

7.1 調査目的及び概要

都市圏で起きる地震被害は、建物機能の停止が複合して都市機能の停止に結びつき被害を一層拡大するという特徴がある。これらの建物機能の停止は、構造躯体の損傷と同レベルあるいはそれ以上に二次部材の損傷によってもたらされていることが今回の震災で見られた。同様な傾向は宮城県沖地震（1978.6、M7.4）でも見受けられた。このときは学協会を中心に組織的な調査が行われ、その成果は次のような耐震設計指針・マニュアルの刊行に反映された。

- ・帳壁耐震工法マニュアル（1979）¹⁾
- ・非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領（1985）²⁾
- ・建築非構造部材の耐震設計指針（1987）³⁾

また、システム天井等は震災毎にメーカーの努力によって部材の耐震性の向上が行われてきた。しかしながら、今回の地震でも数多くの二次部材の損傷による事故が発生しており、今後も建物機能の重要度に応じた耐震設計が必要であり、二次部材の耐震調査が重要であることが再認識された。

本調査は、内外装二次部材の取り付け状況とその被害の関連を明らかにすることを目的として実施した。調査概要を下記に示す。

調査日：1995年2月22日～23日

調査地域：神戸市中央区（元町・三ノ宮中心）

調査対象：躯体被害が少ない建物の外装

鹿島施工建物は内装も対象とした

調査方法：目視による被害状況調査

鹿島施工建物は現場担当者からヒアリング

今回は調査件数・部材に限られ、結論的な成果は得られていないが、今後、学協会の情報・メーカーからのヒアリングを整理し、より完成したものにまとめ上げる。

7.2 特定建物の震災被害状況

鹿島施工建物の現場責任者からのヒアリング結果を整理する。

- ◆建物A 地上12階・地下2階建、SRC造・RC造、竣工：1970年
外壁：タイル現場張り、サッシ-ガラス取合い部：4辺パテ止め
(被害状況) 躯体の著しい損傷はなし。妻側に打継ぎ面に沿った剪断ひび割れが発生、その周囲の外壁タイルがタイル-張付けモルタル間で剥離。開口の隅部や柱型端部付近で浮き発生。外壁ガラス370枚が破損。

- ◆建物B 高層棟：地上36階建、S造、竣工：1994年
低層棟：地上5階建、RC造、竣工：同上
外壁：タイル打込みPCカーテンウォール
サッシ-ガラス取合い部：4辺シリコン系シール止め
(被害状況) 躯体の損傷はなし。エキスパンションジョイント周辺の仕上材、特に、正面玄関横のインド砂岩及び高層棟-低層棟連結部分のタイルが破損。2階ロビーの非構造壁（ブロック積み）に剪断ひび割れが発生、表面の仕上材が大きく破損。内装天井及び壁面のボードの剥落・取合い部の目すき等がいたるところで見受けられた。

- ◆建物C 地上26階建、S造・SRC造・RC造、竣工：1969年
外壁：メタルカーテンウォール
サッシ-ガラス取合い部：4辺ポリサルファイド系シール止め
(被害状況) 躯体の損傷はなし。階段室のALCパネル（ロッキング方式）は隅部分が破損。外壁ガラス86枚が破損、内7枚が大破。大部分はコーナーでひび割れが発生した程度。大破したガラスは地震による建物の層間変形で破壊したのではなく、窓際に置いてあった花瓶等がぶつかったため。

- ◆建物D 地上32階・地下2階建、S造・SRC造・RC造、竣工：1993年
外壁：ガラスカーテンウォール
サッシ-ガラス取合い部：2辺シリコン系ガスケット止め
(被害状況) 躯体の損傷はなし。32階の天井が破損・落下、スプリンクラーが故障。外壁ガラスの被害は一切無し。

7.3 内外装部材別の震災被害状況とその特徴

7.3.1 ガラス

兵庫県南部地震は表7.3-1に示すように戦後最悪の人的被害を記録した。これは今回の地震が大規模な直下型であることに加えて、人工及び都市機能が集中した都市圏で起こったのが理由である。しかし、唯一幸いであったのは早朝の通勤時間前であったことであろう。もしこれが通勤時間であったなら、頭上から降り注ぐガラスによる被害者数が激増したと云っても過言ではないであろう。

表7.3-1 兵庫県南部地震被害状況

死者	5,378人
負傷者	2人
行方不明者	34,626人
家屋全半壊	159,544棟
火災数	531件
瓦礫の推量	1,100万トン

(2/16現在、各府県警・消防庁調べ)

