

PC技術による建築物の耐震補強

小山内 裕*

1. はじめに

1995年1月、兵庫県南部地震が発生した。神戸市長田町を中心に大規模火災が発生し、多くの人の命を奪った火災の映像は記憶から消えることはない。この震災で、最終的に6500人を超える人々が尊い命を失った。その多くは家屋の倒壊による窒息や圧死だという。このときから、地震時の建物の安全性について社会一般の強い眼差しが向けられはじめた。

同年10月建築物の耐震改修の促進に関する法律(耐震改修促進法)が制定された。これにより、1981年に施行された新耐震設計法に規定される耐震性能を満足しない建物については、既存不適格建物として耐震改修を行うよう努力することが義務づけられた。

バブルをはじめ、新規の資本投入額が減少した現在、建物は、生命の安全を確保するための改修が行われ、維持保存されて継続使用可能な社会資本のストックとして再認識されている。耐震改修の技術は建物の寿命を延ばす手法として時代の必需品となった。

本論では、耐震改修を必要とする建物の状況や耐震改修に関する助成制度およびプレストレストコンクリート(以下、PC)技術による耐震改修方法を紹介する。

2. 耐震改修の現状

耐震改修対象の現状を「1999年3月建設省住宅局建築物防災対策室調べ」に基づき紹介する。

全国の既存不適格建物は2370万棟に上り、そのうち木造が2000万棟、RC・S造ほかが370万棟である。RC・S造ほかの内訳は、住宅150万棟、特定建築物(事務所、学校、病院など多数の者が利用する一定の建築物)が220万棟となっている。

耐震改修促進法の対象となる特定建築物は17万棟で、耐震診断が行われたものは17%(2万8114棟)であった。耐震診断が行われた建物のうち要改修の建物は52%(1万4642棟)で、そのうち耐震改修実施建物は28%(4118棟)となっ

ていた。診断や改修工事が行われた数値は古いものであり、現在の状態を示していないがお許しいただきたい。

3. 耐震改修に関する助成制度

耐震改修を行うには費用がかかる。しかもこの費用は、新たな利益を生み出すための投資ではないので、改修努力要請は建物のオーナーにはあまり喜ばれない。その負担を軽減すべく助成制度が設けられているので紹介する。

3.1 助成を受けるための条件

助成を受けるためには、以下の条件をクリアしなければならない。

(1) 場所の特定

- ① 市街地総合再生計画の区域であること
- ② 災害対策基本法に基づく地方公共団体の地域防災計画に位置づけられた避難地、避難路または緊急輸送道路に面する区域内の建築物であること
- ③ 人口集中地区(地震防災対策強化地域等の対象地域)

(2) 建物の特徴

- ① 時期：確認申請が昭和56年5月31日以前
- ② 用途：④ 災害時に重要な機能を果たす建築物
⑤ 災害時に多数の者に危険の恐れのある建物
- ③ 規模：敷地面積500m²以上、地上3階以上、耐火・準耐火、延べ面積1000m²以上

(3) 耐震改修促進法の認定

所管行政庁による耐震改修計画の認定を受けること

3.2 助成制度

助成制度は、国と地方公共団体によるものがあるが、国の助成制度が実施されるには地方公共団体の制度が整備されている必要がある。

(1) 耐震診断、耐震改修計画の作成に対する助成

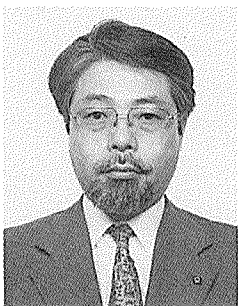
- ① 一般建築物において市街地総合再生基本計画による制度で、国により費用の1/3が助成される。
- ② 住宅の改修建替えに対して住宅産業構造改革事業による制度で、国と地方公共団体がそれぞれ費用の1/3を助成する。

(2) 改修設計事業計画に対する助成

住宅の事業計画に対して耐震型優良建築物等整備事業による国と地方公共団体の制度で、それぞれ1/6を助成する。ただし、管理組合総会において3/4以上の賛成が必要。

(3) 耐震改修工事に対する補助

耐震型優良建築物等整備事業による制度で、民間建物には国と地方公共団体がそれぞれ補助対象事業費(耐震改修工事費の総額の39.7%)の1/6、合計13.2%を助成する。公共建築物は国が補助対象事業費の1/6を助成する。補助対象事業費には限度額がある。コストの高い免震工法では10万円/



