

I 兵庫県南部地震被害調査を終えて

- I-1. 地震被害調査結果概要と今後重要となる地震対策技術
- I-2. 地震による建物被害の分類と耐震上の留意点
- I-3. 中高層建物の大地震時挙動を知るためのシミュレーション例
- I-4. 地震関連キーワードの解説

I - 1. 地震災害調査結果概要と今後重要となる地震対策技術

本地震災害調査報告書は地震発生直後から技術本部土木・建築系技術者により実施・作成された調査報告書をもとに、また、その時に撮影した記録写真等に検討を加えまとめたものである。調査地域は淡路島を含む全被災地域を対象とし、災害調査は主として被害建物・地盤の外観の目視により行った。

被害分布は参考資料 1)でも報告されているように、淡路島北端から明石海峡を経て神戸市内の海岸線におおよそ平行に幅 1~2Km, 長さ約 30Km の帯状地域に甚大な被害が集中している。これは当該地域の直下で断層が活動したこと、また、この地域の地形、地層構成が著しく変動した不整形地盤であったため地震動が増幅されたことなどが主な原因と推察される。この不整形地盤の地震動増幅効果については既往の研究²⁾でもその特徴が報告されている。

地震動の特徴は最大水平加速度が 833GAL (自由落下加速度 980GAL) で極めて大きい反面、主要動が 10 数秒と短く、地震動の観測地点によっては六甲アイランドのように上下動加速度が水平動加速度を上回った地点も存在することである。

このような地域、地震動により鉄筋コンクリート構造系建物の被害では中・低層建物の最下層部層崩壊、5~10 数層建物の中・下層部の層崩壊等が目立っていた。鉄骨構造系建物では、柱梁接合部の破壊、柱の脆性破壊等の被害例もあった。また、1 階柱脚部根まきコンクリートの破壊に起因した建物崩壊例も見られた。地盤の被害では六甲アイランドに見られるように埋立地域での液状化現象により土砂の側方流動が広い地域で発生し、主に護岸施設に大きな被害を与えた。

これら甚大な被害例を教訓として、今後速やかに新築建物、既設建物において十二分な地震対策を施すことがなによりも大事であろう。その中で重要となる関連技術は以下の諸技術である。

- ① 軟弱地盤、不整形地盤における確実・安全な地盤改良技術。
- ② 地震動を積極的に吸収して建物入力地震動を軽減する免震技術。
- ③ 既設建物を対象とした正確な耐震診断技術と信頼性高い補強技術。
- ④ 建物の耐震性向上を工期短縮とともに実現する優れた工業化技術。
- ⑤ 建物の品質を向上させ耐震性能を確保する RC 施工技術。
- ⑥ 中・低層~超高層まで各種実験、研究開発に裏付けられた設計・施工技術。
- ⑦ 屋根重量を軽減して地震動に有利となる特殊建築物の設計・施工技術。

なお、日本国土開発の地震対策関連技術は、第 3 編で紹介する。

I-2. 地震による建物被害の分類と耐震上の留意点

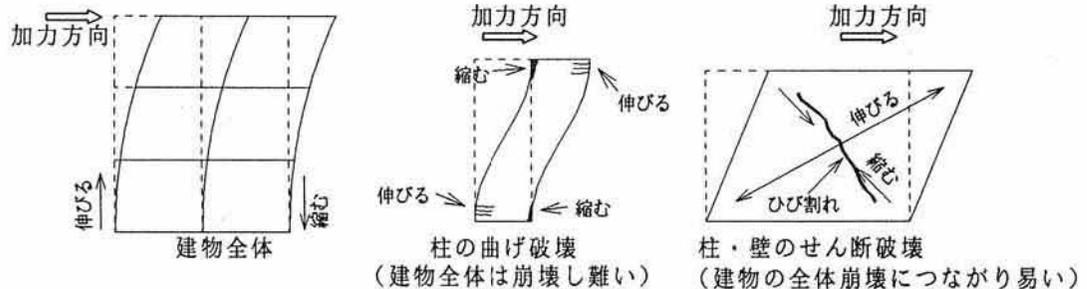
地震による建物の被害例を見ると、部材（柱、梁、壁、ブレースなど）レベルの損傷または破壊に留まり建物全体としては軽微な被害のもの、部材が破壊し建物全体もしくは一部が倒壊して大きな被害を受けたもの等様々な被害レベルがある。

鉄骨鉄筋コンクリート構造（SRC造）を含む鉄筋コンクリート構造系（以下RC造系）と鉄骨構造系（S造系）の部材レベルの損傷あるいは破壊メカニズムは、表I.1のように概略まとめられる。

表 I.1 構造部材の損傷，破壊メカニズム

	RC, SRC造	S造
柱	<p>加力方向 圧縮線圧壊 引張線ひび割れ</p>	<p>座屈 座屈</p>
	<p>曲げによる柱頭柱脚のひび割れ・剥離</p>	<p>曲げ+圧縮による柱頭柱脚の座屈</p>
	<p>せん断によるひび割れ・剥離</p>	<p>破断</p>
壁・ブレース	<p>せん断によるひび割れ・剥離</p>	<p>引張による柱の破断 加力方向 母材座屈 母材破断 フラッシュ破断</p>
		<p>ブレースの座屈・破断</p>

○部材の破壊メカニズム



地震時に建物が倒壊する直接の原因は、表I.1に示した柱、壁がせん断破壊、または大きな圧縮力により圧壊、鉄骨構造系では柱の座屈、または引張破断、ブ

レスの座屈,または引張破断して建物重量を支える鉛直部材が破壊されるからである。今回の兵庫県南部地震での鉄筋コンクリート構造系建物の被害を,この観点に着目して整理・分類すると表I.2のようにまとめられる。表にまとめた兵庫県南部地震の建物被害状況を5,6ページに示した。建物被害例についての詳細な説明は,18ページ以降のII-3.建物構造別ごとの被害の特徴とその原因に記述した。また,既設,新設にかかわらず耐震工学上の観点から地震国日本で建物を地震から守るための留意点を表I.2に即して7ページにまとめた。さらに,地震関連で頻繁に使われるキーワード^{5)~7)}を9,10ページに記述した。

表I.2 兵庫県南部地震での建物被害の分類と考えられる主な原因

鉄筋コンクリート構造系 (RC, SRC)	原因	概念図
(1)中低層建物の1階層崩壊	<ul style="list-style-type: none"> ● 1階が駐車場,店舗等のため上階に比べ耐震壁が少なく1階層変位が大きくなるとともに,柱が過大な水平力を負担しせん断破壊する。 	
(2)中高層建物の中間階層崩壊	<ul style="list-style-type: none"> ● 上階でセットバック,または下部SRC,上部RC造の混合構造などの立面的に不連続な建物は不連続となる層が大きく変形し柱・壁がせん断破壊する。 ● 基礎を介して上階に伝達された地震波は最上階で反射して下階に伝わる。この時下階から新たに伝達されてきた地震波と重なり増幅され中間層で大きな地震力となり過大なせん断力が柱・壁に作用し破壊する。 	
(3)平面的不整形建物の崩壊	<ul style="list-style-type: none"> ● 建物重量中心(重心)と建物剛性の中心(剛心)が平面的に大きくずれる偏心建物は,地震時にねじられながら複雑な揺れ方をするので構造部材は過大な力を担うことになる。 	
(4)1階隅柱の曲げ圧壊	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁が取り付けられない単独の1階隅柱には,2方向からの曲げ・圧縮力が作用し曲げ破壊と圧壊が同時に起こる。 	
(5)腰・たれ壁付き柱のせん断破壊	<ul style="list-style-type: none"> ● 柱に腰・たれ壁が取り付けると構造的に柱高さが小さくなるため,曲げ変形が無くせん断変形が大きくなりせん断破壊し易くなる。 	

兵庫県南部地震の建物被害例

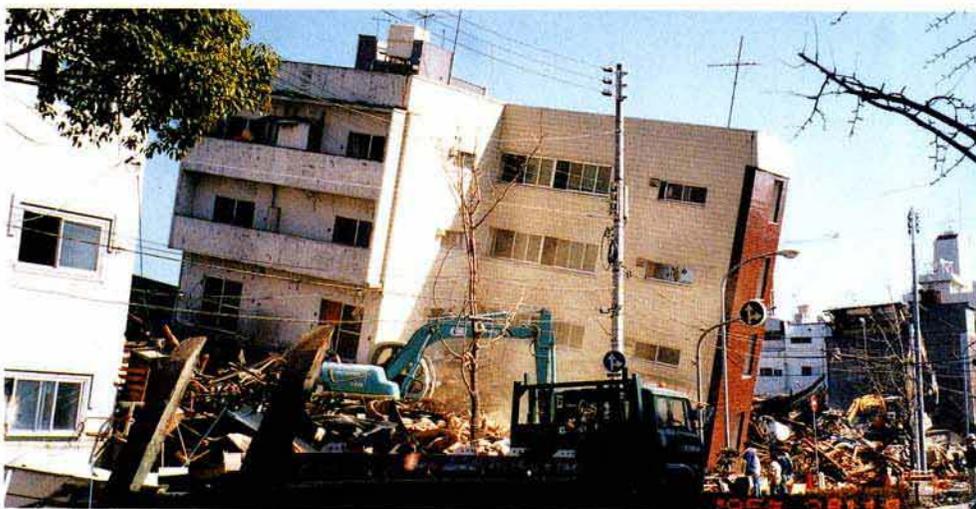
(1) 中低層建物の1階層崩壊例：1階が駐車場の集合住宅，1階層崩壊



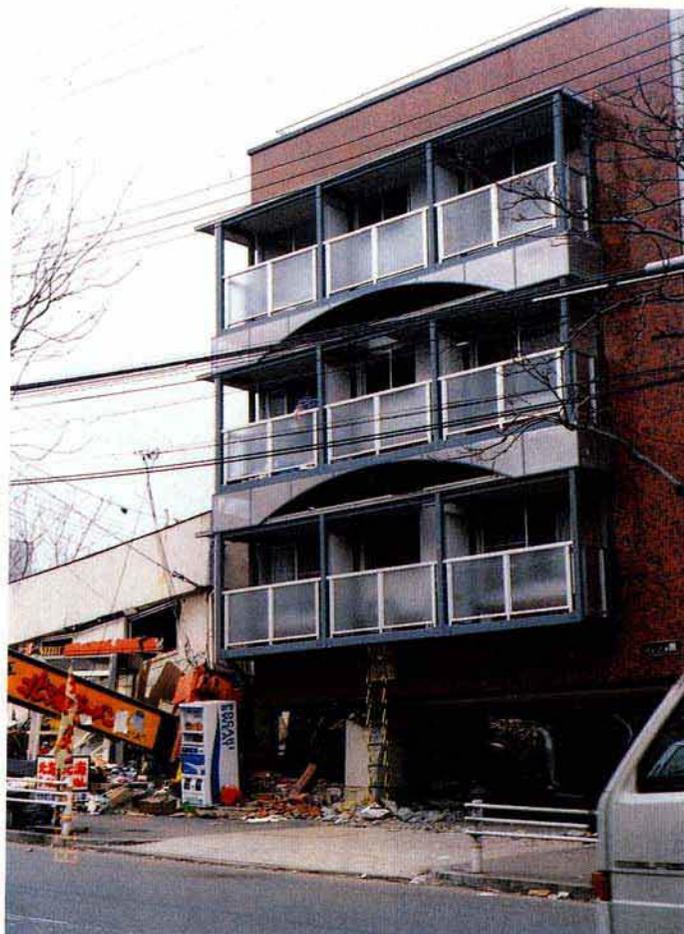
(2) 中高層建物の中間階層崩壊例：SRC+RC造建物，RC造階で層崩壊



(3) 平面的不整形建物の崩壊例：（不整形＋1階店舗）建物，1階崩壊



(4) 1階隅柱の曲げ圧壊例：1階が駐車場の集合住宅，層崩壊しなかった



(5) 腰・たれ壁付き柱のせん断破壊例：事務所ビル，短柱がせん断破壊



表 I.3 地震から建物を守るための構造上の留意点

耐震上避けたい建物の計画パターン：	計画上の留意点
(1) 1階を駐車場や店舗で計画する場合。	<p>1階柱に十分な強度と剛性を与えるとともに、柱が急激に破壊しない（せん断破壊させない）ように靱性を高めることが大切。</p> <p>そこで；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1階柱断面を2階柱に比べ大きくする。 ● 1階柱は鋼管コンクリート構造とする。 ● 1階建物外周部などを利用してなるべく耐震壁をバランス良く設ける。
(2) 立面的にセットバックした建物やSRC+RCの混合構造を計画する場合。	<p>層全体の剛性（剛性が小さいと層全体の変形が大きくなる）を上下階で大きく変化させないことが大切。</p> <p>そこで；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 建物の形状が大きく変化する階や構造形式が変化する階では、耐震壁をバランス良く設けて下階との剛性バランスを調整する。
(3) L字型、コ字型、雁行型などの平面的に不整形な建物を計画する場合。	<p>平面的に不整形な建物は、地震時に建物が一体となって揺れないように幾つかの建物に分割することが大切。</p> <p>そこで；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 建物の方向が変化する箇所に有効なエクステンションジョイントを設ける。 ● 上記エクステンション・ジョイントを設けて建物を分離した場合、変形により建物同士が衝突しないように十分な間隔を設ける。 ● 渡り廊下で建物同士をつなぐ場合、建物の変形に追随できるように渡り廊下の片側は建物に固定しないように計画する。
(4) 1階隅部に壁が取り付けられない柱を計画する場合。	<p>該当する柱の強度を大きくすることが大切。</p> <p>そこで；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 柱断面を大きくする。 ● 袖壁を設けて柱部材の断面積を大きくする。 ● 大きな圧縮力で柱主筋が柱断面外にはらみ出さないように柱帯筋で十分に拘束する。 →→帯筋にスパイラル筋を採用する、 中子筋を増やす等の措置をする。
(5) 腰・たれ壁付き柱を計画する場合。	<p>柱と腰・たれ壁は縁を切ることが大切。</p> <p>そこで；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 柱と腰・たれ壁の間に数cm幅のスリットを設ける。 ● 腰・たれ壁の壁厚は必要最小限の厚さで計画し、なるべく薄くなるようにする。

I-3. 中高層建物の大地震時挙動を知るためのシミュレーション例

兵庫県南部地震での建物被害の特徴で挙げた中高層建物の中間階での層崩壊は、これまでの日本国内の地震被害では報告されていなかった新たな被害例である。

そこで、大地震時に中高層建物がどのように揺れるかを知るために、神戸市三宮に建設された事務所ビルを参考に解析モデルを作成し地震応答解析を実施した。

解析モデルは入手できる建物データが限られているため、実際に設計・施工された建物を忠実にモデル化したものではない。従って、この解析結果は中高層建物の地震時挙動を知るための一例として参考にしたい。

解析条件を以下に列挙する。

- 解析架構モデル； 鉄骨鉄筋コンクリート構造，11階建て事務所ビル
 - ； 1階／柱 900×900，大梁 500×900（2階床梁）
 - ； 11階／柱 750×750，大梁 400×750（R階床梁）
 - ； 8階以上の柱鉄骨を小さくし層剛性を小さくした。
- 使用地震波 ； 神戸 NS（最大加速度 818GAL），神戸 EW（最大加速度 617GAL）

地震応答解析結果から、振動中に発生した最大層間変位（任意階の床とその上階床の相対変位で、最下層階から加算した建物としての変位ではない）を図 I.1 に示す。地震波が異なると下層部の変位応答が明らかに異なるが、いずれも 3～5 層あたりの層間変位は大きくなっている。また、層剛性を大きく変化させた 8 階で層間変位が大きくなることを確認できる。

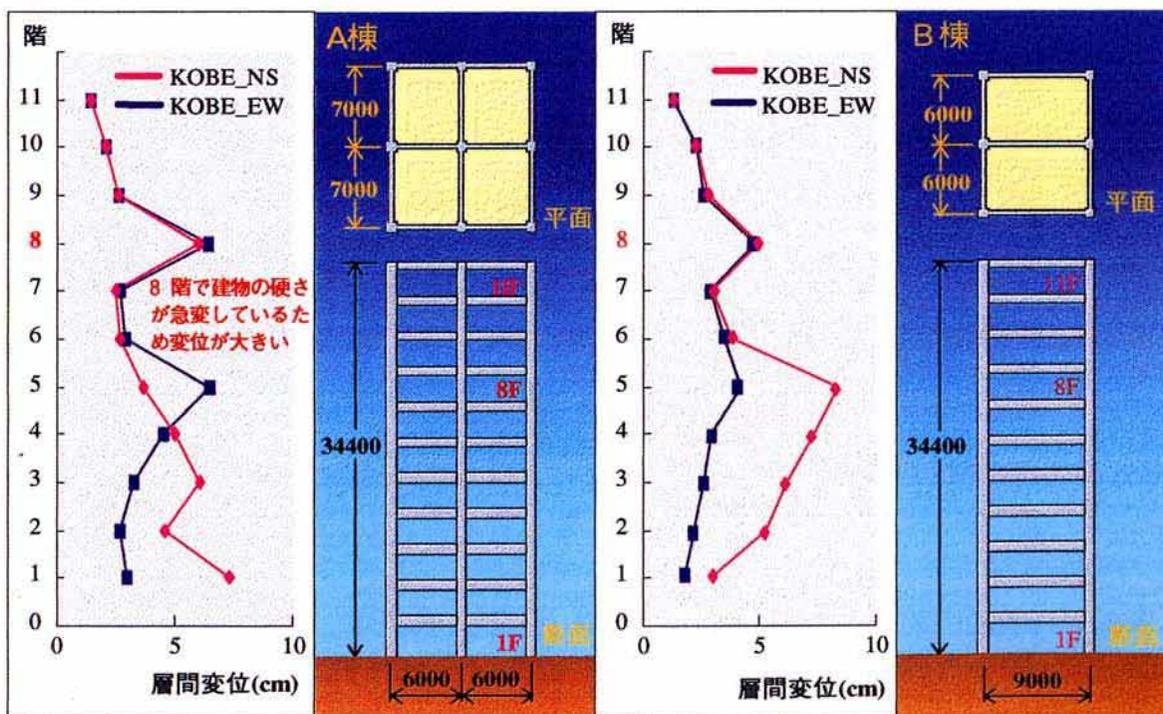


図 I.1 中高層建物の地震応答シミュレーション

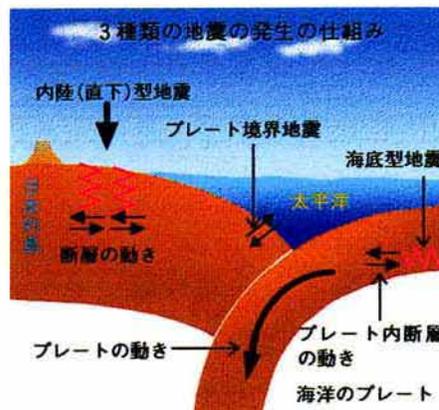
I - 4. 地震関連キーワードの解説

(1) 地震，地震動，震災

地震とは地球内の自然現象が平衡状態の極限を越え，弾性波を送り出す地下の現象で大きさをマグニチュードで測る。地震動とは地震による地表面の振動でその大きさは震度で表す。震災とは人間の社会生活に被害を与える社会現象を指す。