建物Aと建物Cはほぼ同じ時期に施工されたが、ガラスの破壊状況が全く対称的である。経過年数や周辺環境の影響がほぼ同じにもかかわらず建物Aのガラスの被害が大きかったのは、パテ止めに原因がある。パテ止めは最も歴史の古いガラスの取付工法であり、昭和30年代までは主流をなす工法であったが、長い年月を経てパテの硬化が進み、変形の吸収が出来なくなったものと考えられる。建物Aと同じパテ止めの建物のガラスの破損が神戸市内で数多くみられた(写真7.3-1、2)。また、建築研究所が宮城県沖地震の時に実施した調査でも、破損ガラス331枚中328枚はパテ止めであったと報告されている(図7.3-1)⁴⁾。現在では、建設省告示第109号により、1978年以降の新築建物では網入り板ガラスの場合を除いてパテの使用が禁止されている。



図7.3-1 仙台市・大船渡市での現地調査(建物12棟)

破損ガラス総数の内訳⁴⁾

パテ止めと異なりカーテンウォール方式の建物ではガラスの破損はなく、中間階が圧壊した建物でもその階以外のカーテンウォールのガラスは破損していなかった（写真7.3-3）。

全般的に、平部よりもコーナー部付近のガラス（写真7.3-4）、又、1階ショールームの大型ガラスの破損が多い傾向が認められた。

7.3.2 タイル

建物Aは妻側の打継ぎ面に沿って水平なひび割れが発生しており、その周囲のタイルが剝離していた（写真7.3-5）。建物Aと同様なタイル剝離は神戸市内に数多くあり（写真7.3-6）、外壁タイル仕上げの建物で剪断ひび割れが生じた周辺のタイルは必ず剝離・落下している。JASS19「陶磁器質タイル張り工事」では、タイル面の伸縮目地を下地モルタルの伸縮目地と一致させ縦横3～4m毎（10m²以内）に設ける⁵⁾こととしているが、今回の地震のような大きな変形は伸縮目地では吸収することが出来なかったものと考えられる。また、剝離は生じておらず一見健全に見える部分も打診してみると浮きが確認された。柱型の隅部分や開口部周りが特に浮きが多かった。

地震の影響でなく経年変化によりタイルが剝離した場合、下地モルタルと躯体コンクリートとの界面（図7.3-2中の①）で生じる例が多く、下地モルタルの接着不良が原因となる。写真7.3-5では、剪断ひび割れの周囲のタイルが張付モルタルとの界面（図7.3-2中の②）で剝離しており、他の建物でも同様な剝離が見受けられた（写真7.3-7）。界面②でのタイルの剝離は、タイル自身の接着力が不足していたためか、あるいは地震時特有の現象の可能性か、より詳細な調査が行われることが望まれる。

