}$ では1/3割増しをする。</p> <p>柱継手</p> <p>(1) 0.5 f_y 以下の引張り応力を受け、鉄筋の1/2以上が継がれる場合B級継手とする。 鉄筋の1/2以下が継がれ、互いに重ね長さ分互い違いにされる場合A級継手とする。</p> <p>(2) 0.5 f_y より大きい引張り応力を受ける場合B級継手とする。</p>
F _c フック 鉄筋		F _c ≤ 250kg/cm ²		250kg/cm ² < F _c																																																					
	無	有	無	有																																																					
SR24 SRR24	—	25d	—	20d																																																					
SR30	—	30d	—	25d																																																					
SDR24	20d	15d	15d	10d																																																					
SD30	25d	20d	20d	15d																																																					
SD35	30d	20d	25d	15d																																																					
SD40	35d	25d	30d	20d																																																					
実際の鉄筋量*	規定重ね継手長さの範囲内で継手とする鉄筋量の割合の最大値 (%)																																																								
	50	75	100																																																						
2以上	A級	A級	B級																																																						
2未満	B級	C級	C級																																																						

表1-17 重ね継手に関する各種基準の比較

NZS 3101	BS 8110	DIN 1045	CEB-FIP (7-7)																																																																	
<p>一般事項</p> <p>(1) 設計図または仕様書に規定されているか、工事監理者が許可した時以外設けてはならない。</p> <p>(2) 35mmより太い鉄筋に重ね継手を用いてはならない。</p> <p>(3) 曲げ部材におけるあき重ね継手の鉄筋間のあきは、規定重ね継手長さの1/5以上、あるいは、150mm以上であってはならない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは、引張力を受ける場合の付着長さl_dとする。</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 最小重ね長さは圧縮力を受ける場合の付着長さl_dとする。 $f_y < 415\text{MPa}$ $l > 0.073 f_y d_b \geq 300$ $f_y \geq 415\text{MPa}$ $l < (0.13 f_y - 24) d_b \geq 300$</p> <p>(2) $f_y < 20\text{MPa}$の場合重ね長さを1/3割増す。</p> <p>(3) 継手部に3本以上の横筋があり、$A_{t,v}/S > A_b/1000$の場合重ね長さを0.8倍してよい。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 応力を伝える鉄筋の連結は重ね継手、溶接あるいは機械的方法による継手によってよいが、できれば高応力の点をさけ、互い違いに設けるのがよい。</p> <p>(2) 鉄筋径が20mmをこえ、かぶり厚さが鉄筋径の1.5倍をこえない場合、継手全長にわたって横筋を配筋する。横筋の径は鉄筋径の1/4以上で、ピッチは200mm以下とする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 重ね長さは、設計引張り定着長さとする。</p> <p>a) 上端筋でかぶり厚さが$2d_b$以下 … 1.4倍</p> <p>b) 隅筋でかぶり厚さが$2d_b$以下かつ鉄筋間隔が75mmまたは$6d_b$ … 1.4倍</p> <p>c) a)かつb)の場合 … 2.0倍</p> <p>(2) 最小重ね長さは、鉄筋径の15倍かつ300mm以上とする。</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは、圧縮定着長さより、25%以上大きくする。</p>	<p>一般事項</p> <p>(1) 重ね継手は、フックなし、Uフックつき、Lフックつき、ループ筋、そして、例えば溶接金網のようにフックなしで横筋に溶接されたものについて行える。</p> <p>(2) 丸鋼又はインデント鉄筋の場合には、フックなしおよびLフックつきの重ね継手は許されない。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 継手の重ね長さは次式により算定。 $l_{\bar{u}} = \alpha_{\bar{u}} \cdot l_d$ $l_{\bar{u}}$: 重ね長さ $\alpha_{\bar{u}}$: 係数 (常に1以上) l_d : 定着長さ (鉄筋径に比例)</p> <p>(2) 定数$\alpha_{\bar{u}}$は下表による。</p> <table border="1" data-bbox="1205 592 1653 879"> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>付着領域</td> <td>鉄筋径d_s mm</td> <td colspan="3">継手の全鉄筋に対する割合</td> <td>横方向筋</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$\leq 20\%$</td> <td>$> 20\%$ $\leq 50\%$</td> <td>$> 50\%$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>I</td> <td>< 16</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td rowspan="2">1.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>I</td> <td>≥ 16</td> <td>1.4</td> <td>1.8</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>II</td> <td colspan="4">領域Iの値の75%</td> <td>1.0</td> </tr> </table> <p>3列~5列の係数$\alpha_{\bar{u}}$は、継手の横方向間隔が$10d_s$以上の場合と表面からの距離が$5d_s$以上の場合は0.7倍としてよい。</p> <p>(3) 最小限長さ $l_{\bar{u}} \geq 20\text{cm}$ 全鉄筋に対して $\geq 15d_s$ フックなしの場合 $\geq 1.5d_{br}$ Uフック、Lフック、ループ筋 d_{br} : 曲げ直径</p> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは基本定着長さl_b以上とする。</p> <p>(2) Uフック、Lフックおよびループ筋とした場合でも重ね長さを減じてはならない。</p>		1	2	3	4	5	6		付着領域	鉄筋径 d_s mm	継手の全鉄筋に対する割合			横方向筋				$\leq 20\%$	$> 20\%$ $\leq 50\%$	$> 50\%$		1	I	< 16	1.2	1.4	1.6	1.0	2	I	≥ 16	1.4	1.8	2.2	3	II	領域Iの値の75%				1.0	<p>一般事項</p> <p>(1) 継手のはなれは、4ϕ以下とする。</p> <p>(2) 重ね継手は互い違いにし、高応力の点をさけるべきである。</p> <p>(3) 溶接した重ね継手の横間隔は、2ϕかつ20mm以上とし、重ね方向距離は$1.5l_b$以上とする。</p> <p>引張継手</p> <p>(1) 重ね長さは次式による $l_b \geq \alpha_1 \cdot l_{b,net} \geq l_{b,min}$ $l_{b,net} = \alpha \cdot l_b \cdot \frac{A_{scat}}{A_{sor}}$ $l_{b,min} = 0.3 \alpha \alpha_1 \cdot l_b \geq 15\phi \geq 200\text{mm}$ $l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$</p> <p>(2) α_1は下表による</p> <table border="1" data-bbox="1697 762 2145 970"> <tr> <td></td> <td colspan="5">継手筋の割合</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20%</td> <td>25%</td> <td>33%</td> <td>40%</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>$a \leq 10\phi$かつ $b \leq 5\phi$</td> <td>1.2</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.8</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>$a > 10\phi$かつ $b > 5\phi$</td> <td>1.0</td> <td>1.1</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> </tr> </table> <p>圧縮継手</p> <p>(1) 重ね長さは、基本定着長さl_b以上とする。</p>		継手筋の割合						20%	25%	33%	40%	50%	$a \leq 10\phi$ かつ $b \leq 5\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	$a > 10\phi$ かつ $b > 5\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
	1	2	3	4	5	6																																																														
	付着領域	鉄筋径 d_s mm	継手の全鉄筋に対する割合			横方向筋																																																														
			$\leq 20\%$	$> 20\%$ $\leq 50\%$	$> 50\%$																																																															
1	I	< 16	1.2	1.4	1.6	1.0																																																														
2	I	≥ 16	1.4	1.8	2.2																																																															
3	II	領域Iの値の75%				1.0																																																														
	継手筋の割合																																																																			
	20%	25%	33%	40%	50%																																																															
$a \leq 10\phi$ かつ $b \leq 5\phi$	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0																																																															
$a > 10\phi$ かつ $b > 5\phi$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4																																																															

4.4 その他

継手部の横筋に関しては、標準示方書、BS8110、DINにおいて横補強筋の必要性が示されており、BS8110では横筋の径とピッチの制限も規定されている。

ACI改定案では柱部材に関して、重ね継手が規定されている。

5. まとめ

国内3規準，国外5規準に関し，付着・定着及び重ね継手の規定について調査を行った結果，次のことが明らかとなった。

○ 付着・定着

- ・鉄筋強度の制限は，土木学会標準示方書とCEBには規定されていないのに対し，他の規準ではSD40またはSD50程度の最大強度が規定されている。
- ・コンクリート強度の制限は，いずれの規準でも明確ではないが，設計規定で対象としている強度はほぼ $F_c 300 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$ である。ただし，ACI改定案では $F_c 700 \text{ kg/cm}^2$ 以上で付着強度を一定としている。
- ・定着長さの算定式は，RC規準，標準示方書，BS8110，DIN1045，CEBでは鉄筋力を設計付着強度で除す形であり，ACIでは鉄筋力をコンクリート強度の平方根で除す形である。NZSはACIとよく似た形式である。
- ・RC規準に比べ，他の規準は鉄筋間隔，かぶり，横筋等の影響を考慮する形式になっている。

○ 重ね継手

- ・RC規準，ACI，NZSでは太径鉄筋での重ね継手を原則として禁じているが，他の規準では鉄筋径による制限はない。
- ・引張重ね継手の重ね長さは，いずれの規準も定着長の倍数の形で表わしており，RC規準とNZSが定着長と同一値としている他は，種々の条件で割増す形式である。
- ・圧縮重ね継手の重ね長さは，引張重ね長さより短くしている。
- ・ACI改定案では，柱の重ね継手について規定している。

付録2 重ね継手データファイル

(1) 国内実験データシート

重ね継手実験データ、データシートの記号説明

- ・ F_c : コンクリート強度…実験時強度 (kg/cm^2)
- ・ f_y : 鉄筋強度…降伏点 (SD または kg/cm^2)
- ・ b : はり幅 (cm)
- ・ D : はりせい (cm)
- ・ L_s : せん断スパン長さ (支点から荷重点までの距離) (cm)
- ・ d : 鉄筋径 (呼び名に用いた数値) (mm)
- ・ C_y : 表面かぶり厚さ (試験体表面から鉄筋表面までの距離) (cm)
- ・ C_x : 側面かぶり厚さ (試験体側面から鉄筋表面までの距離) (cm)
- ・ S : 鉄筋ピッチ (継手表面間距離) (cm)
- ・ N : 鉄筋本数
- ・ L_e : 重ね長さ (鉄筋径の倍数)
- ・ f_s : 横補強筋降伏点 (kg/cm^2)
- ・ a_s : 横補強筋断面積径 (cm^2)
- ・ S_s : 横補強筋ピッチ (cm)
- ・ p_s : 横補強筋鉄筋比 (%)
- ・ 補強: フックの有 (F)、らせん有り (R)
- ・ S_p : 継手のはなれ間隔 (鉄筋表面間隔) (cm)
- ・ P_c : ひびわれ発生時荷重値 (k: kg/cm^2 , t: ton, tm: モーメント)
- ・ P_b : 付着ひびわれ発生時荷重値
- ・ P_y : 降伏荷重値
- ・ P_u : 最大荷重値
- ・ f_u : 最大鉄筋応力度 (kg/cm^2)
- ・ T_u : 付着強度 (kg/cm^2)
- ・ 加力方法: T (両引実験), B (曲げ実験)
- ・ 荷重履歴…M (単調載荷), C (繰返し載荷)
- ・ 破壊モード…S: 付着割裂、Y: 降伏、YS: 降伏後付着割裂
P: 抜け出し、X: 破壊せず、YC: 降伏後圧壊
C: 圧壊 SH: せん断破壊

試験体 記号	試験体データ																
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋				Reinforc	Sp
												fs	as	Ss	ps		
27-1-1	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-2	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-3	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-4	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	25	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-5	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	25	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-6	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	25	-3000	0.13	8	0.42		0
27-1-7	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42	F	0
27-1-8	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42	F	0
27-1-9	130	3400	7.5	18	30	13	2	2.5	5	1	15	-3000	0.13	8	0.42	F	0
28-1-1	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-2	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-3	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-4	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-5	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-6	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-1-7	220	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-1	185	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-2	185	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-3	220	3600	20	30	60	16	2.5	2.5	11.8	1	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-4	195	3600	20	30	60	16	2.5	2.5	11.8	1	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-5	220	3600	20	30	60	16	2.5	2.5	11.8	1	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-2-6	195	3600	20	30	60	16	2.5	2.5	11.8	1	16	-3000	0.28	20	0.13		0
28-3-1	195	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	1	32	-3000	0.28	20	0.13		0
28-3-2	235	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	32	-3000	0.28	20	0.13		0
28-3-3	195	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	32	-3000	0.28	20	0.13		0
28-3-4	235	3600	22	30	60	16	2.5	2.5	10.6	2	32	-3000	0.28	20	0.13		0
38-2-1	230	3410	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	10	0.32		0
38-2-2	230	3890	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	10	0.32		0
38-2-3	230	3410	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	25	-3500	0.32	10	0.32		0
38-2-4	230	3890	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	25	-3500	0.32	10	0.32		0
39-1-1	254	4150	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	10	0.32		0
39-1-2	254	4150	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	10	0.28		0
39-1-3	254	4150	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	5	0.56		0
39-1-4	254	4150	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	3	0.93		0
39-1-5	254	4150	20	20		16	2.4	2.4	8.8	2	12.5	-3500	0.32	2	1.4		0
45-2-1	290	4080	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5					0	
45-2-2	330	4150	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	8					0	
45-2-3	290	4110	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10					0	
45-2-4	270	4150	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	13.5					0	
45-2-5	330	4090	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	13.5					0	
45-2-6	330	4080	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	20					0	
45-2-7	300	4150	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	26.9					0	
45-2-8	360	4130	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	15.4				F	0	
45-2-9	300	4140	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10.3				F	0	
45-2-10	300	4150	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5.1				F	0	
45-2-11	350	4130	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	12.2				F	0	
45-2-12	290	4120	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	9				F	0	
45-2-13	300	4170	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-14	300	4090	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-15	300	4140	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-16	300	4070	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-17	280	4120	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-18	280	4120	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5				F	0	
45-2-19	330	4130	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	6.3				F	0	
45-2-20	290	4120	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	18.2				F	0	

試験体 記号	実験方法		実験結果							Tu	森田式	ワグマン式	Tj
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	fu	Tm		To		
27-1-1	B	M				0.35t	S	2029	33.0	28.66	34.08	35.41	
27-1-2	B	M				0.36t	S	2141	34.9	28.66	34.08	35.41	
27-1-3	B	M				0.35t	S	2046	33.3	28.66	34.08	35.41	
27-1-4	B	C				0.52t	S	3041	29.7	28.66	30.05	31.54	
27-1-5	B	C				0.52t	S	3041	29.7	28.66	30.05	31.54	
27-1-6	B	C				0.52t	S	3041	29.7	28.66			
27-1-7	B	C				0.73t	S	4311	70.2				
27-1-8	B	C				0.68t	S	3982	64.8				
27-1-9	B	C				0.52t	S	3041	49.5		37.57	43.81	
28-1-1	B	M				10.5tm	S	3170	49.3	32.91	38.36	44.39	
28-1-2	B	M				11.2tm	S	3380	52.5	32.91	38.36	44.39	
28-1-3	B	C				10.2tm	S	3080	47.9	32.91	38.36	44.39	
28-1-4	B	C				8.9tm	S	2690	41.8	32.91	38.36	44.39	
28-1-5	B	M				8.5tm	S	2570	40.0	32.91	38.36	44.39	
28-1-6	B	C				8.7tm	S	2630	40.9	32.91	38.36	44.39	
28-1-7	B	C				8.5tm	S	2570	40.0	32.91	38.36	44.39	
28-2-1	B	M				10.4tm	S	3200	49.8	30.18	35.17	40.75	
28-2-2	B	M				10.8tm	S	3300	51.3	30.18	35.17	40.75	
28-2-3	B	M				11.0tm	S	3400	52.9	32.91	38.36	44.39	
28-2-4	B	M				10.5tm	S	3200	49.8	30.99	36.11	41.82	
28-2-5	B	C				12.4tm	YS	3800	59.1				
28-2-6	B	C				9.9tm	S	3000	46.6	30.99	36.11	41.82	
28-3-1	B					15.0tm	S	4600	35.8	30.99	30.33	34.78	
28-3-2	B					15.9tm	S	4900	38.1	34.02	33.29	38.13	
28-3-3	B					16.2tm	S	5000	38.9	30.99	30.33	34.78	
28-3-4	B					16.3tm	S	5000	38.9	34.02	33.29	38.13	
38-2-1	T	C				1,920kg	S	1920	38.2	38.84	46.98	46.65	
38-2-2	T	C				1,740kg	S	1740	34.6	38.84	46.98	46.65	
38-2-3	T	C				3,070kg	S	3070	30.5	38.84	38.94	40.16	
38-2-4	T	C				3,340kg	S	3340	33.2	38.84	38.94	40.16	
39-1-1	T	C				1,810kg	S	1810	36.0	40.81	49.37	48.94	
39-1-2	T	C				2,150kg	S	2150	42.8	40.81	49.37	48.94	
39-1-3	T	C				2,340kg	S	2340	46.6	43.46	53.72	50.15	
39-1-4	T	C				2,620kg	S	2620	52.1	43.46	53.72	52.00	
39-1-5	T	C				2,810kg	S	2810	55.9	43.46	53.72	54.36	
45-2-1	B	M				6.2tm	S	1899	94.5	33.47	77.62	75.02	
45-2-2	B	M				7.5tm	S	2297	71.4	35.70	64.75	76.58	
45-2-3	B	M				8.4tm	S	2555	63.6	33.47	55.06	69.79	
45-2-4	B	M				9.5tm	S	2910	53.6	32.29	47.48	64.21	
45-2-5	B	M				10.5tm	S	3216	59.3	35.70	52.49	70.99	
45-2-6	B	M				12.7tm	S	3890	48.4	35.70	46.70	65.34	
45-2-7	B	M				14.0tm	YS	4288	39.7				
45-2-8	B	M				13.5tm	YS	4135	66.8				
45-2-9	B	M				11.5tm	S	3507	84.7				
45-2-10	B	M				9.5tm	S	2910	141.9				
45-2-11	B	M				13.5tm	YS	4135	84.3				
45-2-12	B	M				13.3tm	S	4058	112.2				
45-2-13	B	M				11.5tm	S	3522	175.2				
45-2-14	B	M				10.5tm	S	3216	160.0				
45-2-15	B	M				9.5tm	S	2910	144.8				
45-2-16	B	M				9.2tm	S	2818	140.2				
45-2-17	B	M				9.5tm	S	2910	144.8				
45-2-18	B	M				9.5tm	S	2910	144.8				
45-2-19	B	M				11.0tm	S	3369	133.0				
45-2-20	B	M				13.5tm	YS	4135	56.5				

試験体 記号	試験体データ														Reinforc	Sp	
	Fc	f _y	b	D	L _s	d	C _y	C _x	S	N	Le	横補強筋					
												f _s	a _s	S _s			p _s
45-2-21	320	4130	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	8.5					F	0
45-2-22	270	4050	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5					F	0
45-2-23	290	4110	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10					F	0
45-2-24	270	4090	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	13.5					F	0
45-2-25	330	4110	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	13.5	3900	0.71	4	1.78		0
45-2-26	290	4090	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10	4500	0.28	2.4	1.17		0
45-2-27	260	4080	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10	4500	0.28	3.2	0.88		0
45-2-28	280	4110	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	10	4500	0.28	6.4	0.44		0
45-2-29	290	4110	20	30	60	16	3.2	2	9.6	2	5	4500	0.28	1.6	1.75		0
45-3-1	-300	-3500	20.4			16	2	2	-10	2	3						0
45-3-2	-300	-3500				16	2	2	-10	2	6						0
45-3-3	-300	-3500				16	2	2	-10	2	13						0
45-3-4	-300	-3500				16	2	2	-10	2	19						0
45-3-5	-300	-3500				16	2	2	-10	2	25						0
45-3-6	-300	-3500				16	2	2	-10	2	31						0
45-3-7	-300	-3500				16	2	2	-10	2	38						0
45-3-8	-300	-3500				16	2	2	-10	2	50						0
45-3-9	-300	-3500				16	3	3	-10	2	3						0
45-3-10	-300	-3500				16	3	3	-10	2	6						0
45-3-11	-300	-3500				16	3	3	-10	2	9						0
45-3-12	-300	-3500				16	3	3	-10	2	13						0
45-3-13	-300	-3500				16	3	3	-10	2	16						0
45-3-14	-300	-3500				16	3	3	-10	2	19						0
45-3-15	-300	-3500				16	3	3	-10	2	22						0
45-3-16	-300	-3500				16	3	3	-10	2	25						0
45-3-17	-300	-3500				16	3	3	-10	2	28						0
45-3-18	-300	-3500				16	3	3	-10	2	31						0
45-3-19	-300	-3500				16	3	3	-10	2	34						0
45-3-20	-300	-3500				16	3	3	-10	2	38						0
45-3-21	-300	-3500				16	3	3	-10	2	41						0
45-3-22	-300	-3500				16	3	3	-10	2	50						0
45-3-23	-300	-3500				16	4	4	-10	2	3						0
45-3-24	-300	-3500				16	4	4	-10	2	6						0
45-3-25	-300	-3500				16	4	4	-10	2	9						0
45-3-26	-300	-3500				16	4	4	-10	2	13						0
45-3-27	-300	-3500				16	4	4	-10	2	16						0
45-3-28	-300	-3500				16	4	4	-10	2	19						0
45-3-29	-300	-3500				16	4	4	-10	2	25						0
45-3-30	-300	-3500				16	4	4	-10	2	28						0
45-3-31	-300	-3500				16	4	4	-10	2	34						0
45-3-32	-300	-3500				16	4	4	-10	2	41						0
45-3-33	-300	-3500				16	5	5	-10	2	6						0
45-3-34	-300	-3500				16	5	5	-10	2	9						0
45-3-35	-300	-3500				16	5	5	-10	2	13						0
45-3-36	-300	-3500				16	5	5	-10	2	16						0
45-3-37	-300	-3500				16	5	5	-10	2	19						0
45-3-38	-300	-3500				16	5	5	-10	2	22						0
45-3-39	-300	-3500				16	5	5	-10	2	25						0
45-3-40	-300	-3500				16	5	5	-10	2	28						0
45-3-41	-300	-3500				16	5	5	-10	2	31						0
45-3-42	-300	-3500				16	5	5	-10	2	34						0
45-3-43	-300	-3500				16	5	5	-10	2	38						0
45-3-44	-300	-3500				16	6	6	-10	2	9						0
45-3-45	-300	-3500				16	6	6	-10	2	13						0
45-3-46	-300	-3500				16	6	6	-10	2	19						0