(2) プレートテクトニクス

地殻表面は，共通の方向に運動する一定領域のいくつかの集まりからなると考えられ，これらをプレートと呼んでいる。プレートの生成と移動は地球内部のマンテル対流によるとされ，この運動をプレートテクトニクスと言い海溝沿いの大地震の多くがこれで説明できる。(下図参照)

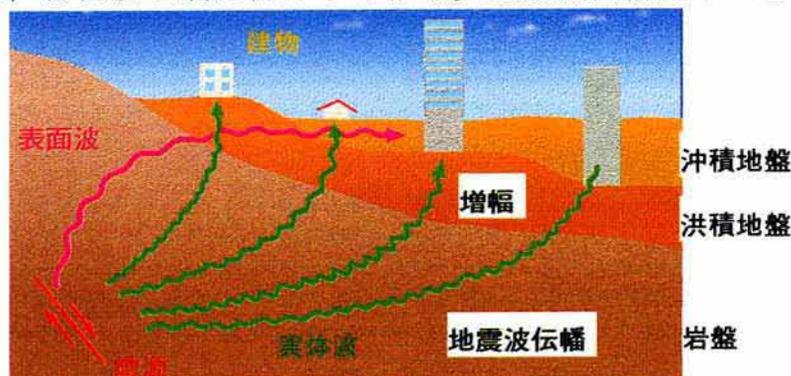


(3) 活断層

陸上や海底に存在する断層のうち，第四紀（約170万年前～現在），またはその後期に何度かずれ動いた証拠がある断層を活断層と言う。過去に震源断層運動を繰り返した地下の弱面の表れだから，将来もそこで地震が起こると考えられ，地震発生予測のために重要である。

(4) 地震波とその伝播メカニズム

地震波には地球内部を伝わる縦波またはP波と呼ばれる岩石の伸縮変化が伝わる波，横波またはS波と呼ばれる岩石のずれ変形が伝わる波，それと地球表層だけを伝わる表面波の三種類がある。震源域を同時に出た地震は，P波が一番早く進み，S波，表面波の順に伝わって行く。地震波伝播メカニズムを下図に示す。



(5) マグニチュードと震度

マグニチュードは震源断層運動の規模を表すもので、大まかな目安としてマグニチュード8の地震では、地表のすぐ下から深さ数10Kmくらいまでの地底で突然生じた岩盤の激しいズレが、時速1万Kmほどのスピードで100Km以上伝わり、東京、神奈川、千葉、埼玉の1都3県全体に匹敵する面を境にして、両側の巨大な岩盤が2,3分で数m以上ズレ動く。その間中、強烈な地震波が放出され続け、地震後もP波、S波は無数の経路で地球内を何重にも駆けめぐり、表面波は地球を何周もする。マグニチュード7では、震源断層面は長さ30Km、幅10Km程度、震源時間は約10秒程度である。なお、マグニチュードが1小さくなると地震波エネルギーは約1/30になる。

震度は地震動の強さを表すもので、日本の気象庁では7震度階、外国では12震度階を使用している。震度は地面の動きの加速度と密接な関係があるため、その値と対応づけられるが瞬間的な最大加速度が単純に震度に結びつくわけではなく、むしろ、周期、揺れ幅、揺れ速度、加速度、振動継続時間などが複雑に絡み合っており、同じ震度でも揺れ方はさまざまで、破壊力にも大きな幅がある。

(6) 周期

周期とは波がひと揺れする時間で、周期が短いとせかせか揺れ、長いとゆったり揺れる。ひとつの地震から出る波はさまざまな周期成分が混じりあったもので、地震が大きいほど長周期の波まで含む。人間が敏感なのは0.1~2,3秒の短周期で、被害もこの範囲の地震動によることが多い。

建物が揺れる周期は、おおよそ木造2階建てで0.3秒、鉄筋コンクリート造5階建てで0.4秒、鉄骨造30階建てで3秒、長大な吊り橋で10数秒である。地震動の周期と建物の周期が一致すると共振現象を起こし構造物の揺れが著しく増大する。

(7) 液状化

地下水を多く含んだ緩い砂地盤が、強い地震動によって砂粒どうしの噛み合わせがはずれて泥水のようになり、地盤としての強さを失ってしまう現象。その結果、砂と水を噴き出すとともに、建物が傾斜・転倒したり、マンホールや埋設物が浮き上がる被害が発生する。

II 兵庫県南部地震被害調査報告

II-1. 地盤および地震動の特徴

II-1. 1 地盤の特徴

II-1. 2 地震動の特徴

II-2. 被害の概要

II-2. 1 地震被害数

II-2. 2 地盤に関する被害の特徴

II-2. 3 建物に関する被害の特徴

II-2. 4 その他の被害

II-3. 建物構造種別ごとの被害の特徴とその原因

II-3. 1 鉄筋コンクリート構造系（鉄骨鉄筋コンクリート造含む）

II-3. 2 鉄骨構造系

Ⅱ－１．地盤および地震動の特徴

Ⅱ－１．１ 地盤の特徴

文献 3) をもとに神戸地域の地形、地質状況を概略的にまとめる。

(1) 地形

当地域の中央には東西に延びる六甲山地帯、南北両側には丘陵・台地帯があり、この南北両側ではかなりの高低差が見られる。山地帯の南側は階段状の急斜面で山地帯と丘陵・台地帯とが明確に分離されている。さらに、南側の海岸近くは最も平坦な海岸低地帯が帯状に分布している。また、海岸線に沿って人口的に埋め立てられた東部埋立て地、西部埋立て地、ホートアイランド、六甲アイランドなどがある。

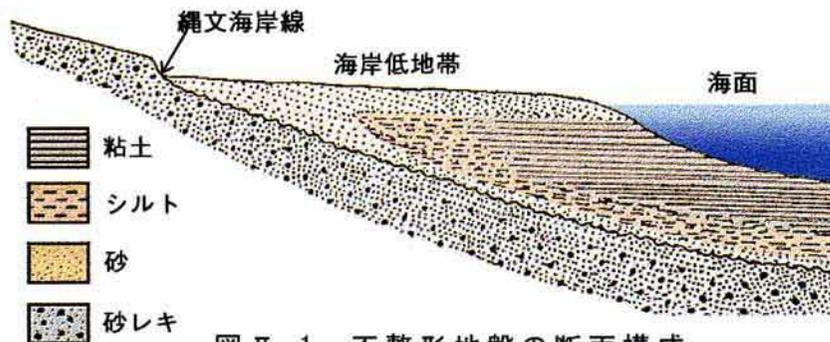
(2) 地質

当地域の南北方向を対象とした各地帯の地質とその特徴を表Ⅱ．１にまとめる。

表Ⅱ．１ 各地帯の地質とその特徴

地帯名称	地質	特徴
山地帯	花崗岩 神戸層群 古生層	多くの断層が存在し、これら断層を境界として南側が急斜面の階段状地形となっている。表層部は花崗岩が風化してマサ土化している。
丘陵・台地帯 (山麓扇状地)	大阪層群 段丘層	六甲山地の風化崩壊土が堆積した扇状地である。河川の旧流域は玉石、礫質土が多く、流域から離れた地域ではマサ土が堆積した砂層である。
海岸低地帯	沖積層	縄文海岸線から現海岸線までの平坦な地形で、沖積低地帯である。砂州部と粘土層の堆積がみられる後背低地帯がある。
埋立地帯	埋立土 沖積層	埋立地の多くは六甲山地のマサ土で埋め立てられた。

このような地形、地質から判断して当地域の地盤は不整形地盤と考えられ、建物被害の集中はこの不整形地盤の地震動増幅効果による可能性が大きいとした報告¹⁾もある。この不整形地盤の断面構成を図Ⅱ．１に示す。



図Ⅱ．１ 不整形地盤の断面構成

Ⅱ-1.2 地震動の特徴

図Ⅱ.2に本地震動の発生時間、震央、震度分布を示す。

今回の地震動は、地震の揺れの勢いを示す目安となる加速度がきわめて大きい上に、地表面を含む地盤の動く速度が大きかったことが挙げられる。また、地震動の主な揺れである主要動が10数秒と短く、水平動と上下動がほぼ同時に作用して建物が瞬間的に壊れたと推測される。またこれまでの地震では、上下動の大きさは水平動のほぼ半分と考えられていた。しかし、当地震における各地の観測値を調査すると図Ⅱ.3に示されたように上下動は水平動に匹敵する大きさ、もしくは上回った観測地点も見受けられた。

神戸海洋気象台の観測結果の中で、最も加速度が大きかった観測地点の地震動データを図Ⅱ.4に示す。最大加速度は818GALに達し、重力加速度980GALに近い観測結果であった。図Ⅱ.3では最大加速度が833GALに達した観測地点も存在する。建物の揺れは共振現象、不整形地盤の増幅現象などにより地震動の数倍に増幅されることがあるため、建物によっては自重以上の水平力が作用したと考えられる。

最大速度では岩盤に地震計を設置した神戸大学で55cm/秒が観測された。比較的軟らかい地盤上では、JR鷹取駅で138cm/秒、神戸港では122cm/秒と大人が歩くほどの速さで地盤面が動いたことになる。

地震動の卓越周期は、図Ⅱ.4に示した神戸海洋気象台の観測記録によれば、水平地震動が0.8~1.0秒、上下地震動が1.0~1.5秒に認められる。



図Ⅱ.2 本震の震度分布図
(気象庁・災害時地震津波速報)

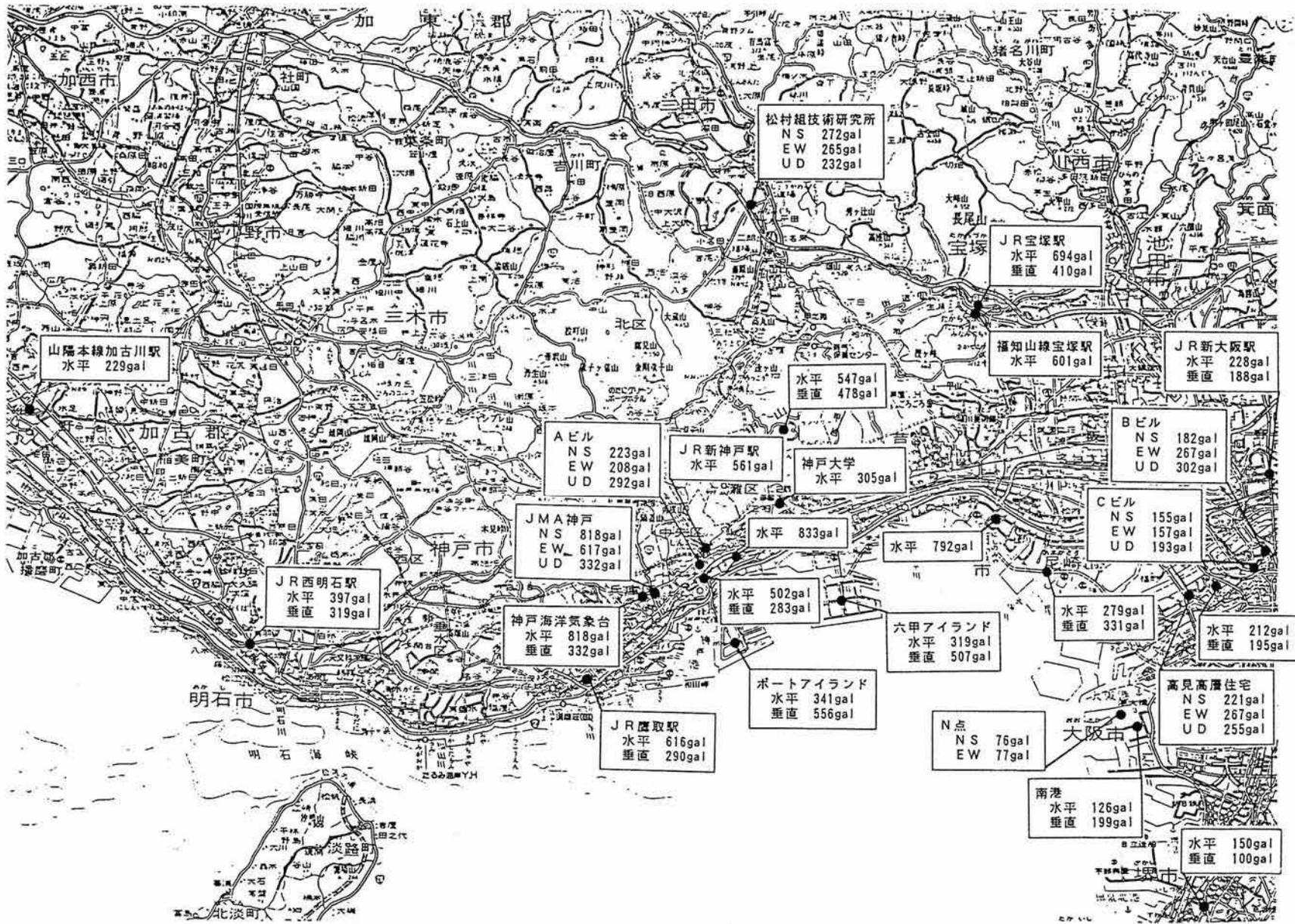
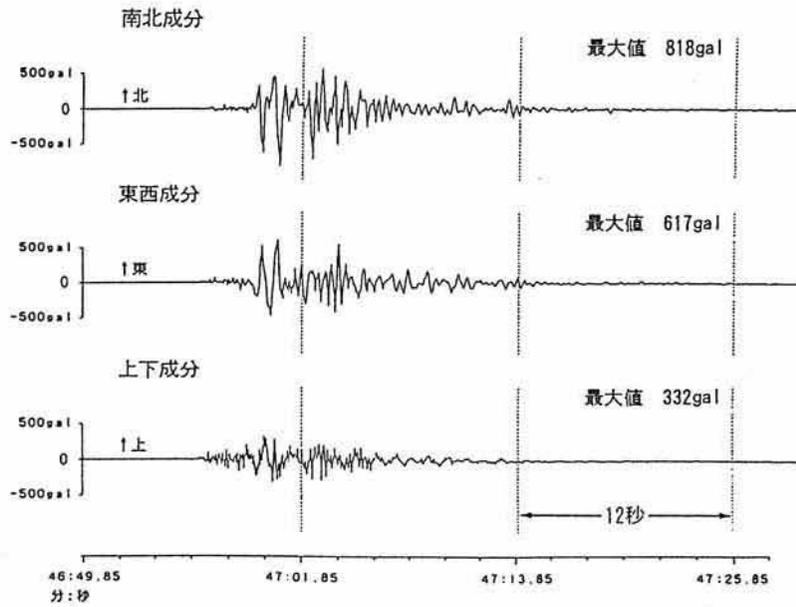
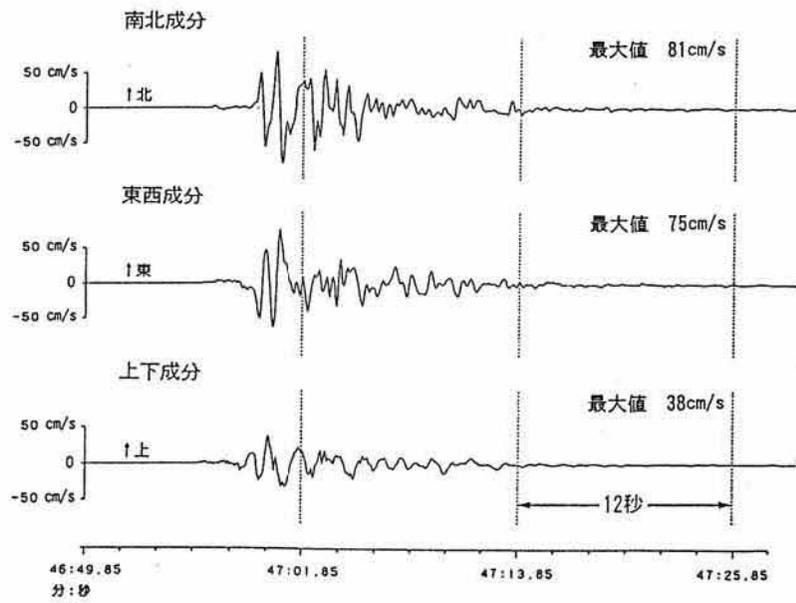


図 II. 3 地震加速度分布
(神戸海洋気象台)

加速度



速度



変位

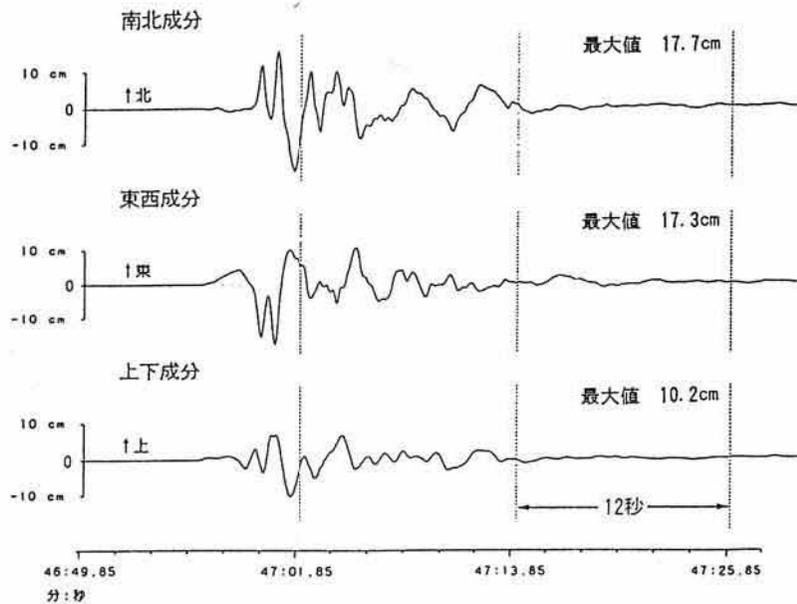


図 II . 4 神戸海洋気象台の地震記録
(気象庁・災害時地震津波速報)

Ⅱ－２．２ 地盤に関する被害の特徴

斜面崩壊により民家が倒壊，埋没した報告もあるが，沿岸地域とりわけ六甲アイランドに象徴される埋立地帯における地盤の液状化が護岸，港湾施設に膨大な被害を与えた。また，震源と考えられている淡路島野島断層周辺の北淡町などでは，断層上の舗装道路が大破したり，断層亀裂が地表面に現れたりしてブロック塀，土間コンクリートなど外構施設に被害をもたらした。しかし，淡路島は全島にわたって花崗岩質の極めて堅い地盤であったため，震源近くでありながら神戸地区に比べて被害が少なかったと考えられる。

Ⅱ－２．３ 建物に関する被害の概要

現建築基準法・同施行令（以下，新耐震基準）は1981年に耐震設計の大幅な改定がなされ今日に至っている。新耐震基準においては，建物の強度で地震に抵抗するいわゆる強度抵抗型の耐震設計になっているが，地震に対して急激な破壊をするせん断破壊を防止し，柱，梁などの構造体が損傷しても建物自体が倒壊しないように構造体に粘り強さを与える耐震設計を義務付けている。

この視点から，兵庫県南部地震による建物被害を観察すると，1981年以降の設計によると思われる建物では外壁では開口部が大きい壁や，小さいけれども連続して複数開口部があるいわゆる雑壁に大きな亀裂が生じたり，柱，梁に亀裂が発生しても補修程度で以後の建物使用に支障をきたさないと思われる程度の被害が大半のようである。