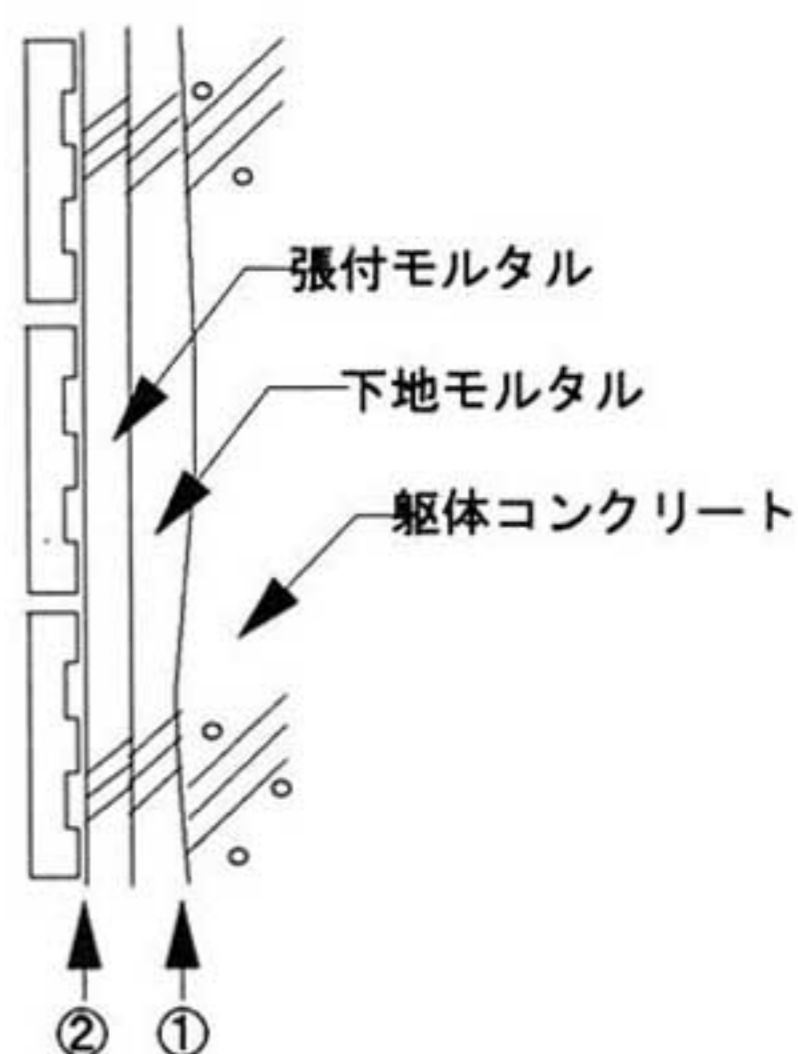


図7.3-2 タイルの剝離断面

タイルは張付工法によって被害状況の傾向に違いが見られた。ちなみに先に延べた建物Aや写真7.3-6、7は現場後張りである。タイル打込みPCカーテンウォールの場合、PC版に剪断ひび割れが生じれば現場後張りと同様に著しくタイルが破損したが、目地部やファスナー部で地震時の揺れを吸収できたならひび割れ程度の軽微な被害（写真7.3-8）で済んでいた。地震後、変形が回復し切れずに目地がずれたままの建物もあった（写真7.3-9）。ラスシートモルタルタイル張りの場合、ラスシート自身が脱落しているものが多かった（写真7.3-10）。今後、統計的な調査を実施すれば張付工法と被害状況の関係を明らかにすることも可能であろう。

7.3.3 天井材

宮城県沖地震（1978年）では天井材の落下による被害が数多く報告された。このあと日本建築学会や建設省から耐震設計指針²⁾³⁾が刊行され、これらの中で天井材についても細部に渡っての対策が示された。また、システム天井については、大手天井材メーカーがこれらの指針も踏まえて自社耐震設計指針を作成し、より安全な天井材・工法の開発・設計・施工を進めてきた。建設省・日本建築学会・大手天井材メーカーの耐震設計指針の概要を表7.3-2に示す。しかしながら、これらの努力にもかかわらず、今回の地震で天井材の被害を完全に防止することは出来なかった。

建物Bではスプリンクラー等の設備機器が天井材を突き抜いて破壊した（写真7.3-11）。上述の各種耐震設計指針では、天井材は壁・柱面と縁を切り、これらの挙動や外力が伝わらないよう指導してある。しかし、今回の地震のように縦方向の挙動に対しての指導はされていない。また、設備機器の取付金物も自重の他に地震時の外力も考慮して設計されていたが、今回の地震の加速度は設計の基準を越えていた。その結果、建物Bのような設備機器の突き抜け破壊や、建物Dのような天井材の落下が生じたものと考えられる。

