

阪神・淡路大震災における被災RC造建物の補修例

勝俣 英雄
外園 隆
(本店 建築設計第8部)

1. はじめに

阪神・淡路大震災で多くの建物が被災した。鉄筋コンクリート造の建物では1階ピロティ部の被害や旧設計基準で設計されたために帯筋が少ない柱の被害が目立った。これら被災建物は被害が大きくても、法制上および経済上の理由などを勘案して、補修して使い続けるケースも多いようである。ただし、種々の事情から工事が進行していない場合もある。

この報告では、技術的な面に焦点を絞って、鉄筋コンクリート造/鉄骨鉄筋コンクリート造建物の被害の典型例であるピロティ部の被害を受けた建物の補修・補強例を示す。

2. 建物概要

この建物は地上6階建ての鉄筋コンクリート造集合住宅で、延床面積が約3,000m²である。設計は昭和43年であり、昭和46年に施行された建築基準法施行令の改正(鉄筋コンクリート造柱のせん断補強の強化)以前の建物であり、耐震規定に関して「既存不適格建物」である。神戸市東部の海岸から離れた地域に位置している。

Fig. 1に1階断面図を、Fig. 2に平面図を示す。構造計画上の要点として、1階を駐車場として用いるため、ピロティ形式となっていることが指摘できる。

3. 被災状況と応急被災度判定

震災直後に実施された応急危険度調査により、構造計画上の弱点である1階ピロティ部の柱の1本(3-B通り)が大きな被害(被災度判定基準²⁾では被災度V)を受けていること、仕上げモルタルが一部剥離しており、モルタルが落下するおそれがあること、が明らかになった。