試験体 記号	実験方法		実験結果						Tu	森田式	杉山式	Tj
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	fu		Tm	To	
45-2-21	B	M				14.2t _m	YS	4345	127.2			
45-2-22	B	M				10.0t _m	S	3063	152.4			
45-2-23	B	M				11.3t _m	S	3461	86.1			
45-2-24	B	M				10.0t _m	S	3063	56.4			
45-2-25	B	M				15.0t _m	YS	4595	84.7			
45-2-26	B	M				8.8t _m	S	2680	66.7	48.28	68.68	77.33
45-2-27	B	M				8.0t _m	S	2450	60.9	45.72	65.03	71.76
45-2-28	B	M				7.5t _m	S	2297	57.1	47.44	67.49	71.42
45-2-29	B	M				6.6t _m	S	2021	100.5	48.28	91.24	91.24
45-3-1	T	M				730kg	P	730	60.5	28.39	99.22	49.16
45-3-2	T	M				870kg	P	870	36.1	28.39	60.97	46.98
45-3-3	T	M				1,260kg	P	1260	24.1	28.39	40.37	42.59
45-3-4	T	M				1,480kg	S	1480	19.4	28.39	34.80	39.42
45-3-5	T	M				2,090kg	S	2090	20.8	28.39	31.90	36.70
45-3-6	T	M				2,270kg	S	2270	18.2	28.39	30.12	34.32
45-3-7	T	M				2,190kg	S	2190	14.3	28.39	28.76	31.91
45-3-8	T	M				2,400kg	S	2400	11.9	28.39	27.31	28.49
45-3-9	T	M				1,260kg	P	1260	104.5	37.80		
45-3-10	T	M				1,450kg	P	1450	60.1	37.80		
45-3-11	T	M				1,330kg	P	1330	36.8	37.80		
45-3-12	T	M				1,810kg	S	1810	34.6	37.80	48.98	63.88
45-3-13	T	M				1,630kg	S	1630	25.3	37.80	45.67	61.41
45-3-14	T	M				2,370kg	S	2370	31.0	37.80	43.41	59.13
45-3-15	T	M				2,960kg	S	2960	33.5	37.80	41.76	57.02
45-3-16	T	M				2,550kg	S	2550	25.4	37.80	40.51	55.04
45-3-17	T	M				3,300kg	S	3300	29.3	37.80	39.52	53.20
45-3-18	T	M				2,810kg	S	2810	22.5	37.80	38.73	51.48
45-3-19	T	M				2,930kg	S	2930	21.4	37.80	38.08	49.87
45-3-20	T	M				3,810kg	S	3810	24.9	37.80	37.37	47.87
45-3-21	T	M				3,060kg	S	3060	18.6	37.80	36.92	46.47
45-3-22	T	M				4,080kg	X	4080	20.3	37.80		
45-3-23	T	M				1,910kg	P	1910	158.4	47.20		
45-3-24	T	M				2,140kg	P	2140	88.7	47.20		
45-3-25	T	M				1,380kg	P	1380	38.1	47.20		
45-3-26	T	M				2,420kg	S	2420	46.3	47.20	57.59	85.17
45-3-27	T	M				2,320kg	S	2320	36.1	47.20	54.28	81.89
45-3-28	T	M				3,240kg	S	3240	42.4	47.20	52.01	78.84
45-3-29	T	M				3,570kg	S	3570	35.5	47.20	49.11	73.39
45-3-30	T	M				4,080kg	X	4080	36.2	47.20		
45-3-31	T	M				4,080kg	X	4080	29.9	47.20		
45-3-32	T	M				3,830kg	X	3830	23.2	47.20		
45-3-33	T	M				2,550kg	P	2550	105.7	56.60		
45-3-34	T	M				2,650kg	P	2650	73.2	56.60		
45-3-35	T	M				3,270kg	P	3270	62.6	56.60		
45-3-36	T	M				3,470kg	S	3470	53.9	56.60	62.88	102.36
45-3-37	T	M				3,090kg	S	3090	40.5	56.60	60.62	98.56
45-3-38	T	M				3,930kg	S	3930	44.4	56.60	58.97	95.03
45-3-39	T	M				3,830kg	X	3830	38.1	56.60		
45-3-40	T	M				4,080kg	X	4080	36.2	56.60		
45-3-41	T	M				3,830kg	X	3830	30.7	56.60		
45-3-42	T	M				3,830kg	X	3830	28.0	56.60		
45-3-43	T	M				3,830kg	X	3830	25.1	56.60		
45-3-44	T	M				3,060kg	P	3060	84.8	66.00		
45-3-45	T	M				2,960kg	S	2960	56.8	66.00	66.19	106.46
45-3-46	T	M				3,830kg	X	3830	50.1	66.00		

試験体 記号	試験体データ																
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋				Reinforc	Sp
												fs	as	Ss	ps		
45-3-47	-300	-3500				16	7	7	-10	2	19						0
47-1-1	244	3900	50	60	180	51	8.5	8.5	2.5	2	35	-3500	1.99	30	0.27		0
47-1-2	244	3900	50	60	180	51	8.5	8.5	12.7	2	25	-3500	1.99	30	0.27		0
47-1-3	244	3900	50	60	180	51	8.5	8.5	12.7	2	25	-3500	1.99	10	0.8		0
47-1-4	244	3900	50	60	180	51	8.5	8.5	12.7	2	15	-3500	1.99	30	0.27		0
47-3-1	-350	3350	20	45	160	32	3.4	6.8	-13.6	1	25						0
47-3-2	-350	3350	20	45	160	32	3.4	6.8	-13.6	1	25						0
47-3-3	-350	3350	20	45	160	32	3.4	6.8	-13.6	1	25						0
47-4-1	267	3563	20	30	90	22	3.4	7.8	-15.6	1	25	2897	0.64	25	0.25		0
47-4-2	274	3563	20	30	90	22	3.4	7.8	-15.6	1	20	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-3	288	3563	20	30	90	22	0	7.8	-15.6	1	25	2897	0.64	25	0.25		0
47-4-4	294	3563	20	30	90	22	0	7.8	-15.6	1	20	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-5	300	3535	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	20	2897	0.64	25	0.25		0
47-4-6	304	3535	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	20	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-7	305	3535	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	25	2897	0.64	25	0.25		0
47-4-8	305	3556	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	20	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-9	284	3556	20	30	90	22	0	7.8	-15.6	1	80	2961	0.64	30	0.21		0
47-4-10	286	3556	20	30	90	22	0	7.8	-15.6	1	60	-3000	0.64	30	0.21		0
47-4-11	288	3556	20	30	90	22	0	7.8	-15.6	1	40	2961	0.64	30	0.21		0
47-4-12	294	3556	20	30	90	22	3.4	7.8	-15.6	1	40	2961	0.64	30	0.21		0
47-4-13	297	3556	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	80	2961	0.64	45	0.14		0
47-4-14	297	3556	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	2961	0.64	45	0.14		0
47-4-15	297	3556	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	40	2961	0.64	45	0.14		0
47-4-16	297	3556	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	40	2961	0.64	45	0.14		0
47-4-17	288	3535	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-18	294	3535	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	40	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-19	297	3535	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	40	2897	0.64	20	0.32		0
47-4-20	281	3535	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	80	2897	0.64	20	0.32		0
48-1-1	270	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	25						5
48-1-2	270	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	25	-3000	0.28	5	1.12	R	5
48-1-3	270	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	15	-3000	0.28	5	1.12	R	5
48-1-4	321	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	20						5
48-1-5	321	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	20						5
48-1-6	321	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	20	-3000	0.28	5	1.12	R	5
48-1-7	321	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	20	-3000	0.28	5	1.12	R	5
48-1-8	321	-3500	10	10		16	4.2	3.4	-6.8	1	20	-3000	0.28	5	1.12	R	5
48-1-9	390	-3500	15	20	50	16	2.5	2.5	3.6	2	20						5
48-1-10	390	-3500	15	20	50	16	2.5	2.5	3.6	2	20	-3000	0.28	5	0.75	R	0
48-2-1	231	-3500	90	49		38	15	20	32	2	20						0
48-2-2	226	-3500	90	37		38	3	20	32	2	40						0
48-2-3	262	-3500	90	39		38	5	20	32	2	30						0
48-2-4	289	-3500	90	35.5		38	1.5	20	32	2	40						0
48-2-5	255	-3500	90	43		38	9	20	32	2	20						0
48-2-6	98	-3500	90	37		38	3	20	32	2	40						0
48-2-7	120	-3500	90	44		38	10	20	32	2	40						0
48-2-8	125	-3500	90	49		38	15	20	32	2	20						0
48-2-9	114	-3500	90	43		38	9	20	32	2	30						0
48-2-10	227	-3500	45	44		38	10	12	6	2	40						0
48-2-11	227	-3500	45	44		38	10	12	6	2	40	-3500	1.27	28.2	0.2		0
48-2-12	227	-3500	45	44		38	10	12	6	2	40	-3500	1.27	14.1	0.4		0
48-2-13	227	-3500	45	44		38	10	12	6	2	40	-3500	1.27	9.4	0.6		0
48-2-14	201	-3500	45	70		38	10	10.5	0	3	40						0
48-2-15	294	-3500	45	70		38	10	10.5	0	3	30						0
48-2-16	263	-3500	45	70		38	10	10.5	0	3	50						0
48-2-17	179	-3500	50	70		38	10	7	6	3	40						0

試験体 記号	実験方法		実験結果						f _u	T _u	森田式 T _m	JIS式 T _o	T _j
	Load	History	P _c	P _b	P _y	P _u	Mode						
45-3-47	T	M				3,830kg	X	3830	50.1				
47-1-1	B	M				67.0t _m	X	4058	28.8				
47-1-2	B	M				56.7t _m	S	3436	34.1	30.44	34.06	34.32	
47-1-3	B	M				63.0t _m	YS	3818	37.9				
47-1-4	B	M				35.0t _m	S	2122	35.1	30.44	39.58	38.61	
47-3-1	B	C	2.33			14.6t _m	YS	4203	66.6				
47-3-2	B	C	1.33			13.7t _m	YS	3944	62.5				
47-3-3	B	C	2.67			17.4t _m	YS	5010	79.3				
47-4-1	B	C				3.04t	C	3521	35.4				
47-4-2	B	C				2.60t	S	3011	37.8	43.08	47.07	47.34	
47-4-3	B	C				1.21t	S	1401	14.1	16.27	23.00	1.04	
47-4-4	B	C				1.12t	S	1297	16.3	16.44	27.69	1.33	
47-4-5	B	C				4.93t	S	2783	34.5	42.15	35.51	29.27	
47-4-6	B	C				4.03t	S	2275	28.2	44.89	37.26	29.75	
47-4-7	B	C				2.44t	S	1377	13.6	16.74	20.90	1.04	
47-4-8	B	C				1.85t	S	1044	13.0	16.74	24.74	1.33	
47-4-9	B	C				3.18t	YC	3683	11.6				
47-4-10	B	C				3.20t	YC	3706	15.5				
47-4-11	B	C				2.61t	S	3023	19.0	16.27	18.35	0.89	
47-4-12	B	C				3.46t	YC	4007	25.2				
47-4-13	B	C				6.44t	S	3635	11.3	16.52	11.75	0.59	
47-4-14	B	C				5.67t	S	3200	13.2	16.52	12.70	0.59	
47-4-15	B	C				2.13t	S	1202	7.5	16.52	14.60	0.59	
47-4-16	B	C				6.11t	S	3449	21.4	37.63	27.02	23.16	
47-4-17	B	C				6.46t	YC	3646	15.1				
47-4-18	B	C				4.95t	S	2794	17.3	16.44	18.61	1.33	
47-4-19	B	C				6.21t	YC	3505	21.7	15.1			
47-4-20	B	C				6.53t	YC	3686	8.0				
48-1-1	T					6.0t _m	S	3021	30.1	33.50	41.69	59.18	
48-1-2	T					6.5t _m	S	3273	32.6	47.80	54.84	63.99	
48-1-3	T					5.5t _m	S	2769	45.9	47.80	60.64	71.70	
48-1-4	T					7.0t _m	S	3525	43.8	36.53	47.83	68.48	
48-1-5	T					7.0t _m	S	3525	43.8	36.53	47.83	68.48	
48-1-6	T					7.3t _m	S	3676	45.7	52.11	62.17	73.29	
48-1-7	T					7.5t _m	S	3776	47.0	52.11	62.17	73.29	
48-1-8	T					7.2t _m	S	3625	45.1	52.11	62.17	73.29	
48-1-9	B					9.5t _m	S	3454	43.0	30.79	37.03	39.96	
48-1-10	B					10.5t _m	S	3818	47.5	47.97	52.64	43.18	
48-2-1	T					3,920kg	Y	3920	49.0				
48-2-2	T					4,260kg	Y	4260	26.6				
48-2-3	T					4,000kg	S	4000	33.3	38.17	29.23	34.13	
48-2-4	T					4,000kg	S	4000	25.0	23.44	16.37	9.70	
48-2-5	T					3,510kg	S	3510	43.9	55.53	45.72	68.02	
48-2-6	T					3,022kg	S	3022	18.9	17.80	12.64	11.29	
48-2-7	T					4,450kg	Y	4450	27.8				
48-2-8	T					3,515kg	S	3515	43.9	41.99	46.05	79.38	
48-2-9	T					3,080kg	S	3080	25.7	37.13	28.21	40.53	
48-2-10	T					3,290kg	S	3290	20.6	29.20	19.24	57.30	
48-2-11	T					4,210kg	S	4210	26.3	29.20	23.94	58.30	
48-2-12	T					4,260kg	S	4260	26.6	29.20	28.65	59.30	
48-2-13	T					4,280kg	YS	4280	26.8				
48-2-14	B					3,210kg	S	3210	20.1	18.88	9.20	0.00	
48-2-15	B					2,860kg	S	2860	23.8	22.84	13.03	0.00	
48-2-16	B					3,600kg	S	3600	18.0	21.60	9.45	0.00	
48-2-17	B					3,360kg	S	3360	21.0	19.62	17.08	15.26	

試験体 記号	試験体データ																
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横筋強筋				Reinforc	Sp
												fs	as	Ss	ps		
48-2-18	235	-3500	50	70		38	10	7	6	3	40	-3500	1.27	25	0.2		0
48-5-1	288	3530	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	60	3470	0.64	20	0.32		0
48-5-2	291	3530	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	3470	0.64	10	0.64		0
48-5-3	288	3530	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	3470	0.64	20	0.32		0
48-5-4	295	3530	20	30	90	32	2.9	6.8	-13.6	1	60						0
48-5-5	284	3530	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	3470	0.64	10	0.64		0
48-5-6	289	3530	20	30	90	32	0	6.8	-13.6	1	60	3470	0.64	20	0.32		0
48-6-1	270	3608	30	40	90	41	4	10.9	-21.8	1	60	3470	0.64	30	0.14		0
48-6-2	270	3608	30	40	90	41	4	10.9	-21.8	1	40	3470	0.64	10	0.42		0
48-6-3	270	3608	30	40	90	41	0	10.9	-21.8	1	40	3470	0.64	10	0.42		0
48-6-4	270	3608	30	40	90	41	4	10.9	-21.8	1	40	3470	0.64	30	0.14		0
48-6-5	270	3608	30	40	90	41	0	10.9	-21.8	1	40	3470	0.64	30	0.14		0
49-1-1	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	30	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-2	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	25	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-3	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	25	-3500	0.32	16	0.4		0
49-1-4	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	4	1.6		0
49-1-5	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-6	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	16	0.4		0
49-1-7	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	4	1.6		0
49-1-8	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-9	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	20	-3500	0.32	16	0.4		0
49-1-10	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	15	-3500	0.32	4	1.6		0
49-1-11	370	-3500	10	20	55	16	2.4	3.4	-6.8	1	15	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-12	370	-3500	10	20	55	16	1	3.4	-6.8	1	25	-3500	0.32	8	0.8		0
49-1-13	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	30	-3500	2.87	25	0.72		0
49-1-14	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	25	-3500	2.87	12.5	1.44		0
49-1-15	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	25	-3500	2.87	25	0.72		0
49-1-16	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	20	-3500	2.87	12.5	1.44		0
49-1-17	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	20	-3500	2.87	25	0.72		0
49-1-18	370	-3500	32	64	77.5	51	7.5	10.9	-21.8	1	25	-3500	2.87	25	0.72		0
49-3-1	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	19.6	2	10						0
49-3-2	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	19.6	2	20						0
49-3-3	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	19.6	2	25						0
49-3-4	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	29.8	2	30						0
49-3-5	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	29.8	2	10						0
49-3-6	300	-3500	53	18		51	6.5	6.5	29.8	2	20						0
49-4-1	347	3610	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	50	3500	0.64	10	0.42		0
49-4-2	356	3610	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	50	3500	0.64	30	0.14		0
49-4-3	356	3610	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	40	3500	0.64	10	0.42		0
49-4-4	354	3610	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	40	3500	0.64	30	0.14		0
49-4-5	359	3610	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	30	3500	0.64	10	0.42		0
49-4-6	218	3510	30	34	120	41	0	10.9	-21.8	1	60	3400	0.64	10	0.42		0
49-4-7	210	3510	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	30	3400	0.64	30	0.14		0
49-4-8	217	3510	30	40	120	41	4	10.9	-21.8	1	30	3400	0.64	10	0.42		0
49-4-9	218	3510	30	34	120	41	0	10.9	-21.8	1	30	3400	0.64	10	0.42		0
50-1-1	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	35						0
50-1-2	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	35						0
50-1-3	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	35						0
50-1-4	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20						0
50-1-5	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20						0
50-1-6	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20						0
50-1-7	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	4	1.27	R	0
50-1-8	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	4	1.27	R	0
50-1-9	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	4	1.27	R	0
50-1-10	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0

試験体 記号	実験方法		実験結果						Tu	森田式	ワグン式	Tj
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	fu		T _m	To	
48-2-18	B					3.920kg	YS	3920	24.5	25.88		
48-5-1	B	C				6.30t	YC	3556	17.6	43.69		
48-5-2	B	C				6.30t	YC	3556	17.6			
48-5-3	B	C				6.03t	S	3404	16.8	16.21	17.95	1.59
48-5-4	B	C				6.21t	YC	3505	17.3	32.12		
48-5-5	B	C				6.12t	S	3454	17.1	16.16	22.56	3.18
48-5-6	B	C				4.46t	S	2517	12.5	16.30	18.04	1.59
48-6-1	B	C				14.09t	YC	3534	14.8			
48-6-2	B	C				14.04t	YC	3522	22.1			
48-6-3	B	C				11.39t	S	2857	18.0	15.75	23.81	2.09
48-6-4	B	C				14.36t	SH	3602	22.6	32.80		
48-6-5	B	C				6.30t	S	1580	9.9	15.75	15.14	0.70
49-1-1	B	M				1.02t	S	3497	29.0	55.95	52.94	50.25
49-1-2	B	M				1.50t	Y	5124	51.0			
49-1-3	B	M				1.51t	Y	5172	51.5			
49-1-4	B	M				1.57t	YC	5367	66.8			
49-1-5	B	M				1.24t	S	4232	52.6	55.95	57.19	55.91
49-1-6	B	M				1.33t	Y	4540	56.5	51.19		
49-1-7	B	M				1.58t	YC	5387	67.0			
49-1-8	B	M				1.11t	S	3794	47.2	55.95	57.19	55.91
49-1-9	B	M				1.14t	S	3900	48.5	51.19	54.47	53.90
49-1-10	B	M				1.29t	Y	4410	73.1			
49-1-11	B	M				1.20t	S	4109	68.1	55.95	61.43	59.29
49-1-12	B	M				1.36t	Y	4653	46.3			
49-1-13	B	M				50.40t	YC	5647	46.8			
49-1-14	B	M				46.50t	YC	5210	51.8			
49-1-15	B	M				49.60t	YC	5557	55.2	56.10		
49-1-16	B	M				45.00t	YC	5042	62.6	56.10		
49-1-17	B	M				34.10t	S	3821	47.5	56.10	56.74	54.49
49-1-18	B	M				43.40t	Y	4863	48.3			
49-3-1	T	M				1,174kg	S	1174	29.2	28.77	46.01	45.24
49-3-2	T	M				1,960kg	S	1960	24.3	28.77	34.53	39.70
49-3-3	T	M				2,090kg	S	2090	20.8	28.77	32.24	37.42
49-3-4	T	M				2,480kg	S	2480	20.5	28.77	30.71	35.38
49-3-5	T	M				1,500kg	S	1500	37.3	28.77	46.01	45.24
49-3-6	T	M				2,800kg	S	2800	34.8	28.77	34.53	39.70
49-4-1	B	C				15.18t	YC	3808	19.1			
49-4-2	B	C				15.30t	YC	3838	19.3			
49-4-3	B	C				15.30t	YC	3838	24.1			
49-4-4	B	C				15.42t	YC	3868	24.3			
49-4-5	B	C				15.06t	YC	3778	31.7			
49-4-6	B	C				14.94t	YC	3748	15.7			
49-4-7	B	C				12.54t	S	3146	26.4	28.93	26.11	23.34
49-4-8	B	C				11.40t	S	2860	24.0	29.41	34.39	25.08
49-4-9	B	C				10.68t	S	2679	22.5	14.16	23.02	2.05
50-1-1	T	M				3,650kg	YS	3560	25.3			
50-1-2	T	M				3,540kg	YS	3540	25.1			
50-1-3	T	M				3,560kg	YS	3560	25.3			
50-1-4	T	M				1,730kg	S	1730	21.5	28.56	37.38	45.56
50-1-5	T	M				2,040kg	S	2040	25.3	28.56	37.38	45.56
50-1-6	T	M				2,600kg	S	2600	32.3	29.29	37.38	46.73
50-1-7	T	M				4,110kg	YS	4110	51.0			
50-1-8	T	M				4,190kg	YS	4190	52.0			
50-1-9	T	M				4,120kg	YS	4120	51.2			
50-1-10	T	M				3,580kg	YS	3580	44.5			