しかし，比較的古い建物では柱のせん断破壊から層崩壊に発展した被害例が極めて多い。特に，中・低層RC建物の最下層の層崩壊，中・高層RC建物の中間層の層崩壊，1階部分が店舗や駐車場で計画され耐震壁が極端に少なく，柱だけのピロティ形式建物の1階層崩壊などの報告が自社調査だけでなく，日本建築学会等でも数多くの被害が報告されている。

Ⅱ－２．４ その他の被害

今回の地震では，建物以外の道路，鉄道といった交通機関の被害が大きかった。特に，諸外国のマスコミでも大きく報道されたRC橋脚，柱のせん断あるいは圧縮力による脆性的破壊が目立った。また，橋桁のジョイント部や支承部の破壊等も多く報告されている。

Ⅱ－３．建物構造種別ごとの被害の特徴とその原因

兵庫県南部地震による建物被害は先に報告したように甚大であった。1981年の建築基準法改定以前（旧耐震基準）、以後（新耐震基準）の構造設計による建物かは別問題として、構造種別ごとに被害を分類して表Ⅱ.3に示す。

建物が被害を受けた原因は地盤状況、建物方位、規模、築年数、積載荷重の大小・偏載、設計方針、施工状況など多くの要因が複雑に絡み合っているので一概には断定できないが、現調査段階で想定される被害の特徴とその原因について以下に報告する。その中で、新・旧耐震基準による建物被害の軽重についても可能な限り述べる事とした。

表Ⅱ.3 構造種別ごとの被害分類

鉄筋コンクリート構造系（RC, SRC）	鉄骨構造系
(1) 中低層建物の1階層崩壊	(1) 中低層建物の1階層崩壊
(2) 中高層建物の中間階層崩壊	(2) フレースの座屈，破断
(3) 平面的不整形建物の崩壊	(3) ALC板外壁の脱落
(4) 施工不良	(4) 溶接不良による接合部破断

注) 以下に記述した寸法等は、現調時に建物に近づけなかったため目視によるおおよその数値である。

Ⅱ－3．1 鉄筋コンクリート構造系（鉄骨鉄筋コンクリート造含む）

(1) 中低層建物の1階層崩壊被害例

(a) RC造／5階建て：1階店舗：旧耐震基準（層崩壊）



原因／柱帯筋間隔が20cm^t程度と観察され、柱のせん断耐力が不足しているように思われる。そして、1階柱中間部でせん断破壊をおこし層崩壊に至ったと考えられる。被害報告の中では、この種のせん断破壊例が極めて多い。

(b) RC造／7階建て：1階駐車場：旧耐震基準（層崩壊）



原因／柱帯筋間隔が10cm^t程度、柱断面90cm角程度と観察された。帯筋は新耐震基準に準ずる程度に密であるが、中子筋が無く鉄筋コンクリート断面への拘束効果が乏しかったようである。柱主筋径、本数から判断して新耐震基準によれば中子筋は2本程度必要であろう。1階柱中間部でせん断破壊し層崩壊に至ったと考えられる。

(c) RC造 / 5階建て：1階駐車場：新耐震基準（1階柱頭曲げ破壊）



原因 / 柱帯筋間隔が10cmほど程度、柱断面70cm角程度と観察された。1階柱頭部が曲げ破壊したが、コンクリートが鉄筋の枠組み内にほぼ留まり層崩壊には至らなかった。新耐震基準による建物では、この程度の被害が多かった。

(2) 中高層建物の中間階層崩壊

(a) RC, SRC 混合構造 / 9 階建て : 低層, 中層部で平面形状異なるセツバックした階で層崩壊した : 旧耐震基準



原因 / 立面的に不整形な建物の被害例である。セツバックした階ではその下階に比べ剛性が大きく減少するため剛性率分布が急変する。このような階では、地震時に変形が大きくなる。しかし、旧耐震基準ではこの考え方は考慮されていなかった。

(b) RC, SRC 混合構造 / 8 階建て : 構造形式が RC 造に変化した階で層崩壊した : 旧耐震基準



原因 / 地震波は建物の基礎を通じて上階に伝達され、最上階で反射して下階に伝わる。この時下階から新たに伝達されてきた波と重なり増幅されるので、設計時に想定した設計用地震力を上回ったと考えられる。さらに、上下地震動が同時に作用して層崩壊に至ったとする資料⁴⁾もある。また、同資料では旧耐震基準による設計用地震力では、中間層あたりで実際の地震力とは大きな開きがあり中間層で崩壊したとする考え方を紹介している。いずれにしても現段階では明らかな原因は断定できないとしているが、今後の詳細な調査と実験、解析にもとずき明らかな原因を解明していきたい。

(3) 平面的不整形（偏心）建物の崩壊

(a) RC, SRC 混合構造 / 10 階建：複合的な崩壊をしたコ字型建物：旧耐震基準



東側崩壊状況



前面道路側層崩壊状況

原因 / この建物の平面は、コの字型となっている。前面道路から観察されるとおり、3層目が層崩壊を起こす被害を受けた建物である。しかし、コの字型建物の3層全体が崩壊したわけではなく、北側の一部には層崩壊はみられない。崩壊した部分と起こしていない部分を観察すると、低層部の階高が異なることが分かる。また、前面道路側の建物に引きずられるように全面道路と直交する建物も層崩壊を起こしている。このような原因により、この建物は複合的な層崩壊を起こしたものと考えられる。

(b) SRC 構造 / 10 階建 : ペントハウス以外無被害と思われるコ字型建物
: 現耐震設計法



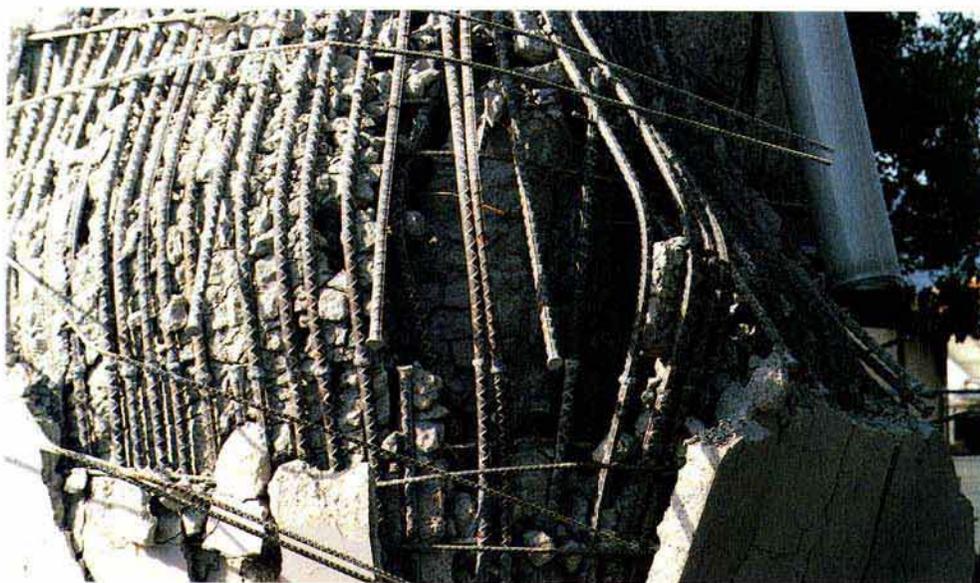
原因 / この建物は、前ページ(a)と同じコ字型であるが平面的にセツバックさせた不整形建物である。建物重量の中心(重心)と建物剛性の中心(剛心)が平面的に大きくずれる偏心建物では、地震時に複雑な揺れ方をするので、それにみあう耐力を建物に与えるよう設計される。建物本体は、この設計主旨どおりに設計されたようであるが、特に複雑な揺れ方をするであろう右屋上のスレンダーなペントハウスは、その揺れに耐えられず倒壊までにはいたらなかったが、かなりの損傷を受けている。

(4) 施工不良

(a) 柱主筋が柱頭部で止められているため鉄筋不足で曲げ破壊した。



(b) 柱主筋の圧接箇所が同一レベル位置圧接部分が破断している。



Ⅱ－３．２ 鉄骨構造系

(1) 中低層建物の1階層崩壊

(a) S造／3階建て：1階柱脚根巻きコンクリート無し，柱脚移動：旧耐震基準



原因／ 軽量鉄骨造で柱、梁の塑性変形が大きく倒壊に至った建物が多い。この被害例は、1階柱脚が根巻きコンクリートで固定されておらず、柱脚部アンカーが破断し柱が移動して層崩壊に至ったようである。

(b) S造／5階建て：1階柱頭溶接部破断：新耐震基準



原因／ 現耐震設計法で設計された建物である。1階柱頭溶接部が破断して層崩壊に至ったようである。2階以上は目立った被害は認められない。

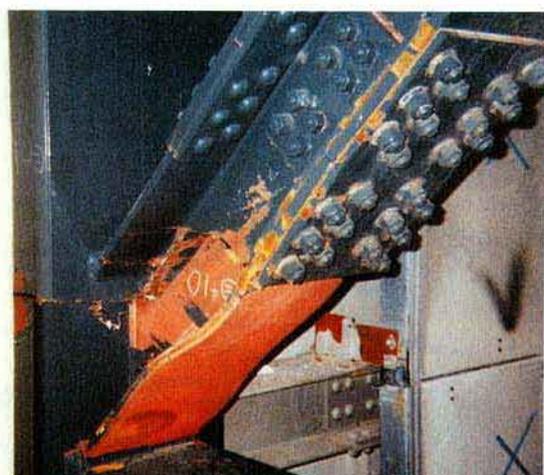
(2) 柱・ブレースの座屈，破断

(a) RC, S 混合構造 / 5 階建て：柱・ブレース座屈，破断：旧耐震基準



原因 / この建物は，1 階 RC 造で 2 階以上が S 造の混合構造である。建物規模から判断してブレースの数が少なく，その断面も小さかったようである。ブレース構面が大きな水平力を受け 1 階柱脚部のブレースファスター部で引張破断，反対方向のブレースが圧縮力により座屈，その後，構面の変形が増大して柱脚のアンカボルトが引き抜き，破断したようである。また，RC 造の梁肋筋が無く，コンクリートの被り厚も不足している。ALC 板外壁は架構の変形に追随できず，すべて脱落している。

(b) S 造 / 24 階建て：中間層以下で柱，ブレースとも複数箇所母材，溶接部破断（日本建築センター評価・大臣認定建物）



原因 / 芦屋浜高層住宅の純鉄骨造，剛接トラス構造の被害例である。一般的に剛接トラス構造では軸力（圧縮，引張共）が卓越する。さらに，柱・ブレース接合部には曲げ応力も発生するため上下地震動の影響を受け易くなる。

(3) ALC 板外壁の脱落

(a) S 造 / 2 階建て : 1 階柱脚根巻き
コンクリート無し, 1 階階高大, フレース無し
ラーメン構造 : 旧耐震基準



(b) S 造 / 4 階建て : フレース無し
ラーメン構造 : 旧耐震基準



(c) S 造 / 4 階建て : フレース無し
ラーメン構造 : 旧耐震基準



原因 / 低層建物の被害が多い。構造形式は柱が角鋼管, 大梁は細幅 H 鋼によるラーメン構造が大半である。旧耐震基準により設計された建物では 1 階柱脚を根巻きコンクリートで固定していないものが多く, その結果 1 階の水平変位が大きくなり ALC 板外壁が変形に追随できず, 下層部のみ脱落したと思われる。

(4) 溶接不良による接合部破断

- (a) S造 / 24階建て：中間層以下で柱母材が複数箇所で溶接部破断
(日本建築センター-評価・大臣認定建物，前出)



原因 / 前出

- (b) S造 / 5階建て：2階柱脚溶接部破断：新耐震基準



原因 / 新耐震基準で設計された建物である。2階柱脚溶接部が破断して柱が転倒した。

参考文献・資料リスト

- 1) 日本建築学会兵庫県南部地震災害調査緊急報告会資料（日本建築学会，1995.2）
- 2) 篠崎祐三・他：不整系地盤の振動特性－油圧制御起振機による強制振動試験に関する研究(2)，日本建築学会構造系論文報告集，No.426，pp.37～45
- 3) 神戸市(1980)：神戸の地盤
- 4) 日経アーキテクチャ，1995.2-27，pp77～89
- 5) 建築大辞典，彰国社
- 6) 耐震設計の基礎，オーム社
- 7) 石橋克彦，大地動乱の時代，岩波新書

Ⅲ 日本国土開発の地震対策関連技術

1. 地盤改良技術 ; 動圧密工法, BSP 動圧密工法,
事前混合処理工法
2. 免震技術 ; コト[®]免震構法
3. 耐震診断・補強技術 ; 総合耐震診断システム,
ADOX 工法, RECPAC 工法
4. 工業化技術 ; Hi-W, PARC, WR-PC
; リフ[®]フォーム構法, ステイシエルシステム
5. RC 施工技術 ; SFコンクリート, CB 工法
6. 超高層建物設計施工技術 ; 超高層 RC 構法
7. 大スパン建物設計施工技術 ; コト[®]・ゆとりど〜む / 膜構造, 木構造
8. 耐震性を考えた建築計画

地盤改良技術： 動圧密工法～兵庫県南部地震で大震災に対する有効性を実証し，脚光を浴びる

本技術により改善される項目：◎地盤強度増加 ◎液状化防止 ◎地盤強制圧縮
◎不等沈下防止 ◎地盤均一化 ◎経済性

1. 概要

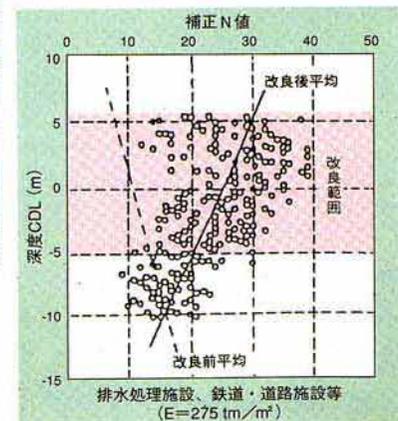
兵庫県南部地震は直下型の地震で，神戸を中心に甚大な被害をもたらしました。その被害の原因の一つとして，地盤の液状化現象や、揺り込み沈下等が挙げられます。「動圧密工法」は，他に類を見ない強力な衝撃エネルギーを人工的に地盤に与えることによって地盤改良を行う工法で，淡路島の津名町や関西国際空港の地盤改良でもその優れた効果が実証されており，地震対策工法として，経済的にも特に優れた工法です。



写真-1 関西国際空港
(滑走路を含む約 61 万 m² の岩砕埋立地盤を動圧密工法で地盤改良)



関西国際空港の地盤改良風景



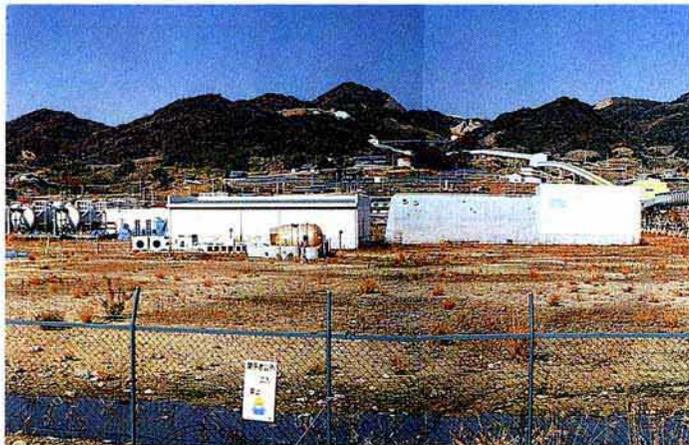
動圧密工法による地盤改良結果

2. 地震の被害とマサ土の液状化

今回の地震では、ポートアイランド、六甲アイランドを含む臨海の埋め立て地で、広範囲に液状化が発生しました。その被害は、平坦地では地盤沈下、沿岸部では地盤の水平移動にともなう港湾構造物の被害、ライフライン等の埋設物、橋梁の基礎の損傷という形で現れました。ポートアイランドに用いた土砂は、六甲山系のマサ土（風化した花崗岩）で、粒径分布からは液状化しにくいといわれてきましたが、今回の揺れには耐え切れませんでした。

3. 動圧密工法での改良地盤は健全性を保つ

写真-2は、震源にもっとも近い場所（淡路島津名町、震度7）で動圧密工法によりマサ土の地盤を改良した区域で、未改良区域では液状化が発生したのに対し、この区域の被害は全くありませんでした。



被害の見られなかった大型水槽



地震による液状化の状況

写真-2 淡路島津名町での事例
(海洋棲哺乳動物用の大型水槽の基礎を動圧密工法で改良)

4. 動圧密工法がなぜ強い振動に抵抗できるか

動圧密工法は、非常に大きな衝撃力を地表面に繰り返し加えることにより、地盤を締め固める工法で、図-1に示すように、そのときの地中加速度は地震の加速度をはるかに超えるものです。

一方、液状化対策工法の改良原理は主に、

- ① 密度の増加
- ② 間隙水圧の低下
- ③ 地盤強度の増強

となっていますが、動圧密工法は特に①に対して有効で、相対密度を90%以上に上げることが可能です。(相対密度とは、最も粗の状態を0、最も密の状態を100とした地盤の締めり具合に対する指標)

今回の地震で観測された地表面加速度は400~600ガルです。この地表面加速度に相当する基盤の入力加速度を300ガルと推定し、これを液状化判定解析システムに入力して解析を行うと、深度5m地点では図-2のグラフとなります。このグラフから、基盤入力加速度300ガルでは、非常によく締まった地盤(相対密度80~90%)でないと液状化抵抗率FLが1以下となり、液状化が発生することがわかります。

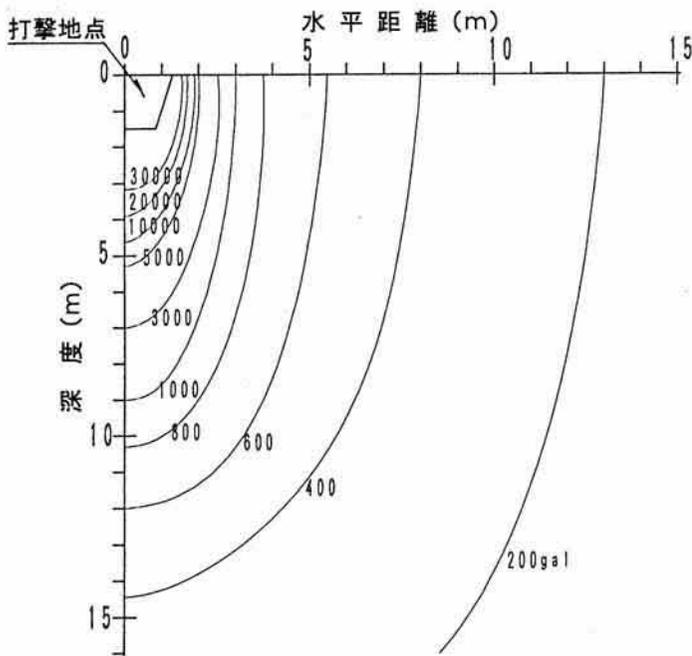


図-1 動圧密打撃時の地中加速度の分布(ガル)