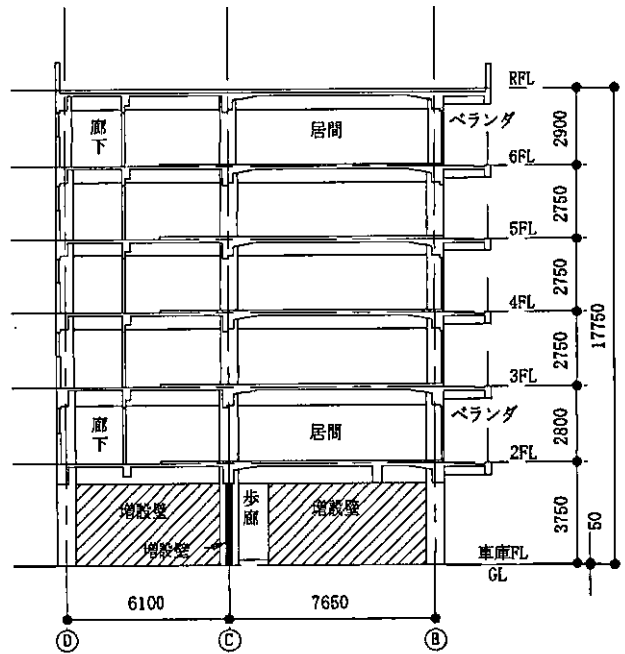


Fig. 1 断面図
Elevated Section

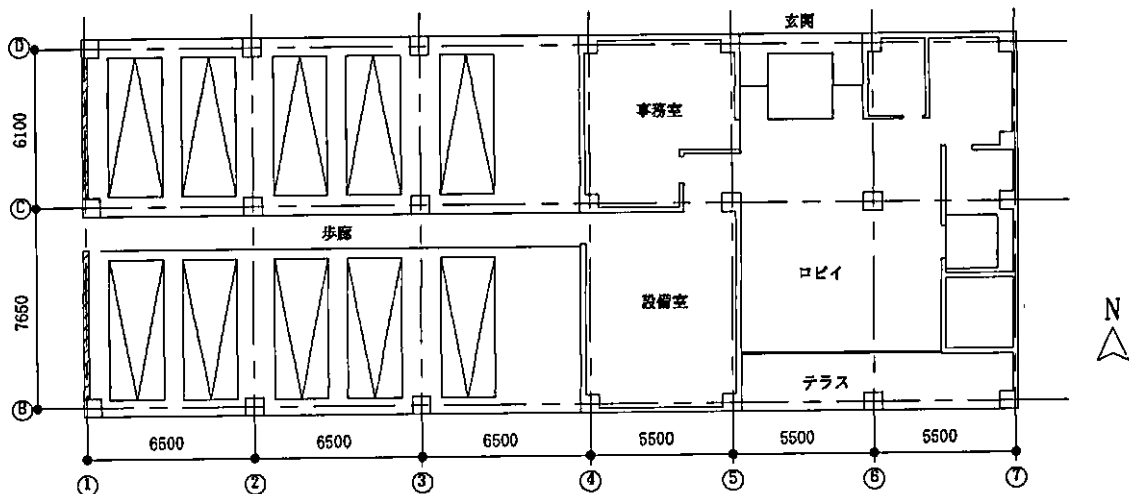


Fig. 2 1階平面図
1F Plan

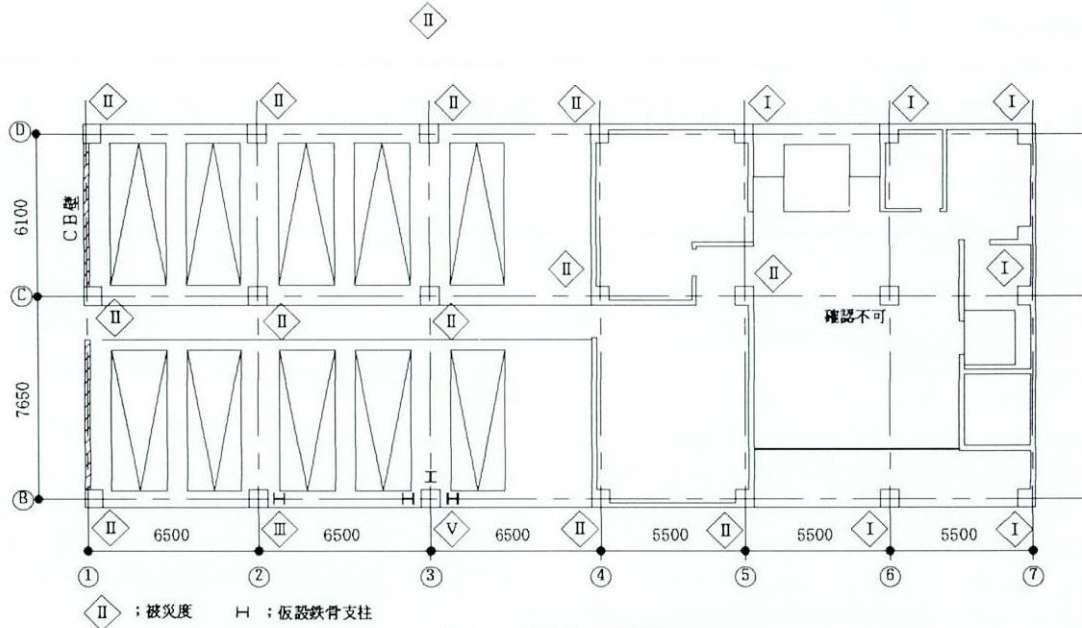


Fig. 3 1階柱の被災度
Damage Degree of 1F Columns

このため、部分的に立ち入り制限を行うとともに、損傷の大きな柱を仮設鉄骨で支持する応急処置を取った (Photo 1)。

その後、構造体の補修・復旧の可否および補修方法を判断することを目的に、より詳細な調査を実施した。調査は建物の傾斜測定、ひび割れ状況の目視調査とした。この結果、建物の傾斜はほとんどなく、1階以外の損傷はほとんどない (例外的に、梁や壁に1mm以下のひび割れが生じていた場合もある) ことがわかった。

損傷が顕著である1階のピロティ部分の被災状況をFig. 3に、典型的な柱の被害 (1-C通り) をPhoto 2に示す。Fig. 3からわかるように、3-B通りの柱を除けば、補修できる程度の被害 (被災度IIまたはIII) であると判断された。3-B通りの柱は柱主筋が露出して座屈しており、被災度はVと判断された。しかし、3-B通り近傍の床は沈下・傾斜は顕著ではなかった。

この結果を基に、被災度判定基準²⁾の被災度区分判定に従ってこの建物の被災度を判定した。この方法は建物の被災度を主要構造部材の被害度合いとその数の積を基に算定するものである。なお、ここで壁に付属した柱の被災度は壁の被災度に等しいとした。判定結果は中破であった。