表7.3-2 建設省・日本建築学会・大手天井材メーカーの耐震設計指針の概要

指針名	建築非構造部材の耐震設計指針	非構造部材の耐震設計指針・同解説	大手天井材メーカー設計指針
監修	建設大臣官房官庁営繕部	日本建築学会	大手天井材メーカー
吊りボルト 吊りボルトの間隔	1,000×1,650mm (グリッドタイプでは1,000×1,800mm) 以内	φ9mm以上の鉄筋を1,000～1,500mm間隔に設け、長さは1,200mmを限度とする。	φ9mm以上のものを使用、吊りピッチは1,600mm以下。他の用途と兼用しない。
野縁・野縁受けの間隔	—————	C-38×12×1.2以上の部材を用い間隔1,500mm以下の格子組とする。	C-38×12×1.2を使用し、Cチャンネルピッチは1,400mm以下。
Tバー・Lバーの間隔	モジュールによる (グリッドタイプでは600×1,800mmを標準)	—————	1,400×1,600mm以下。
天井端部との納まり	天井と廻り縁は固定せず、天井端部は吊りボルトで吊る。	天井端部と壁・柱面との間に25mm以上の間隔を開ける。	—————
壁面との取合い	最外部の吊りボルトは端部より600mm以内に設ける。	—————	壁と直交するTバーは壁から150mm以内にCチャンネルを渡して吊り下げる。壁と直交するCチャンネルは壁と10mm程度のクリアランスをとる。
点検口及び照明器具	落下防止金具の使用。照明器具はTバーの頭部に堅結。	点検口パネル枠とTバーとをアクセスタイプの引掛け金物で固定する。照明器具をTバーと分離防止金具で固定し、床スラブ・野縁受け等から鎖・ボルトで吊る。	固定用点検口バーに可動用点検口バーを引掛ける。照明器具は浮き上がり防止パネ・ビスでTバーに取り付けるか、ワイヤーで吊りボルト又はCチャンネルに取り付ける。
ふところの大きな天井への対応	天井固有周期との共振の可能性を調べる。共振の可能性がある場合、ブレース補強を行う。振止め等を設ける。ふところが1,500mm以上の場合は補強を行う。	—————	天井ふところが1.5m以上の場合、2段にブレース補強を行う。
間仕切のある天井への対応	間仕切からの力を直接受けられないようディテールを調整する。又は上部に溝型鋼等で補強する。活動拠点室に使用する場合、ブレース補強等を行う。	天井端部と間仕切面との間に25mm以上の間隔を開け、壁上部軽鉄下地を筋かいで床スラブ・梁に固定する。	一方向間仕切等、自立性能の低い間仕切が取付く場合、上部に間仕切と直角方向に1,600mm以内にブレースを設ける。
下がり天井への対応	補強用振止めを設ける。	—————	上下の天井がばらばらに動かないよう、ブレースで補強して、上下の天井を一体化する。
ダクト・空調機器との関係	ダクト・空調機器は天井下地と縁を切り、直接床スラブより吊る。又、ダクトについては移動して天井下地に影響を与えないよう適切にブレース補強等の処置をする。	—————	ダクト・空調機器はスラブから直接吊り下げ、振動で天井の吊りボルトに当たらないようブレースで補強する。ダクトは吊りボルトと100mm以上間隔をとる。