液状化に対する抵抗率FL

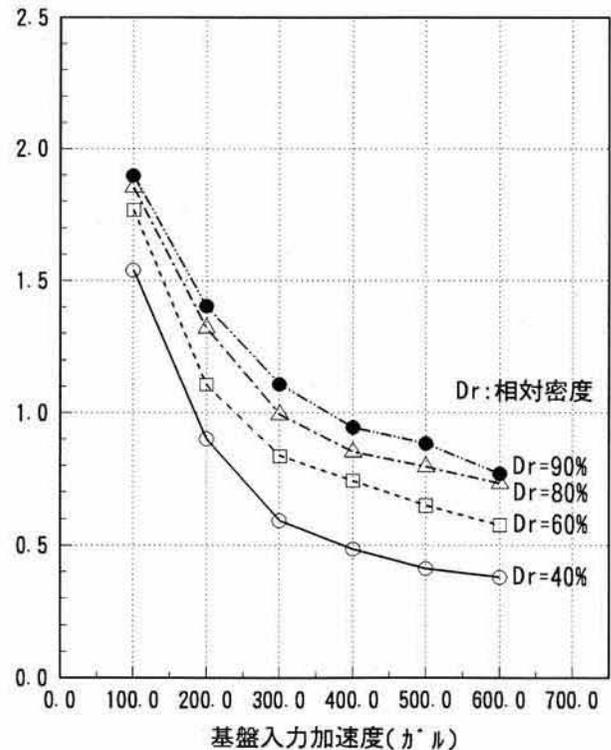


図-2 基礎入力加速度と液状化に対する抵抗率との関係(深度5.0m)

5. 最近の施工事例（三隅火力発電所）

中国電力三隅火力発電所において、上屋部分基礎地盤の液状化防止対策と支持力増強の目的で、動圧密工法による地盤改良を行い、平成7年2月に工事を完了しました。

図-3は動圧密改良地盤の改良前・後で、それぞれ現地でサンプリングした不攪乱試料を用いて、非排水繰り返し三軸試験を行ったものです。これによると、改良後の相対密度が90%以上になっており、動圧密工法が大地震の液状化対策として、著しい改良効果の得られることを証明しています。

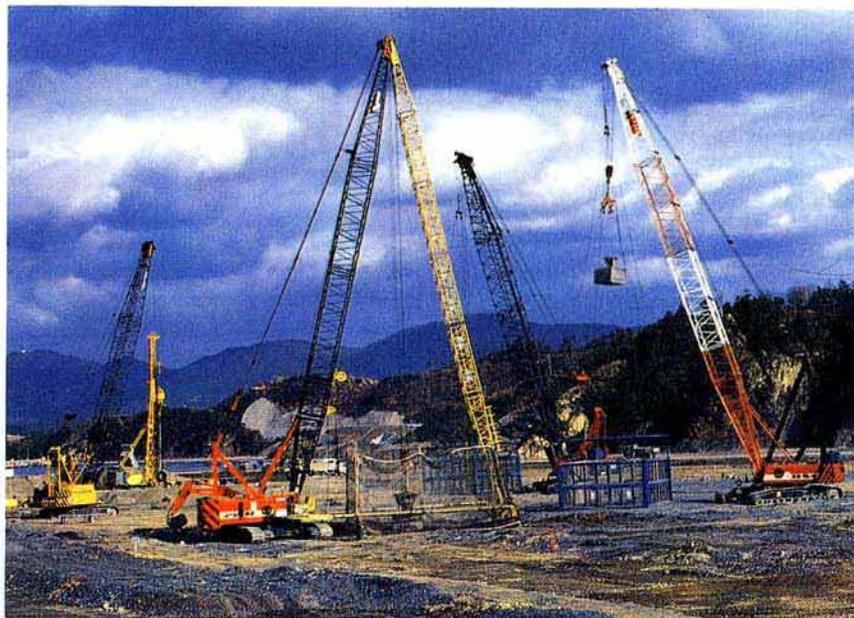


写真-3 三隅火力発電所での動圧密工法施工風景

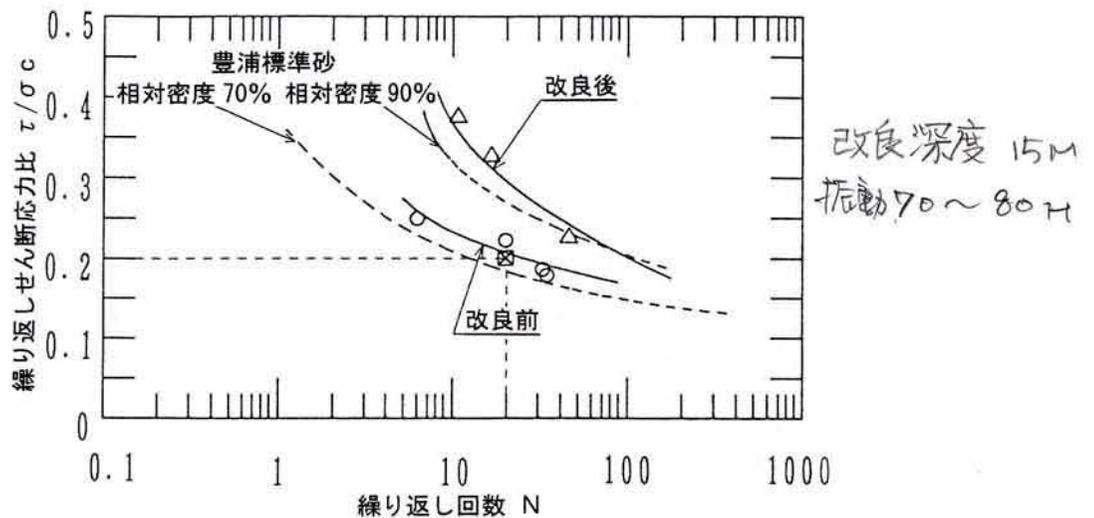
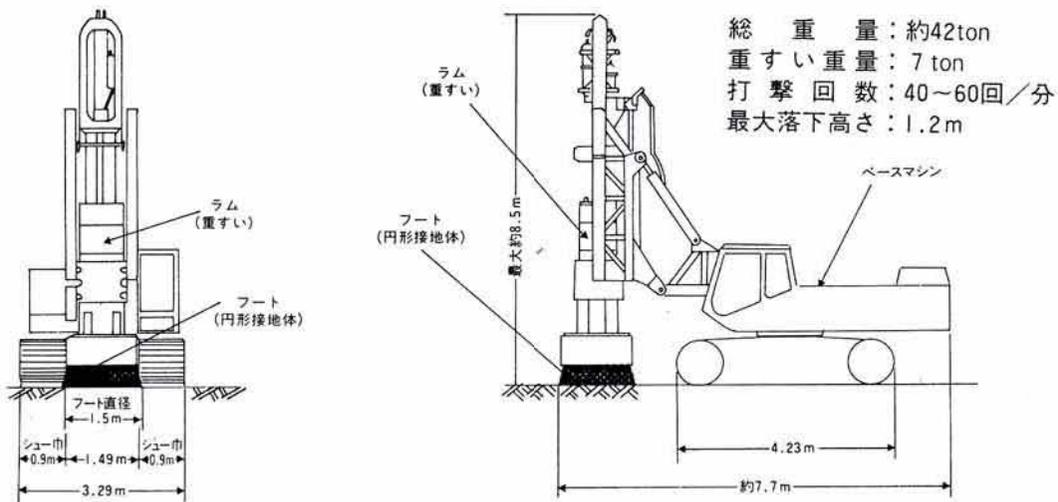


図-3 改良前後の試料の液状化強度曲線（山口大資料より）

《参考》BSP動圧密工法（改良深度の浅い地盤の改良工法）

この工法は、動圧密工法と同様に重すいを自由落下させて地盤を締め固める工法です。従来の動圧密工法との違いは、ハンマー重量が7t、落下高さが1.5mで1回当たりの打撃エネルギーが小さいこと、打撃回数が40～60回/分で極めて多いことです。改良深度の浅い地盤（表層1～3m）の改良や市街地での改良に適しており、また、地盤の造成では2～3mの層厚で締め固めることにより、密実な高盛土を実現できます。

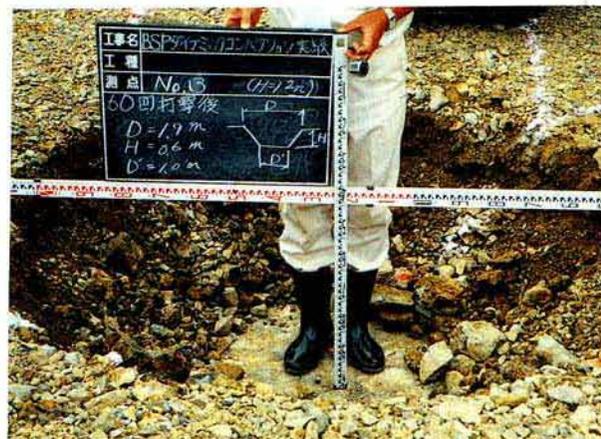


BSPコンパクター概要

□施工事例：栃木ゴルフ場地盤改良（実験工事）



BSPコンパクター工事状況



60回打撃後のホール沈下量

振動 15～20M

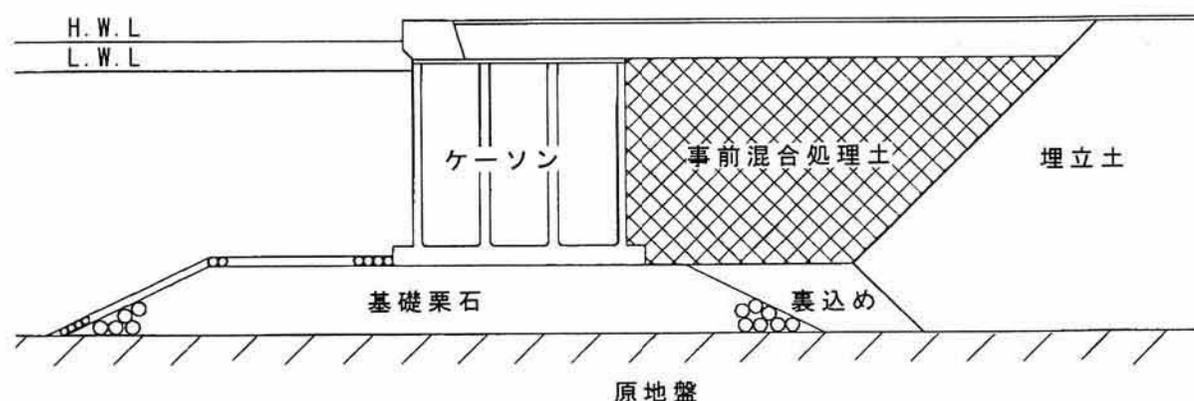
地盤改良技術： 事前混合処理工法 ～六甲アイランド地区岸壁の復旧工事へ

本技術により改善される項目：◎液状化防止 ◎支持力増大
◎土圧低減

1. 概要

兵庫県南部地震では神戸を中心に甚大な被害が発生していますが、港湾構造物のうちとりわけ護岸、岸壁の被害が目立ちました。このため、その早急な復旧が求められ、その一つとして事前混合処理工法が有効な方法として認められました。

今回の地震により、岸壁は沈下及び沖合いへの水平移動を起こし、物揚場は液状化や沈下により壊滅的な被害を受けている状況にあります。復旧工事は、移動したケーソンをそのまま活かし、岸壁を耐震構造に作り替えるものですが、土圧を軽減すること、および液状化を防止する工法として、事前混合処理工法が検討され、下図に示す部分を改良する予定となっています。



護岸標準断面と改良範囲

2. 特徴

地盤を改良する方法は改良目的により種々ありますが、液状化防止を主に考えると次の3通りがあります。

- ① 土粒子間の間隙をできるだけ少なくし、地盤全体が密になるように締固める方法
- ② 土粒子同士を強固に結合させ、地盤全体の粘着力を高める方法
- ③ 地下水位を低下したり、間隙水圧の消散を速める方法

動圧密工法が①の方法に属するのに対し、事前混合処理工法は②の方法に分類されます。

当工法は、砂質土に4～5%のセメントを加えて混合・埋立を行う工法で、セメント量を調整することにより、要求される改良強度を自在に作り出せることが大きな特徴です。その他の特徴としては、

- 1) 埋立時に液状化防止対策ができるので、工事の二度手間が省け工期の短縮が図れる。
- 2) 比較的簡単な混合システムで、大量の土を効率よく混合できる。

などが挙げられますが、液状化防止のほか、土圧の軽減、支持力増大、すべり抵抗増大なども図れます。

3. 地震と液状化対策

当工法は、埋立地の地震による液状化を防止する工法として開発されたものでず。石狩新港は、施工実績のうち唯一地震の洗礼を受けた例ですが、北海道西南沖地震において、液状化することなく良好な結果を得ています。

4. 施工方法



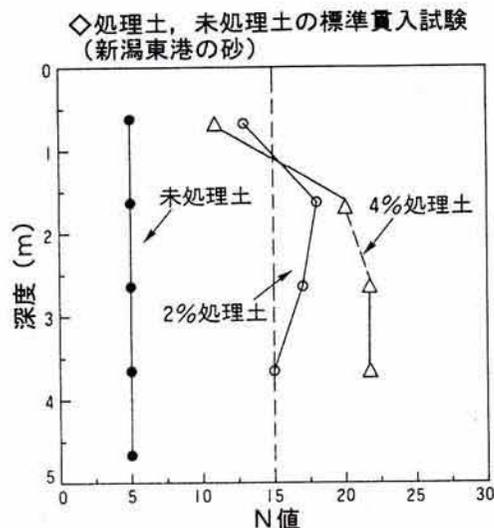
混合プラント



埋立状況

5. 応用例

当工法は、護岸ばかりでなく滑走路や道路の埋立・盛土、構造物の基礎地盤など多方面に応用できます。ちなみに東京湾横断道路ではトンネル構造物の基礎地盤に採用されました。



処理土、未処理土を水中埋立した結果の比較 (実測値)

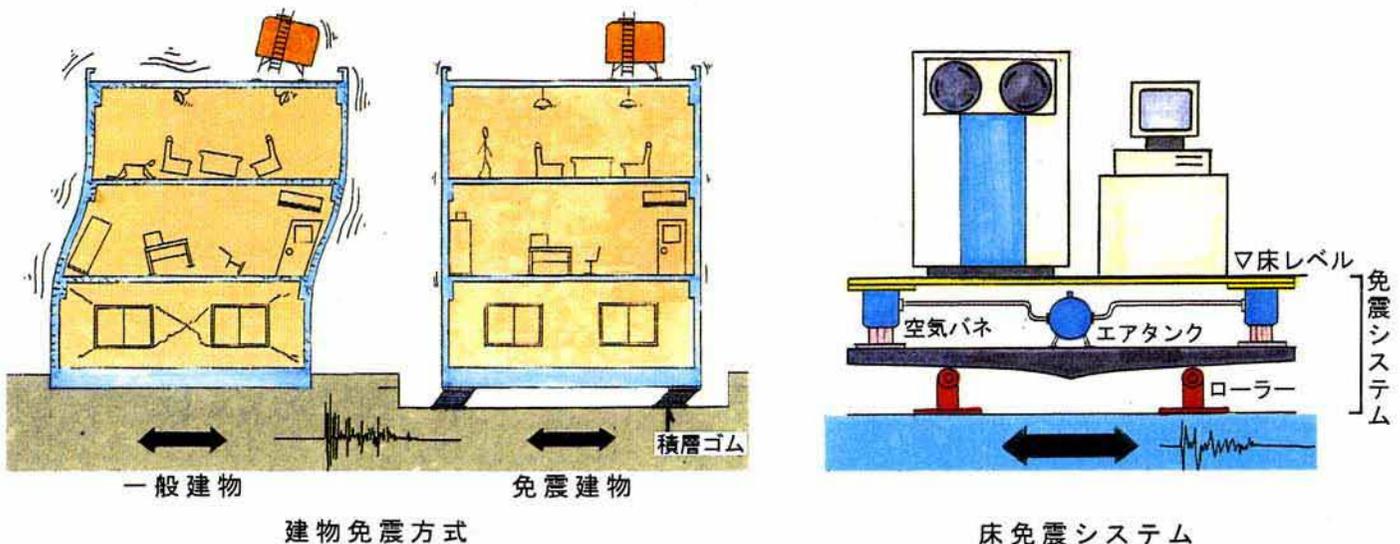
免震技術： コクド免震構法

本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ◎居住性
○施工の合理化 ○経済性

1. 概要

日本国土開発は、世界でも有数な地震国—日本にふさわしい免震構法を確立しました。地震という自然の脅威から逃れることは不可能としても、それらの影響を弱めることはできる、という観点から研究開発された「コクド免震構法」は、建物本体やその内容物を地震災害から保護し、人びとの暮らしと貴重な財産を守ります。

同構法は、建物全体を対象とした建物免震方式と、フリーアクセスフロア等を対象とした床免震システムとがあります。独自の設計手法と免震装置を組合わせた建物免震方式には〈積層ゴムと自社開発の粘性ダンパーを組み合わせた方式〉、〈高減衰積層ゴム方式〉、〈鉛入り積層ゴム方式〉の3種類があります。建物免震方式は、日本建築センター免震構造研究委員会による審査をクリアし、耐久年数60年以上で維持管理も容易な構造として、建物の用途や経済性にも多様に対応することができます。



2. 特徴

免震工法は、地震時に建物の振動を水平方向のゆっくりとした運動に和らげるバネ機能を持つ支承部分と、揺れをできるだけ早く減衰させるダンピング機能を持つ部分（ダンパー）からなっており、建物の安全性はもちろんのこと、内部の機器類、家具などの転倒、踊りだし、落下、損傷などを防ぎます。

〔建物免震〕

● 標準積層ゴムと粘性ダンパーの組合せ方式

粘性ダンパーを用いることで、強風時や中小地震あるいは交通振動など日常的な振動に対しても、高い居住性能を提供しますが、ややコストが高くなります。

● 高減衰積層ゴム方式

積層ゴム自体でエネルギーを吸収する減衰効果があるので、ダンパーを必要とせず、コスト面でやや有利です。

● 鉛入り積層ゴム方式

積層ゴムの中心部分にダンパーの働きをする鉛の柱が組み込まれており、機能及びコストとも高減衰積層ゴム方式とほぼ同様です。

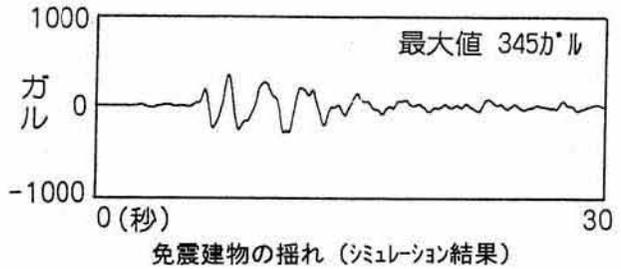
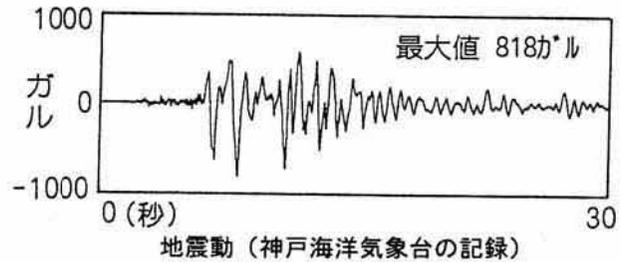