試験体 記号	試験体データ																
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋				Reinforc	Sp
												fs	as	Ss	ps		
50-1-11	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-12	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-13	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	8	0.64		0
50-1-14	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	8	0.64		0
50-1-15	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	8	0.64		0
50-1-16	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-17	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-18	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-19	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-20	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-21	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	20	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-22	309	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	15	4020	1.28	6	0.85		0
50-1-23	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	15	4020	1.28	6	0.85		0
50-1-24	325	3470	50	25		51	7.5	7.5	14.7	2	15	4020	0.64	6	0.85		0
50-1-25	294	3470	50	60	150	51	8.5	8.5	12.7	2	20	4020	1.99	30	0.27		0
50-1-26	294	3470	50	60	150	51	8.5	8.5	12.7	2	20	4020	1.99	30	0.27		0
50-1-27	294	3470	50	60	150	51	8.5	8.5	12.7	2	20	4020	1.99	30	0.27		0
50-3-1	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	25	-3500	0.64	15	0.17		0
50-3-2	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	25	-3500	0.64	15	0.17		0
50-3-3	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	25	-3500	1.99	15	0.53		0
50-3-4	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	25	-3500	3.87	15	1.03		0
50-3-5	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	20	-3500	0.64	15	0.17		0
50-3-5	310	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	20	-3500	0.64	6	0.85		0
50-3-6	220	-3000	50	22		51	8.5	8.5	12.6	2	25	-3500	1.99	15	0.85		0
51-3-1	294	-3000	45	55	180	51	5.1	5.1	14.4	2	26.5	-3500	1.99	15	0.59		0
51-3-2	294	-3000	45	55	180	51	5.1	5.1	14.4	2	26.5	-3500	1.99	15	0.59		0
51-3-3	282	-3000	45	55	180	51	5.1	5.1	14.4	2	26.5	-3500	1.99	15	0.59		0
51-3-4	282	-3000	45	55	180	51	5.1	5.1	14.4	2	26.5	-3500	1.99	45	0.2		0
51-3-5	282	-3000	45	55	180	51	5.1	5.1	14.4	2	26.5	-3500	1.99	45	0.2		0
52-2-1	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	1	30	-3000	0.28	20	0.08		0
52-2-2	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	2	30	-3000	0.28	20	0.08		0
52-2-3	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	4	30	-3000	0.28	20	0.08		0
52-2-4	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	8	30	-3000	0.28	20	0.08		0
52-2-5	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	2	20	-3000	0.28	13	0.13		0
52-2-6	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	8	20	-3000	0.28	13	0.13		0
52-2-7	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	2	30	-3500	0.71	20	0.22		0
52-2-8	242	-3000	100	50		22	3	40.7	1.1	8	30	-3500	0.71	20	0.22		0
52-2-9	242	-3000	100	50		32	3	40.7	1.1	2	30	-3500	0.64	30	0.13		0
52-2-10	242	-3000	100	50		51	3	40.7	1.1	2	30	-3500	1.27	49	0.16		0
53-2-1	-400	-3000	70	60	150	51	8.5	12.5	20	2	30	-3500	1.99	15	0.38		0
53-2-2	-400	-3000	70	60	150	51	8.5	12.5	20	2	30	-3500	1.99	15	0.38		1
53-2-3	-400	-3000	90	60	150	51	8.5	12.5	20	2	30	-3500	1.99	15	0.29		3
53-4-1	252	3550	15	20	42.5	25	2.75	5	-10	1	28	-3000	0.28	10	0.37		0
53-4-2	252	3550	15	20	42.5	25	2.75	5	-10	1	29	-3000	0.28	10	0.37		0
54-1-1	-300	-3500	27	29	75	22	3	4.9	12.8	1	11						0
54-1-2	-300	-3500	27	31	75	22	5	4.9	12.8	1	7.3						0
54-1-3	-300	-3500	27	31	75	22	5	4.9	12.8	1	11						0
54-2-1	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	30	3927	0.71	20	0.24		0
54-2-2	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	30						0
54-2-3	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	30	3927	0.71	20	0.24		0
54-2-4	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	30	3927	0.71	10	0.47		0
54-2-5	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	30	3927	0.71	20	0.24		0
54-2-6	-270	3923	30	40	160	32	4.4	4.4	8.4	2	40	3927	0.71	20	0.24		0
54-2-7	-270	3923	30	40	160	32	4.5	4.4	8.4	2	40	3927	0.71	10	0.47		0
54-3-1	283	3619	30	40	152	25	4.75	4.75	5.3	2	40						0

試験体 記号	実験方法		実験結果						T _u	森田式	柳川式	T _j
	Load	History	P _c	P _b	P _y	P _u	Mode	f _u		T _m	T _o	
50-1-11	T	M				3,790kg	YS	3790	47.1			
50-1-12	T	M				4,100kg	YS	4100	50.9			
50-1-13	T	M				3,580kg	YS	3580	44.5			
50-1-14	T	M				3,820kg	YS	3820	47.4			
50-1-15	T	M				3,660kg	YS	3660	45.5			
50-1-16	T	M				3,700kg	YS	3700	46.0			
50-1-17	T	M				3,890kg	YS	3890	48.3			
50-1-18	T	M				3,870kg	YS	3870	48.1			
50-1-19	T	M				3,800kg	YS	3800	47.2			
50-1-20	T	M				3,990kg	YS	3990	49.6			
50-1-21	T	M				3,950kg	YS	3950	49.1			
50-1-22	T	M				3,200kg	S	3200	53.0	43.85	52.38	53.43
50-1-23	T	M				3,120kg	S	3120	51.7	44.98	53.72	54.67
50-1-24	T	M				3,580kg	YS	3580	59.3			
50-1-25	B	C				65.60t	Y	3980	49.4			
50-1-26	B	C				67.10t	Y	4070	50.6			
50-1-27	B	C				64.50t	Y	3910	48.6			
50-3-1	T	C				3,300kg	S	3300	32.8	32.28	36.10	37.72
50-3-2	T	C				3,300kg	S	3300	32.8	32.28	36.10	37.72
50-3-3	T	C					Y		no data			
50-3-4	T	C					Y		no data			
50-3-5	T	C					Y		no data			
50-3-5	T	C							no data	37.78		
50-3-6	T	C				3,500kg	S	3500	34.8	33.71	37.31	35.32
51-3-1	B	C			27.5	32.5tm	YS	3457	32.4			
51-3-2	B	C			27.5	32.0tm	YS	3382	31.7			
51-3-3	B	C			27.5	29.0tm	YS	3085	28.9			
51-3-4	B	C			27.5	28.0tm	YS	2978	27.9			
51-3-5	B	C				24.0tm	S	2553	23.9	29.02	30.92	28.98
52-2-1	T	C				4,753kg	Y	4753	39.8			
52-2-2	T	C				3,952kg	YS	3952	33.1			
52-2-3	T	C				3,875kg	YS	3875	32.5			
52-2-4	T	C				2,260kg	S	2260	18.9	29.62	15.47	6.58
52-2-5	T	C				2,325kg	S	2325	29.2	37.47	21.78	7.55
52-2-6	T	C				1,937kg	S	1937	24.3	29.95	49.20	7.55
52-2-7	T	C				4,004kg	YS	4004	33.5			
52-2-8	T	C				3,048kg	S	3048	25.5	30.56	15.56	7.34
52-2-9	T	C				3,526kg	S	3526	29.2	30.42	16.68	4.94
52-2-10	T	C				4,021kg	YS	4021	33.3			
53-2-1	B					90.4tm	C	3876	32.1			
53-2-2	B					100.0tm	C	4287	35.5			
53-2-3	B					95.9tm	C	4099	33.9			
53-4-1	B	C		7.4		11.5tm	YS	3446	33.6			
53-4-2	B	C				12.5tm	YS	3728	32.6			
54-1-1	B	M				9.3tm	S	2130	48.7	36.60	45.15	47.73
54-1-2	B	M				11.0tm	S	2540	87.4	43.45	68.24	83.82
54-1-3	B	M				12.2tm	S	2790	63.7	43.45	57.67	79.56
54-2-1	B		2.5		19	20.9tm	YS	3539	20.4			
54-2-2	B		2.5			16.7tm	S	2828	23.4	25.62	29.63	34.56
54-2-3	B		2			18.0tm	S	3048	25.2	30.16	35.01	35.91
54-2-4	B		2			19.5tm	S	3302	27.3	34.70	40.41	37.21
54-2-5	B		2		20	21.8tm	YS	3692	21.3			
54-2-6	B		2.5		20	22.0tm	YS	3725	16.1			
54-2-7	B		3		21	23.4tm	YC	3962	17.1			
54-3-1	B	M				11.5tm	YC	3846	24.4			

試験体 記号	試験体データ														Reinforc	Sp	
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋					
												fs	as	Ss			ps
54-3-2	295	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	40						
54-3-3	298	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	40						
54-3-4	304	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	30	3950	0.71	10	0.48		
54-3-5	282	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	30	3950	0.71	20	0.24		
54-3-6	211	3619	30	40	152	25	4.75	4.75	5.25	2	30						
54-3-7	270	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	20	3950	0.71	10	0.48		
54-3-8	288	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	20	3950	0.71	20	0.24		
54-3-9	278	3619	30	40	152	25	4.75	4.75		2	20						
56-1-1	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-2	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-3	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-4	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5						0
56-1-5	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5						0
56-1-6	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	12.5						0
56-1-7	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	18.8						0
56-1-8	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	18.8						0
56-1-9	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	18.8						0
56-1-10	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	39.4						0
56-1-11	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	39.4						0
56-1-12	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	39.4						0
56-1-13	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	16.7					F	0
56-1-14	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	16.7					F	0
56-1-15	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	25						0
56-1-16	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	17.8	2	25						0
56-1-17	-300	-3500	28	96		16	3.2	3.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-18	-300	-3500	28	96		16	3.2	3.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-19	-300	-3500	24	80		16	3.2	3.2	17.8	2	18.8						0
56-1-20	-300	-3500	30	116		16	4.2	4.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-21	-300	-3500	30	116		16	4.2	4.2	17.8	2	12.5					F	0
56-1-22	-300	-3500	26	100		16	4.2	4.2	17.8	2	18.8						0
56-1-23	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	12.5					F	0
56-1-24	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	12.5						0
56-1-25	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	18.8					F	0
56-1-26	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	39.4						0
56-1-27	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	16.7					F	0
56-1-28	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	8.4	2	25						0
56-1-29	-300	-3500	18	21	75	16	3.2	3.2	8.4	2	12.5					F	0
56-1-30	-300	-3500	18	21	75	16	3.2	3.2	8.4	2	18.8						0
56-1-31	-300	-3500	20	22	75	16	4.2	4.2	8.4	2	12.5					F	0
56-1-32	-300	-3500	20	22	75	16	4.2	4.2	8.4	2	18.8						0
56-6-1	-300	-3500	22	6		16	2.2	2.2	11.2	2	18.8						0
56-6-2	-300	-3500	22	6		16	2.2	2.2	11.2	2	18.8						0
56-6-3	-300	-3500	22	6		16	2.2	2.2	11.2	2	18.8						0
56-6-4	-300	-3500	22	6		16	2.2	2.2	11.2	2	18.8	-3500	0.28	5	0.93	R	0
56-6-5	-300	-3500	22	6		16	2.2	2.2	11.2	2	18.8	-3500	0.28	5	0.93	R	0
56-6-6	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8						0
56-6-7	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8						0
56-6-8	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8						0
56-6-9	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8					R	0
56-6-10	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8					R	0
56-6-11	-300	-3500	26	10		16	4.2	4.2	11.2	2	18.8					R	0
56-7-1	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	0
56-7-2	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	0
56-7-3	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	0
56-7-4	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	0

試験体 記号	実験方法		実験結果							森田式 T _■	ワゴン式 T _○	T _j
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	f _u	T _u			
54-3-2	B	M				11.4t _m	YC	3840	24.3			
54-3-3	B	M				11.4t _m	YC	3830	24.3			
54-3-4	B	M				11.3t _m	YC	3779	31.9			
54-3-5	B	M				11.2t _m	YC	3762	31.8			
54-3-6	B	M				10.8t _m	S	3638	30.7	28.50	23.28	24.68
54-3-7	B	M				11.0t _m	YC	3695	46.8			
54-3-8	B	M				10.8t _m	S	3638	46.1	33.30	30.94	32.35
54-3-9	B	M				10.0t _m	S	3342	42.4	32.71	30.40	31.79
56-1-1	T					2,360kg	S	2360	47.0			
56-1-2	T					2,470kg	S	2470	49.2			
56-1-3	T					2,270kg	S	2270	45.2			
56-1-4	T					1,970kg	S	1970	39.2	30.28	42.80	47.16
56-1-5	T					2,270kg	S	2270	45.2	30.28	42.80	47.16
56-1-6	T					1,990kg	S	1990	39.6	30.28	42.80	47.16
56-1-7	T					2,320kg	S	2320	30.7	30.28	36.65	43.47
56-1-8	T					2,770kg	S	2770	36.7	30.28	36.65	43.47
56-1-9	T					2,690kg	S	2690	35.6	30.28	36.65	43.47
56-1-10	T					2,650kg	S	2650	16.7	30.28	30.27	34.62
56-1-11	T					4,050kg	S	4050	25.6	30.28	30.27	34.62
56-1-12	T					3,830kg	S	3830	24.2	30.28	30.27	34.62
56-1-13	T					2,860kg	S	2860	42.6			
56-1-14	T					2,860kg	S	2860	42.6			
56-1-15	T					3,350kg	S	3350	33.3	30.28	33.62	40.37
56-1-16	T					3,200kg	S	3200	31.8	30.28	33.62	40.37
56-1-17	T					2,670kg	S	2670	53.1			
56-1-18	T					3,170kg	S	3170	63.1			
56-1-19	T					2,800kg	S	2800	37.0	39.68	45.25	63.23
56-1-20	T					3,800kg	Y	3800	75.6			
56-1-21	T					3,800kg	Y	3800	75.6			
56-1-22	T					3,500kg	S	3500	46.3	45.28	53.86	82.99
56-1-23	B					2,580kg	S	2580	51.3			
56-1-24	B					1,870kg	S	1870	37.2	28.67	42.80	47.16
56-1-25	B					3,040kg	S	3040	40.2			
56-1-26	B					4,230kg	Y	4230	26.7	28.67		
56-1-27	B					4,300kg	YS	4300	64.0			
56-1-28	B					4,300kg	YS	4300	42.8	28.67		
56-1-29	B					3,500kg	S	3500	69.7			
56-1-30	B					3,500kg	S	3500	46.3	31.99	45.25	63.23
56-1-31	B					3,840kg	Y	3840	76.4			
56-1-32	B					4,100kg	Y	4100	54.2	35.31		
56-6-1	T					2,070kg	S	2070	27.4	30.28	36.65	43.47
56-6-2	T					2,170kg	S	2170	28.7	30.28	36.65	43.47
56-6-3	T					2,130kg	S	2130	28.2	30.28	36.65	43.47
56-6-4	B					3,370kg	S	3370	44.6	30.28	36.65	43.47
56-6-5	B					3,700kg	S	3700	49.0	30.28	36.65	43.47
56-6-6	B					3,680kg	S	3680	48.7	45.28	53.86	82.99
56-6-7	B					3,490kg	S	3490	46.2	45.28	53.86	82.99
56-6-8	B					3,470kg	S	3470	45.9	45.28	53.86	82.99
56-6-9	B					5,000kg	Y	5000	66.2			
56-6-10	B					5,000kg	Y	5000	66.2			
56-6-11	B					5,000kg	Y	5000	66.2			
56-7-1	B					21.0t _m	YC	5207	66.0			
56-7-2	B					20.7t _m	YC	5133	65.1			
56-7-3	B					20.3t _m	YC	5034	63.8			
56-7-4	B					18.7t _m	YC	4637	58.8			

試験体 記号	試験体データ																
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋				Reinforc	Sp
												fs	as	Ss	ps		
56-7-5	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	0
56-7-6	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-7	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-8	431	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47		
56-7-9	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-10	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-11	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-12	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	20	3880	0.71	20	0.47		
56-7-13	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-14	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-15	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47	R	
56-7-16	176	3410	15	30	55	25	3.8	5	-10	1	10	3880	0.71	20	0.47		
56-7-17	370	3800	30	60	170	51	5.5	9.9	-19.8	1	15	3610	1.27	15	0.56	R	
56-7-18	370	3800	30	60	170	51	5.5	9.9	-19.8	1	15	3610	1.27	15	0.56	R	
56-7-19	370	3800	30	60	170	51	5.5	9.9	-19.8	1	30	3610	1.27	15	0.56		
57-1-1	328	3620	30	40	120	22	4.9	4.9	11.4	2	25	3780	0.71	10	0.47		
57-1-2	319	3620	30	40	120	22	4.9	4.9	11.4	2	30	3780	0.71	10	0.47		
57-1-3	319	3620	30	40	120	22	4.9	4.9	11.4	2	35	3780	0.71	10	0.47		
57-3-1	242	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.7	5	25	-3500	0.71	10	0.28		0
57-3-2	242	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.7	5	25	-3500	0.71	10	0.28		0
57-3-3	242	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	25	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-4	242	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	25	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-5	283	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	37.5	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-6	314	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	25	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-7	314	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	37.5	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-8	404	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	25	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-9	404	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	37.5	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-10	248	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	25	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-11	404	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	7.4	5	37.5	-3500	0.71	10	0.28		2.9
57-3-12	283	3800	50	30	120	16	2.5	3.95	16.4	3	25	-3500	0.71	10	0.28		7.4
57-6-1	-300	-3500	25	30	100		8	3.8	7.4	2	20	-3500	0.32				0
57-6-2	-300	-3500	25	30	100		8	3.8	7.4	2	10	-3500	0.32				0
57-6-3	-300	-3500	25	30	100		8	3.8	7.4	2	30	-3500	0.32				0
57-6-4	-300	-3500	25	30	100		8	3.8	7.4	2	20	-3500	0.32				0
57-6-5	-300	-3500	25	30	100		8	3.8	7.4	2	20	-3500	0.32				0
57-6-6	-300	-3500	45	30	100		3.8	9	17	2	20	-3500	0.32				0
57-6-7	-300	-3500	60	30	100		3.8	21.3	7.4	2	20	-3500	0.32				0
57-6-8	-300	-3500	85	30	100		3.8	18.75	37.5	2	20	-3500	0.32				0
58-1-1	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5					F	0
58-1-2	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5					F	0
58-1-3	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5					F	0
58-1-4	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5						0
58-1-6	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5						0
58-1-8	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	12.5						0
58-1-7	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	18.8						0
58-1-8	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	18.8						0
58-1-9	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	18.8						0
58-1-10	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	39						0
58-1-11	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	39						0
58-1-12	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	39						0
58-1-13	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	17					F	0
58-1-14	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	17					F	0
58-1-15	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	25						0
58-1-16	-300	-3500	26	76		16	2.2	2.2	18.4	2	25						0
58-1-17	-300	-3500	28	96		16	3.2	3.2	18.4	2	12.5					F	0