写真7.3-1 パテ止めの建物のガラスの破損（その1）



写真7.3-2 パテ止めの建物のガラスの破損（その2）



写真7.3-3 カーテンウォール方式の建物のガラスの破損
中間階は圧壊、その階以外のガラスは被害なし



写真7.3-4 コーナー部付近のガラスの破損



写真7.3-5 剪断ひび割れ周辺のタイルの剝離（その1）



写真7.3-6 剪断ひび割れ周辺のタイルの剝離（その2）



写真7.3-7 躯体コンクリート下地モルタルの界面でのタイルの剝離

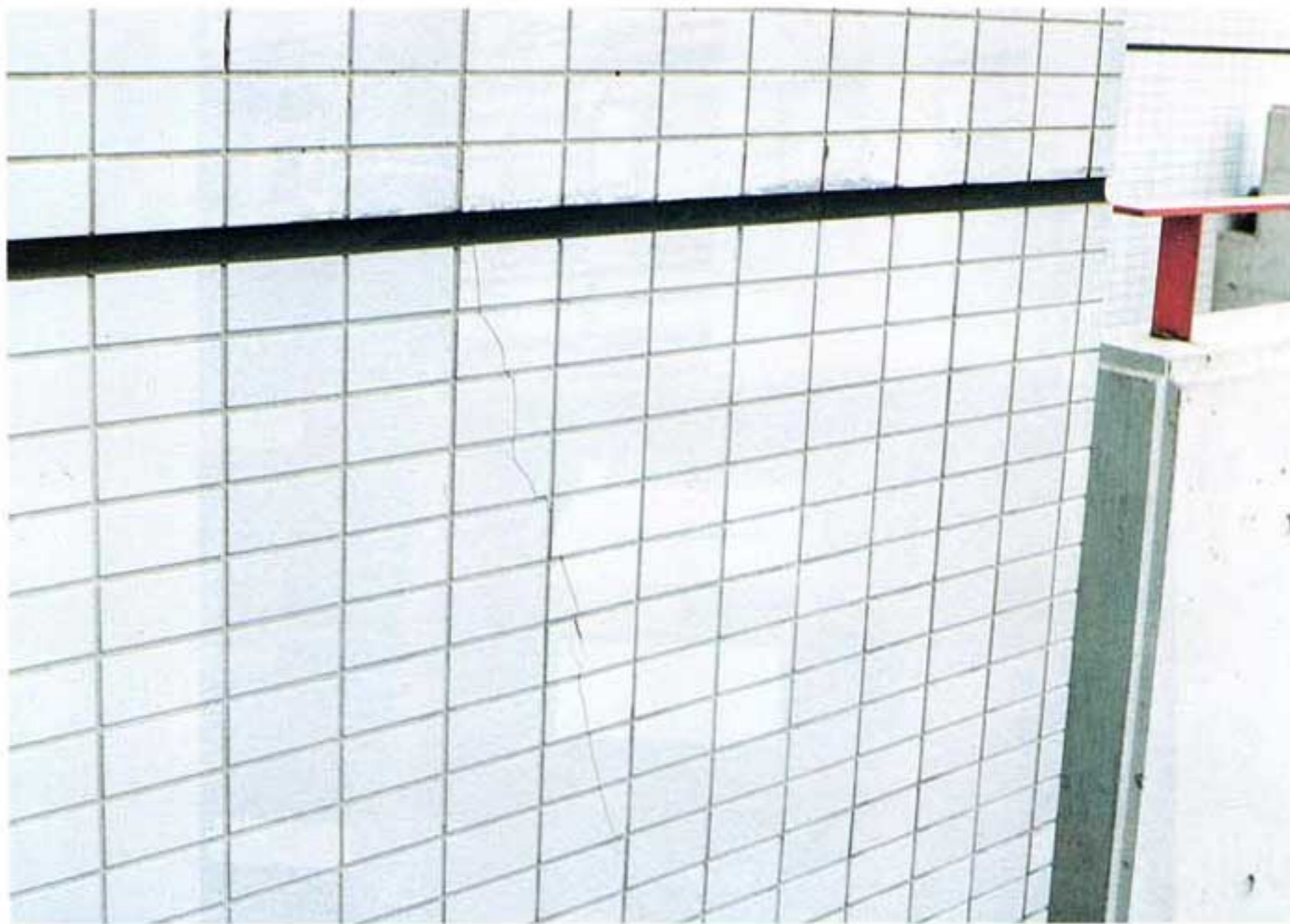


写真7.3-8 タイル打込みPCカーテンウォール
タイルの軽微なひび割れ

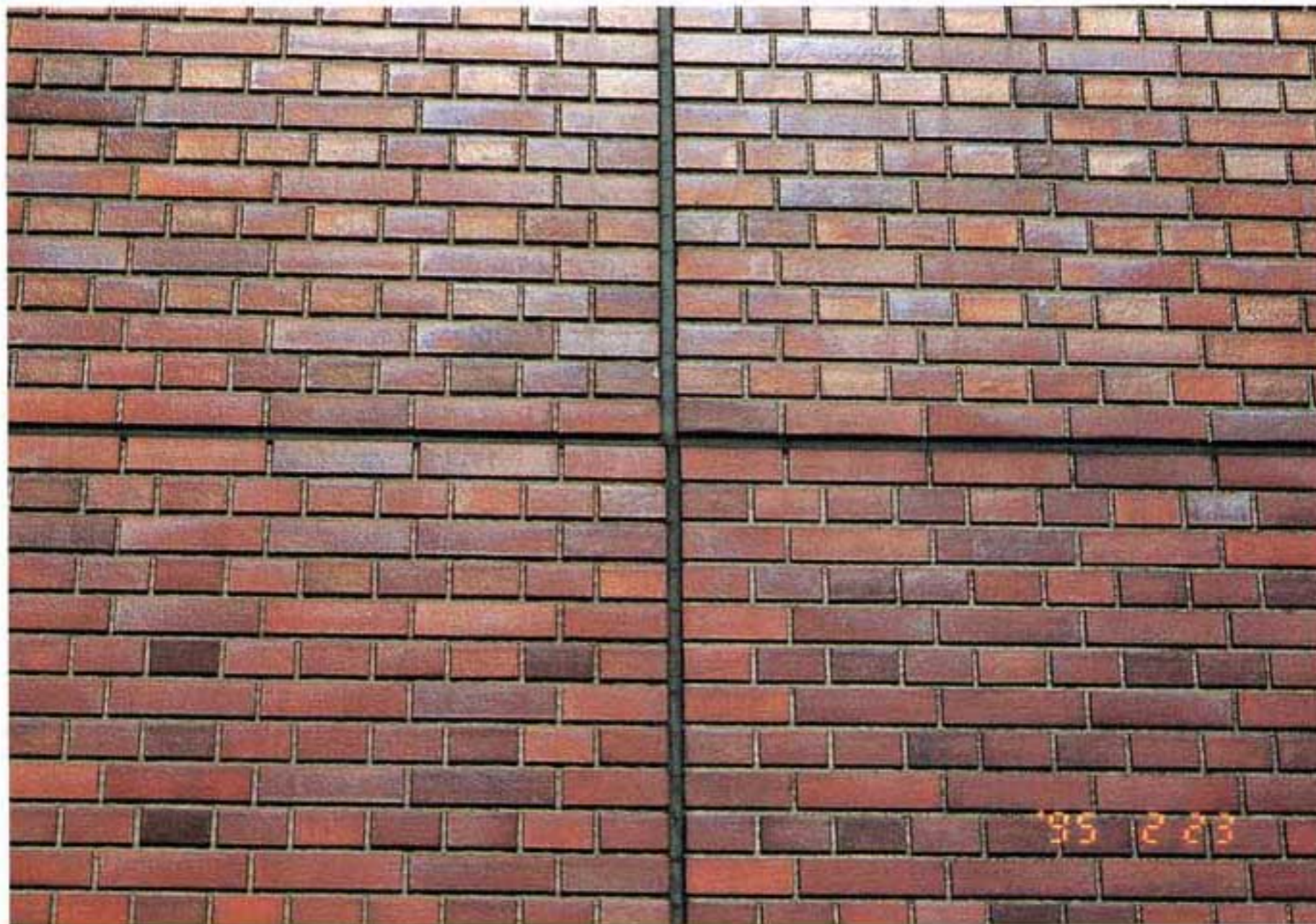


写真7.3-9 タイル打込みPCカーテンウォール、目地のずれ



写真7.3-10 ラスシートモルタルタイル張り、ラスシートの脱落



写真7.3-11 設備機器が突き抜いた天井材の破壊

7.4 被害判定と補修

冒頭で述べたことだが、建物機能の停止は構造躯体の損傷と同レベルあるいはそれ以上に二次部材の損傷によってもたらされ、建物機能の停止は都市機能の停止に結びつき被害を一層拡大させる。よって出来るだけ早い復旧は誰もが望むことである。ここで、建物被害状況を速やかにかつ正確に把握する技術、短時間で建物の安全性を確保し機能を回復する補修技術が必要となる。建物診断及び補修に関する研究は長年に渡り多くの人々によって研究され、数多くの指針が発行されている。耐震性に関する指針としては日本建築防災協会が刊行した

・既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・付解説⁶⁾ 1977年