〔床免震システム〕

- 円弧状のレールと車輪および空気ばねを組合せた方式を採用しており、水平方向にきわめて高い免震効果が得られます。
- 空気ばねを使用しているため、上下動に対しての免震効果も得られます。
- 固有周期がレールの円弧によって決定されるため、免震床の上に載る重量が変化しても、高い免震効果が安定して得られます。
- コンピュータ室のフリーアクセスフロア等に最適です。

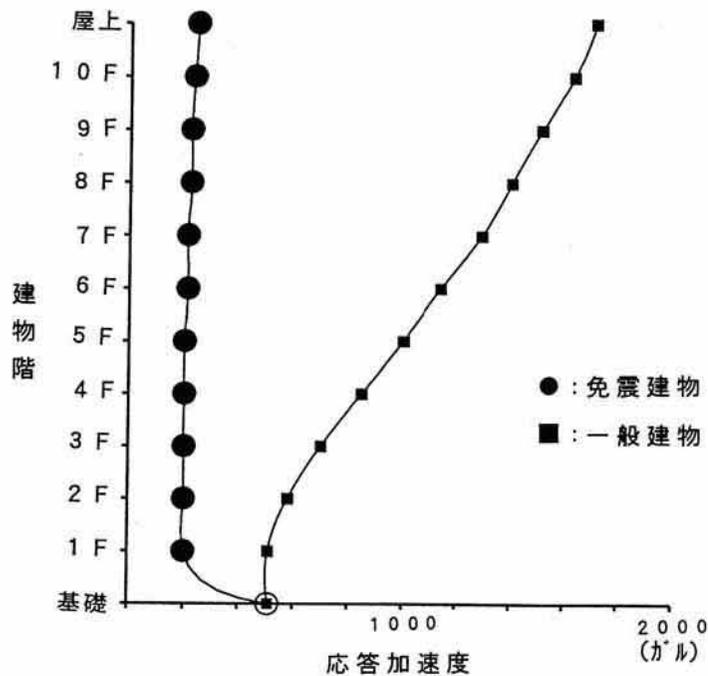
3. 免震建物と一般建物の比較

兵庫県南部地震では、気象庁神戸海洋気象台で、最大加速度818ガルという大きな地震動が記録されました。この地震動波形を用いて、当社技術開発研究所の免震建物の地震応答シミュレーションを行った結果、免震建物では、最大応答加速度が345ガルとなり、揺れが1/2以下に低減されることが確かめられました。（右図）



免震建物の地震応答シミュレーション

また、下図は10階建て建物で、免震建物と一般建物との地震時の揺れ方を比較したものです。一般の建物では建物が高くなる程揺れが大きくなりますが、免震建物では1階から10階までほとんど一様に揺れ、揺れの大きさも一般建物の1/3～1/8程度に低減されます。したがって、一般建物では壁にひびが入ったり家具が転倒するような加速度の生じる大きな地震時でも、免震建物では家具が転倒するような大きな加速度は生じません。



免震建物と一般建物の揺れ方の比較
(10階建て建物, シミュレーション結果)

4. 施工方法および施工事例

〔免震建物の施工条件〕

ゴム支承に引き抜き力を作用させないという観点から、対象建物は、建物高さHと建物奥行きDの比、 D/H が0.3程度であることが条件となります。例えば、8階建て建物で高さ22mとすると、建物奥行きは7m程度以上必要となります。

ペンシル型ビルのような細長い建物や、地盤が液状化するような軟弱地盤には適用が困難です。

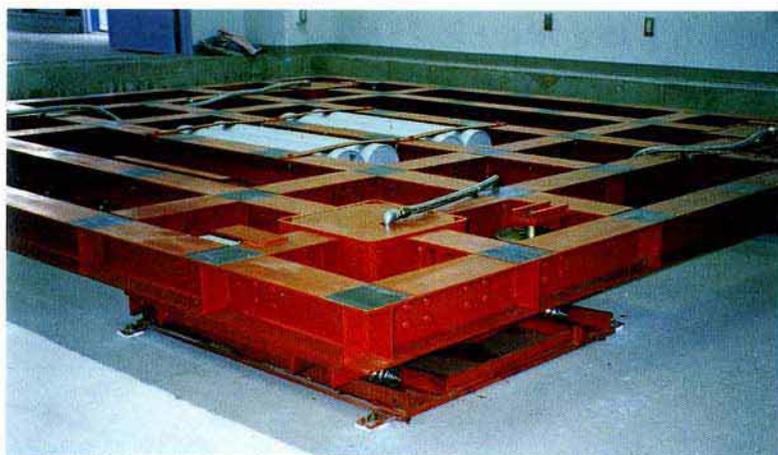
〔施工事例〕

□免震建物：日本国土開発 技術開発研究所
研究管理棟
竣工 1990年4月



□床免震： 同上
振動実験棟 計測制御室
竣工 1993年3月

当社保有振動実験台による実験



耐震診断・補強技術： 総合耐震診断システム ADOX工法，RECPAC工法

1. 概要

兵庫県南部地震で被災した阪神地区の建物を中心に、今後、補修・補強工事が増加すると思われます。その対応にあたって、日本国土開発ではこれまでの補修・補強技術を集大成し、かつ標準化して、新たに補修・補強マニュアルを作成しました。

①「復旧マニュアル」

被害建物を中心とした補強補修マニュアル。被害程度を分類し、それに適した補強方法を図解，工事例を含めて理解し易くまとめたもので，工事現場では復旧工事のバイブルとして活用できます。

②「耐震診断，補強マニュアル」

主として，旧基準で設計された既存建物の耐震診断とその補強マニュアル。建物の敷地で予想される地震動の大きさを算定し，それに耐えうる建物耐力を保有しているかどうかを判定するものです。必要に応じて精密解析を行い，地盤の液状化，上下動についても判定を行います。建物オーナーとのコンセンサスの上に耐震目標値を設定し，満足できる補強法を選択していけるシステムです。また，補修・補強のみを行うのではなく，補強後の建物の耐震安全性を再評価することが盛り込まれており，オーナーにも十分納得していただけます。

今回の兵庫県南部地震による被害を契機に，今後，関東，中部圏他でも旧基準法による建物の見直し，補強機運が高まるものとみられ，これらのマニュアルをいわば建物の「メディカルセンター」として活用していく予定です。

2. 総合耐震診断システム

[メディカルセンター] [耐震診断システム]

人 間

1. カルテ, 年齢
- ↓
2. 身体検査
- ↓
3. 採血, 血圧, 心電図
- ↓
4. 簡易検査
- ↓
- 健康 要検査
- ↓
5. 検査項目
X線, 内視鏡,
CTスキャン, MRI
- ↓
6. 総合診断

判定

- 健康
- 投薬
- 手術
- 不治

7. 臨 床

- 処方箋(薬)
- 新薬
- 手術方法
- 無痛の手術
- 早い手術
- 電気灸

8. 組 織

- 総合メディカルセンター
- 外来チーム
- 検査チーム
- 臨床チーム
- 執刀チーム
- 研究チーム
- 薬品メーカー
- 医療器メーカー

建 物

1. 設計図書, 竣工年
- ↓
2. 現地調査
- ↓
3. コンクリート, 鋼材の劣化診断
- ↓
4. 診断(1次, 2次)
- ↓
- 安全 要検査
- ↓
5. 検査方法
非破壊杭検査
非破壊ひびわれ調査
- ↓
6. 総合診断
地震応答解析
上下動時の柱耐力

判定

- 健康
- 補修(注入)
- 補強
- 解体→新築

7. 施 工

- ひびわれ補修法(ADOX)
- 新補強材料
- 補強方法
- 既存部を痛めない補強
- 短工期補強方法
- 無騒音解体法(RECPAC)

8. 組 織

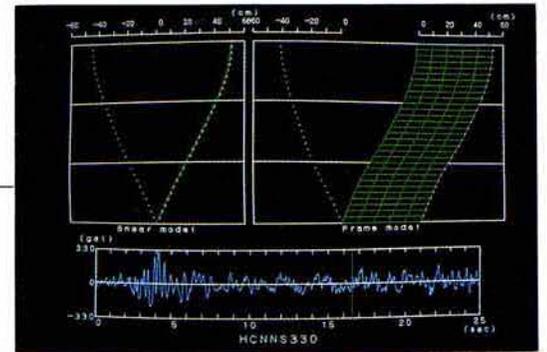
- 総合耐震診断センター
- 設計チーム
- 検査チーム
- 地盤, 基礎チーム
- 施工チーム
- 構造チーム, 技研
- 材料メーカー
- 機器メーカー



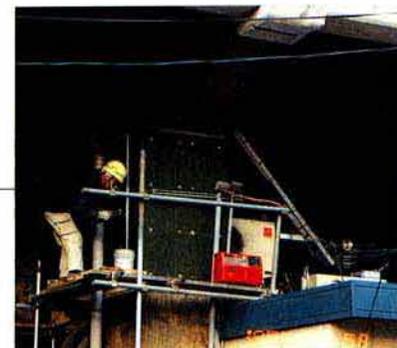
クラックの長さ測定



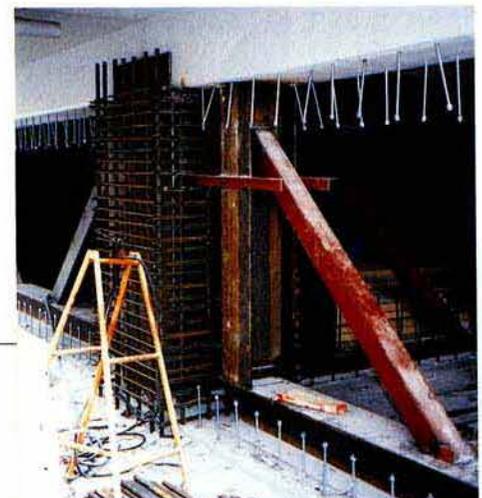
クラックの幅測定



地震応答解析結果



RC造柱の鉄板巻き補強



壁, 柱による耐震補強

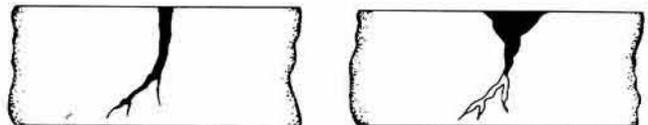
3. 既存の補修・補強技術

補修・補強の技術としては、ひびわれ補修法として高い信頼性のあるADOX工法、および耐震補強に伴う改修・解体工事で、低騒音・無振動・無粉塵で環境にやさしいRECPAC工法を用意しています。これらは、これまでに建物の改修や補修工事で多くの実績があり、その施工性、品質の良さは高く評価されています。

【ADOX工法】

ADOX工法は、浸透性が大きく低粘性で、かつ100%反応タイプのエポキシ樹脂を充填するため、注入後は、ひび割れ前と同等の強度がよみがえります。また、クラック面のVカットが不要で、微細なヘアクラック（幅約0.05mm）全域にわたって注入可能です。さらに、幅の広いひび割れや空隙に対しても確実に注入できるADOX-GP工法も用意しています。

すでにトンネル、高速道路、橋脚、橋梁、埋設管や護岸などの土木構造物、および建物の天井、床等に幅広く使用されており、その性能は高く評価されています。



ADOX工法 (V-カット不要)

従来のパテ充填工法 (V-カット要)

ADOX工法の特徴

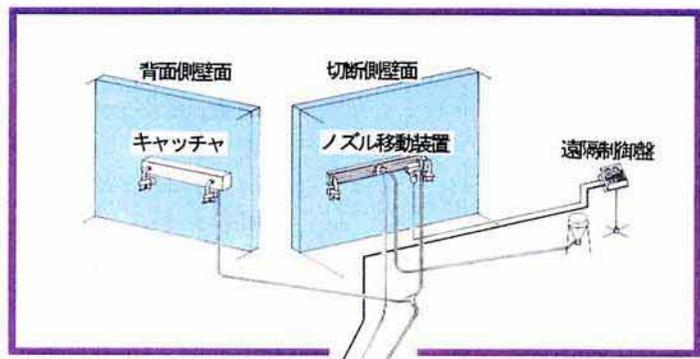


床板ヘアクラック注入 (ADOX工法)

【RECPAC工法】

超高圧のウォータージェットに研磨材を混入して噴射し、鉄筋コンクリート等を無公害で切断するのが、日本国土開発の「RECPAC工法」です。

この工法は、構造体に大きな損傷を与えることなく、厚い鉄筋コンクリートを規定寸法通りにスピーディーに切断することができます。しかも、低騒音・無振動・無粉塵で、周囲の環境に影響を及ぼすことはありません。これにより、騒音や振動、粉塵等を大変嫌う病院やホテル、オフィス等の補強・改修・改築工事などをスムーズに行うことができます。



RECPAC工法

4. REC PAC工法の施工事例

□西大宮病院の改修工事（1987年8月31日～9月8日）

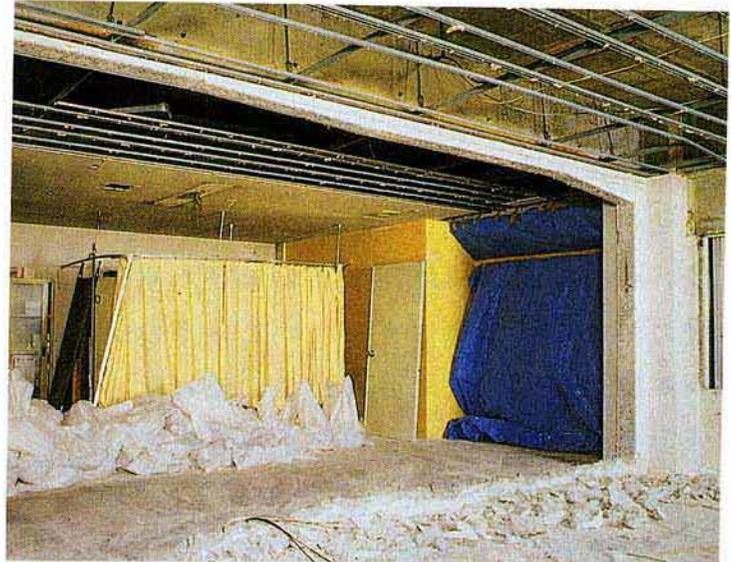
総切断長 45m, 総解体面積 39m², 壁厚 160～200mm

コンクリート強度 250kgf/cm²

切断時の騒音：切断装置から2m地点 86dB / キャッチャーから2m地点 83dB
階下の廊下 51dB / 階下の病室の暗騒音 50～70dB以下

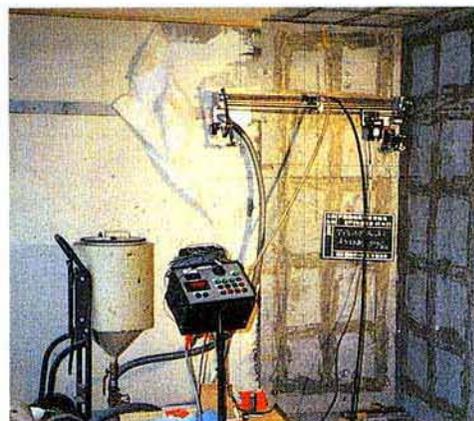
切断時の暗振動：階下の廊下 35～45dB以下 / 階下の病室 35～45dB以下

そ の 他：水漏れ, 粉塵発生なし



□学文社ビル増築工事（1992年4月3日～4月24日）

総切断長 35m, 総解体面積 52m², 壁厚 180cm



工業化技術（連層耐震壁構造）：

Hi-W（高層壁式ラーメン構造）

PARC（プレキャスト連層耐震壁構造）

WR-PC（壁式ラーメンプレキャスト構造）

本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ◎施工の合理化
◎経済性

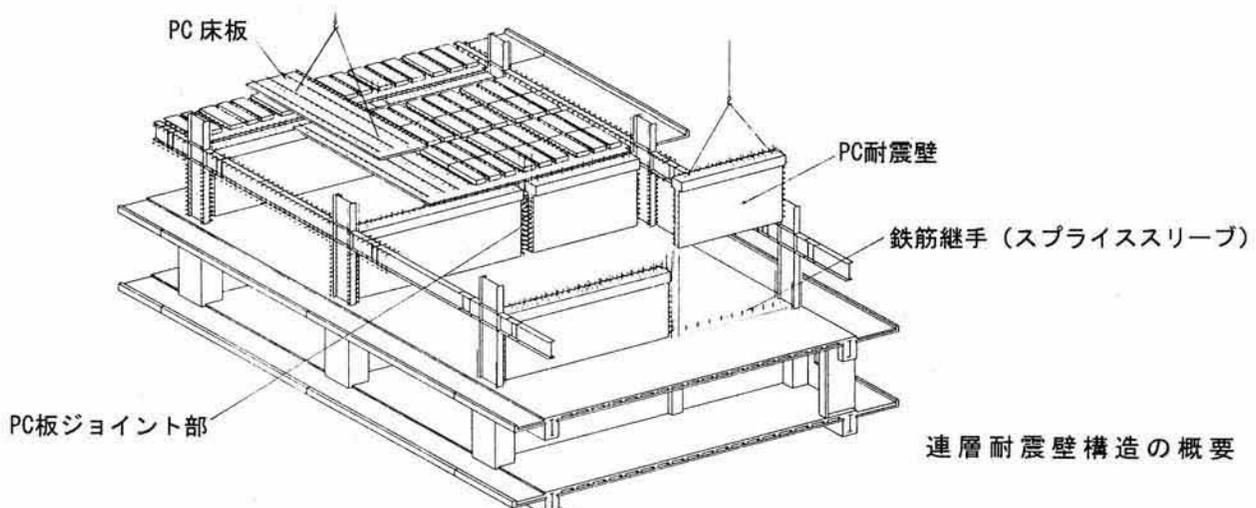
1. 概要

兵庫県南部地震において、旧耐震基準、新耐震基準を問わず、ピロティ形式の集合住宅の1階部分の柱の破壊による建物全体の倒壊例が数多くみられました。これはピロティ部分の柱が、上下および水平動に対して耐力が不足していることと、地震力がこの階に集中するためというのが一般的な見解です。

日本国土開発は、耐震安全性に優れた、様々な構造形式に対応できる連層耐震壁構造を開発し、実績を積み重ねてきました。

- ・ Hi-W 構法-----壁式鉄筋コンクリート高層住宅構法
- ・ PARC-14 構法----SRC構造とプレキャスト(PC)部材を取り入れた壁式鉄筋コンクリート高層住宅構法
- ・ WR-PC 構法-----Hi-W構法の主要部材をプレキャスト化した壁式プレキャスト鉄筋コンクリート高層住宅構法