以上の調査結果と被災度判定から、この建物はさほど規模の大きくない補修工事を実施するだけで、被災前に近い耐力まで復旧できると判断した。また、適切な柱のせん断補強と耐震壁の増設により、現行耐震基準並の耐震性能が得られると考えられた。

4. 補修・補強の方針と方法

原則として、被災度の小さな部位の補修はエポキシ樹脂注入によった。この方法は部材剛性は被災前ほどには回復しないが、耐力は被災前と同等またはそれ以上にな



Photo 1 1階③-B柱の破損状況と仮設鉄骨支柱
Damage and Steel Support of ③-B Column on 1F

ることがわかっている³⁾。第2の原則として、部屋の機能や経済性が許す範囲で補強工事を行った。

2階以上の被災状況は、上述のように、部分的にひび割れがみられる程度であった。そこで、可能な限り、エポキシ樹脂注入による補修を行った。設計年が古い (昭和43年) こともあって、耐震性能を向上させる補強を実施することも、一旦は考えられた。しかし、工期および工費、工事中の一時移転などの不都合を考慮すると、建築主との協議の結果、補強せずに、補修のみにとどめることにした。

1階の補修・補強の概要をFig. 4に示す。

1階の柱の内、被災度がVの3-B通りの柱は損傷コ



Photo 2 1階①-C柱せん断ひび割れ
Shear Crack of ①-C Column

ンクリートを一旦、取り除いてコンクリートを打設し直すこととした。このとき同時に、せん断補強筋を増やしてせん断耐力、主筋の拘束、および靱性能を向上させる補強とした。

1階の柱の内、被災度がⅡまたはⅢのものは、ひび割れをエポキシ樹脂注入によって補修し、さらにせん断補強として炭素繊維を巻き付けること⁴⁾とした。この工法を採用した理由を以下に示す。

- 1) 炭素繊維補強は軽量であり、施工性に優れ、既存建物内部といった狭隘な場所では顕著にその優位性が発揮される。その分、他の工法よりコストの低減も可能である。
- 2) 柱の増し打ち補強や鋼板補強に比べると、柱の断面積・重量の増加や剛性の変化が押さえられる。
- 3) 炭素繊維補強はその作業工程が単純なために、鋼板補強と比べてより細かい品質管理が可能である。
- 4) 無溶接工法なので、既存建物を使いながらの施工でも、火災の心配がない。そのため、火気監視のコストが不要となる。

なお、炭素繊維巻き付け工法について大林組は(財)日本建築防災協会から技術評価を受けている。炭素繊維という土木建築分野ではなじみがない素材を使うのであるが、設計・施工に関する技術は既に確立されている。

さらに、ピロティ形式の1階に損傷が集中したことを考慮して、駐車場としての機能を多少は犠牲にしても壁を増設すること⁵⁾によって、水平保有耐力の増大を計ることとした。これによって、ピロティという構造計画上の弱点を解消することが可能であり、耐震性能を効率的に向上できると判断し、建築主の了解の基に壁増設案を実施した。

補強効果を、ここでは実務上、慣れている現行の耐震規

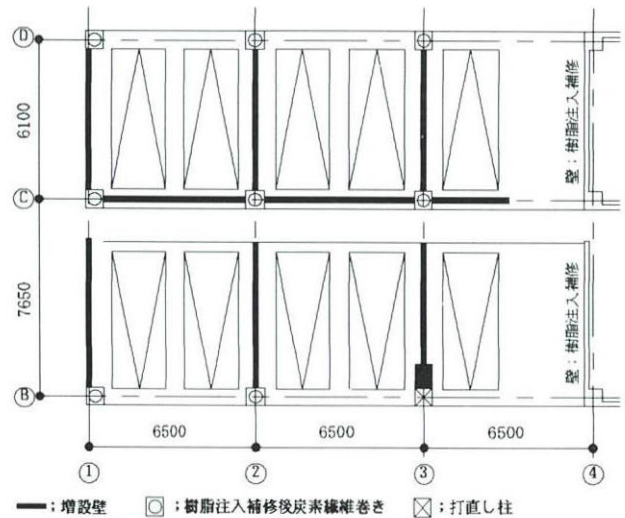


Fig. 4 1階補修・補強工事
Repair and Strengthening Work on 1F

定の保有水平耐力の大きさに判断した。なお、既存建物の補強では耐震診断基準⁵⁾によって耐震性を検討することが多い。補強によって保有水平耐力 Q_u と必要保有水平耐力 Q_{un} の比が、1階で、東西(長辺)方向では0.75から0.93へ、南北(短辺)方向で0.95から1.15へ向上した。