→
56-12-11
T-9

試験体 記号	実験方法		実験結果							Tu	森田式 T _m	ワゴン式 T _o	T _j
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	f _u					
56-7-5	B					20.4t _m	YC	5058	128.2				
56-7-6	B					19.6t _m	YC	4860	123.2				
56-7-7	B					20.0t _m	YC	4959	125.7				
56-7-8	B					11.0t _m	S	2728	69.2	55.41	75.81	67.28	
56-7-9	B					17.9t _m	YC	4439	56.3				
56-7-10	B					17.8t _m	YC	4414	55.9				
56-7-11	B					17.8t _m	YC	4414	55.9				
56-7-12	B					11.5t _m	S	2852	36.1	35.41	39.65	38.88	
56-7-13	B					11.1t _m	S	2753	69.8	37.57	48.84	54.61	
56-7-14	B					11.0t _m	S	2728	69.2	37.57	48.84	54.61	
56-7-15	B					12.0t _m	S	2975	75.4	37.57	48.84	54.61	
56-7-16	B					7.0t _m	S	1736	44.0	35.41	48.84	43.93	
56-7-17	B					37.00t	YC	3986	66.0				
56-7-18	B					11.10t	S	1196	19.8	52.61	54.99	42.64	
56-7-19	B					41.60t	YC	4482	74.2				
57-1-1	B					15.00t	YC	3909	39.3				
57-1-2	B					15.20t	YC	3961	33.2				
57-1-3	B					15.30t	YC	3987	28.6				
57-3-1	B	C				11.35t	YS	4883	48.6				
57-3-2	B	C				10.39t	YS	4470	44.5				
57-3-3	B	C				11.53t	YS	4960	49.4				
57-3-4	B	C				11.89t	YS	5115	50.9				
57-3-5	B	C				12.17t	YS	5235	34.7				
57-3-6	B	C				12.67t	YS	5450	54.2				
57-3-7	B	C				13.16t	YC	5661	37.6				
57-3-8	B	C				13.63t	YC	5863	58.3				
57-3-9	B	C				13.22t	YC	5687	37.7				
57-3-10	B	C				11.47t	YS	4934	49.1				
57-3-11	B	C				13.58t	YC	5842	38.8				
57-3-12	B	C				13.45t	YC	5786	57.6				
57-6-1						9.0t _m	S	2870	no data				
57-6-2						4.0t _m	S	1220	no data				
57-6-3						11.9t _m	S	3490	no data				
57-6-4						8.5t _m	S	2750	no data				
57-6-5						9.0t _m	S	2900	no data				
57-6-6						13.5t _m	S	3380	no data				
57-6-7						11.5t _m	S	2800	no data				
57-6-8						14.5t _m	S	3720	no data				
58-1-1	T					2,360kg	S	2360	47.0				
58-1-2	T					2,470kg	S	2470	49.2				
58-1-3	T					2,270kg	S	2270	45.2				
58-1-4	T					1,970kg	S	1970	39.2	30.28	42.80	47.16	
58-1-5	T					2,270kg	S	2270	45.2	30.28	42.80	47.16	
58-1-6	T					1,990kg	S	1990	39.6	30.28	42.80	47.16	
58-1-7	T					2,320kg	S	2320	30.7	30.28	36.65	43.47	
58-1-8	T					2,770kg	S	2770	36.7	30.28	36.65	43.47	
58-1-9	T					2,690kg	S	2690	35.6	30.28	36.65	43.47	
58-1-10	T					2,650kg	S	2650	16.9	30.28	32.09	38.17	
58-1-11	T					4,050kg	S	4050	25.8	30.28	32.09	38.17	
58-1-12	T					3,830kg	S	3830	24.4	30.28	20.09	38.17	
58-1-13	T					2,860kg	S	2860	41.8				
58-1-14	T					2,820kg	S	2820	41.3				
58-1-15	T					3,350kg	S	3350	33.3	30.28	33.62	40.37	
58-1-16	T					3,200kg	S	3200	31.8	30.28	33.62	40.37	
58-1-17	T					2,670kg	S	2670	53.1				

56-1と同一-9

試験体 記号	試験体データ														横補強筋				Reinforc	Sp
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	fs	as	Ss	ps					
58-1-15	-300	-3500	28	96		16	3.2	3.2	18.4	2	12.5					F	0			
58-1-19	-300	-3500	24	80		16	3.2	3.2	18.4	2	18.8						0			
58-1-20	-300	-3500	30	116		16	4.2	4.2	18.4	2	12.5					F	0			
58-1-21	-300	-3500	30	116		18	4.2	4.2	18.4	2	12.5					F	0			
58-1-22	-300	-3500	26	100		16	4.2	4.2	18.4	2	18.8						0			
58-1-23	-300	-3500	16	26	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5					F	0			
58-1-24	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5						0			
58-1-25	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	5.2	2	18.8						0			
58-1-26	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	5.2	2	39						0			
58-1-27	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	5.2	2	17					F	0			
58-1-28	-300	-3500	16	20	75	16	2.2	2.2	5.2	2	25						0			
58-1-29	-300	-3500	18	21	75	16	3.2	3.2	5.2	2	12.5					F	0			
58-1-30	-300	-3500	18	21	75	16	3.2	3.2	5.2	2	18.8						0			
58-1-31	-300	-3500	20	22	75	16	4.2	4.2	5.2	2	12.5						0			
58-1-32	-300	-3500	20	22	75	16	4.2	4.2	5.2	2	18.8					F	0			
58-1-33	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5					F	0			
58-1-34	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5					F	0			
58-1-35	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	20	0.44	F	0			
58-1-36	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	20	0.44	F	0			
58-1-37	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	40	0.22	F	0			
58-1-38	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	17	0.52	F	0			
58-1-39	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	34	0.26	F	0			
58-1-40	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	15	0.59	F	0			
58-1-41	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	30	0.3	F	0			
58-1-42	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	10	0.89	F	0			
58-1-43	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	12.5	3500	0.71	10	0.89	F	0			
58-1-44	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	25						0			
58-1-45	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	10	3500	0.71	15	0.59	F	0			
58-1-46	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	10	3500	0.71	30	0.3	F	0			
58-1-47	-300	-3500	16	23	75	16	2.2	2.2	5.2	2	10	3500	0.71	15	0.59	F	0			
58-7-1	299	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	20	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-2	346	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	25	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-3	308	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	30	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-4	308	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	40	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-5	299	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	20	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-6	346	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	25	3710	0.71	10	0.71		0			
58-7-7	299	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	30	3710	0.71	10	0.78		0			
58-7-8	308	4130	20	30	120	19	4.1	4.1	8.1	2	40	3710	0.71	10	0.78		0			
59-11-1	314	3700	30	40	120	22	4.9	3.9	13.4	2	15	3710	0.71	10	0.47		0			
59-11-2	334	3700	30	40	120	22	4.9	3.9	13.4	2	20	3710	0.71	10	0.47		0			
59-11-3	314	3700	30	40	120	22	4.9	3.9	13.4	2	25	3710	0.71	10	0.47		0			
59-11-4	316	3700	30	40	120	22	4.9	3.9	13.4	2	30	3710	0.71	10	0.47		0			
60-1-1	355	6223	45	20	70	16	3	3	32.6	2	40	3627	0.64	12	0.24		0			
60-1-2	355	6223	45	20	70	16	3	3	26.2	2	40	3627	0.64	12	0.24		2			
60-1-3	355	6223	45	20	70	16	3	3	19.8	2	40	3627	0.64	12	0.24		4			
60-1-4	355	6223	45	20	70	16	3	3	13.4	2	40	3627	0.64	12	0.24		6			
60-1-5	355	6223	45	20	70	16	3	3	7	2	40	3627	0.64	12	0.24		8			
60-13-1	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	10.2	2	7.7	-3500	0.32	3	1.06		0			
60-13-2	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	10.2	2	7.7	-3500	0.32	4	0.8		0			
60-13-3	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	10.2	2	7.7	-3500	0.32	6	0.53		0			
60-13-4	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	7.7	-3500	0.32	8	0.4		0			
60-13-5	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	7.7	-3500	0.32	12	0.27		0			
60-13-6	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	7.7	-3500	0.32	12	0.27		0			
60-13-7	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	15.4	-3500	0.32	12	0.27		0			
60-13-8	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	15.4	-3500	0.32	20	0.16		0			

試験体 記号	実験方法		実験結果							森田式 T _m	ワゴン式 T _o	T _j
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	r _u	T _u			
58-1-18	T					3,170kg	S	3170	63.1			
58-1-19	T					2,800kg	S	2800	37.0	39.68	45.25	63.23
58-1-20	T					3,800kg	S	3800	75.6			
58-1-21	T					3,800kg	S	3800	75.6			
58-1-22	T					3,500kg	S	3500	46.3	45.28	53.86	82.99
58-1-23	B					2,580kg	S	2580	51.3			
58-1-24	B					1,870kg	S	1870	37.2	28.67	42.80	47.16
58-1-25	B					3,040kg	S	3040	40.2	28.67	36.65	43.47
58-1-26	B					4,230kg	Y	4230	27.0	28.67		
58-1-27	B					4,300kg	S	4300	62.9			
58-1-28	B					4,300kg	S	4300	42.8	28.67	33.62	40.37
58-1-29	B					3,500kg	S	3500	69.7			
58-1-30	B					3,500kg	S	3500	46.3	31.99	40.09	51.38
58-1-31	B					3,840kg	Y	3840	76.4			
58-1-32	B					4,100kg	YS	4100	54.2			
58-1-33	B					6.2tm	YS	3338	66.4			
58-1-34	B					6.3tm	S	3393	67.5			
58-1-35	B					7.9tm	S	4254	84.7			
58-1-36	B					8.6tm	Y	4630	92.1			
58-1-37	B					7.8tm	Y	4200	83.6			
58-1-38	B					8.5tm	S	4577	91.1			
58-1-39	B					8.0tm	S	4307	85.7			
58-1-40	B					8.8tm	Y	4738	94.3			
58-1-41	B					7.2tm	Y	3877	77.2			
58-1-42	B					8.3tm	Y	4470	89.0			
58-1-43	B					3.7tm	Y	5223	103.6			
58-1-44	B					7.5tm	YS	4039	40.2			
58-1-45	B					6.3tm	S	3393	84.4			
58-1-46	B					8.7tm	Y	4685	116.5			
58-1-47	B					9.2tm	Y	4953	123.2			
58-7-1	B	C				6.6tm	S	3154	39.7	45.06	60.09	70.07
58-7-2	B	C				8.1tm	S	3871	39.0	48.47	62.18	70.98
58-7-3	B	C				8.2tm	S	3918	32.9	45.73	57.11	63.72
58-7-4	B	C				8.2tm	S	3918	24.7	45.73	55.17	57.83
58-7-5	B	C				7.2tm	S	3441	43.3	45.06	60.09	70.07
58-7-6	B	C				8.3tm	C	3966	39.9			
58-7-7	B	C				7.9tm	C	3775	31.7			
58-7-8	B	C				8.1tm	C	3871	24.4			
59-11-1	B	C				11.7tm	S	3049	51.1	53.46	66.84	78.11
59-11-2	B	C				13.4tm	S	3492	43.9	55.13	64.90	75.71
59-11-3	B	C				13.6tm	C	3543	35.6			
59-11-4	B	C				13.8tm	C	3596	30.1			
60-1-1	B	C				12.7tm	YS	7879	49.0			
60-1-2	B	C				12.9tm	YS	8003	49.8			
60-1-3	B	C				13.1tm	YS	8127	50.5			
60-1-4	B	C				13.5tm	YS	8375	52.1			
60-1-5	B	C				12.3tm	YS	7631	47.5			
60-13-1	B					1,205kg	S	3706	117.4	52.63	75.47	71.90
60-13-2	B					897kg	S	3361	87.4	52.63	75.47	70.59
60-13-3	B					857kg	S	2690	83.5	52.63	75.47	69.24
60-13-4	B					857kg	S	2690	83.5	52.63	75.47	68.59
60-13-5	B					803kg	S	2410	78.3	50.00	70.85	67.94
60-13-6	B					749kg	S	2250	73.0	37.16	61.25	68.58
60-13-7	B					1,391kg	S	4172	67.8	50.00	55.56	61.29
60-13-8	B					964kg	S	2829	47.0	44.86	51.72	60.74

試験体 記号	試験体データ															Reinforc	Sp	
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	横補強筋						
												fs	as	Ss	ps			
60-13-9	316	-3500	20	20	50	13	2.3	2.3	12.8	2	15.4							0
60-13-10	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	7.7	-3500	1.27	10	1.27			0
60-13-11	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	7.7	-3500	1.27	20	0.64			0
60-13-12	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	7.7							0
60-13-13	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	15.4	-3500	1.27	10	1.27			0
60-13-14	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	15.4	-3500	1.27	20	0.64			0
60-13-15	316	-3500	20	20	50	19	4.5	4.5	7	2	15.4							0
60-16-1	319	-3500	40	30	75	16	4.2	4.2	11	2	9.5						F	0
60-16-2	324	-3500	40	30	75	13	4.4	4.4	11	2	11.5						F	0
61-1-1	262	6200	45	20	70	16	3	8.4	23.8	2	20	3970	0.71	10	0.31			0
61-1-2	262	6200	45	20	70	16	3	8.4	23.8	2	30	3970	0.71	10	0.31			0
61-1-3	262	6200	45	20	70	16	3	8.4	23.8	2	40	3970	0.71	10	0.31			0
61-1-4	262	6200	45	20	70	16	3	8.4	23.8	2	50	3970	0.71	10	0.31			0
61-1-5	262	6200	45	20	70	16	3	3	32.6	2	20	3970	0.71	10	0.31	F		0
61-1-6	262	6200	45	20	70	16	3	3	32.6	2	30	3970	0.71	10	0.31	F		0
61-1-7	262	6200	45	20	70	16	3	3	32.6	2	40	3970	0.71	10	0.31	F		0
61-2-1	244	6200	65	20	70	16	3	7	31.8	2	20	3970	0.71	10	0.22			6.4
61-2-2	244	6200	65	20	70	16	3	7	19	2	20	3970	0.71	10	0.22			12.8
61-2-3	244	6200	65	20	70	16	3	7	31.8	2	30	3970	0.71	10	0.22			6.4
61-2-4	244	6200	65	20	70	16	3	7	19	2	30	3970	0.71	10	0.22			12.8
61-2-5	244	6200	65	20	70	16	3	7	31.8	2	40	3970	0.71	10	0.22			6.4
61-2-6	244	6200	65	20	70	16	3	7	19	2	40	3970	0.71	10	0.22			12.8
61-4-1	282	3933	80	28		38	9.5	16.2	12.4	3	35	3804	11.4	20	0.71			0
61-4-2	282	3933	80	28		38	9.5	16.2	12.4	3	40	3804	11.4	20	0.71			0
61-4-3	282	3933	80	28		38	9.5	16.2	12.4	3	40	3804	11.4	20	0.71			6.2
61-4-4	242	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	40							0
61-4-5	233	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	40							0
61-4-6	233	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	40							0
61-4-7	238	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	35							0
61-4-8	238	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	40							0
61-4-9	298	3933	80	28		38	5.7	16.2	12.4	3	35							0
61-4-10	241	3930	80	28		51	7.7	24.9	19.8	3	35							0
61-4-11	241	3930	80	28		51	7.7	24.9	19.8	3	40							0
61-4-12	241	3930	80	28		51	7.7	24.9	19.8	3	40							0
62-1-1	228	3960	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-2	228	5410	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-3	228	6690	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-4	228	7224	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-5	228	9959	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-6	594	3960	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-7	594	5413	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-8	594	6690	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-9	594	7724	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-10	594	9959	40	10		19	2.9	9.1	16.2	2	25							0
62-1-11	437	3960	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-12	628	3960	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-13	437	5413	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-14	628	5413	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-15	437	6690	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-16	628	6690	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25							0
62-1-17	628	7224	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	30							0
62-1-18	628	7224	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	40							0
62-1-19	216	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	30							0
62-1-20	216	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	40							0
62-1-21	296	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	30							0

試験体 記号	実験方法		実験結果							森田式 T _m	ワゴン式 T _o	T _j
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	f _u	T _u			
60-13-9	B					1,124kg	S	3372	54.8	37.16	45.95	59.94
60-13-10	B					522kg	S	1650	76.3	46.32	76.50	75.69
60-13-11	B					450kg	S	1421	65.8	45.65	76.50	72.53
60-13-12	B					558kg	S	1720	81.6	30.86	62.28	69.32
60-13-13	B					973kg	S	2990	71.1	46.32	61.20	68.77
60-13-14	B					737kg	S	2270	53.9	45.65	61.20	65.62
60-13-15	B					720kg	S	2215	52.6	30.86	46.98	62.41
60-16-1	B	C				17.2tm	YS	4939	129.3			
60-16-2	B	C				13.2tm	YS	5939	126.1			
61-1-1	B	C				6.9tm	S	4281	53.2	47.79	52.95	56.35
61-1-2	B	C				9.2tm	S	5707	47.3	47.79	52.95	56.35
61-1-3	B	C				12.3tm	YS	7631	47.5			
61-1-4	B	C				13.1tm	YC	8127	40.4			
61-1-5	B	C				10.4tm	YS	6452	80.2			
61-1-6	B	C				12.7tm	YS	7879	65.3			
61-1-7	B	C				13.1tm	YC	8127	50.5			
61-2-1	B	C				7.0tm	S	4343	54.0	46.12	51.09	53.93
61-2-2	B	C				6.9tm	S	4281	53.2	46.12	51.09	53.93
61-2-3	B	C				11.1tm	YS	6886	57.1			
61-2-4	B	C				11.5tm	YS	7134	59.2			
61-2-5	B	C				13.2tm	YS	8189	50.9			
61-2-6	B	C				13.2tm	YS	8189	50.9			
61-4-1	T	C				4,640kg	Y	4640	33.1			
61-4-2	T	C				4,730kg	YS	4730	29.6			
61-4-3	T	C				4,490kg	YS	4490	28.1			
61-4-4	T	C				3,900kg	YS	3900	24.4			
61-4-5	T	C				4,200kg	YS	4200	26.3			
61-4-6	T	C				4,710kg	YS	4710	29.4			
61-4-7	T	C				4,210kg	YS	4210	30.1			
61-4-8	T	C				4,390kg	YS	4390	27.4			
61-4-9	T	C				4,340kg	YS	4340	31.0			
61-4-10	T	C				4,280kg	YS	4280	30.4			
61-4-11	T	C				4,410kg	YS	4410	27.4			
61-4-12	T	C				4,360kg	YS	4360	27.1			
62-1-1	T	C	2.87	6.82		8.6tm	S	3007	30.3	38.99	31.10	39.06
62-1-2	T	C	2.86	5.78		8.7tm	S	3017	30.4	38.99	31.10	39.06
62-1-3	T	C	2.53	5.75		8.4tm	S	2713	27.3	38.99	31.10	39.06
62-1-4	T	C	1.53	4.05		7.5tm	S	2620	26.4	38.99	31.10	39.06
62-1-5	T	C	3.91	5.02		9.5tm	S	3296	33.2	38.99	31.10	39.06
62-1-6	T	C	4.07	8.62		12.2tm	YS	4244	42.7			
62-1-7	T	C	3.93	8.64		11.4tm	S	3936	39.6	62.93	50.24	63.05
62-1-8	T	C	1.93	7.49		12.4tm	S	4327	43.6	62.93	50.24	63.05
62-1-9	T	C	2.46	8.63		11.9tm	S	4150	41.8	62.93	50.24	63.05
62-1-10	T	C	3.97	8.62		11.5tm	S	3997	40.3	62.93	50.24	63.05
62-1-11	T	C	2.88	5.76		10.1tm	S	3519	35.4	53.97	43.09	54.08
62-1-12	T	C	3.62	7.51		11.5tm	YS	4010	40.4			
62-1-13	T	C	3.48	7.95		9.9tm	S	3460	34.8	53.97	43.09	54.08
62-1-14	T	C	2.85	7.95		10.3tm	S	3571	36.0	64.70	51.66	64.83
62-1-15	T	C	2.91	8.08		10.3tm	S	3582	36.1	53.97	43.09	54.08
62-1-16	T	C	2.87	5.75		10.1tm	S	3512	35.4	64.70	51.66	64.83
62-1-17	T	C	2.88	7.13		12.4tm	S	4307	36.1	64.70	49.45	61.30
62-1-18	T	C	3.48	5.79		16.2tm	S	5631	35.4	64.70	46.88	55.27
62-1-19	T	C	2.3	4.05		8.6tm	S	3007	25.2	37.95	28.49	35.95
62-1-20	T	C	3.52	5.74		12.4tm	S	4307	27.1	37.95	27.38	32.42
62-1-21	T	C	3.98	5.76		11.6tm	S	4041	33.9	44.42	33.95	42.08