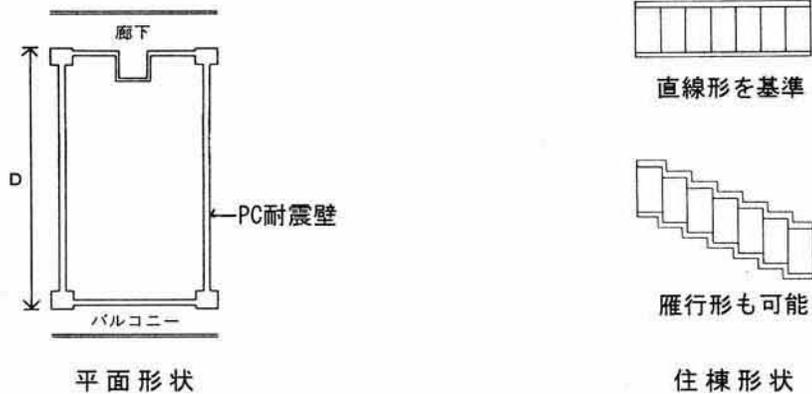
これらの構法は、11～14階程度を中心とした高層住宅をターゲットとして開発したもので、桁行方向に粘りのあるRC壁式ラーメン構造またはSRC構造を、張り間方向には大きな耐力を有する連層耐震壁構造を採用することにより、地震による抵抗力を大幅に高めることができます。さらにこれらの構法では、下層においても壁厚が厚くならず、平面計画上の制約もありません。



2. 特徴

● 自由度の高い居住空間

在来工法では、室内に小梁が出っ張るため、すっきりした空間を生み出せないという欠点がありました。PC床板（床・天井面）の採用により、このデメリットを解消、小梁のない室内を実現し、一段と自由度の高い平面計画を可能にしました。さらに、Hi-W構法、WR-PC構法では、室内に柱型や梁型が出ることもなく、すっきりした空間を実現できます。

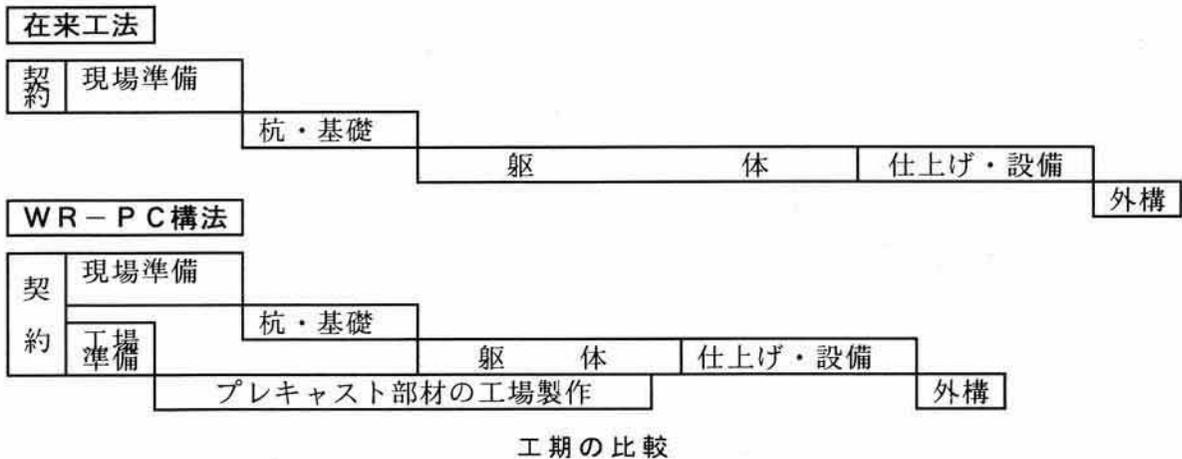


● 14階建までの高層住宅

14階建までの集合住宅の建設が可能です。（建設大臣の個別認定）

● 低コスト・短い工期

プレキャスト部材（耐震壁、柱、梁、中空スラブ）の採用などにより、型枠工事、鉄筋工事が合理化され、大幅な工期短縮とコストダウンが可能となります。



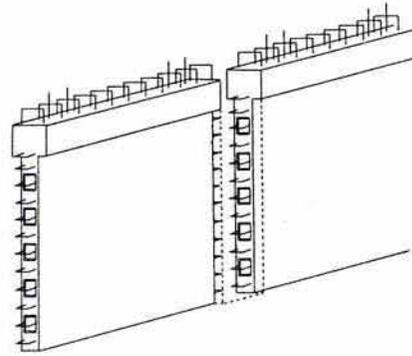
3. 耐震性能

Hi-W構法、PARC-14構法、WR-PC構法では、張り間方向に大きな耐力を有する連層耐震壁を、桁行き方向には粘りのあるRC壁式ラーメン構造またはSRC構造を採用することにより、地震に対する抵抗力を大幅に高めることが可能となります。兵庫県南部地震においても、このような構造の建物の倒壊はほとんど報告されていません。特にPARC構法、WR-PC構法では、厳密に品質管理され

た工場で生産されるプレキャスト部材を採用しているので、高強度・高精度・高品質な建物を建設することが可能です。これらの構法は、多くの構造実験により、地震力に対する抵抗力の高さが実証されています。



連層耐力壁の実験



P C耐震壁鉛直接合法

4. 施工事例



メイゾン琴似新築工事：Hi-W構法
地上14階 延床面積3,741㎡
1990年3月竣工



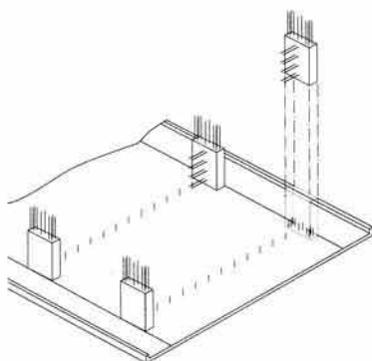
住公東新小岩建設工事：PARC-14構法
地上9階 延床面積5,291㎡
1993年10月竣工



伊勢原住宅新築工事：Hi-W構法
地上7階 延床面積5,401㎡
1991年6月竣工

5. 施工手順 (WR-PCの場合)

1. PC壁柱建方

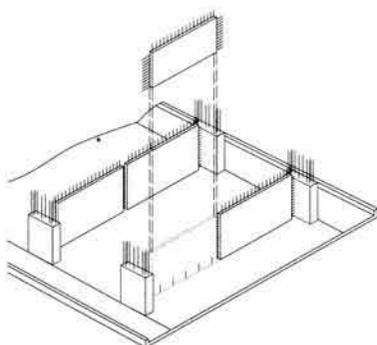


- PC壁柱下部の敷モルタル施工
- PC壁柱の吊り込み, セット
- 鉄筋継手



PC耐力壁の吊り込み, セット

2. PC耐力壁建方

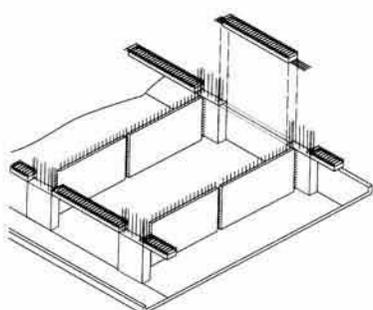


- PC耐力壁下部の敷モルタル施工
- PC耐力壁の吊り込み, セット
- 鉄筋継手



PC梁の吊り込み, セット

3. PC梁建方

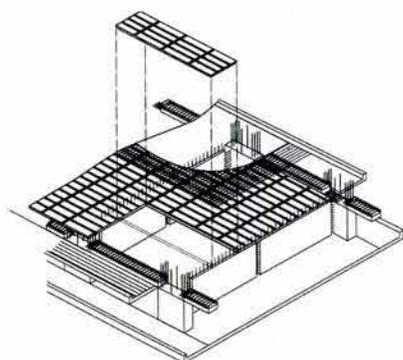


- PC梁の吊り込み, セット
(PC壁柱間にかけて)
- 梁上端筋セット



PC床板の吊り込み, セット

4. PC床板建方, 配筋, コンクリート打設



- 接合部型枠セット
- 床板支保工セット
- 合成床板の吊り込み, セット
- 床上端筋セット
- コンクリート打設

工業化技術（プレキャスト型枠構法）： リブフォーム構法，ステイシエルシステム

本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ◎施工の合理化
○経済性

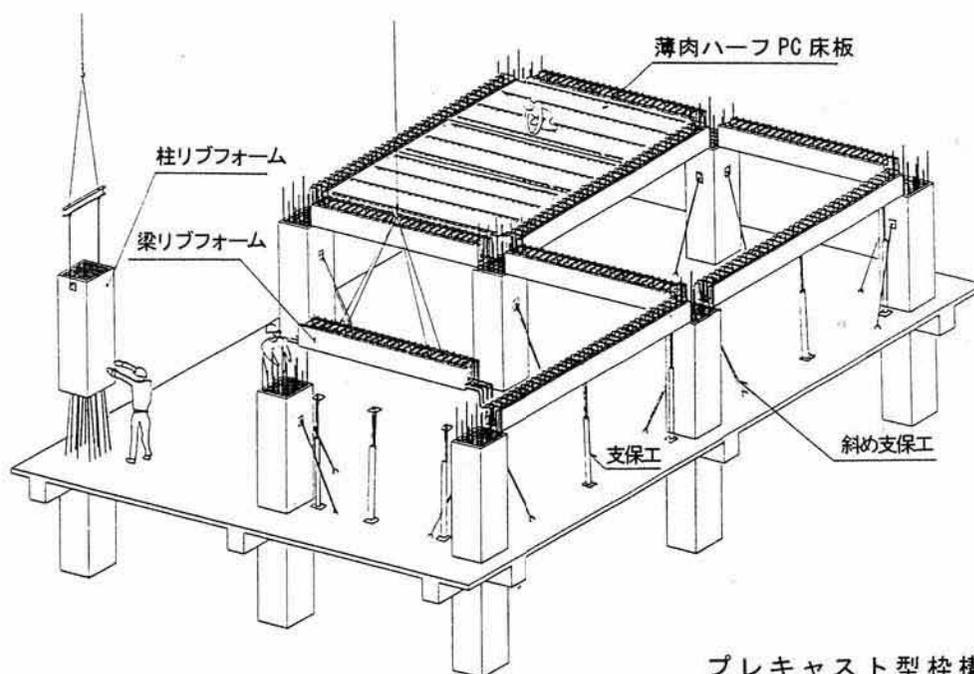
1. 概要

近年，熱帯雨林資源保護，労働力不足等の観点からプレキャスト（PC）型枠構法が注目されています。また，建築現場では，品質の向上，工期の短縮やコストダウンなどが求められています。日本国土開発は，これらのニーズに応える有効な手段としてリブフォーム構法，ステイシエルシステムを開発しました。

リブフォーム構法は，型枠を兼用し，鉄筋を内蔵したプレキャスト型枠（リブフォーム）を用い，現場打ちコンクリートと併用して一体化して建設する構法で，高い耐震性と高品質を確保でき，低層から高層建物まで対応できます。

ステイシエルシステムは，新素材（ガラス繊維等）で補強された超薄肉（20mm）で軽量の打込型枠を用いた，在来のRC工法に代わる合理化工法です。

いずれの工法も，南洋材を主な原料とするベニヤ型枠を全く用いず，環境に優しい工法で，厳密に管理された工場生産される高品質な型枠を用いるため，建物の耐久性が大幅に向上すると同時にコストダウンが達成されます。さらに，当社の既開発工法（SFコンクリート，CB工法等）を取り入れた複合合理化構法としても，安定した品質とコストダウンが期待されます。



プレキャスト型枠構法概念図

2. 特 徴

両工法に共通なプレキャスト型枠構法のメリットは次のようになります。

● 高 品 質

プレキャスト製品なので、高精度、高品質の他、耐久性に優れ、強度が高い。

● 環 境 に 優 し い

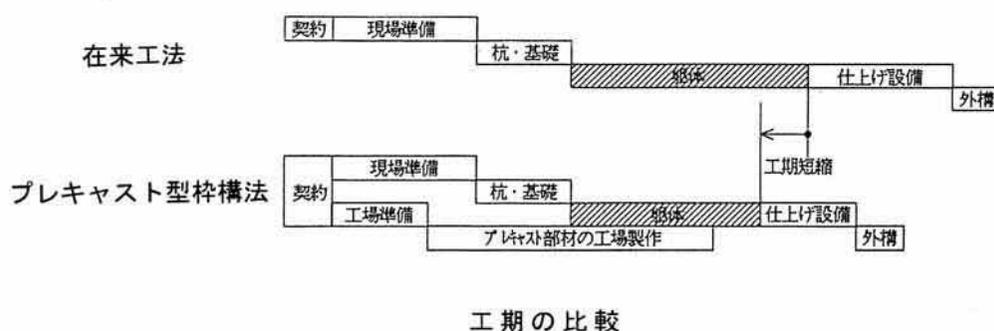
ベニヤを使わず森林資源保護に貢献。廃材の軽減。

● 軽 量 化

薄肉化による揚重機の軽減。

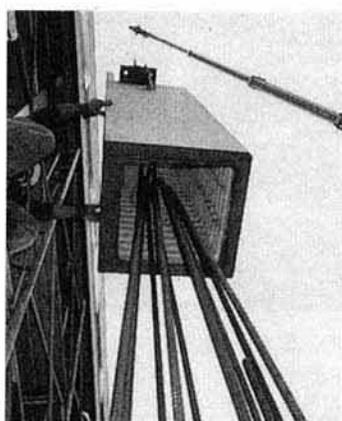
● 省力化・工期短縮

型枠工事の削減により、大幅な省力化と工期短縮が図れ、現場経費を大幅に軽減することが可能。また、プレキャスト部材製造の共通化を図ることにより、さらなるトータルコストダウンも可能。



〔リブフォーム構法〕

リブフォーム構法は、鉄筋を内蔵したプレキャスト型枠を用い、プレキャスト部分も構造体に参入することができるので、断面が小さく平面計画上の自由度が広がります。また、現場における鉄筋工事が削減され、さらなる工期の短縮が可能となります。



柱リブフォーム建込み



梁リブフォーム建込み



日本国土開発(株) 技術研究所振動実験棟
地上2階 延床面積 343㎡
1993年4月竣工

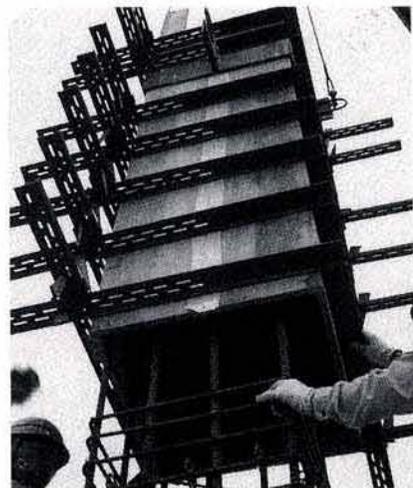


草加手代町住宅建設工事
地上8階 延床面積 4,816㎡
1995年7月竣工予定

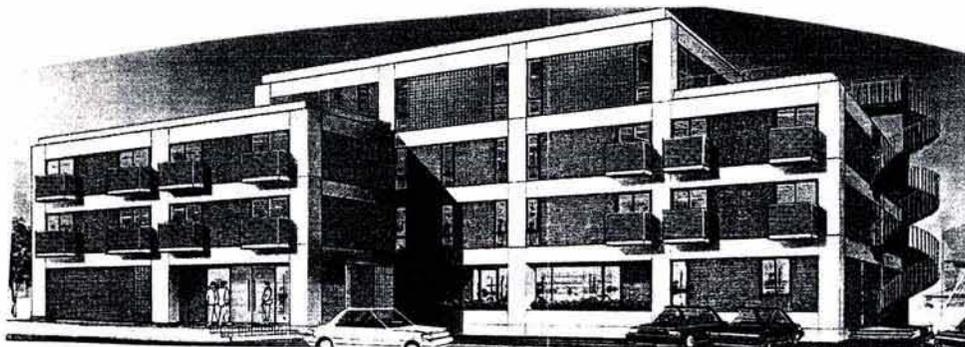
リブフォーム構法施工事例

〔ステイシエルシステム（打込み型枠工法）〕

超薄肉な20mmのGRC（ガラス繊維で補強）打込み型枠を用いる省力化工法で、平成6年6月に建設大臣の技術評価を取得しました。また、外殻に高品質なGRCを用いるため経年劣化がほとんど無く、構造体の耐久性が大幅に向上されます。



GRC柱型枠



日本国土開発(株) 北千里寮 1993年4月竣工
地上4階 延床面積 1,368㎡

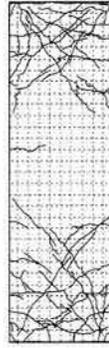
ステイシエルシステム施工事例

3. 耐震性能

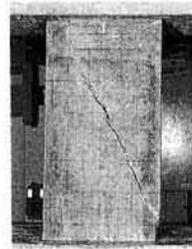
リブフォーム構法およびステイシエルシステムを用いた部材は工場管理されているため、高品質・高性能なものとなり、同断面の在来工法による部材よりも地震時の損傷を軽減することができます。これらは多くの構造実験により実証されており、実施例においては建設大臣の個別認定を取得しています。今後、地震に対する耐震安全性が強く望まれる中で、リブフォーム構法およびステイシエルシステムの需要が増えていくものと思われます。



リブフォーム



在来工法



ステイシエル



在来工法

部材実験時のひび割れ状況

R C 施工技術： コクド・S F（スーパ-フロー）コンクリート

本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ○経済性
◎施工の合理化

1. 概 要

近年、熟練技術者の不足や、鉄筋量の多い構造物の増加、形状が複雑な構造物の増加などによって、コンクリートの十分な打込み、締固め作業が行なわれにくい環境にあり、コンクリート構造物の品質や耐久性低下の一因になっています。

当社では、こうした状況を踏まえ、フレッシュ状態の流動性や充填性を著しく高め、打込み時の振動締固め作業を不要とする、あるいは大幅に省略できる高流動コンクリート、「コクド・S F（スーパ-フロー）コンクリート」を開発しました。これにより、コンクリート工事の省力化、自動化が図れるだけでなく、締固め不良等による施工欠陥が生じにくくなり、コンクリート構造物の品質が向上し、優れた耐震性能を保証します。

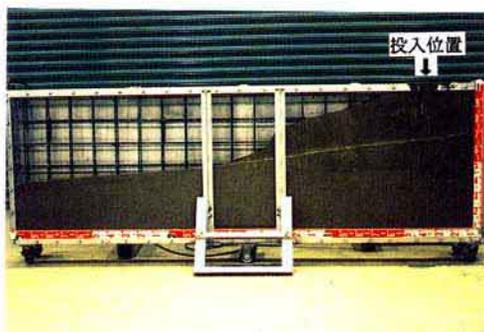
2. 特 徴

コクド・S F コンクリートは、通常のコンクリート材料に高流動性を付与するための高性能 A E 減水剤と、材料分離抵抗性の向上や充填性改善のための増粘剤を添加して製造するものであり、次のような特徴を有しています。

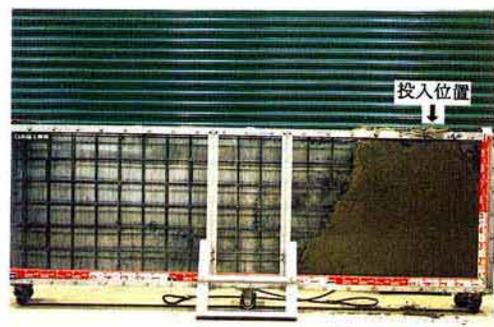
- 非常に優れた流動性、充填性を有しているため、バイブレーターによる振動締固めを行わずに型枠の隅々までコンクリートが充填できます。したがって、耐震性を考慮して高密度に配筋した構造物や、高耐力と粘りを目指した鋼管コンクリート柱などが確実に構築できます。