* Yutaka OSANAI

オリエンタル建設(株)
大阪支店 建築営業部

m²，一般工法では4万7300円/m²である。

以上は、「建築物の耐震診断・改修に関する助成制度のご紹介」（監修：建設省住宅局建築物防災対策室，（財）日本建築防災協会（平成11年4月発行））をもとにしたものである。また，地方公共団体の制度は地方により整備されている内容が異なるので，各地方公共団体で確認されたい。

4. 耐震補強

耐震補強にはさまざまな種類がある。その性能評価の項目としては初期剛性，最大耐力，変形性能，エネルギー吸収性能などがあり，大略次のように分類できる。

- ① 強度・剛性改善型：建物の耐震強度や水平剛性を改善して保有水平耐力を向上させる方法。耐震壁やブレースの増設などの方法がある。
- ② じん性改善型：鉛直部材の水平変位性能を向上させて，大きな変形に耐えて地震エネルギーを吸収させる方法。垂壁や腰壁にスリットを入れて極短柱を解消したり，脆性柱のせん断耐力を改善して曲げ降伏型にするなどの方法がある。
- ③ 応答制御型：建物と地盤を構造的に絶縁して建物に入力される地震力そのものを制御する免震工法や，建物のエネルギーをダンパーにより吸収して応答変位を制御する制振工法などがある。

改修工事はすでに使用している建物に対する施工であり，改修工法にはさまざまな条件が要求される。

最も大きな条件は費用である。どんなに素晴らしい工法でも費用が合わなければ実現できない。改修により経済活動を中断したり，一定期間住居を移したりすることのない「居ながら施工」は評価が高い。遊休や引越は費用がかかるからである。窓の開口比が小さくなって居住環境が悪化することは，個人の住宅では受け入れられない。一時閉鎖の許されない学校などでは，夏休み中に工事を終えるなど施工期間の制限を受ける。その他，意匠性，重量，騒音粉塵などの多くの問題もあり，工法は条件に応じて適切に選択しなければならない。

5. PC技術による耐震補強例

PCの技術を応用した耐震補強方法は，ここ数年の間に開発が進められ，すでに多数の施工実績がある。ここでは各補強工法の概要，特徴を紹介する。

5.1 PCa ブレース工法

この工法は，プレキャスト（以下，PCa）部材を既設梁にPC鋼棒で圧着してブレースを増設し，設置階の強度および水平剛性を改善するものである。外付けであるため「居ながら施工」が可能で，サッシュの取替えが不要で工期の短いのが特徴である。部材はすべて既存梁に取り付けるため，柱にジベルを打ち込むなどの煩雑さがなく，既存柱に損傷を与えることもない。

施工例を写真-1に示す。この建物は2000年10月6日の鳥取県西部地震により被害を受けた建物（済生会境港総合病院）で，一時非難している入院患者の医療を早急に再開するために急速施工が要求された。工事は同年12月には終了

して，患者の医療を再開することができた。

図-1にPCa ブレースの平面配置，立面配置を示す。PCa ブレースの接合は，下端はモルタルを充填した圧着接合で，上端は2枚の花崗岩の板を介した摩擦制御型圧着接合（図-2）とした。