試験体 記号	試験体データ											横補強筋				Reinforc	Sp
	Fc	fy	b	D	Ls	d	Cy	Cx	S	N	Le	fs	as	Ss	ps		
	62-1-22	296	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	40					
62-1-23	772	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25						0
62-1-24	772	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	30						0
62-1-25	772	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	40						0
62-1-26	216	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	25						0
62-1-27	216	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	30						0
62-1-28	216	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	40						0
62-1-29	296	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	25						0
62-1-30	296	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	30						0
62-1-31	296	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	40						0
62-1-32	603	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	25						0
62-1-33	603	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	30						0
62-1-34	603	7398	20	10		19	2.9	3.1	6.2	2	40						0
62-1-35	296	7398	28	10		19	2.9	5.1	10.2	2	25						0
62-1-36	296	7398	28	10		19	2.9	5.1	10.2	2	30						0
62-1-37	296	7398	28	10		19	2.9	5.1	10.2	2	40						0
62-1-38	296	7398	28	10		19	2.9	5.1	10.2	2	25						0
62-1-39	603	7398	28	10		19	2.9	5.1	10.2	2	25						0
62-1-40	216	7398	20	10		19	4.8	3.1	6.2	2	25						0
62-1-41	216	7398	28	10		19	4.8	5.1	10.2	2	25						0
62-1-42	216	7398	40	10		19	4.8	8.1	16.2	2	25						0
62-1-43	603	7398	20	10		19	4.8	3.1	6.2	2	25						0
62-1-44	603	7398	28	10		19	4.8	5.1	10.2	2	25						0
62-1-45	603	7398	40	10		19	4.8	8.1	16.2	2	25						0
62-1-46	216	7398	40	10		19	4.8	8.1	16.2	2	25						0
62-1-47	216	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25						2
62-1-48	216	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25						3
62-1-49	296	7398	40	10		19	4.8	8.1	16.2	2	25						1
62-1-50	296	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25						2
62-1-51	296	7398	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25						3
62-3-1	265	3507	40	13	60	10	2.5	7	11	2	15						0
62-3-2	265	3507	40	13	60	10	2.5	6.5	11	2	15						0
62-3-3	265	3507	40	13	60	10	2.5	6.5	10.5	3	15						0
62-3-4	265	3507	40	13	60	10	2.5	7	11	2	20						0
62-3-5	265	3507	40	13	60	10	2.5	6.5	11	2	20						0
62-3-6	265	3507	40	13	60	10	2.5	6.5	10.5	3	20						0
62-3-7	265	3507	40	13	60	10	2.5	7	11	3	25						0
62-3-8	265	3507	40	13	60	10	2.5	7	11	3	25						0
62-3-9	265	3507	40	13	60	10	2.5	7	10.5	3	25						0
62-3-10	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	11	3	25						0
62-3-11	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	11	3	25						0
62-3-12	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	10.5	3	25						0
62-3-13	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	11	3	30						0
62-3-14	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	11	3	30						0
62-3-15	265	3507	40	12	60	10	1.5	7	10.5	3	30						0
62-3-16	279	3499	40	13	60	13	2	7	10	3	25						0
62-3-17	279	3499	40	13	60	13	2	7	10	3	25						0
62-4-1	628	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	20	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-2	628	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-3	628	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	40	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-4	228	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-5	228	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	40	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-6	228	7224	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	50	4169	0.71	20	0.24		0
62-4-7	621	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30						0
62-4-8	621	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4240	0.32	10	0.19		0

試験体 記号	実験方法		実験結果							森田式	柳井式	Tj
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	fu	Tu	Ta	To	
62-1-22	T	C	4.55	6.5		14.3tm	S	4990	31.4	44.42	32.05	37.95
62-1-23	T	C	4.51	5		12.6tm	S	4401	44.3	71.74	57.28	71.88
62-1-24	T	C	3.99	5.41		13.2tm	S	4603	29.0	71.74	54.82	67.96
62-1-25	T	C	3.5	3.5		16.7tm	S	5812	36.6	71.74	51.75	61.28
62-1-26	T	C	2.07	5.48		8.3tm	S	2906	29.3	25.51	30.30	38.02
62-1-27	T	C	2.46	5.73		9.8tm	S	3411	28.6	25.51	28.99	35.95
62-1-28	T	C	1.99	3.05		11.7tm	S	4073	25.6	25.51	27.38	32.42
62-1-29	T	C	3.49	5.73		7.9tm	S	2767	27.9	29.86	35.48	44.51
62-1-30	T	C	2.87	8.62		12.0tm	S	4181	35.1	29.86	33.95	42.08
62-1-31	T	C	3.5	7.5		11.9tm	S	4129	26.0	29.86	32.05	37.95
62-1-32	T	C	2.43	6.56		10.2tm	S	3554	35.8	42.02	50.62	63.53
62-1-33	T	C	2.87	7.51		12.0tm	S	4178	35.1	42.02	48.45	60.06
62-1-34	T	C	2.85	5.74		14.2tm	S	4951	31.2	42.02	45.74	54.16
62-1-35	T	C	3.14	8.3		10.2tm	S	3551	35.8	40.99	35.47	44.51
62-1-36	T	C	2.96	8.31		11.1tm	S	3868	32.5	40.99	33.95	42.08
62-1-37	T	C	2.41	5.75		13.0tm	S	4580	28.8	40.99	32.05	37.95
62-1-38	T	C	2.88	5.73		9.7tm	S	3376	34.0	40.99	35.47	44.51
62-1-39	T	C	3.99	7.5		11.7tm	S	4077	41.1	58.50	50.62	63.53
62-1-40	T	C	2.55	7.52		10.2tm	S	3564	35.9	25.51	31.53	40.64
62-1-41	T	C	4.96			12.0tm	S	4185	42.1	35.01	41.98	62.93
62-1-42	T	C	7.34	7.1		10.0tm	S	3488	35.1	49.26	41.98	62.93
62-1-43	T	C	5.01	10.39		12.6tm	S	4387	44.2	42.62	52.68	67.91
62-1-44	T	C	7.95	11.21		12.6tm	S	4401	44.3	58.50	70.14	105.15
62-1-45	T	C	10.99	10.99		13.8tm	S	4805	48.4	82.30	70.14	105.15
62-1-46	T	C	8.02	9.5		11.5tm	S	4021	40.5	49.26	41.98	62.93
62-1-47	T	C	4	5.3		6.7tm	S	2334	23.5	37.95	30.30	38.02
62-1-48	T	C	4.5	4.5		5.7tm	S	2000	20.1	37.95	30.30	38.02
62-1-49	T	C	10.01	10.01		13.0tm	S	4537	45.7	57.66	49.14	73.67
62-1-50	T	C	5.74	5.74		8.1tm	S	2808	28.3	44.42	35.47	44.51
62-1-51	T	C	5.01	5.41		6.4tm	S	2226	22.4	44.42	35.47	44.51
62-3-1	B		0.9	1.97	1.97	2.0tm	S	3156	49.8	58.89	51.91	77.96
62-3-2	B		0.9	1.93	1.94	1.9tm	S	3108	49.0	58.89	51.91	77.96
62-3-3	B		0.87	1.57		1.6tm	S	2563	40.4	58.89	51.91	77.96
62-3-4	B		0.85	2.11	2.06	2.2tm	YS	3477	41.1	58.89	48.32	73.20
62-3-5	B		0.9	1.91	1.91	1.9tm	S	3060	36.2	58.89	48.32	73.20
62-3-6	B		0.85	1.83		1.9tm	S	2964	35.1	58.89	48.32	73.20
62-3-7	B		0.86	2.34	2.09	2.3tm	YS	3749	35.5			
62-3-8	B		0.9	2.2	2.06	2.2tm	YS	3541	33.5			
62-3-9	B		0.92	2.21	2.09	2.2tm	YS	3541	33.5			
62-3-10	B		0.9	2.07	2.05	2.2tm	YS	3445	32.6			
62-3-11	B		0.9	2.04	2.04	2.1tm	YS	3300	31.2			
62-3-12	B		0.91	1.9	2.09	2.2tm	YS	3477	32.9			
62-3-13	B		0.9	2.18	2.1	2.3tm	YS	3637	28.7			
62-3-14	B		0.92	2.15	2.03	2.2tm	YS	3445	27.2			
62-3-15	B		0.91	2.02	2.03	2.1tm	YS	3316	26.2			
62-3-16	B		1.11	4.18	4.18	4.6tm	YS	3980	38.9			
62-3-17	B		0.84	4.21	4.21	4.6tm	YS	3989	39.0			
62-4-1	B	C	1.49	4.49		6.5tm	S	6123	77.1	67.60	69.68	70.23
62-4-2	B	C	1.33	3.01	7.63	7.83t	YS	7354	61.7			
62-4-3	B	C	1.27	3.01	6.84	7.57t	YS	7100	44.7			
62-4-4	B	C	0.76	4.17		4.74t	S	4452	37.4	40.73	38.65	38.37
62-4-5	B	C	1.15	3.01		6.07t	S	5701	35.9	40.73	36.98	34.74
62-4-6	B	C	1.14	4.51	7.93	7.93t	YS	7448	37.5			
62-4-7	B	C	1.94	2.64		6.07t	YS	5700	47.8			
62-4-8	B	C	1.48	3.01	7.99	7.99t	YS	7504	63.0			

試験体 記号	試験体データ																
	F _c	f _y	b	D	L _s	d	C _y	C _x	S	N	L _e	横補強筋				Reinforc	S _p
												f _s	a _s	S _s	p _s		
62-4-9	621	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	10	0.48		0
62-4-10	216	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30						0
62-4-11	216	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4240	0.32	10	0.19		0
62-4-12	216	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	10	0.48		0
62-4-13	772	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-14	621	8890	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-15	621	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-16	287	7398	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-17	287	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-18	287	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	20	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-19	287	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	40	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-20	216	4141	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	30	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-21	216	4141	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	20	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-22	621	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	20	4141	0.71	20	0.24		0
62-4-23	621	5413	30	25	76	19	2.9	3.6	15.2	2	40	4141	0.71	20	0.24		0
63-1-1	220	4224	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25	3230	0.07	5	0.04		0
63-1-2	220	4224	40	10		19	2.9	8.1	16.2	2	25	3230	0.07	5	0.04		0
63-1-3	220	4224	40	10		19	2.9	3.6	16.2	2	25	4240	0.07	5	0.5	R	0
63-1-4	220	4224	40	10		19	2.9	3.6	16.2	2	25	4240	0.07	5	0.5	R	0
63-1-5	220	4224	40	10		19	2.9	3.6	16.2	2	25						0
63-1-6	232	4224	40	10	76	19	2.9	3.6	15.2	2	20						0
63-2-1	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-2	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-3	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-4	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-5	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-6	236	3567	40	13	60	13	2	5.2	9.9	3	30						
63-2-7	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-8	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-9	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	20						
63-2-10	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-11	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	30						
63-2-12	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-13	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-14	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	25						
63-2-15	258	3567	40	12	60	13	2	5.2	9.9	3	25						

試験体 記号	実験方法		実験結果							森田式 T _a	行ガシ式 T _o	T _j
	Load	History	Pc	Pb	Py	Pu	Mode	f _u	T _u			
62-4-9	B	C	1.37	2.99	7.98	8.25t	YS	7748	65.0			
62-4-10	B	C	0.94	2.65		3.94t	S	3700	31.0	29.97	29.00	35.95
62-4-11	B	C	0.99	2.46		4.65t	S	4367	36.6	38.69	36.90	37.10
62-4-12	B	C	0.95	3.24		5.23t	S	4912	41.2	42.76	40.76	38.80
62-4-13	B	C	1.32	3	8.05	8.46t	YS	7945	66.7			
62-4-14	B	C	1.89	2.66	7.14	7.14t	YS	6706	56.3			
62-4-15	B	C	1.48	3.22	6.12	6.56t	YS	6156	51.7			
62-4-16	B	C	1.13	3.23		6.53t	S	6131	51.5	45.70	43.29	42.86
62-4-17	B	C	1.33	3.8		6.00t	S	5635	47.3	45.70	43.29	42.86
62-4-18	B	C	1.48	3.38		4.48t	S	4207	53.0	45.70	47.04	47.93
62-4-19	B	C	0.95	3.81	6.16	6.35t	YS	5964	37.5	45.70		
62-4-20	B	C	1.07	3.23		4.18t	S	3926	32.9	39.64	37.56	37.37
62-4-21	B	C		2.77		3.31t	S	3109	39.1	39.64	40.80	41.77
62-4-22	B	C	1.35	3.56		5.69t	S	5344	67.3	67.22	69.19	69.83
62-4-23	B	C	1.49	3	5.77	6.55t	YS	6156	38.7			
63-1-1	T	C	1226	1878		3,345kg	S	3345	33.7	38.30	33.23	38.56
63-1-2	T	C	1003	2017		3,314kg	S	3314	33.4	38.30	33.23	38.56
63-1-3	T	C	1404	1909		3,927kg	S	3927	39.5	30.25	30.58	38.37
63-1-4	T	C	1010	2289		3,617kg	S	3617	36.4	30.25	30.58	38.37
63-1-5	T	C	868	2261		3,132kg	S	3132	31.5	30.25	30.58	38.37
63-1-6	B	C	704	2141		2,267kg	S	2267	28.5	31.06	33.42	41.81
63-2-1	B	C	0.97	4.47	4.21	4.5tm	YS	4022	49.1			
63-2-2	B	C	1	4.14	4.1	4.3tm	YS	3870	47.3			
63-2-3	B	C	1.18	4.15	4.13	4.3tm	YS	3833	46.8			
63-2-4	B	C	1.26		4.21	4.6tm	YS	4130	40.3			
63-2-5	B	C	1.33		4.14	4.4tm	YS	3960	38.7			
63-2-6	B	C	1.4		4.32	4.6tm	YS	4112	33.5			
63-2-7	B	C	1.05	4.35	4.25	4.4tm	YS	3915	47.8			
63-2-8	B	C	1.13	4.12	4.12	4.1tm	S	3708	45.3	41.68	35.39	44.44
63-2-9	B	C	0.98	3.46		3.9tm	S	3537	43.2	41.68	35.39	44.44
63-2-10	B	C	1.18	4.42	4.26	4.6tm	YS	4166	40.7			
63-2-11	B	C	1.26		4.38	4.7tm	YS	4193	34.1			
63-2-12	B	C	1.08	4.14	4.23	4.8tm	YS	4337	42.4			
63-2-13	B	C	1.1	4.12	4.29	4.9tm	YS	4382	42.8			
63-2-14	B	C	1.17	4.31	4.2	4.6tm	YS	4157	40.6			
63-2-15	B	C	1.26	4.33	4.29	4.7tm	YS	4265	41.7			

(2) 国内文献リスト

文献N	研究者	題目	出典	ページ
27-1	武藤 清 小倉弘一郎 安蒜 忠夫	繰返し応力を受ける新形異形鉄筋継手の耐力	日本建築学会研究報告第18号	P107 ~P108
28-1	武藤 清 他	繰返し応力を受ける新形異形鉄筋継手の耐力(第2報)	日本建築学会研究報告第21号	P1 ~P4
28-2	武藤 清 他	新形異形鉄筋重ね継手の耐力(重ね長さ16dの場合)	日本建築学会研究報告第22号	P113 ~P114
28-3	武藤 清 小倉弘一郎	新形異形鉄筋重ね継手の耐力(その3)	日本建築学会研究報告第23号	P1 ~P4
38-1	渡辺 義郎 山本 康弘	異形三角鉄筋の引張継手に関する研究(その1)	日本建築学会論文報告集第89号	P149
38-2	小倉弘一郎 亀田登与三郎	引抜形式による異形鉄筋の重ね継手強度試験(予備実験)	日本建築学会論文報告集第89号	P150
39-1	小倉弘一郎 亀田登与三郎	引抜形式による異形鉄筋の重ね継手強度試験(続報)	日本建築学会論文報告集第103号	P186
45-1	岡村 甫 高橋 正奏	軽量コンクリートと鉄筋との付着	セメント技術年報	P410 ~P414
45-2	藤田 嘉夫 西堀 忠信 開発 澄夫	異形鉄筋の重ね継手に関する実験	セメント技術年報	P491 ~P495
45-3	菅生 邦孝 村山 哲夫	異形鉄筋の重ね継手に関する実験	土木学会第25回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和45年)	P29 ~P30
46-1	後藤 幸正 大塚 浩司	異形鉄筋の重ね継手部におけるひびわれについて	土木学会第26回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和46年)	P225 ~P226
47-1	土堅 秀 白川 潔	太径異形鉄筋(D51)の重ね継手に関する実験的研究	土木学会第27回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和47年)	P109 ~P112
47-2	後藤 幸正 大塚 浩司	異形鉄筋の重ね継手の破壊機構について	土木学会第27回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和47年)	P119 ~P120
47-3	小村 敏 他	各種鉄筋継手比較実験	土木学会第27回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和47年)	P121 ~P124
47-4	矢代 秀雄 杉田 和直	重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第1報)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州)(昭和47年)	P1037 ~P1038
47-5	岡沢 孝雄 田辺 忠顕	太径鉄筋重ね継手の力学的性状に関する基礎研究	土木学会第27回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和47年)	P113 ~P114
47-6	岡村 甫 松本 進	太径鉄筋継手について	土木学会第27回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和47年)	P115 ~P118
48-1	池田 尚治	鉄筋の重ね継手とその改良	セメント・コンクリートNO,321 (昭和48年)	P18 ~P22
48-2	阿部 博俊 他	太径異形鉄筋(D38)重ね継手の力学的性状に関する研究	セメント協会技術年報'73 (昭和48年)	P428 ~P433

文献N	研究者	題目	出典	ページ
48-3	池田 尚治	鉄筋の重ね継手に関する研究	セメント協会技術年報'73 (昭和48年)	P434 ~P437
48-4	池田 尚治	コンクリートの内部ひびわれを考慮した鉄筋の応力伝達について	土木学会第28回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和48年)	P103 ~P104
48-5	桜田 智之 町田 修一	重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第2報)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)(昭和48年)	P1353 ~P1354
48-6	矢代 秀雄 桜田 智之 町田 修一	重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第2報)(異形鉄筋D41の場合)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)(昭和48年)	P1355 ~P1356
49-1	池田 尚治	重ね継手に関する実験	コンクリートジャーナル(昭和48年)	P71 ~P76
49-2	池田 尚治	鉄筋とコンクリートの応力伝達とその複合特性について(特に重ね継手の複合特性について)	土木学会第29回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和49年)	P1 ~P2
49-3	後藤 幸正 大塚 浩司 竹沢 務	太径異形鉄筋の重ね継手に関する研究	土木学会第29回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和49年)	P232 ~P233
49-4	桜田 智之 町田 修一	重ね継手部分のあばら筋の効果に関する実験的研究(第4報)(異形鉄筋D41の場合)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸)(昭和49年)	P1397 ~P1398
50-1	白川 潔	らせん筋で補強された太径鉄筋 D51重ね継手の強度	コンクリートライブラリーNO.40 (昭和50年)	P108 ~P112
50-2	永井 義規 藤川 泰司	補強金具を用いた重ね継手に関する実験的研究	コンクリートライブラリーNO.40 (昭和50年)	P102 ~P107
50-3	門司 剛至	太径鉄筋 D51の重ね継手の補強法に関する試験	土木学会第30回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和50年)	P319 ~P320
50-4	池田 尚治 柳田 力 太田 実	鉄筋の重ね継手の耐力特性に関する研究	土木学会第30回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和50年)	P341 ~P342
50-5	小倉弘一郎 田中 礼治 布施 達郎	重ね継手を用いて打継ぎした鉄筋コンクリート柱の曲げ、せん断実験	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和50年)	P1283 ~P1284
51-1	大塚 浩司	異形鉄筋の重ね継手に関する研究(複合機構)	土木学会第31回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和51年)	P209 ~P210
51-2	池田 尚治 信田 佳延	鉄筋の重ね継手の疲労特性に関する研究	土木学会第31回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和51年)	P213 ~214
51-3	飯野 忠雄 秋元 泰輔 富沢 修次	施行条件を考慮した太径鉄筋の重ね継手に関する実験	土木学会第31回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和51年)	P211 ~P212
51-4	小林 茂 山本 浩二	接合部内に重ね継手を有する鉄筋コンクリートはり、柱接合部加力実験	日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)(昭和51年)	P1467 ~1468
51-5	村田 二郎 富田 嘉雄 石渡 正夫	重ね継手に用いる圧着式連結用補強金具に関する研究	土木学会第31回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和51年)	P219 ~P220

:文献N	:研究者:	題目	出典	:ページ:
52-1	池田 尚治 堀田 芳樹 加島 聡	鉄筋の異種径重ね継手に関する研究	土木学会第32回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和52年)	P204 ~P205
52-2	狩野誠一郎 太田 実 石田 博樹	橋脚軸方向鉄筋の重ね継手に関する研究	土木学会第32回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和52年)	P206 ~P207
53-1	佐藤 正勝 原 道彦 村木 幸春	RCばりにおけるバーコン D51の重ね継手に関する研究	土木学会第33回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和53年)	P375 ~P376
53-2	太田 一巳 森田 晋 和田 紘二	重ね継手(D51)における離れの影響について	土木学会第33回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和53年)	P377 ~P378
53-3	後藤 幸正 大塚 浩司	束ね鉄筋の重ね継手に関する研究	土木学会第33回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和53年)	P379 ~P380
53-4	村田 二郎 富田 嘉雄 石渡 正夫	圧着鋼管によって補強した重ね継手工法の研究	コンクリート工学論文NO.78	P121 ~P130
54-1	大塚 浩司 森 慎夫	束ね鉄筋の重ね継手の実用化に関する研究	土木学会第34回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和54年)	P365 ~P366
54-2	神山 立男 岡部 嘉徳 出頭 圭三	D32 鉄筋の重ね継手に関する実験	土木学会第34回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和54年)	P372 ~P373
54-3	矢代 秀雄 花井 重孝 清水 康介	鉄筋コンクリートばりの継手の重ね長さに関する実験的研究(曲げ圧縮破壊との比較検討)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和54年)	P1221 ~P1222
54-4	犬塚 雅生 堀口 敬	円筒重ね継手に関する実験	土木学会第34回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和54年)	P371
54-5	三浦 尚 阿部 善則 渡部 直人	極低温下における鉄筋コンクリートの性状に関する研究(重ね継手強度)	土木学会第34回年次学術講演会講演 概要集(5)(昭和54年)	P367 ~P368
54-6	後藤 幸正 三浦 尚	極低温下における鉄筋コンクリート部材の性質に関する研究	土木学会論文報告集第 285号 (昭和54年)	P121 ~P134
54-7	樋口 芳朗 他	重ね継手の緊結および補強方法と強度の関係	セメント技術年報 '33 (昭和54年)	P537 ~P540
55-1	小杉 雅男 他	プレキャスト鉄筋コンクリートラーメン構造の開発研究(その2.重ね継ぎ定着したPC基礎ばりの加力実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)(昭和55年)	P1773 ~P1774
55-2	犬塚 雅生	円筒重ね継手の膨張材の効果について		P82
55-3	後藤 幸正 犬塚 雅生	引張を受ける異形鉄筋周辺のコングリートに発生するひびわれに関する実験的研究	土木学会論文報告集第 294号	P85 ~P100
55-4	辻 正哲 他	重ね継手の新しい補強方法および緊結方法	セメント技術年報 '34 (昭和55年)	P382 ~P384