SFコンクリートの流動状況

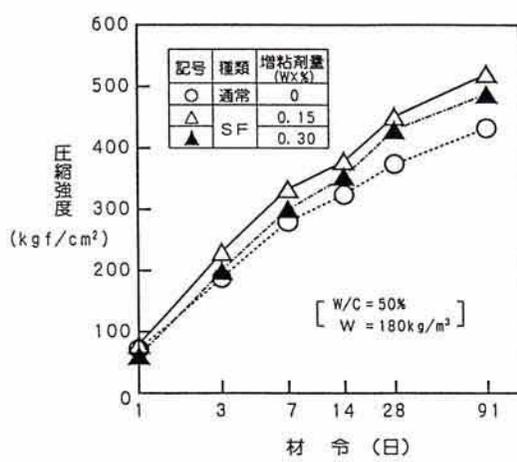


モデル壁によるSFコンクリートの
充填性の確認（SLF=61cm）

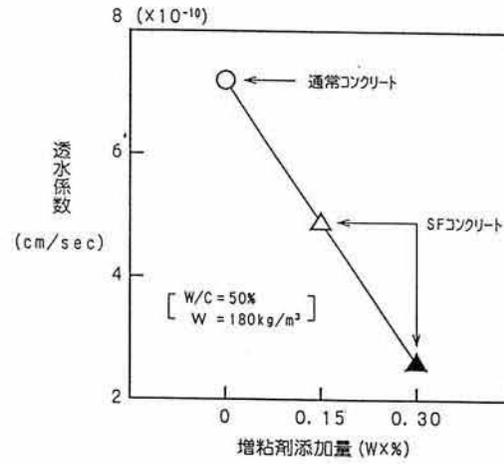


通常コンクリートの充填状況
（SL=20.5cm）

- 材料分離抵抗性が大きいいため、骨材分離やフリーズンクがほとんどなく、コンクリート構造物の均質性や水密性などの品質向上が図れます。



SFコンクリートの圧縮強度



SFコンクリートの水密性

- バイブレーターによる振動締め作業の省力化が図れるとともに、豆板、コールドジョイントなど締め固め不良等による施工欠陥が防止できます。
(右写真)



実施工時の締め固め作業の省力化状況 (バイブレーター不要)

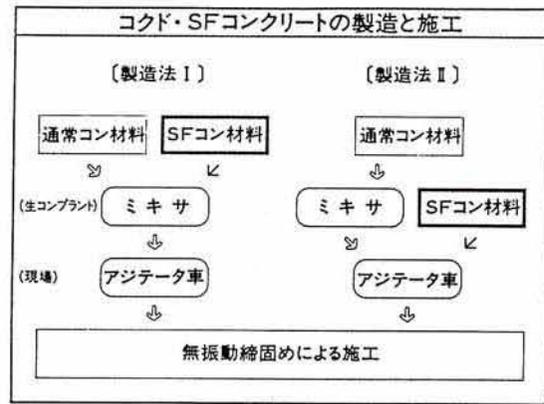
- 増粘剤を用いて材料分離抵抗性を確保するため、通常コンクリートと同程度のセメント量で調合できます (下表)。

SFコンクリートの調合の一例

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				高性能AE減水剤 (kg/m³)	増粘剤 (kg/m³)
		W	C	S	G		
48.6	52.6	170	350	915	844	7.7	0.4

3. 施工方法および施工事例

SFコンクリートの製造は、一般にレディミクストコンクリート工場のプラントミキサで行いますが、状況に応じて施工現場でアジテータ車を利用して製造することも可能です。



SFコンクリートの製造と施工

〔有効な用途例〕

- ・ 形状・寸法、配筋条件から締固めが困難なRC建築物（写真-1）
- ・ 部材断面に対して打設高さが非常に大きい壁部材等（写真-2）
- ・ 充填状況の検査が難しいフレキャスト部材の接合部や鋼管コンクリート柱への充填（写真-3, 4）
- ・ 打放し、複雑な形状など景観を重視した建築物
- ・ 高密度配筋の超高層RC建築物



写真-1 薄壁のRC建物の施工事例



写真-2 スレンダーな壁部材の施工事例



写真-3 草加手代町住宅建設工事
（フレキャスト型枠工法）

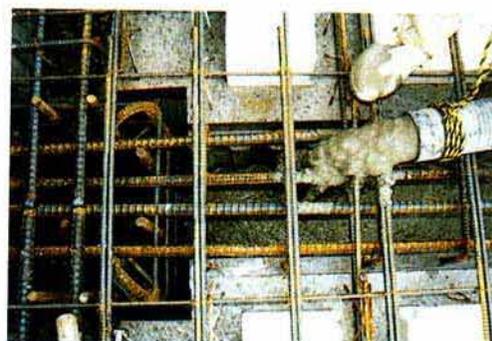


写真-4 同右における充填状況

R C 施工技術： C B 工法～異形鉄筋の接合

本技術により改善される項目：◎品質向上 ◎施工の合理化
◎耐震性能 ○経済性

1. 概要

鉄筋コンクリート構造物はますます高層化し、大型化の一途を辿っています。それらに適用される鉄筋も太径化、高張力化し、より高い寸法精度や継手の耐震性能が求められています。C B 工法はこれらの技術的な要求を満足させ、さらに作業の省力化と合理化を実現させました。現在、異形鉄筋の接合工法には機械式継手、溶接継手、ガス圧接継手などがありますが、それらの工法には以下のような問題点があります。

- (a) 接合部が鉄筋径より太くなることでコンクリートの充填性が悪くなる。
- (b) 目視検査等の品質管理が困難である。
- (c) 鉄筋を引き寄せなければならない。

C B 工法は、セラミックスの特性を利用したパッキング材と CBホルダーを用いることで上記の問題点を解決し、工期の短縮とコストダウンを図った画期的な異形鉄筋の接合工法です。また、当工法の技術が高く評価され平成 2 年 6 月、日本建築センターにおいて一般評定を、同年 9 月建設大臣の認定を取得しました。

2. 特徴

- パッキングは溶接後除去するため、目視検査が可能となり信頼性が増します。
- 継手部分は鉄筋とほぼ同径なため、コンクリートの充填性を高めます。



接合部表側



接合部裏側

- 接合しようとする鉄筋を引き寄せせる必要が無いいため、鉄筋の先組工法やPC工法あるいは既存鉄筋との接合に適用できます。
- セラミックパッキング材は小型かつ軽量なため、CBホルダーによって鉄筋溶接部にワンタッチ装着が可能となります。従って、7-クタイム以外の準備作業の簡略化により総合的な接合作業時間の大幅な短縮が実現します。
- 耐震性能としての引張り・曲げ強度も十分あります。

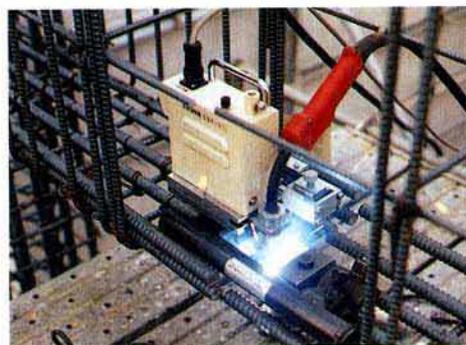
3. 施工方法および施工事例



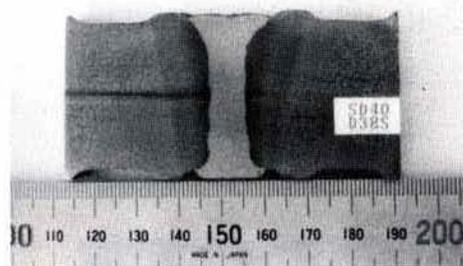
柱筋接合



梁筋接合



全自動溶接 (CBR-01)



接合部マクロ写真



引張り試験



曲げ試験

超高層建築物設計施工技術： 超高層RC構法

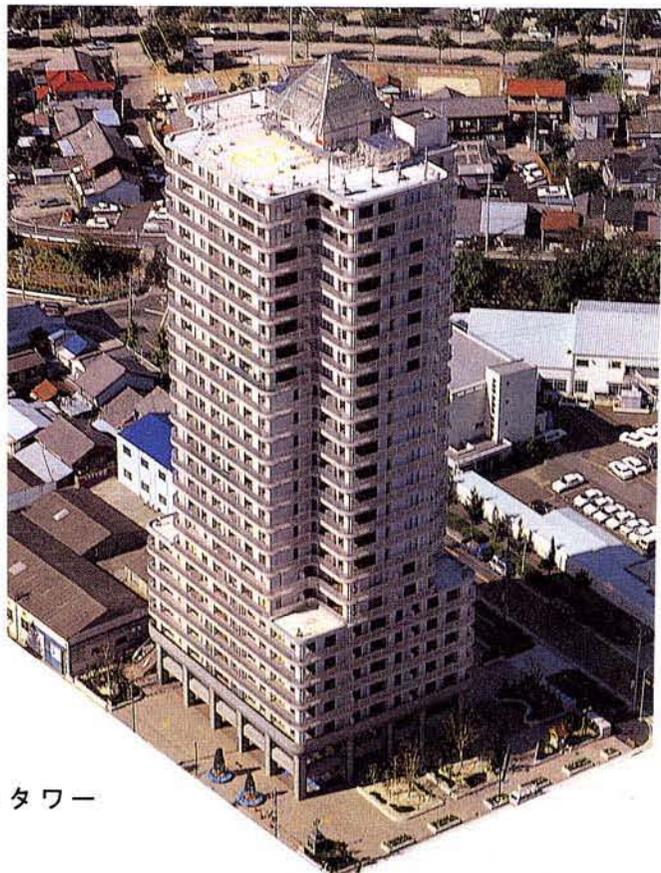
本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ◎施工の合理化
◎居住性 ◎経済性

1. 概要

兵庫県南部地震では、80年代初頭までの旧耐震基準による中低層の鉄筋コンクリート造（RC造）建物に甚大な被害が生じており、安全性や資産価値保持の観点から深刻な社会問題に発展しています。反面、高度な設計手法と施工管理を実践している超高層建物では、ほとんど被害が発生しておらず、その耐震安全性が実証される形となりました。

日本国土開発は、**超高層RC構法**を開発し、実績を積み重ねてまいりました。

超高層RC構法は、優れた耐震性を確保するため、高度な耐震解析ツールにより最先端の耐震設計を行っております。また、コンクリート、鉄筋などに高強度材料を用い、優れた耐震性を実現しました。施工品質管理面では、自動化、機械化施工を取り入れることにより、安定した高品質建物を供給することができます。



施工実績

アンビックス志賀ストリートタワー
地上25階 地下1階
延床面積 16,520㎡
1993年11月竣工

2. 特徴

● すぐれた耐震性能と耐震安全性の検証

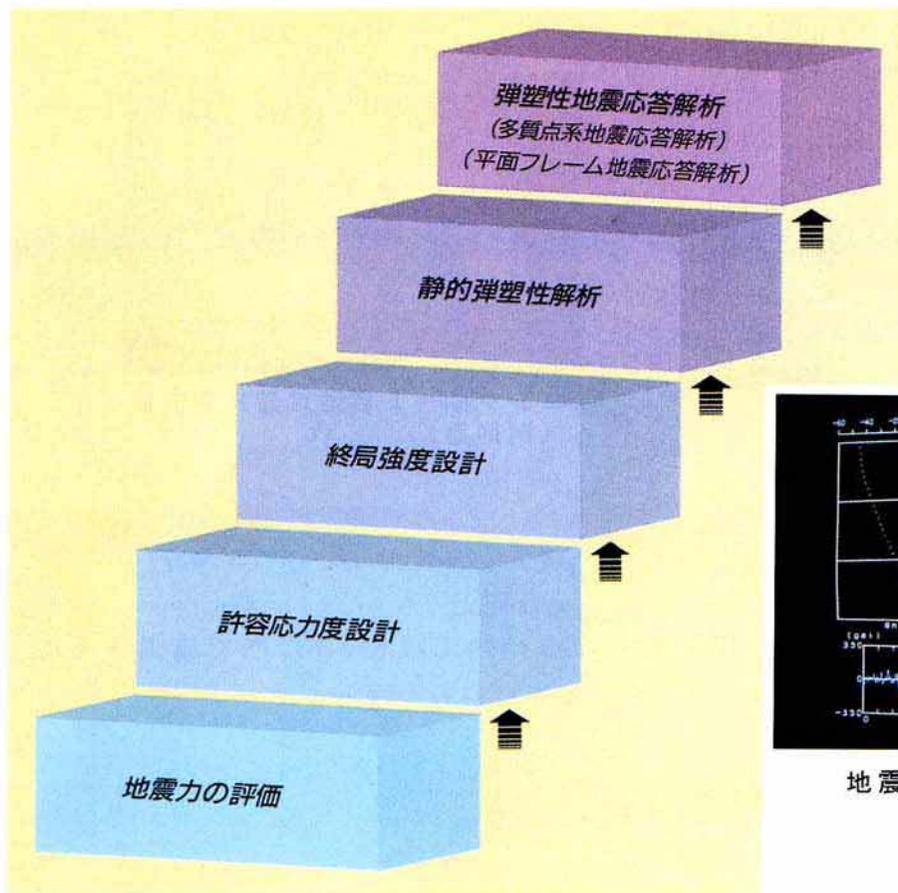
高強度鉄筋と高強度コンクリートを採用することにより、建物全体に十分な「粘り」と「強度」を確保すると同時に、鉄骨造に比べ上階での揺れを大幅に低減し、高い耐震性と快適性を実現しました。これらは柱、梁および柱梁接合部などの各種構造実験によって、耐震安全性が実証されています。

● 高度な構造設計手法

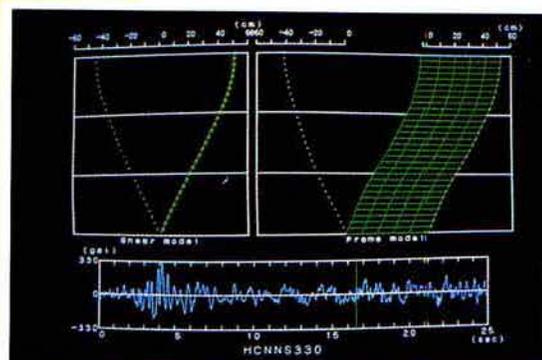
自社開発の一貫処理システム、および種々の耐震解析ツールにより耐震設計を行っています。また、地震応答解析により地震時の安全性も確認しています。



構造実験



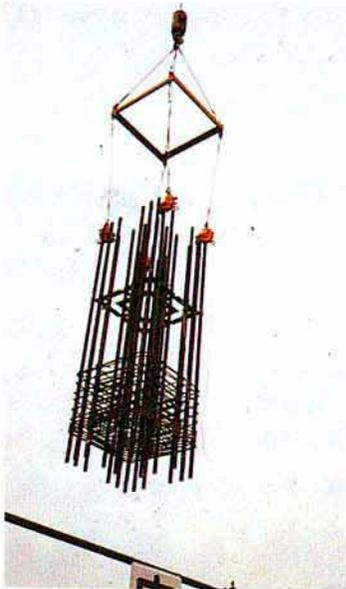
耐震設計フロチャート



地震応答解析 出力結果の例

● **高品質・高精度**

あらかじめ地組みした柱，梁鉄筋により建込み・継手工事を行うので，施工精度と能率の大幅な向上が図れ，高品質な躯体の施工が保証されます。また，高強度コンクリートの施工品質を確保するため，コンピューターにより制御された「自動定量打設装置」を開発・採用しています。



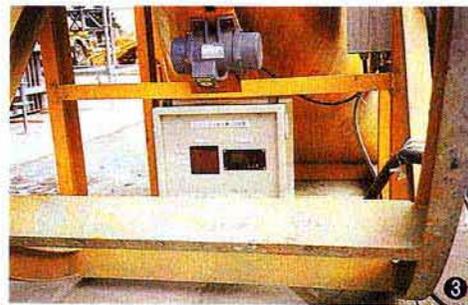
柱筋の吊り込み



コンクリートバケット揚重



柱筋の継手工事

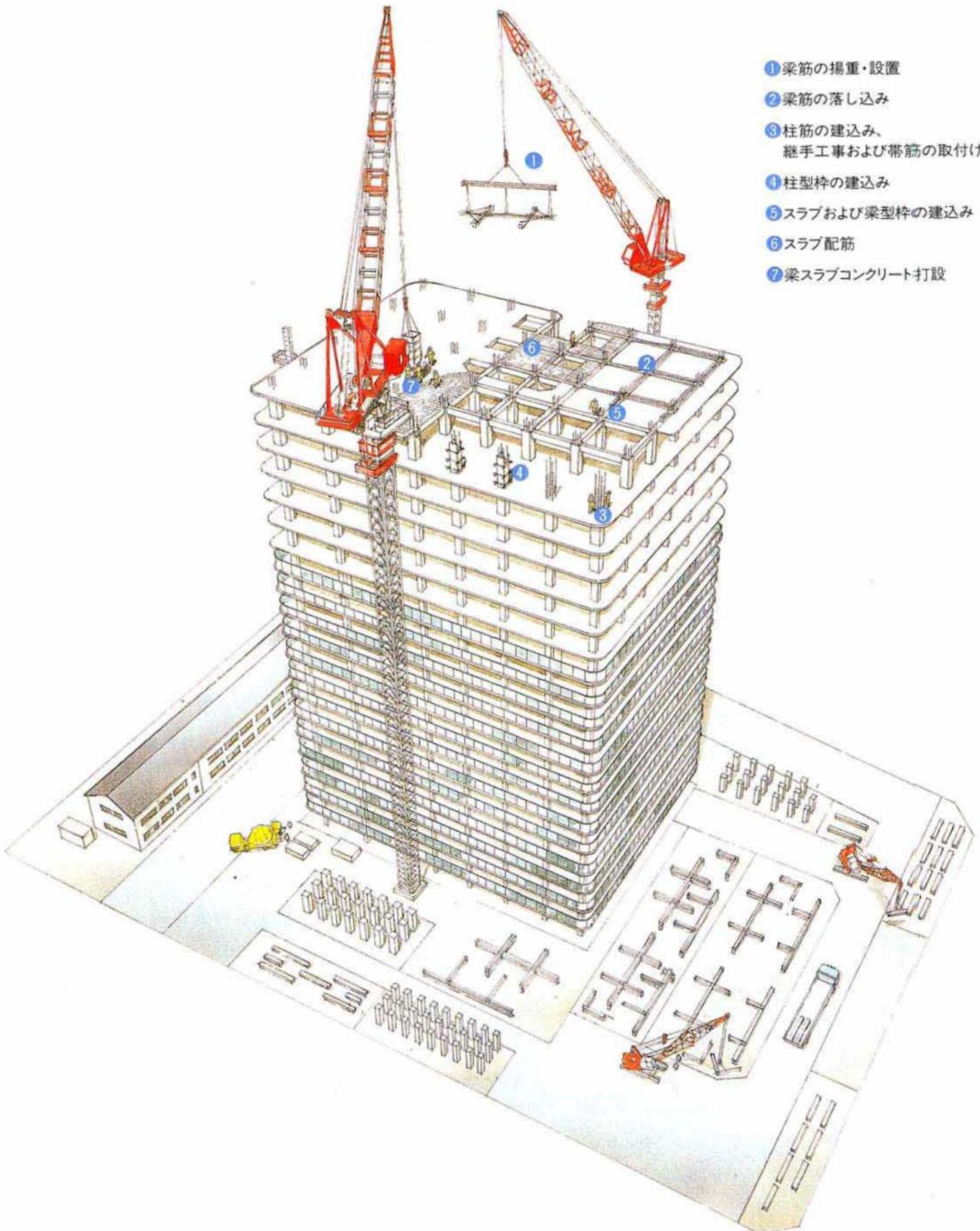


コンクリート自動定量打設装置
(制御盤)