・外壁タイル張りの耐震診断と安全対策指針・同解説⁷⁾ 1985年

等が代表的である。

いずれの診断指針も1次診断・2次診断・3次診断で構成されている。各診断の概要を表7.4-1に示す。各診断の結果に基づいて「健全」、「より高次の診断を行う」あるいは「補修」を判断するものである。なお、これらの指針に記された方法だけで全ての被害の診断が可能な訳ではなく、状況に応じて専門家による各種、精密な診断も必要である。

表7.4-1 1次診断・2次診断・3次診断の概要

1次診断	設計図書・補修記録の確認、目視観察による診断
2次診断	簡易な機器による診断 ex. シュミットハンマー、タイル打診
3次診断	高度な機器による診断、破壊試験も含む

－ 参考文献 －

- 1) 「帳壁耐震工法マニュアルー金属・ガラス帳壁、PC帳壁、ALC帳壁、ラスモルタル壁ー」日本建築センター、1979年
- 2) 「非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領」日本建築学会、1985年
- 3) 「建築非構造部材の耐震設計指針」建設大臣官房官庁営繕部、1987年
- 4) 「1978年2月20日宮城県沖地震による窓ガラスの破損に関する調査報告」建築研究所、建築研究資料No. 23、1978年
- 5) 「建築工事標準仕様書・同解説19、陶磁器質タイル張り工事」日本建築学会、1991年
- 6) 「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・付解説」日本建築防災協会外壁耐震改修委員会、1977年
- 7) 「外壁タイル張りの耐震診断と安全対策指針・同解説」日本建築防災協会外壁耐震改修委員会、1985年