文献N	研究者	題目	出典	ページ
56-1	大塚 浩司 森 慎夫	引張鉄筋の重ね継手におけるフックの効果に関する実験的研究	土木学会第36回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和56年)	P222 ~P223
56-2	太田 利隆 服部 健作 菊地 実	エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね長さについて	土木学会第36回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和56年)	P226 ~P227
56-3	角田与史雄 高橋 義祐	異形鉄筋の重ね継手における定着付着強度に関する研究	土木学会北海道支部論文報告集第38号(昭和56年)	P425 ~P428
56-4	三浦 尚 長谷川明功	極低温下における鉄筋の重ね継手強度に関する研究	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P253 ~P256
56-5	出雲 淳一 他	各種鉄筋継手の集中度がRC梁の疲労特性に及ぼす影響について	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P257 ~P260
56-6	大塚 浩司	繰返し引張荷重を受ける重ね継手部の性状について	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P261 ~P264
56-7	辻 幸和 他	重ね継手の補強方法に関する実験的研究	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P265 ~P268
56-8	佐々木勝男 犬塚 雅生 堀口 敬	円筒重ね継手のグラウト材について	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P269 ~P272
56-9	角 徹三 長友 克寛 中村 桂久	異形鉄筋の割裂補強に関する基礎実験	セメント技術年報'35(昭和56年)	P428 ~P430
56-10	矢代 秀雄 桜田 智之	束ね鉄筋の配筋形状に関する実験研究	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和56年)	P281 ~P284
56-11	辻 正哲 他	重ね継手の補強方法とコンクリートの行き渡りについて	セメント技術年報'35(昭和56年)	P455 ~P458
56-12	犬塚 雅生 佐々木勝男	円筒重ね継手の充てんモルタルについて	土木学会第36回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和56年)	P217
56-13	池田 尚治	鉄筋コンクリート部材における鉄筋とコンクリートとの応力伝達に関する研究	土木学会論文報告集第307号(昭和56年)	P85 ~P97
57-1	矢代 秀雄 桜田 智之	2本束ね鉄筋の重ね継手長さに関する研究	第4コンクリート工学年次講演会論文集(昭和57年)	P285 ~P288
57-2	榎本 松司 二羽淳一郎 岡村 甫	重ね継手の集中度がRC梁の疲労特性に及ぼす影響	第4コンクリート工学年次講演会論文集(昭和57年)	P289 ~P292
57-3	小林 肇 他	プレキャスト部材の接合目地部における鉄筋の重ね継手に関する研究	第4コンクリート工学年次講演会論文集(昭和57年)	P421 ~P424
57-4	桜田 智之 大木 広之	束ね鉄筋の重ね継手長さに関する実験的研究(2本束ね鉄筋の場合)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)(昭和57年)	P1347 ~P1348
57-5	太田 利隆 服部 健作 菊地 実	エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね長さについて	土木学会第37回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和57年)	P35 ~P38

文献N	研究者	題目	出典	ページ
57-6	惣田 武士 尾坂 芳夫 石田 博樹	エポキシ樹脂注入による異形鉄筋重ね継手の補修効果について	土木学会第37回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和57年)	P39 ~P40
57-7	妹島 淳生 三浦 尚 藤原 正雄	極低温下における鉄筋の重ね継手強度に及ぼす横方向鉄筋の性質の影響について	土木学会第37回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和57年)	P41 ~P42
57-8	鈴木 和洋 三浦 尚 阿部 善則	極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の影響	土木学会第37回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和57年)	P425 ~P426
58-1	大塚 浩司	引張鉄筋の重ね継手におけるフックの効果に関する研究	第5回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和58年)	P381 ~P384
58-2	三浦 尚 妹島 淳生	極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の性質の影響	第5回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和58年)	P385 ~P388
58-3	塩尻 弘雄 他	連続地中壁継手部曲げ特性に関する研究	第5回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和58年)	P397 ~P400
58-4	藤井 栄 森田 司郎	異形鉄筋の付着割裂強度に関する研究 - 第2報 付着割裂強度算定式の提案 -	日本建築学会論文報告集第324号(昭和58年)	P45 ~P53
58-5	太田 利隆 服部 健作 福井 晃	エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね長さについて	土木学会第38回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和58年)	P33 ~P34
58-6	犬塚 雅生 佐々木 勝男	円筒重ね継手と硫黄モルタルの充てんモルタルについて	土木学会第38回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和58年)	P35 ~P36
58-7	桜田 智之 小島 冬彦	添え筋を用いた重ね継手のひび割れ性状に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)(昭和58年)	P1911 ~P1912
59-1	矢野 明義 中沢 正明 杉田 実	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その1 全体計画)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1765 ~P1766
59-2	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その2 小型壁対角加力実験シリーズ)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1767 ~P1768
59-3	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その3 中小型壁水平加力実験シリーズ・概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1769 ~P1770
59-4	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その4 小型壁水平加力実験シリーズ)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1771 ~P1772
59-5	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その5 中型壁水平加力実験シリーズ)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1773 ~P1774
59-6	真岸 徹 他	異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の効果に関する実験的考察	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和59年)	P423 ~P424
59-7	太田 利隆 服部 健作 福井 晃	エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね継手に及ぼす横方向鉄筋の影響について	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和59年)	P429 ~P430

文献N	研究者	題目	出典	ページ
59-8	鈴木 和洋 三浦 尚 阿部 善則	極低温下における鉄筋の重ね継手の性状に及ぼす横方向鉄筋の影響	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和59年)	P425 ~P426
59-9	村野清一郎 三浦 尚	極低温下におけるコンクリートの引張破壊時の衝撃が鉄筋に及ぼす影響	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和59年)	P427 ~P428
59-10	犬塚 雅生 佐々木勝男	円筒重ね継手について	土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和59年)	P431 ~P432
59-11	矢代 秀雄 桜田 智之	3本束ね鉄筋の重ね継手長さに関する研究	第6回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和59年)	P373 ~P376
59-12	長沢 保紀 内田 裕市 岡田 武二	重ね継手部の高応力繰返し曲げ特性	第6回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和59年)	P377 ~P380
59-13	遠藤 達巳 他	重ね継手を有する合成断面はりの曲げ特性	第6回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和59年)	P381 ~P384
59-14	矢代 秀雄 他	束ね鉄筋の重ね継手長さに関する実験的研究(3本束ね鉄筋の場合)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)(昭和59年)	P1775 ~P1776
60-1	田中 礼治 大芳賀義喜 但木 幸男	SD50の重ね継手に関する実験研究(その1-あき重ね継手の実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P597 ~P598
60-2	矢代 秀雄 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その6 フェズII 概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P583 ~P584
60-3	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その7 壁板鉄筋両引実験シリーズ・実験概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P585 ~P586
60-4	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その8 壁板鉄筋両引実験シリーズ・実験結果)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P587 ~P588
60-5	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その9 壁板鉄筋両引実験シリーズ・パラメータ検討(1))	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P589 ~P590
60-6	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その10 壁板鉄筋両引実験シリーズ・パラメータ検討(2))	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P591 ~P592
60-7	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その11 準大型壁水平加力実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P593 ~P594
60-8	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その12 水平加力実験シリーズの比較検討)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P595 ~P596
60-9	矢代 秀雄 桜田 智之 北堀 真一	束ね鉄筋重ね継手部における横補強効果に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)(昭和60年)	P599 ~P600

文献N	研究者	題目	出典	ページ
60-10	入沢 賢一 武田 寿一 小島 克朗	鉛直継手による地中壁の一体化に関する面外せん断実験(J.BOX内重ね継手部のせん断補強方法について)(その8)	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P399 ~P400
60-11	阿部 浩幸 他	乾式接着工法の開発に関する基礎的研究	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P401 ~P402
60-12	鈴木 和洋 三浦 尚	極低温下における鉄筋の重ね継手強度について	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P403 ~P404
60-13	高橋 義裕 角田与史雄	RCはりの重ね継手スターラップの効果について	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P405 ~P406
60-14	犬塚 雅生 佐々木勝男	硫黄円筒重ね継手のひずみについて	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P407 ~P408
60-15	実森 伸一 西堀 忠信	異形鉄筋の重ね継手における付着応力度分と継手強度	土木学会第40回年次学術講演会講演概要集(5)(昭和60年)	P409 ~P410
60-16	松田 猛 阿部 一成	交番荷重を受ける引張鉄筋の重ね継手に関する研究	セメント技術年報 '39 (昭和60年)	P440 ~P443
60-17	犬塚 雅生 佐々木勝男	硫黄円筒重ね継手の繰り返し応力の影響について	セメント技術年報 '39 (昭和60年)	P444 ~P446
61-1	田中 礼治 大芳賀義喜	SD50の重ね継手に関する実験研究	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P713 ~P714
61-2	大芳賀義喜 田中 礼治	SD50の重ね継手に関する実験研究(その3-中筋のあき重ね継手の実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P715 ~P716
61-3	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その13 フェーズⅢ概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P727 ~P728
61-4	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その14 フランジ壁板鉄筋両引実験 実験概要と結果)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P729 ~P730
61-5	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その15 フランジ壁板鉄筋両引実験 D38 実験シリーズ パラメータ検討(1))	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P731 ~P732
61-6	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その16 フランジ壁板鉄筋両引実験 D38 実験シリーズ パラメータ検討(2))	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P733 ~P734
61-7	杉田 和直 矢野 明義 最上 達雄	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その17 フランジ壁板鉄筋両引実験 D51 シリーズ)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P735 ~P736
61-8	矢野 明義 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その18 大型壁水平加力実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P737 ~P738
61-9	最上 達雄 他	太径鉄筋継手の構造特性に関する実験研究(その19 耐震壁における太径鉄筋重ね継手工法仕様の提案)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P739 ~P740

文献N	研究者	題目	出典	ページ
61-10	小倉弘一郎 亀田登与三郎 佐々木 仁	小径異形鉄筋を使用した重ね継手における重ね長さとの継手割合のRC部材の曲げ強度剛性・靱性に及ぼす影響	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P703 ~P704
61-11	矢代 秀雄 桜田 智之	束ね鉄筋重ね継手部の靱性の向上に関する実験的研究	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)(昭和61年)	P705 ~P706
61-12	内田 祐市 他	重ね継手を有するRCリングの曲げ破壊性状に関する研究	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和61年)	P589 ~P592
61-13	田中 礼治 大芳賀義喜	高強度鉄筋SD50の重ね継手に関する実験研究	第3回コンクリート工学年次講演会論文集(昭和61年)	P593 ~P596
61-14	岩淵 明 村山八洲雄 林 和生	高強度軽量コンクリートにおける付着、定着及び重ね継手強度	土木学会第41回年次学術講演会(昭和61年)	P331 ~P332
62-1	角陸 純一 猿田 正明	高強度軽量コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その1 鉄筋両引実験結果)	日本建築学会関東支部研究報告集(昭和62年)	P69 ~P72
62-2	小野寺 満 田中 礼治 大芳賀義喜	重ね継手を持つはり部材の曲げせん断実験(その1 応力の大きい部分で継手した場合)	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P139 ~P140
62-3	小倉弘一郎 他	異形鉄筋重ね継手の強度・剛性及び靱性に関する実験的研究	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P141 ~P142
62-4	角陸 純一 猿田 正明	高強度軽量コンクリート部材の重ね継手に関する実験研究(その2 はりの純曲げ実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P143 ~P144
62-5	矢代 秀雄 桜田 智之 藤本 利昭	二本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P145 ~P146
62-6	上原 広 他	SRC 梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構に関する実験的研究(その1 梁主筋の重ね継手の継手長さ及びせん断補強筋量の効果)	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P1185 ~P1186
62-7	上原 広 他	SRC 梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構に関する実験的研究(その2 重ね継手端部のフックの効果)	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(昭和62年)	P1187 ~P1188
62-8	海野 隆哉 棚村 史郎 小島 克朗	連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その1)重ね継手部耐力の基本的検討	土木学会第42回年次学術講演会(昭和62年)	P270 ~P271
62-9	梅原 俊夫 高旗 智之 岡野 素之	連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その2)添筋による補強型継手の場合	土木学会第42回年次学術講演会(昭和62年)	P272 ~P273
62-10	海野 隆哉 棚村 史郎 永岡 高	連壁剛体基礎鉛直継手の構造性能に関する実験的研究(その3)帯鉄筋による補強型継手の場合	土木学会第42回年次学術講演会(昭和62年)	P274 ~P275
63-1	角陸 純一	異形鉄筋重ね継手の補強に関する研究	コンクリート工学年次論文報告集(昭和63年)	P211 ~P214
63-2	小倉弘一郎 他	板状部材における異形鉄筋重ね継手の強度剛性及び靱性に関する実験的研究	コンクリート工学年次論文報告集(昭和63年)	P195 ~P200

文献N	研究者	題目	出典	ページ
63-3	上原 広 他	鉄骨鉄筋コンクリート梁の梁主筋の継手部の応力伝達機構	コンクリート工学年次論文報告集 (昭和63年)	P205 ~P210
63-4	矢代 秀雄 桜田 智之	3本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性に関する実験的研究	コンクリート工学年次論文報告集 (平成元年)	P183 ~P188
63-5	越前谷 智 小倉弘一郎	重ね継手を最大曲げモーメント点に設けた部材の曲げ強度及び剛性に関する実験的研究	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P343 ~P344
63-6	田中 礼治 大芳賀義喜	重ね継手の継手位置がはり部材の力学的性能に及ぼす影響に関する実験研究	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P345 ~P346
63-7	杉田 和直 他	太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究 (その1 引抜き耐力実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P351 ~P352
63-8	杉田 和直 他	太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究 (その2 両引き継手部分実験)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P353 ~P354
63-9	杉田 和直 他	太径溶接金網(D38)の重ね継手の実験研究 (その3 有限要素法によるシュミレーション解析)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P355 ~P356
63-10	角陸 純一	高強度鉄筋コンクリート柱部材の重ね継手に関する実験研究	日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東)(昭和63年)	P663 ~P664
63-11	佐々木勝男 犬塚 雅生	乾燥砂を充てんした円筒重ね継手について	土木学会第43回年次学術講演会 (昭和63年)	P710 ~P711
63-12	高橋 義祐 角田与史雄	異形鉄筋の重ね継手における横方向鉄筋の効果について	土木学会第43回年次学術講演会 (昭和63年)	P712 ~P713
64-1	矢代 秀雄 桜田 智之	3本束ね鉄筋重ね継手部の曲げ靱性に関する実験的研究	コンクリート工学年次論文報告集 (平成元年)	P183
64-2	田中 礼治 大芳賀義喜	鉄筋コンクリートはり主筋の重ね継手の継手位置に関する実験的研究	日本建築学会構造系論文報告集 第396号 (平成元年)	P69

(3) 国外実験データシート

[記号の説明]

A 欄…試験体記号 ○○○○/△/□ ○○○○：文献の年数 △：文献番号 □：試験体番号	P 欄… p_s 補強筋比 (%) 3r
B 欄… F_c コンクリート強度 (kgf/cm ²)	Q 欄…R 補強の有無 R, S：らせん筋
C 欄… f_y 鉄筋強度 (降伏点) (kgf/cm ²)	R 欄… S_p 継手筋のはなれ (cm)
D 欄… b 試験体幅 (cm)	S 欄… L_d 加力方法 B：純曲げ BS：曲げせん断 V：軸載荷
E 欄… D 試験体せい (cm)	T 欄… M 破壊種別 S：付着割裂破壊 Y：鉄筋降伏 YS：降伏後付着割裂破壊 YC：降伏後圧壊 SH：せん断破壊 Fa：疲労破壊
F 欄… L 試験体長さ (cm)	U 欄… f_u 最大鉄筋応力度 (kgf/cm ²)
G 欄… d 鉄筋径 (mm)	V 欄… T_u 最大付着応力度 (kgf/cm ²)
H 欄… C_y 表面かぶり厚さ (cm)	W 欄… T_m 森田式計算値 (kgf/cm ²)
I 欄… C_x 側面かぶり厚さ (cm)	X 欄… T_o Orangun式計算値 (kgf/cm ²)
J 欄… s 鉄筋表面間距離 (cm)	Y 欄… T_j Jimenez式計算値 (kgf/cm ²)
K 欄… N 引張鉄筋本数	
L 欄… L_e 重ね長さ ($\times d$)	
M 欄… f_s 補強筋強度 (降伏点) (kgf/cm ²)	
N 欄… a_s 補強筋断面積 (cm ²)	
O 欄… S_s 補強筋間隔 (cm)	