● **工期短縮・コストダウン**

鉄筋工事，型枠工事，コンクリート工事からなるサイクル工程を7日以内で施工することができ，大幅な工期短縮とコストダウンが実現可能となります。

3. 施工方法



大スパン建築物設計施工技術： コクド・ゆとりど～む
 （ドーム構造：膜構造，木構造）

本技術により改善される項目：◎耐震性能 ◎品質向上 ◎施工の合理化
 ○経済性

1. 概要

日本国土開発のドーム技術（コクド・ゆとりど～む）は、人の心に融和した情緒ある無柱空間を実現するとともに、快適性・安全性も追求しています。

コクド・ゆとりど～むは主要構造材料にテフロン膜，大断面集成材（木材）を採用しており、軽量で比強度の高い構造材料により耐震性・耐久性に優れたドーム構造が建設可能となっています。もちろん，鋼材やケーブルを使用してそれぞれの材料特性を活用したハイブリッド構造も可能です。

建築用途はスポーツ，地域住民のコミュニケーション関連の多目的施設，商業施設，企業内福利・厚生施設などで，広域避難場所内施設としても計画できます。

建設可能な建物規模は，学校の体育館から屋内野球場・サッカー場（20,000m²程度）まで，特に制限はありません。

2. 特徴

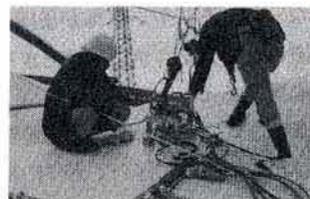
〔膜構造：ハンガー式サスペンション工法〕

鋼管アーチから膜体を吊り下げ，ケーブルネットで風荷重に抵抗するハイブリッドドームです。他社の膜構造に比べ膜体固定金物が少なく重量は約 1/3 になり，工期も短縮されます。多雪地域以外では大変有効な工法です。もちろん，屋根骨組みの上に膜体を張り付ける従来の膜構造もできます。



現場膜体融着技術

膜体のリフトアップ工法を可能にし品質向上，工期短縮を実現します。



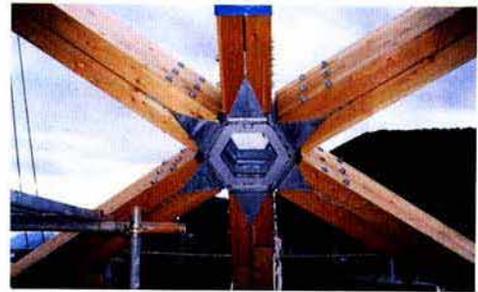
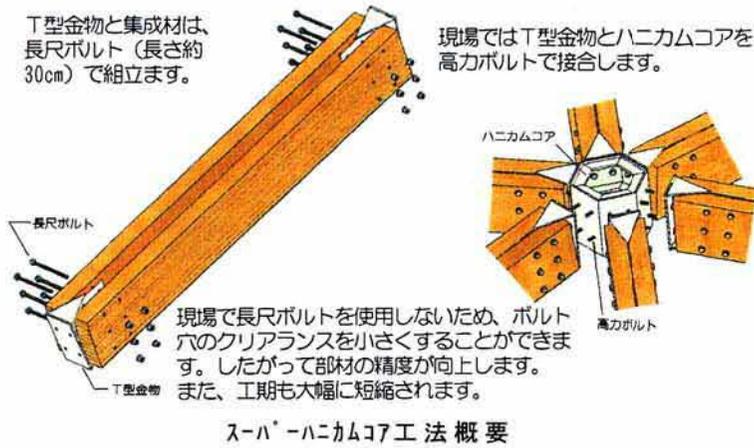
現場膜体補修技術

万一膜体が破損した時でも容易に補修できます。

ハイブリッドドームを可能にする諸技術

〔木構造：ス-ハ°-ハニカムコア工法〕

通直大断面集成材をボルト接合して任意形状の曲面屋根を構築する木造ドーム工法で、木造ラチス部材のプレファブ化により施工精度向上，工期短縮を実現します。

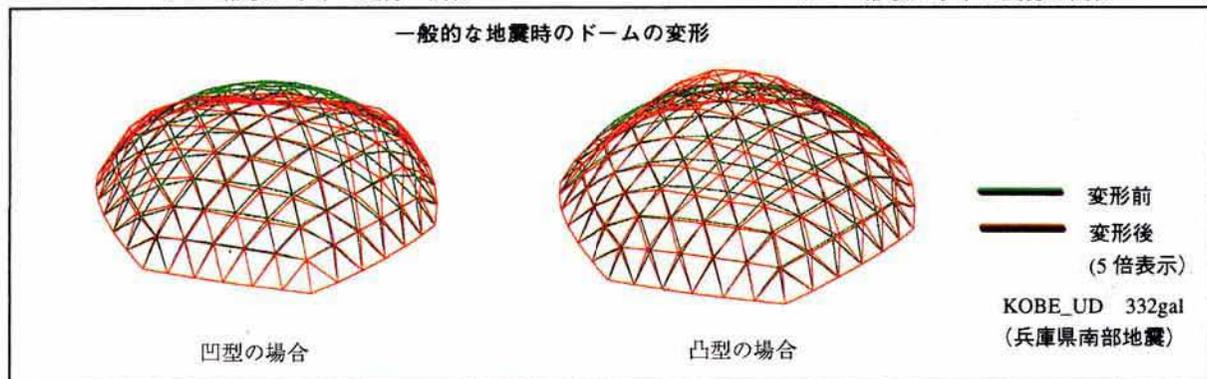
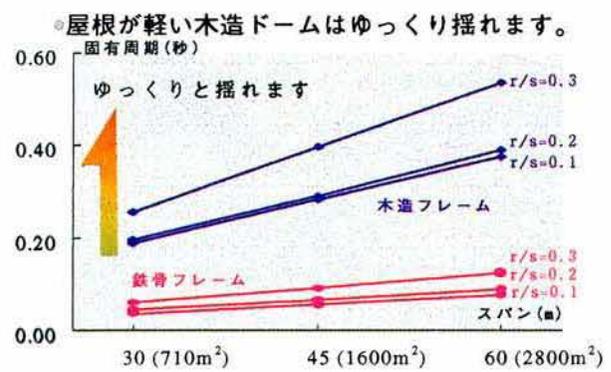
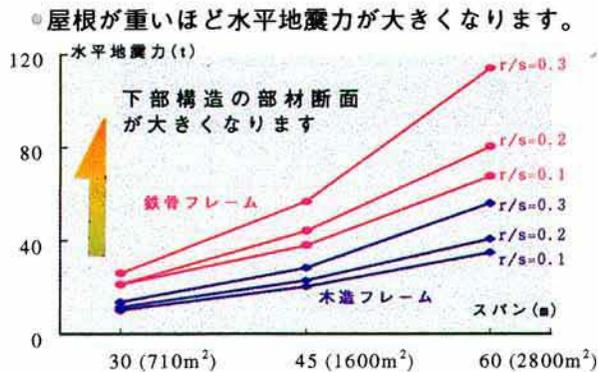
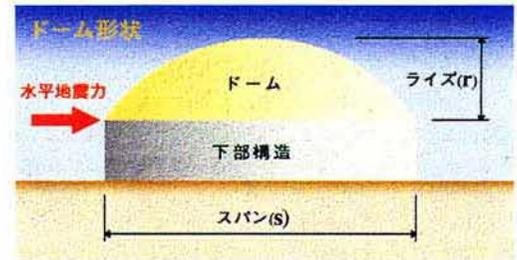


建て方後のラチス部材接合部

〔耐震性能〕

一般的な鉄骨ドームと木造ドームの違いを固有周期と下部構造に加わる水平地震力で比較しました。

スパンが 30~60m のドームについて解析した結果ドームの変形はスパンの 1/150 以下であることが確認されました。



3. 施工方法および施工事例

〔施工方法〕

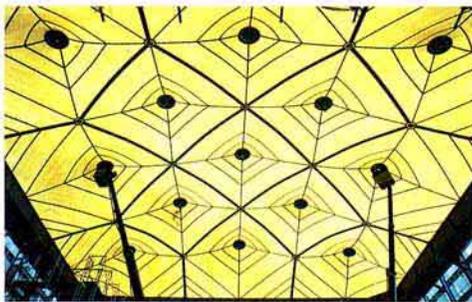
膜構造：ハンガー式サスペンション工法



①鋼管7-f建て方



②膜体現場融着後リフトアップ



③膜体張力再導入して完成

木構造：スーパ-ハニカムコア工法



①特設ステージで建て方ユニットの地組



②ユニットによるドーム建て方



③支保工撤去して完成

〔施工事例〕



*日本国土開発 技術研究所構造実験棟
 建築面積：1280m² 建物高さ：23m, 軒17m
 竣工：1990.4



*豊浦ドーム
 建築面積：1680m² 建物高さ：17m, 軒5m
 竣工：1994.12 (ドーム工事)

耐震性を考えた建築計画

1. 概要

建築設計にあたり、耐震性を考慮した構造計画を行うことはもちろんですが、地震に強い建築物を作る基本は、平面計画を含む建築全体計画にあります。まず、建築主と協力して「いかに構造的にバランスのよい平面プランを作るか」が基本となります。その上で、構造体を始めとして建築物を構成する部材や納まりについて、耐震性のみならず、あらゆる災害に耐えられる設計をしていかねばなりません。

日本国土開発では、これまでご紹介した構工法の他、仕上げや設備等も含めた建築計画全般にわたって、あらゆる災害を考慮した設計技術を用意しています。例えば、仕上げ材等の非構造部材については、災害に対して考慮された既存の部材を利用しながら、経済性・品質・工期等を勘案し、バランスよい建築計画を可能にする設計技術を構築しています。さらに、独自の部材の開発も行っており、そのひとつに、造り付けのユニット家具システム、LAVITA（ラヴィータ）があります。これは、地震時の家具の転倒などによる死傷災害を防止するために開発したものです。

また、設備分野においても地震時の機器の転倒、配管の破損、ケーブルの断線といった被害に対応して、各種の技術の組み合わせによって、地震はもとより全ての災害に対応できるシステムを構築し、高品質な建物の計画に取り組んでいます。

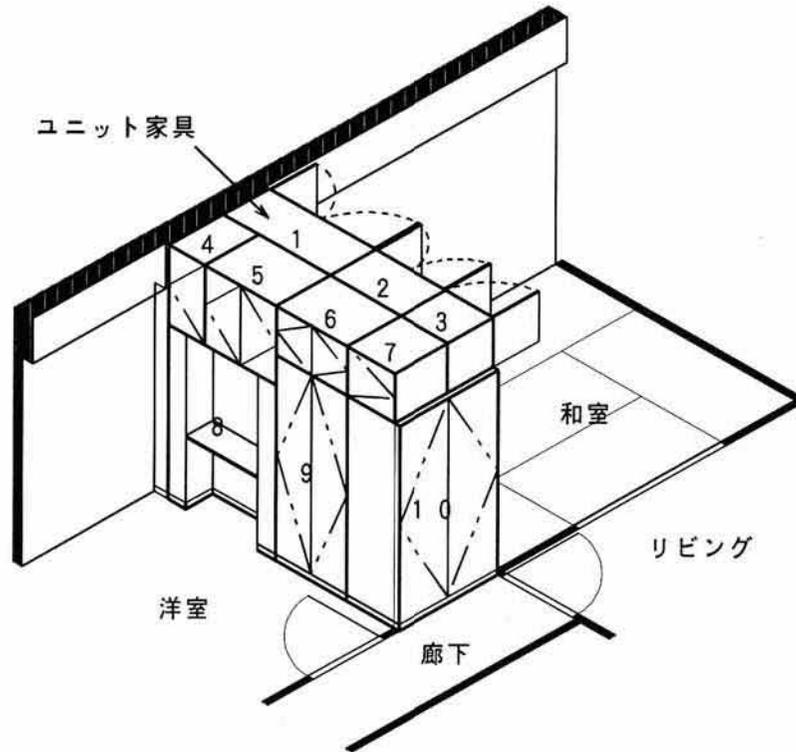
2. LAVITA（ラヴィータ）（実用新案特許出願中）

従来、共同住宅の収納スペースは建設現場で木製や軽量鉄骨の軸組を組み込んで作り付けていました。日本国土開発は、工場生産された家具を設置することで、家具が間仕切り壁を兼用することのできるシステム、LAVITA（ラヴィータ）を開発しました。これによって、軸組を省略したうえ、部屋と部屋、部屋と廊下の間仕切り壁も必要とせず、また、製品を設置するだけで簡単に部屋を作ることが可能となりました。

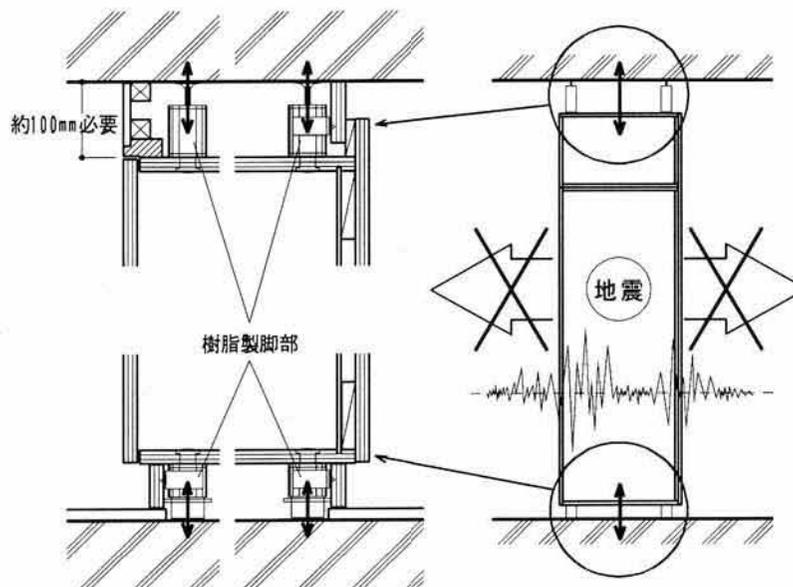
〔特徴〕

- 安定した品質で、早く内装工事を行うことのできるため、工期短縮につながります。
- 設置には熟練工を必要とせず、省力化、コストダウンに寄与します。

- 家具裏面に直接「石膏ボード」を張ることによって、あるいは家具自体が間仕切り壁となることによって、間仕切り壁を必要とせず、スペースの有効利用が可能です。
- 家具の高さを天井までとすることで、収納力を大幅にアップさせます。
- 改修の際にも、すでに組んであるユニット家具の組み替えをするだけで、簡単に間取りの変更ができます。
- ユニット家具は、樹脂製の脚部により上下スラブ間で建物に固定されるため、地震時でも転倒しません。



LAVITAの概要



LAVITAの取り付け部概略図

3. 設備の耐震対応設計

現在、設備関連の耐震対応は、1981年の新耐震設計法の施工にともなう「建築設備耐震設計施工指針」に基づいて行われていますが、実際には、水槽類の強度チェックやホーラー等の機器のアンカボルト強度計算のチェックについて行政の指導がなされている程度であり、配管に関しては、設計監理者や施工管理者の判断に任されているのが現状です。ところが、兵庫県南部地震では、建物の設備面でも機器の転倒、配管の破損、ケーブルの断線など、予想を超える被害が発生し、設備関連の耐震性能についても、急激に関心が高まってきています。

日本国土開発では、今回の地震の被害調査をふまえ、これまでの豊富な住宅建設の実績をもとに、耐震安全性を十分に考慮した各種の設備の耐震対応設計を留意いたしました。

〔設備の耐震対応設計のメニュー〕

設備関連の耐震対応設計のメニューの以下の通りとなりますが、これらを個々の条件に応じて組み合わせることによって、様々な状況に対応できる、高品質な建物の建設が可能です。

- ① 配管類の耐震施工要領図の添付
- ② 樹脂製配管ヘッダー工法〔架橋ポリエチレン管、ポリブテン管〕
- ③ オール電化マンション〔深夜電力電気温水器＋ヒートポンプ給湯機＋電気ヒータ〕
- ④ バックアップ付給水ポンプシステム〔エンジン付ポンプ〕
- ⑤ 震災対応予備受水槽システム〔床下ピット利用〕
- ⑥ 免震配管工法〔可動キャスター付台座＋可動吊り支持工法〕
- ⑦ オール外部排水立管工法〔共用PSから配管修理・更新対応〕
- ⑧ 都市ガス、LPガス兼用配管システム〔LPG切替対応〕
- ⑨ 給水ポンプ感震遮断システム〔感震装置付ポンプ〕
- ⑩ 非常用発電機の採用〔防災設備＋共用設備〕
- ⑪ CGS（コ・ジェネレーションシステム）の採用〔常用自家発電設備＋給湯中央式供給システム〕
- ⑫ 非常時用井戸設備の設置〔JDCラジアルウェル〕
- ⑬ 移動式動力ポンプの設置
- ⑭ キッチン用自動消化システム
- ⑮ 住戸用自火報システム
- ⑯ ガス漏れ警報システム
- ⑰ 水漏れ警報システム
- ⑱ 避難用ヘリコプターホバリング設備
- ⑲ 給水主管可とう継手工法〔ボールジョイント、ビクトリックジョイント〕
- ⑳ 排水再利用循環システム〔便所の洗浄水〕

日本国土開発 株式会社

本 社 東京都港区赤坂4-9-9 〒107 TEL(03)3403-3311代

西日本支社 大阪市西区西本町1-10-10 西本町全日空ビル 〒550
TEL(06)533-0666代

東京支店 東京都港区赤坂4-9-17 赤坂第一ビル 〒107
TEL(03)3403-3151代

横浜支店 横浜市中区花咲町2-65-6 関内不動産MM21ビル 〒231
TEL(045)253-0791代

東関東支店 千葉市中央区富士見2-22-2 千葉中央駅前ビル 〒260
TEL(043)227-2039代

仙台支店 仙台市青葉区中央1-2-2 三信ビル 〒980
TEL(022)262-2101代

札幌支店 札幌市中央区北二条西4-2 三井ビル別館 〒060
TEL(011)281-2041代

名古屋支店 名古屋市東区白壁1-45 白壁ビル 〒461
TEL(052)971-8131代

大阪支店 大阪市西区西本町1-10-10 西本町全日空ビル 〒550
TEL(06)538-7351代

神戸支店 兵庫県神戸市中央区元町通5-1-8 〒650
TEL(078)362-5303代

四国支店 高松市古新町6-7 第2ミタケビル 〒760
TEL(0878)51-3825代

広島支店 広島市中区紙屋町1-2-22 第1広電ビル 〒730
TEL(082)248-0571代

九州支店 福岡市博多区上呉服町10-1 博多三井ビル 〒812
TEL(092)281-2666代

技術開発研究所 神奈川県愛甲郡愛川町中津4036-1 〒243-03
TEL(0462)85-3339代

問合せ先 本社技術本部 鈴木、松野
TEL(03)5410-5800