写真-1 済生会境港総合病院

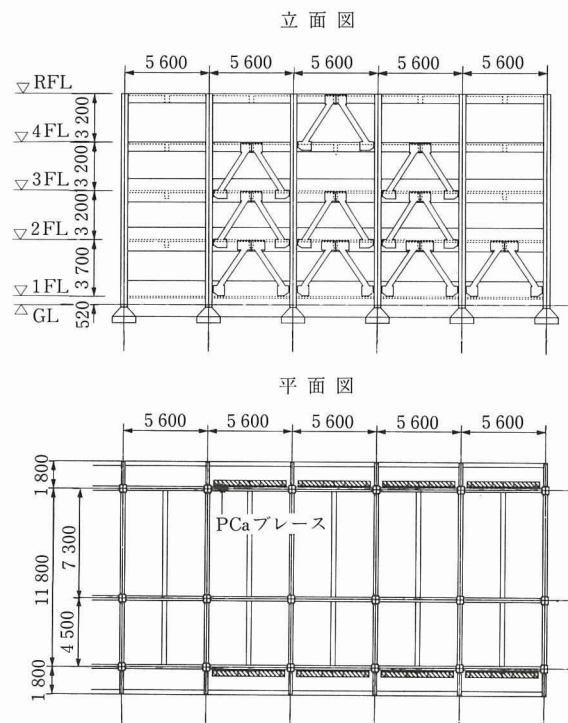


図-1 PCaブレース工法 立面・平面配置図

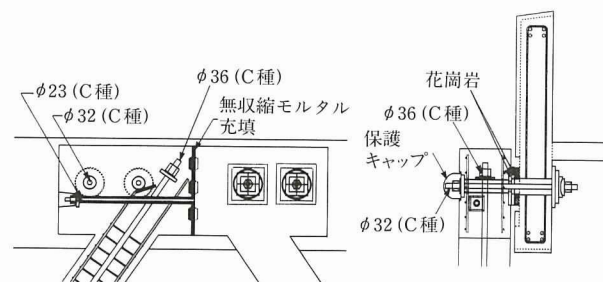


図-2 PCaブレース工法 上端接合部（可動端）詳細図

この接合方法は、作用するせん断力が設計用せん断耐力を超えると、接合部がせん断力を保持したまま2枚の花崗岩板の間で滑り変位を生じて過大な応力の伝達を制御する。ブレースは急激な強度低下を生じやすいが、それを防ぐためにこの接合方法が採用された。ブレースの設計耐力はブレースと既存梁を接合する圧着力と花崗岩間の摩擦係数の積で決まる。

RC部材は引張耐力が小さく、ひび割れが入ると圧縮側部材との剛性のバランスが崩れるので、斜材は高強度コンクリートにプレストレスを導入してひび割れ耐力を改善している。

5.2 外フレーム（ダブルスキン）工法

この工法は、建物から少し離れたところにフレームを新規に建造し、既存建物と新設フレームをスラブやトラスなどで水平力伝達するように結合するもので、新設フレームの水平耐力分が耐力の増加となる。架構の剛性は部材断面に、水平耐力はPC鋼材の断面積と配置で決まる部材の曲げ耐力に依存する。

新設壁の場合、部材が窓を塞ぎ、採光、通風、景観の面で障害となる。またブレースの場合は、部材が窓から見えるが通風採光は確保できる。外フレームではこれらの問題はない。ただし架構を新たに建設するためコストは高くなるが、外観はまったく新しい建物として生まれ変わる。すなわち、耐震補強とファサード建築を兼ねることができる。

写真-2に外フレーム耐震補強の例（京都大学総合人間科学部F号館）を示す。外フレームは1階は石灰岩貼り、2階以上は打込みタイトルのPCa PC造柱梁とした。図-3に平面図、図-4に軸組図を示す。この建物では既存建物と外フレームの距離は1.5m前後である。

外フレーム工法は当初、場所打ち造で施工されていた（東京農工大）が、工期を短縮するためにはPCa化が有効であるとの反省から、京都大学ではPCa PC造となった。

5.3 外付け鉄骨ブレース工法

この工法は比較的歴史が古く、昭和53年には宮城県沖地震で被害を受けた東北工業大学で改修を行うなど、多数の実績がある。耐震改修工事の施工例（都立東大和高校）を写真-3に示す。定着体を既存RC梁にPC鋼材で固定し（図-5）、S造ブレースを定着体にボルトで接合する。斜材は、圧縮部材が座屈する前に引張り側部材が降伏するように、端部にネック部を設けてある。部材はS造であるが、既存建物への取付け方にPCの技術を応用したものである。これらの作業は、建物の外周から取り付けるので工事が容易である。

5.4 PCa 増設壁工法

この工法はPCa PC板を柱梁構面内に設置し、間接接合により既存建物と接合して耐震壁を増設するものである。一般に耐震壁の増設は場所打ちRC造で行われているが、この工法では耐震壁をPCa化して精度の向上を図り、場所打ちコンクリートを極力省略して工期短縮を可能とした。