国外実験データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y		
1	specimen	Fc	f _y	b	D	L	a	C _y	C _x	S	N	Le	f _s	as	S _s	ps	R	Sp	Ld	M	N	Tu	Tm	To	T _i	
2	1955/1/1	272	3990	171	150	610	19	19	38	19	2	147	0	000	00	000		00	B	S	2324	39.5	24.8	26.7	15.9	
3	1955/1/2	337	3990	171	150	610	19	19	19	19	2	147	0	000	00	000		19	B	S	2100	38.2	26.1	29.7	17.7	
4	1955/1/3	305	3990	22.9	180	610	19	38	40	25	2	147	0	000	00	000		25	B	S	2576	43.8	34.4	30.4	22.1	
5	1955/1/4	313	3990	22.9	180	610	19	38	40	25	2	214	0	000	00	000		25	B	S	3276	38.2	34.9	25.8	20.6	
6	1955/1/5	293	3990	140	180	610	19	38	39		1	147	0	000	00	000		25	B	S	3129	52.9	39.6	48.0	65.8	
7	1955/1/6	304	3990	184	180	610	19	29	38	32	2	147	0	000	00	000		00	B	S	2289	38.9	28.0	32.9	28.2	
8	1955/1/7	312	3990	92	180	610	19	32	27		1	147	0	000	00	000		00	B	S	2338	39.7	28.4	33.8	29.0	
9	1955/1/8	320	3990	184	180	610	19	38	38	32	2	147	0	000	00	000		00	B	S	2485	42.3	28.7	33.8	29.0	
10	1955/1/9	307	3990	92	180	610	19	37	27		1	147	0	000	00	000		00	B	S	2415	41.0	28.1	48.5	65.6	
11	1955/1/10	306	3990	92	180	610	19	38	27		1	94	0	000	00	000		00	B	S	1813	48.4	28.1	58.1	72.3	
12	1955/1/11	317	3990	99	180	610	19	39	31		1	321	0	000	00	000		00	B	SH	3311		30.6	42.1	57.3	
13	1955/1/12	317	3990	95	180	610	19	41	29		1	214	0	000	00	000		00	B	S	3164	36.8	29.5	47.2	67.9	
14	1955/1/13	337	3990	186	180	610	19	37	74		1	147	0	000	00	000		00	B	S	3514	59.5	55.6	50.8	68.8	
15	1955/1/14	337	3990	94	150	610	19	21	28		1	147	0	000	00	000		00	B	S	2261	38.3	30.1	38.5	39.0	
16	1955/1/15	300	3990	184	150	610	19	16	73		1	147	0	000	00	000		00	B	S	3024	51.2	32.1	32.7	28.1	
17	1955/1/16	300	3990	92	150	610	19	21	27		1	321	0	000	00	000		00	B	SH	3409	26.5	27.8	27.9	30.0	
18	1955/1/17	251	3990	94	150	610	19	20	28		1	214	0	000	00	000		00	B	S	2730	31.9	26.0	28.1	29.5	
19	1955/1/19	296	3990	186	180	610	19	43	74		1	214	0	000	00	000		00	B	YS	4291	50.1	53.8	47.1	68.9	
20	1955/1/20	296	3990	95	180	610	19	36	29		1	94	0	000	00	000		00	B	S	1862	49.6	28.5	50.6	54.3	
21	1955/1/21	314	3990	186	180	610	19	37	62		1	147	0	000	00	000		25	B	S	3108	52.6	49.9	49.0	66.4	
22	1955/1/22	314	3990	94	150	610	19	20	28		1	94	0	000	00	000		00	B	S	1652	44.1	29.0	45.4	38.5	
23	1955/1/23	312	3990	92	150	610	19	20	27		1	214	0	000	00	000		00	B	S	2709	31.6	28.4	31.3	32.9	
24	1955/1/24	312	3990	184	150	610	19	21	73		1	214	0	000	00	000		00	B	S	3094	36.0	37.7	32.1	34.5	
25	1955/1/25	357	3990	92	180	610	19	29	27		1	321	0	000	00	000		00	B	YS	4039	31.5	30.4	35.2	42.1	
26	1955/1/26	357	3990	94	150	610	19	19	28		1	321	0	000	00	000		00	B	S	3878	30.1	30.8	28.8	29.6	
27	1955/1/27	315	3990	94	360	610	19	38	28		1	147	0	000	00	000		00	B	S	2380	40.3	29.1	42.4	50.3	
28	1955/1/28	306	3990	92	360	610	19	38	27		1	214	0	000	00	000		00	B	SH	2835	33.0	28.1	36.2	44.0	
29	1955/1/29	524	3990	94	180	610	19	35	28		1	147	0	000	00	000		00	B	S	3129	53.0	37.5	54.7	64.9	
30	1955/1/30	524	3990	94	180	610	19	40	28		1	214	0	000	00	000		00	B	S	3710	43.2	37.5	48.3	59.7	
31	1955/1/31	329	5530	94	150	610	10	21	31		1	140	0	000	00	000		00	B	YS	4459	75.8	54.5	38.9	38.9	
32	1955/1/32	329	3990	184	180	610	19	37	73		1	147	0	000	00	000		00	B	S	3304	56.0	55.0	50.2	67.9	
33	1955/1/33	548	3990	173	180	610	36	39	51		1	144	0	000	00	000		00	B	S	1876	32.7	37.1	67.2	92.8	
34	1955/1/34	266	3990	92	180	610	19	38	27		1	167	0	000	00	000		00	B	S	2534	37.8	26.2	36.6	43.4	
35	1955/1/35	266	3990	92	180	610	19	37	27		1	321	0	000	00	000		00	B	S	3780	29.3	26.2	30.3	36.3	
36	1955/1/36	309	5530	94	150	610	10	14	37		1	140	0	000	00	000		00	B	S	3621	61.3	43.0	32.5	25.1	
37	1955/1/37	309	3990	186	180	610	19	39	74	48	2	147	0	032	7.6	000		00	B	SH	3535	59.9	38.2	39.1	42.7	
38	1955/1/38	221	3990	117	180	610	19	39	40		1	147	0	000	00	000		00	B	S	1953	33.0	29.9	42.4	58.7	
39	1955/1/39	221	3990	94	180	610	19	40	28		1	147	0	000	00	000		00	B	S	1890	32.1	24.4	35.5	42.1	
40	1955/1/40	370	3990	187	150	610	19	19	75		1	214	0	000	00	000		00	B	S	3640	44.3	38.9	33.3	34.0	
41	1967/1/1	302	3264	203	305	676	25	38	38	2.7	2	210	-3500	0.71	15.2	0.46		00	B	S	3255	38.6	31.8	32.5	19.0	
42	1967/1/2	330	3264	203	305	676	25	38	38	2.7	2	300	0	0.71	15.2	0.46		00	B	YS	4255	37.8	33.3	21.6	15.7	
43	1967/1/3	283	3264	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	0	0.71	15.2	0.46		00	B	YC	5040	31.5	30.8	18.1	13.1	
44	1967/1/4	307	3264	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	0	0.71	15.2	0.46		00	B	YC	5390	33.7	32.1	18.9	13.7	
45	1967/1/5	395	3264	203	305	676	25	38	38	2.7	2	300	0	0.71	15.2	0.46		00	B	YC	5250	43.8	36.4	23.6	17.2	
46	1967/1/6	305	3264	203	305	686	25	38	38	2.7	2	210	0	0.71	15.2	0.46		00	B	YS	3255	38.6	32.0	24.1	16.8	
47	1967/1/7	277	3342	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	-3500	0.71	15.2	0.46		00	B	YS	4690	29.3	30.5	26.1	15.3	
48	1967/1/8	292	3342	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	-3500	0.71	7.6	0.92		00	B	YS	5320	33.5	38.2	32.1	17.9	
49	1967/1/9	291	3342	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	0	0.71	30.5	0.23		00	B	YS	4410	27.7	27.3	18.4	13.3	
50	1967/1/10	293	3342	203	305	676	25	38	38	2.7	2	400	0	0.71	3.2	0.99		00	B	YS	5810	36.5	38.3	18.5	13.4	
51	1969/1/1	277	4725	610		500	0	36	32	26.9		1	45.9	0	000	00	000		00	B	Y	5789	31.3	31.7	21.9	20.2
52	1969/1/2	230	4725	610		500	0	36	32	26.9		1	35.3	0	000	00	000		00	BS	S	5075	35.7	28.9	21.2	20.4
53	1969/1/3	235	4725	610		500	0	36	19	26.9		1	38.8	0	000	00	000		00	BS	S	5285	33.8	23.3	16.5	11.8
54	1969/1/4	230	4725	610		500	0	36	19	26.9		1	25.4	0	000	00	000		00	BS	S	3815	37.2	23.1	19.1	13.5
55	1969/1/5	232	4725	610		500	0	36	50	26.9		1	14.1	0	000	00	000		00	BS	S	2688	47.3	37.1	35.9	41.0
56	1969/1/6	241	4725	450		500	0	36	50	18.9		1	16.9	0	000	00	000		00	BS	S	3325	48.8	37.8	34.2	40.3
57	1969/1/7	228	4725	710	430	500	0	36	50	14.4	14.4	3	31.8	0	000	00	000		00	BS	YS	4844	37.8	32.3	27.8	33.0
58	1969/1/8	308	4725	290	540	500	0	36	50	36	7.2	2	28.2	0	000	00	000		00	BS	S	3045	26.8	19.6	22.9	23.6
59	1969/1/9	181	5019	530	430	500	0	36	50	36	10.8	3	31.8	0	000	00	000		00	BS	S	3577	27.9	23.5	27.2	32.2
60	1969/1/10	225	5110	190	330	290	16	21	31	64	2	23.8	0	000	00	000	</									

国外買取データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
80	1973/1/1	281	-6000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	150	0	000	00	000		00	B	S	2760	471	277	268	161	
81	1973/1/2	373	-6000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	250	0	000	00	000		00	B	S	4250	435	320	241	164	
82	1973/1/3	375	-6000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	350	0	000	00	000		00	B	S	4750	347	320	212	147	
83	1973/1/4	360	-6000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	480	0	000	00	000		00	B	S	5260	299	314	188	127	
84	1973/1/5	380	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	640	0	000	00	000		00	B	S	6150	258	323	180	114	
85	1973/1/6	331	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	150	-4000	0.50	150	0.42		00	B	S	3450	579	395	405	198	
86	1973/1/7	367	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	250	-4000	0.50	200	0.31		00	B	S	4830	486	392	329	180	
87	1973/1/8	363	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	350	-4000	0.50	400	0.16		00	B	S	6830	442	352	253	154	
88	1973/1/9	370	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	350	-4000	0.50	90	0.69		00	B	S	7580	544	485	364	186	
89	1973/1/10	343	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	450	-4000	0.50	120	0.52		00	B	S	7430	415	427	332	157	
90	1973/1/11	312	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	450	-6000	0.79	120	0.82		00	B	C	6980	390	446	320	192	
91	1973/1/12	337	-9000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	450	-4000	0.50	120	0.52	R		00	B	S	6500	365	423	329	156
92	1973/1/13	344	-9000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	450	-4000	0.50	70	0.89	R		00	B	C	6980	392	468	336	178
93	1973/1/14	306	-9000	160	260	750	16	2.5	40	16	2	450	-4000	0.50	50	1.25	R		00	B	C	7620	428	442	317	192
94	1973/1/15	352	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	300	0	000	00	000		00	B	S	4010	336	311	217	150	
95	1973/1/16	359	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	350	0	000	00	000		00	B	S	3730	268	314	207	144	
96	1973/1/17	364	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	300	-6000	0.50	120	0.52		00	B	S	5710	478	439	373	198	
97	1973/1/18	368	-8200	160	260	750	16	2.5	40	16	2	350	-6000	0.50	70	0.89		00	B	C	7130	512	484	363	222	
98	1973/1/19	279	-9200	160	201	750	16	2.0	30	36	2	32.5	0	000	00	000		00	B	S	3920	298	276	271	293	
99	1973/1/20	279	-9200	160	201	750	16	2.0	30	36	2	450	0	000	00	000		00	B	S	4780	262	276	252	259	
100	1973/1/21	275	-9200	160	202	750	16	2.0	30	36	2	638	0	000	00	000		00	B	S	5800	225	274	235	218	
101	1973/1/22	275	-9300	160	203	750	16	2.0	30	36	2	82.5	0	000	00	000		00	B	S	6240	187	274	228	190	
102	1973/1/23	260	8600	160	202	750	16	2.0	30	36	2	200	2600	0.28	100	0.35		00	B	S	3740	462	337	358	339	
103	1973/1/24	260	9200	159	203	750	16	2.0	30	35	2	32.5	2600	0.28	100	0.35		00	B	S	5180	393	336	312	288	
104	1973/1/25	274	9000	160	203	750	16	2.0	30	36	2	450	2600	0.28	100	0.35		00	B	S	6820	374	346	306	270	
105	1973/1/26	270	8900	159	203	750	16	2.0	30	35	2	638	2600	0.28	100	0.35		00	B	S	8300	322	342	286	224	
106	1973/1/27	297	9000	160	202	750	16	2.0	30	36	2	32.5	2200	0.13	100	0.16		00	B	S	4660	354	320	302	308	
107	1973/1/28	297	9200	160	202	750	16	2.0	30	36	2	32.5	2600	0.50	100	0.63		00	B	S	6910	524	419	385	326	
108	1973/1/29	281	9000	160	203	750	16	2.0	30	36	2	32.5	2600	0.28	480	0.07		00	B	S	5100	387	293	284	297	
109	1973/1/30	281	9000	159	203	750	16	2.0	30	35	2	32.5	2600	0.28	50	0.70	R		00	B	S	5570	306	422	177	87
110	1973/1/31	277	9000	159	223	750	16	3.9	32	35	2	450	0	000	00	000		00	B	S	5570	306	274	247	251	
111	1973/1/32	277	9000	160	193	750	16	1.0	2.5	4.6	2	450	0	000	00	000		00	B	S	4450	244	250	185	143	
112	1973/1/33	285	9000	20.7	22.7	750	16	3.4	4.7	4.9	2	450	0	000	00	000		00	B	S	6300	345	356	310	356	
113	1973/1/34	285	9000	25.2	22.4	750	16	4.1	5.7	7.4	2	450	0	000	00	000		00	B	S	6440	358	428	414	538	
114	1973/1/35	267	6800	130	260	750	16	2.0	10	6.2	2	50	0	000	00	000		00	B	S	1520	716	268	701	600	
115	1973/1/36	305	6800	130	260	750	16	2.0	10	6.2	2	100	0	000	00	000		00	B	S	2690	634	286	518	596	
116	1973/1/37	350	6950	130	260	750	16	2.0	10	6.2	2	200	0	000	00	000		00	B	S	4730	557	307	431	561	
117	1973/1/38	276	6650	130	260	750	16	2.0	10	6.2	2	300	0	000	00	000		00	B	S	5180	406	272	346	444	
118	1973/1/39	359	6050	130	260	750	16	2.0	10	6.2	2	550	0	000	00	000		00	B	S	6840	293	311	357	398	
119	1973/1/40	293	7500	130	260	750	16	2.0	10	4.6	2	50	0	000	00	000		00	B	S	1280	640	234	678	471	
120	1973/1/41	306	7600	130	260	750	16	2.0	10	4.6	2	100	0	000	00	000		00	B	S	1820	455	239	461	448	
121	1973/1/42	291	7550	130	260	750	16	2.0	10	4.6	2	200	0	000	00	000		00	B	S	3240	405	233	337	384	
122	1973/1/43	337	7600	130	260	750	16	2.0	10	4.6	2	300	0	000	00	000		00	B	S	3840	320	251	322	368	
123	1973/1/44	323	5850	130	260	750	16	2.0	10	4.6	2	550	0	000	00	000		00	B	S	4990	227	246	279	283	
124	1973/1/45	347	6300	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	200	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	S	5460	683	472	481	413
125	1973/1/46	334	9100	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	450	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	SH	9000	500	463	405	317
126	1973/1/47	131	6800	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	200	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	S	3040	380	290	296	264
127	1973/1/48	558	6390	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	200	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	S	6240	781	599	611	517
128	1973/1/49	793	6240	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	200	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	YC	8140	1017	714	728	512
129	1973/1/50	329	8400	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	32.5	2600	0.28	80	0.70	S		00	B	S	7260	497	401	376	353
130	1973/1/51	356	8100	161	202	750	16	2.0	30	3.7	2	32.5	2600	0.28	50	0.70	S		00	B	S	7420	508	478	440	366
131	1973/1/52	339	6370	194	30.4	1000	16	0.5	40	50	2	32.5	0	000	00	000	S		00	B	S	4900	377	238	179	90
132	1973/1/53	351	6370	198	30.3	1000	16	1.5	40	54	2	32.5	0	000	00	000	S		00	B	S	5580	429	366	276	274
133	1973/1/54	342	6020	199	30.3	1000	16	3.5	40	55	2	32.5	0	000	00	000	S		00	B	S	5740	429	375	387	496
134	1973/1/55	442	6020	200	30.2	1000	16	5.0	40	56	2	32.5	0	000	00	000	S		00	B	YS	6700	474	429	445	574
135	1973/1/56	439	4280	163	20.2	750	16	2.0	30	3.9	2	200	2600	0.28	50	0.69	S		00	B	YS	4830	690	535	552	485
136	1973/1/57	473	4320	164	20.2	750	16	2.0	30	4.0	2	263	2600	0.28	50	0.68	S		00	B	YC	5350	509	557	544	479
137	1973/1/58	488	4370	163	20.0	750	16	2.0	30	3.9	2	32.5	2600	0.28	50	0.69	S		00	B	YC	5120	394	564	526	446
138	1973/1/59	219	5720	162	20.2	500	16	1.5	31	5.2	2	183	2600	0.28	50	0										

国外買取データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
159	1973/1/80	95	-6000	160	197	500	16	21	32	32	2	325	0	000	00	000		00	B	S	2140	165	161	148	152
160	1973/1/81	122	-4668	160	198	500	16	26	35	26	2	325	0	000	00	000		00	B	S	2190	168	183	152	140
161	1973/1/82	161	-4468	161	199	500	16	26	35	27	2	325	0	000	00	000		00	B	S	2620	202	211	177	167
162	1973/1/83	350	-4308	162	201	500	16	23	36	26	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4190	322	313	257	237
163	1973/1/84	404	-4288	163	199	500	16	26	37	25	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4490	345	338	271	245
164	1973/1/85	572	-4288	163	198	500	16	21	30	39	2	325	0	000	00	000		00	B	YS	4900	377	403	405	455
165	1973/1/86	409	-6328	161	202	500	16	20	30	37	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5450	419	337	333	365
166	1973/1/87	418	-6328	162	199	500	16	21	36	26	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5740	421	342	280	259
167	1973/1/88	335	-6219	160	199	500	16	17	30	36	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4770	367	95	287	303
168	1973/1/89	335	-6219	160	198	500	16	19	33	30	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5150	396	303	269	268
169	1973/1/90	412	-6368	160	197	500	16	22	36	24	2	325	0	000	00	000		00	B	SH	5500	423	336	268	237
170	1973/1/91	393	-6368	160	198	500	16	18	33	30	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3930	302	328	292	290
171	1973/1/92	393	-6318	161	197	500	16	19	34	29	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5090	391	330	287	280
172	1973/1/93	393	-6318	162	199	500	16	21	35	28	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3710	285	332	282	271
173	1973/1/94	406	-6209	160	197	500	16	21	31	34	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3760	289	333	318	336
174	1973/1/95	406	-6209	160	199	500	16	21	29	38	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3730	287	333	336	373
175	1973/1/96	536	-6280	161	201	500	16	23	34	29	2	325	0	000	00	000		00	B	YS	6500	500	385	335	327
176	1973/1/97	521	-6040	162	404	500	16	26	32	34	2	325	0	000	00	000		00	B	YS	6610	508	382	358	378
177	1973/1/98	542	-6360	160	203	500	16	26	34	28	2	325	0	000	00	000		00	B	S	6340	503	385	331	318
178	1973/1/99	653	-6240	160	410	500	16	27	33	30	2	325	0	000	00	000		00	B	S	6260	481	423	376	374
179	1973/1/100	346	-6000	163	203	500	16	19	31	37	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3770	290	313	306	336
180	1973/1/101	374	-6000	160	202	500	16	21	30	36	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3010	231	320	313	339
181	1973/1/102	166	-6000	161	202	500	16	20	30	37	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5900	454	214	212	232
182	1973/1/103	457	-6000	163	202	500	16	19	32	35	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5620	432	360	341	365
183	1973/1/104	1150	-6000	162	203	500	16	19	30	38	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5850	450	568	566	628
184	1973/1/105	1084	-6000	165	203	500	16	18	37	27	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4460	343	561	460	433
185	1973/1/106	324	-4600	162	200	500	16	13	18	94	2	400	0	000	00	000		00	B	S	5950	372	403	200	242
186	1973/1/107	296	-7400	164	202	500	16	16	18	96	2	400	0	000	00	000		00	B	YS	8090	505	413	385	497
187	1973/1/108	275	-4200	161	202	500	10	18	22	77	2	320	0	000	00	000		00	B	S	5100	398	380	359	468
188	1973/1/109	287	-6600	168	201	500	10	15	26	76	2	320	0	000	00	000		00	B	S	6170	482	395	326	399
189	1973/1/110	422	-4370	200	201	500	19	36	26	110	2	325	0	000	00	000		00	B	YS	4840	442	357	459	607
190	1973/1/111	278	-6350	199	202	500	19	39	40	81	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3550	325	288	393	534
191	1973/1/112	272	-6000	162	253	500	16	57	32	34	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4680	360	276	259	273
192	1973/1/113	240	-6000	162	254	500	16	49	31	36	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4860	374	259	251	272
193	1973/1/114	335	-6000	258	182	500	16	01	82	30	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3950	304	188	141	128
194	1973/1/115	222	-6000	258	203	500	16	18	83	28	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3620	278	321	212	203
195	1973/1/116	249	-6000	298	202	500	16	17	101	32	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4470	344	330	240	246
196	1973/1/117	207	-6000	166	182	500	16	01	36	24	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3870	298	148	112	14
197	1973/1/118	234	-6000	102	258	500	16	74	03	32	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3240	249	168	233	239
198	1973/1/119	322	-5144	163	202	500	16	19	32	35	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3960	305	302	286	306
199	1973/1/120	307	-5144	161	201	500	16	19	31	35	2	325	0	000	00	000		00	B	S	3870	298	292	280	299
200	1973/1/121	140	-4970	163	200	500	16	20	30	39	2	325	0	000	00	000		00	B	S	2410	185	199	201	225
201	1973/1/122	493	-4915	165	201	500	16	17	32	37	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4680	360	378	349	368
202	1973/1/123	647	-2850	164	203	500	16	18	33	34	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4800	369	431	399	422
203	1973/1/124	182	-4260	167	202	500	10	18	22	83	2	320	0	000	00	000		00	B	S	4220	330	309	292	381
204	1973/1/125	205	-4260	164	201	500	10	15	19	86	2	320	0	000	00	000		00	B	YS	4590	359	291	276	337
205	1973/1/126	193	-7370	93	177	500	16	00	00	29	2	325	0	000	00	000		00	B	S	1010	78	77	0	0
206	1973/1/127	196	-7280	160	201	500	19	24	37	10	2	379	0	000	00	000		00	B	S	2780	183	198	123	54
207	1973/1/128	196	-7280	160	202	500	19	26	36	12	2	168	0	000	00	000		00	B	S	1710	254	198	190	83
208	1973/1/129	199	-4510	259	201	500	19	19	38	07	2	379	0	000	00	000		00	B	S	2520	166	262	115	38
209	1973/1/130	219	-4510	159	201	500	19	21	38	07	2	168	0	000	00	000		00	B	S	1340	199	208	185	51
210	1973/1/131	208	-6500	158	201	500	12	19	24	62	2	183	0	000	00	000		00	B	S	2790	380	304	332	419
211	1973/1/132	154	-6500	159	201	500	12	17	23	65	2	267	0	000	00	000		00	B	S	3850	275	248	241	292
212	1973/1/134	207	-6550	159	202	500	12	20	25	61	2	433	0	000	00	000		00	B	S	4720	272	310	280	336
213	1973/1/135	239	-4450	158	202	500	12	15	22	66	2	183	0	000	00	000		00	B	S	2350	320	293	315	355
214	1973/1/136	239	-4450	158	202	500	12	14	19	72	2	267	0	000	00	000		00	B	S	2800	262	270	269	300
215	1973/1/137	226	-4550	158	202	500	12	14	21	68	2	350	0	000	00	000		00	B	S	4050	289	274	244	267
216	1973/1/138	226	-4490	159	203	500	12	12	28	55	2	433	0	000	00	000		00	B	S	4350	251	301	213	210
217	1973/1/139	258	-7330	249	203	500	16	23	72	41	2	325	0	000	00	000		00	B	S	4160	320	400	280	321
218	1973/1/140	283	-6690	299	203	500	16	24	100	35	2	325	0	000	00	000		00	B	S	5080	391	430	268	287
219	1973/1/141	291	-6490</																						