5. 補強工事の施工

この建物の炭素繊維巻き付けでは、手作業による炭素繊維シート巻き付け工法と専用巻き付け機械による炭素繊維ストランド巻き付け工法(Photo 3)を併用した。施工条件に応じてこれらを使い分けた。施工手順を以下に示す。

- 1) 既存仕上げモルタルの撤去
- 2) 柱コンクリートの表面けれん、出隅コーナー面取り(R 30以上)
- 3) 柱コンクリートひび割れへの樹脂注入補修
- 4) 下地不陸調整・プライマー塗布
- 5) 炭素繊維巻き付け
- 6) メタルラスまたは立体編み目不織布の貼り付けおよびモルタル仕上げ

一方、コンクリート壁の増設は、炭素繊維巻き付けの工程5)が終了した後に実施した。施工に当たっては文献5)を参考にした。なお、3通りB~C間の壁の増設に当たっては、安全性を考慮して応急軸力支持の仮設鉄骨を包み込むようにした。

壁の増設を完了した後、3-B通り柱の補修・補強工事を実施した。まず、仮設鉄骨を念のため増設しておき、既存躯体コンクリートをはつり取った。はつり工事においては常に直上の2階床のレベル測定を実施し、異常のないことを確認し、工事を進めた。その後、鉄筋・型枠の工

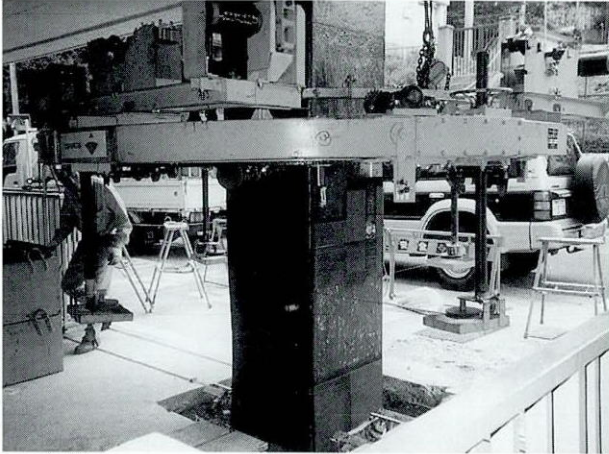


Photo 3 巻き付け機による炭素繊維巻き付け
Carbon Fiber Winding by a Winding Machine



Photo 4 補修・補強工事完了
Completion of Repair and Strengthening Work

事を行い、コンクリートを打設した。

補強後の状況を Photo 4 に示す。

6. まとめ

鉄筋コンクリート造被災建物の補修事例として、ピロティ部を主に補修補強した事例を示した。補強後はほぼ現行基準並の耐震性が得られた。補修としてエポキシ樹脂注入工法を採用し、補強として柱の炭素繊維巻き付けとコンクリート打ち直し、および耐震壁の増設を行った。

なお、この補修工事は意匠的な補修工事を含めて約3カ月の工期で実施した。詳細調査の開始から、補修・補強計画の提案・施工まで建築主の理解と協力のおかげで非常に順調であった。震災復旧工事としては速い方であろう。

参考文献

1) 大林組技術研究所：平成7年（1995年）兵庫県南部

地震被害調査報告書、大林組技術研究所報、（1995）

- 2) 日本建築防災協会：震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針（鉄筋コンクリート造編）、（1991）
- 3) 田才，他：鉄筋コンクリート造曲げ部材の補修後の耐力に関する研究，コンクリート工学年次講演会論文集 Vol.7，（1985）
- 4) 小島，他：炭素繊維による既存RC構造物の耐震補強工法の開発，日本建築学会技術報告集，Vol.2，（1996.3）
- 5) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説・同耐震改修設計指針・同解説改訂版，（1990）
- 6) 日本コンクリート工学協会：既存鉄筋コンクリート構造物の耐震補強ハンドブック，（1985）