板は水平方向に分割されて運搬が容易な大きさとし、現場でPC鋼材により一体化される（図-6）。PC板には開口



写真-2 京都大学総合人間科学部

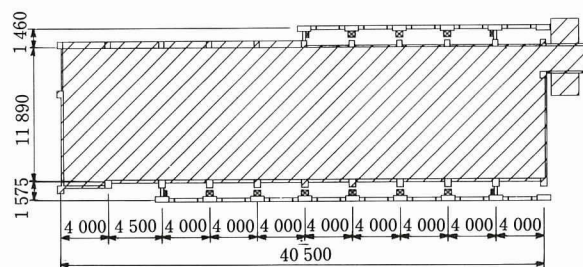


図-3 外フレーム工法 平面配置図

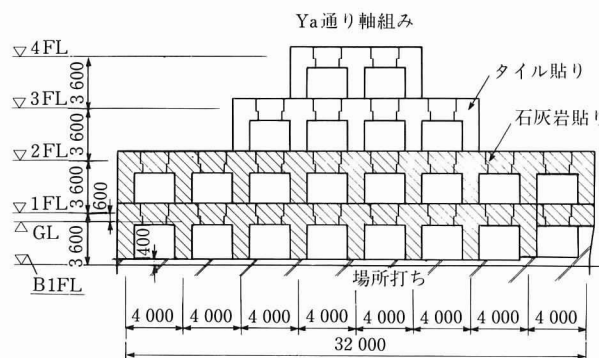


図-4 外フレーム工法 軸組図

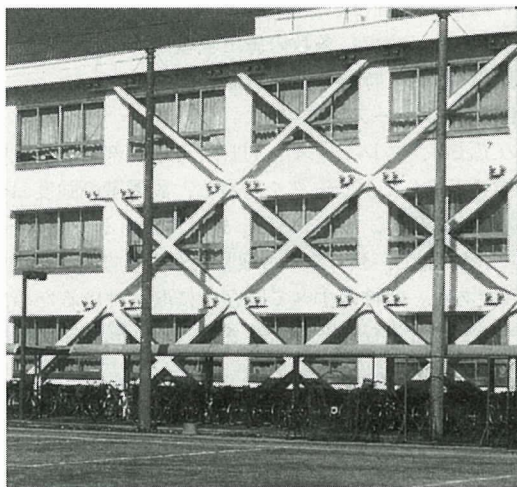


写真-3 都立東大和高校

を設けて通路を確保することができる。取付けは外フレームにも内フレームにも可能である。

施工は以下の手順で行う。まず、取付け部分の仕上げモルタルを除去し、あと施工アンカーを設置する。PCa板を

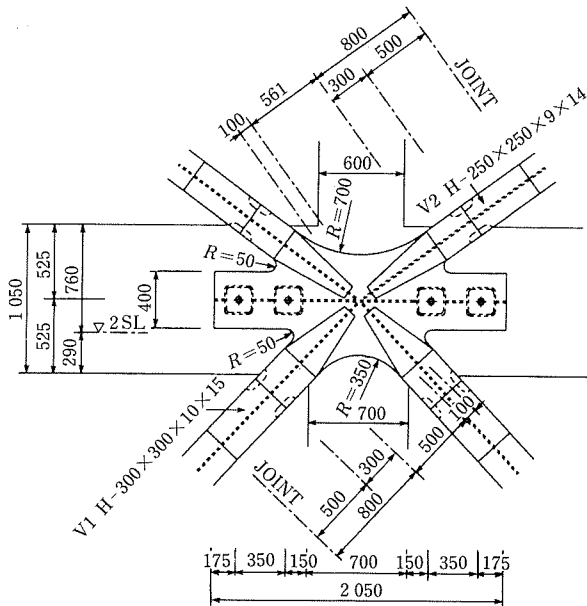


図-5 外付け鉄骨ブレース工法 定着体詳細図

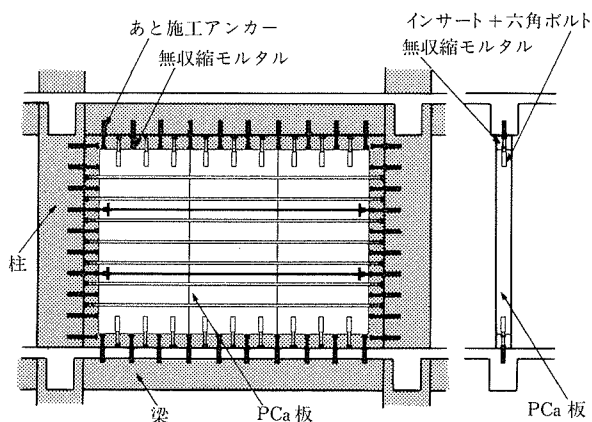


図-6 PCa増設壁工法 概要図

設置し、PC鋼棒で板を一体化する。コンクリート充填部分に横拘束筋を配置し、型枠をセットして無収縮モルタルを充填する。

本工法にはPC鋼棒を用いているが、その目的は分割された板を一体化することであり、構造性能の評価方法はRC造増設壁とほとんど変わらない。

5.5 PCa 添え柱

集合住宅の耐震改修には厳しい条件がある。開口部に耐震部材が現れないこと、作業員が室内に入らず、「居ながら施工」可能なことが必要条件である。したがって柱補強やRC増設壁はもちろん、ブレースの増設による耐震改修方法を採用することはできない。また、ベランダがある建物が多く、部材を取り付けるには施工性が悪い。