国外夏候データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
238	1973/1/160	510	-6000	158	20.3	50.0	16	24	29	36	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4501	34.6	36.9	36.6	39.6
239	1973/1/161	534	-4378	158	20.3	50.0	16	24	28	38	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4501	34.6	37.8	38.6	42.8
240	1973/1/162	522	-4398	158	20.3	50.0	16	25	30	34	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4320	33.8	37.4	35.9	37.9
241	1973/1/163	534	-4448	158	20.2	50.0	16	26	29	36	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4170	34.2	37.8	37.4	40.6
242	1973/1/164	508	-4398	158	20.1	50.0	16	24	26	42	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3940	33.8	36.9	39.9	46.2
243	1973/1/165	205	-5766	158	20.2	50.0	16	21	27	40	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2460	18.9	23.4	24.6	27.9
244	1973/1/166	257	-6766	162	20.2	50.0	16	19	29	40	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3060	23.5	26.8	26.8	29.7
245	1973/1/167	601	-6567	163	20.4	50.0	16	20	30	39	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4320	33.2	41.3	41.5	46.6
246	1973/1/168	204	-7160	153	9.9	20.0	8	12	11	9.9	2	6.3	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1540	61.3	25.7	51.6	46.3
247	1973/1/169	204	-7160	151	10.0	20.0	8	0.9	1.5	8.9	2	13.1	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2010	38.1	26.5	31.8	31.6
248	1973/1/170	204	-7160	153	10.0	20.0	8	0.8	1.4	9.3	2	18.8	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2570	34.1	25.0	26.0	6.1
249	1973/1/171	204	-7160	150	10.0	20.0	8	1.0	1.9	8.0	2	25.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3490	34.1	30.4	26.3	30.3
250	1973/1/172	204	-880	152	10.0	20.0	8	1.3	1.5	9.0	2	6.3	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1320	52.6	29.6	53.0	50.1
251	1973/1/173	204	-880	153	10.1	20.0	8	1.0	1.4	9.3	1	12.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1970	39.2	26.5	33.9	35.4
252	1973/1/174	204	-880	152	10.1	20.0	8	1.1	1.4	9.2	2	18.8	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2280	30.3	27.3	30.2	35.8
253	1973/1/175	204	-880	152	10.1	20.0	8	1.2	2.5	9.0	2	25.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2890	29.8	36.5	29.1	36.3
254	1973/1/176	169	-4450	148	10.1	20.0	6	1.0	1.2	10.0	2	8.3	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2480	75.0	27.9	42.1	45.5
255	1973/1/177	169	-4450	149	10.1	20.0	6	0.9	1.1	10.3	2	16.7	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3140	47.5	26.0	30.0	36.5
256	1973/1/178	169	-4450	150	10.1	20.0	6	1.0	1.4	9.8	2	25.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3830	38.6	29.8	29.0	37.7
257	1973/1/179	169	-4450	146	10.0	20.0	6	0.7	0.8	10.6	2	33.3	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3650	27.6	21.3	21.4	23.5
258	1973/1/180	169	-4100	151	10.0	20.0	10	1.5	1.3	8.5	2	5.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	870	43.8	23.0	54.1	43.0
259	1973/1/181	169	-4100	151	10.0	20.0	10	1.3	1.3	8.5	2	10.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1140	28.6	21.9	34.8	34.6
260	1973/1/182	169	-4100	151	10.0	20.0	10	1.0	1.3	8.5	2	15.0	0	0.00	1.0	0.00		0.0	B	S	1360	22.8	20.2	26.0	24.9
261	1973/1/183	169	-4100	151	10.1	20.0	10	1.3	1.4	8.3	2	20.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1900	23.9	22.4	34.8	34.6
262	1973/1/184	183	-6580	151	9.8	20.0	10	1.2	1.5	8.1	2	5.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	990	49.9	23.4	53.1	35.8
263	1973/1/185	183	-6580	151	10.1	20.0	10	1.0	1.7	7.7	2	10.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1340	33.8	23.4	33.0	27.7
264	1973/1/186	183	-6580	150	10.0	20.0	10	1.0	1.5	8.0	2	15.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1620	27.2	22.2	27.0	25.9
265	1973/1/187	183	-6580	151	10.0	20.0	10	1.3	1.0	9.1	2	19.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2200	29.2	21.0	27.7	32.0
266	1973/1/188	282	-6600	148	10.0	20.0	10	0.0	0.0	10.8	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1770	27.9	9.3	19.2	0.0
267	1973/1/189	282	-6600	149	10.0	20.0	10	0.0	1.9	7.1	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1660	26.1	16.1	19.2	0.0
268	1973/1/190	282	-6600	150	10.0	20.0	10	0.0	4.0	3.0	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1790	28.2	16.1	19.2	0.0
269	1973/1/191	282	-6600	149	10.0	20.0	10	1.9	0.0	10.9	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2110	33.2	16.1	44.6	60.3
270	1973/1/192	282	-6600	151	10.0	20.0	10	1.7	2.0	7.1	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2490	39.2	36.3	41.9	54.0
271	1973/1/193	282	-6500	152	10.1	20.0	10	1.5	3.9	3.4	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3140	49.5	41.2	39.3	47.6
272	1973/1/194	282	-6500	150	10.1	20.0	10	2.6	0.0	11.0	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2620	41.3	16.1	54.0	82.6
273	1973/1/195	282	-6500	151	10.2	20.0	10	2.5	2.0	7.1	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3240	51.0	40.9	52.6	79.4
274	1973/1/196	258	-6500	147	9.9	20.0	10	3.2	4.0	2.7	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2240	35.0	38.2	35.6	41.0
275	1973/1/197	258	-4200	149	10.0	20.0	10	0.0	0.0	10.9	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1310	20.6	8.9	18.4	0.0
276	1973/1/198	258	-4200	152	10.0	20.0	10	0.0	2.3	6.6	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1570	24.7	15.4	18.4	0.0
277	1973/1/199	258	-4200	146	9.9	20.0	10	0.2	3.9	2.8	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1810	28.5	18.8	21.0	6.1
278	1973/1/200	258	-4200	151	10.1	20.0	10	1.3	0.1	10.9	2	15.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1360	22.1	17.1	35.4	39.7
279	1973/1/201	258	-4270	152	10.0	20.0	10	1.1	1.7	7.7	2	15.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	1990	32.4	28.4	32.9	33.6
280	1973/1/202	258	-4270	152	10.0	20.0	10	1.3	4.1	3.0	2	15.3	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2190	36.1	37.6	35.6	39.8
281	1973/1/203	258	-4270	151	10.0	20.0	10	2.9	0.3	10.5	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2130	33.5	20.5	55.4	88.1
282	1973/1/204	321	-4270	152	10.2	20.0	10	2.7	2.1	7.0	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3650	57.4	44.0	59.0	91.5
283	1973/1/205	321	-4270	151	10.1	20.0	10	2.8	4.0	3.1	2	15.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2980	50.0	43.7	43.6	53.2
284	1973/1/206	210	-6450	146	10.0	20.0	10	1.4	2.0	6.6	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2880	45.0	29.4	32.7	38.4
285	1973/1/207	210	-6450	152	10.0	20.0	10	1.4	2.0	7.2	2	16.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2990	46.7	29.4	32.7	38.4
286	1973/1/208	210	-4220	152	10.1	20.0	10	1.5	2.2	6.8	2	14.7	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2570	43.7	31.3	35.0	41.8
287	1973/1/209	310	-4220	151	10.1	20.0	10	1.3	2.1	6.9	2	15.0	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	2360	39.3	29.4	32.4	36.1
288	1973/1/210	275	-6450	152	10.2	20.0	10	1.5	2.2	6.8	2	15.8	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3930	62.2	41.8	45.5	55.1
289	1973/1/211	375	-6450	152	10.2	20.0	10	1.5	2.1	6.9	2	15.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3910	63.0	41.0	45.8	55.3
290	1973/1/212	375	-4220	147	10.2	20.0	10	1.5	1.8	7.1	2	14.8	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3600	60.8	38.5	38.9	37.2
291	1973/1/213	375	-4220	148	10.1	20.0	10	1.5	2.0	6.8	2	14.8	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	3560	60.2	40.2	46.6	55.8
292	1973/1/214	546	-6450	147	10.2	20.0	10	1.5	1.9	6.9	2	15.6	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	YS	4500	72.1	47.4	55.1	66.6
293	1973/1/215	546	-6450	153	10.0	20.0	10	1.5	2.1	7.1	2	14.5	0	0.00	0.0	0.00		0.0	B	S	4800	92.8	49.5	56.6	67.6
294	1973/1/216	546	-4220	152	10.0	20.0	10	1.5	2.1																

国外買替データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y			
317	1973/1/239	198	6040	164	200	500	16	20	30	40	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	3470	26.7	23.8	24.2	27.4		
318	1973/1/240	198	4550	164	200	500	16	21	33	34	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	3580	27.5	23.8	22.1	23.3		
319	1973/1/241	304	6920	160	200	200	16	20	30	36	2	37.5	2600	0.28	5.0	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	YC	7270	48.5	28.9	39.2	31.7	
320	1973/1/242	361	4200	400	500	195	32	50	60	15.2	2	18.8	2600	0.28	5.0	0.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	2210	29.5	39.7	49.5	55.2
321	1973/1/243	228	6900	301	198	90	8	20	18	6.7	4	50.0	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	7016	35.1	39.5	35.8	44.7
322	1973/1/244	222	6350	301	200	90	10	18	16	6.3	4	60.0	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	6980	24.9	30.3	27.0	28.8
323	1973/1/245	274	6400	301	200	90	12	18	14	5.9	4	66.7	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	6120	22.9	152.8	23.9	22.1
324	1973/1/246	250	6660	301	40.2	90	16	21	31	7.2	3	37.5	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	6420	42.8	31.1	34.3	32.1
325	1973/1/247	222	6380	301	40.1	90	20	45	45	13.1	2	30.0	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	6010	50.1	36.2	46.1	55.1
326	1973/1/248	186	6150	301	40.2	90	25	54	45	11.1	2	24.0	2600	0.50	5.0	0.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	5090	53.0	26.8	42.1	44.6
327	1973/1/249	293	4270	301	40.1	90	16	25	34	6.9	2	37.5	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	4600	30.7	36.9	40.6	41.0
328	1973/1/250	130	5100	302	39.6	90	20	44	48	12.6	2	30.0	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SH	3740	31.2	27.8	34.9	41.6
329	1973/1/251	164	4360	301	39.9	90	25	45	45	11.1	2	24.0	2600	0.50	5.0	0.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	C	3500	36.5	25.2	39.5	42.0
330	1973/1/252	186	4530	301	40.1	90	32	70	56	6.1	2	18.8	2600	0.50	5.0	0.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SH	3710	28.5	21.3	32.6	26.2
331	1973/1/253	451	6000	300	200	90	8	24	13	7.0	4	50.0	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3310	16.6	54.4	39.8	45.4
332	1973/1/254	311	6000	300	200	90	10	18	22	5.9	4	60.0	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3330	13.9	40.4	34.7	38.3
333	1973/1/255	240	6600	300	200	90	12	20	14	10.0	3	66.7	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3390	12.7	27.6	22.4	20.7
334	1973/1/256	296	6500	300	400	90	16	23	27	7.5	3	37.5	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	2920	19.5	32.9	39.1	38.0
335	1973/1/257	286	6520	300	400	90	20	60	45	14.6	2	30.0	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3140	26.2	41.0	52.4	62.4
336	1973/1/258	262	6150	300	400	90	25	57	44	11.2	2	24.0	2600	0.50	5.0	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3150	32.8	31.8	49.4	51.3
337	1973/1/259	305	4310	300	400	90	16	30	46	5.6	3	37.5	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3630	20.2	45.7	44.0	46.7
338	1973/1/260	326	5040	300	400	90	20	44	65	9.0	2	30.0	2600	0.28	5.0	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	1980	16.5	56.3	55.2	65.0
339	1973/1/261	288	4200	300	400	90	25	41	48	10.4	2	24.0	2600	0.50	5.0	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	2190	22.8	33.3	50.2	50.2
340	1973/1/262	344	4300	300	400	90	32	66	57	5.8	2	18.8	2600	0.50	5.0	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	2270	30.3	28.9	43.7	33.2
341	1973/1/263	501	6500	501	400	100	16	26	45	7.6	5	31.3	2600	0.28	5.0	0.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3060	24.5	53.5	51.6	58.3
342	1973/1/264	385	6500	500	400	100	16	25	34	6.8	5	31.3	2600	0.28	5.0	0.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3050	24.4	46.8	44.3	49.3
343	1973/1/265	309	6630	500	400	100	16	25	34	7.6	5	31.3	2600	0.28	5.0	0.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3050	24.4	42.0	39.7	44.2
344	1973/1/266	315	6540	500	400	100	16	25	34	6.8	5	31.3	2600	0.28	5.0	0.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	3050	24.4	42.4	40.1	44.6
345	1973/1/267	292	6300	160	200	50	16	20	30	3.6	1	32.5	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3540	27.2	28.3	27.7	30.0
346	1973/1/268	545	6300	160	200	50	16	20	30	3.6	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3940	30.3	38.6	37.8	41.0
347	1973/1/269	400	6300	160	200	50	16	20	30	3.6	2	32.5	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4590	35.3	33.1	32.4	35.1
348	1973/1/270	375	6300	160	200	50	16	20	30	3.6	2	32.5	2600	0.28	5.0	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Fa	5690	43.7	48.9	44.6	36.6
349	1973/1/271	311	4449	350	300	75	0.254	3.7	7.5	10.0	2	20.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	2750	33.0	5.8	18.9	4.6
350	1973/1/272	315	4467	350	300	75	0.25	4.0	7.5	10.0	2	28.8	2600	0.28	5.0	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4120	35.8	50.2	44.2	47.3
351	1973/1/273	275	4441	350	300	75	0.25	4.0	7.5	10.0	2	36.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4090	27.8	37.6	32.3	39.6
352	1973/1/274	252	6347	349	300	75	0.25	3.7	7.8	9.3	2	20.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3020	36.3	35.9	33.8	41.8
353	1973/1/275	329	4398	348	300	65	0.25	4.9	7.8	9.2	2	36.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	5710	38.8	40.9	38.8	39.7
354	1973/1/276	377	6372	348	300	75	0.25	3.6	7.4	10.0	2	52.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	6660	31.6	43.8	33.3	35.9
355	1973/1/277	301	4316	347	300	75	0.32	5.1	6.2	9.5	2	16.3	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	2210	34.0	31.0	40.1	48.5
356	1973/1/278	246	4300	348	300	75	0.32	3.8	6.5	9.0	2	28.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3110	27.0	28.1	27.0	30.2
357	1973/1/279	334	3953	350	300	75	0.32	5.3	6.5	9.2	2	41.3	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	4030	24.4	32.9	32.6	37.5
358	1973/1/280	314	6482	350	300	75	0.25	4.7	7.0	11.0	2	20.8	2600	0.28	5.0	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SH	6210	74.6	50.1	51.2	60.5
359	1973/1/281	318	6449	350	300	75	0.25	4.2	7.0	11.0	2	20.8	2600	0.50	5.0	0.57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YC	7210	86.6	56.0	54.8	55.5
360	1973/1/282	342	6466	350	300	75	0.25	4.2	7.0	11.0	2	20.8	2600	0.79	5.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	7240	87.0	58.1	57.2	58.7
361	1973/1/283	246	4453	350	300	75	0.32	4.0	6.8	8.6	2	16.3	2600	0.28	5.0	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3700	56.9	41.6	45.9	45.0
362	1973/1/284	331	4393	350	300	75	0.32	4.0	6.3	9.6	2	16.3	2600	0.50	5.0	0.57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4320	65.1	46.9	49.8	45.0
363	1973/1/285	339	4463	350	300	75	0.32	4.0	6.3	9.6	2	16.3	2600	0.79	5.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	4580	70.4	49.1	53.8	46.7
364	1973/1/286	462	5040	353	300	75	0.25	4.0	8.0	9.3	2	20.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	3350	40.3	49.2	47.9	61.3
365	1973/1/287	478	5120	350	300	75	0.25	4.1	7.4	10.2	2	28.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4193	36.4	49.6	45.5	58.2
366	1973/1/288	516	5050	352	300	75	0.25	4.0	8.0	9.2	2	36.8	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	YS	5650	38.9	51.8	44.3	54.2
367	1975/1/1	263	4341	838	330	198	0.19	5.1	5.1	10.2	6	16.0	0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S	4031	62.8	38.5	53.2	82.3
368	1975/1/2																										

国外実験データ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
475	1988/1/20	240	4446											C	CC0	CC	CCC									
476	1988/12/26																									

(2) 国外文献リスト

NO.	研究者	題 目	出 典	P
55-1	J. CHINN P. M. FERGUSON J. N. THOMPSON	Lapped Splices in Reinforced Concrete Beams	ACI Journal, Vol. 52 No. 2, October 1955	201
65-1	P. M. FERGUSON J. E. BREEN	Lapped Splices for High Strength Reinforcing Bars	ACI Journal, Vol. 62 No. 9, September-1965	1063
67-1	J. P. COLACO C. P. SIESS	Behavior of Splices in Beam-Column Connections	Journal of the STRUCTURAL DIVISION, October 1967	175
69-1	P. M. FERGUSON C. N. KRISHNASWAMY	TENSILE LAP SPLICES PART 2 DESIGN RECOMMENDATIONS FOR RETAINING WALL SPLICES AND LARGE BAR SPLICES	Research Report 113-3 Center for Highway Research The University of Texas July 1969	61
69-2	U. BEHERA K. S. RAJAGOPALAN	Two-Piece U-Stirrups in Reinforced Concrete Beams	ACI JOURNAL July 1969	522
73-1	R. TEPFERS	Theory of Bond Applied to Overlapped Tensile Reinforcement Splices for Deformed Bars	Publication 73:2, Division of Concrete Structures, Chalmers University of Technology, Gotenborg, Sweden, 1973	328

NO.	研究者	題 目	出 典	P
75-1	A. Thompson J. O. Jirsa J. E. Breen D. F. Meinheit	THE BEHAVIOR OF MULTIPLE LAP SPICES IN WIDE SECTIONS	Research Report 154-1 Center for Highway Research The University of Texas, January 1975	75
75-2	T. REZANSOFF BUFKIN, JIRSA J. E. BREEN	The Performance of Lapped Splices Under Rapid Loading	Reserch Report 154 -2, Center for Hig- hway Research, The University of Tex- as at Austin Jan. 1975	92
76-1	D. M. F. ORR	Lap Splicing of Deformed Reinforcing Bars	ACI JOURNAL Vol. 73 No. 11 November 1976	622
77-1	C. O. ORANGUN J. O. JIRSA J. E. BREEN	A Reeevaluation of Test Data on Development Length and Splices	ACI JOURNAL Vol. 74 No. 3 March 1977	114
78-1	P. D. ARTHUR J. W. CAIRNS	Compression laps of reinfor- cement in concrete columns	The Structural En- gineer March 1978, No. 1	9
78-2	M. BETZLE	Bond Slip and Strength of Lapped Bar Splices	Douglas Mchenry I- nternational Symp- osium ACI	493
79-1	M. A. THOMPSON J. O. JIRSA J. E. BREEN D. F. MEINHEIT	Behavior of Multiple Lap Splices in Wide Sections	ACI JOURNAL Vol. 76 No. 2 February 1979	227

NO.	研究者	題 目	出 典	P
82-2	K. LUKOSE P. GERGRLY R. N. WHITE	Behavior of Reinforced Concrete Lapped Splices for Inelastic Cyclic Loading	ACI JOURNAL Sep. -Oct. 1982	355
82-3	T. PAULAY	Lapped Splices in Earthquake Resisting Columns	ACI JOURNAL Nov. -Dec. 1982	458
83-1	J. D. A. OCHOA	Earthquake Resistant Tensile Lap Splices	Journal of the Str- uctural Division. Vol. 109, No. 4 April 1983	843
83-2	B. SIVAKUMAR P. GERGELY R. N. WHITE	Suggestions for the Design of R/C Lapped Splices for Seismic Loading	CONCRETE INTERNAT- IONAL February 1983	46
85-1	J. CAIRNS	Strength of Compression Splices A Reevaluation of Test Data	ACI Journal July-August 1985	510
88-1	T. REZANSOFF J. A. ZACARUK R. TOPPING	Tensile Lap Splices in Rein- forced Concrete Beams under Inelastic Cyclic Loading	ACI STRUCTURAL JO- URNAL Jan. -Feb. 1988	46
90-1	R. C. B. Judge R. H. Scott P. A. T. Gill	Strain and bond stress dist- ributions in tension lap jo- ints in reinforced concrete	Magazine of Concr- ete Research, 1990 42, No. 150, Mar. 5-14	
91-1	V. E. Sagan P. Gergely R. N. White	Behavior and Design of Non- contact Lap Splices Subjected to Repeated Inelastic Tensi- le Loading	ACI Structural Jo- urnal July-August 1991	
92-1	N. Panahshahi R. N. White P. Gergely	Reinforced Concrete Compres- sion Lap Splices under Inel- astic Cyclic Loading	ACI Structural Jo- urnal March-April 1992	