本工法は、柱耐力で水平耐力が定まる建物の耐震改修を行うことを目的としたものである。図-7に概念図を示す。

PCaの添え柱を既存柱の外側に設置し、既存梁に圧着している。上下方向には、ベランダスラブに削孔した小径の穴とPCa添え柱内に設けたダクトを貫通してPC鋼材を通し、目地モルタルの強度を確認した後に圧着して一体化する(図-8)。すなわち、ベランダスラブを介して

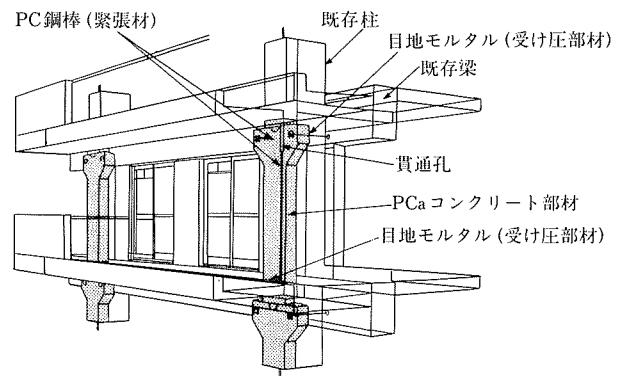


図-7 PCa添え柱 概念図

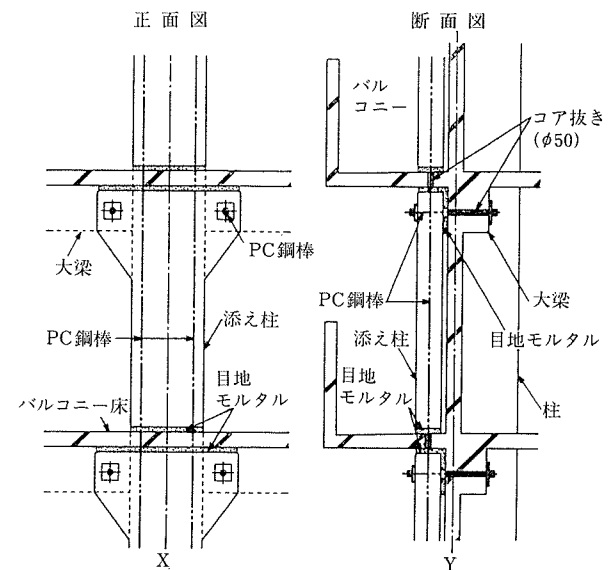


図-8 PCa添え柱 取付け詳細図

一体化されたPCa柱が梁に圧着接合されて、各階の柱梁接合部分で建物と同一水平変位および同一回転変位を生じることにより、生じるせん断力がPCa添え柱の負担水平力となる。構造性能は柱が増加したものとして評価する。

5.6 AC耐震補強工法

既存RC造建物の柱の外周に、PC鋼棒を柱隅角部に設置する金物を介して回周させ、さらに回周させたPC鋼棒に緊張力を導入して柱にあらかじめ材軸方向に直交する方向の圧縮力を与えておくことで、柱のせん断強度・じん性の向上を図る工法である。図-9に施工の概要、図-10に断面図を示す。

本工法ではコンクリートの打設を必要としない。型枠、鉄筋およびコンクリート打設の作業がないため施工は簡便である。また、通常そで壁のある柱の補強は煩雑であるが、本工法は極小径の削孔のみで補強が可能である。

せん断強度の評価方法は、基本的には従来の設計式の延長上でPC鋼棒の効果を累加する方式を採用している。

以上、現時点で入手可能な資料の範囲でPC構造およびPC技術を応用した耐震補強方法を紹介した。これらの中には施工実績のないものもあるが、今後実施されることを期待したい。これらのうちPCaブレース工法、PCa増設壁工法、AC耐震補強工法は、(財)日本建築防災協会の技術評価を取得している。

6. おわりに

PC技術のバックボーンとなるものはPC鋼材やコンクリート等の高強度の材料であろう。しかも、高強度コンクリートは中性化速度が遅く、耐蝕性の低い鋼材を保護して部材全体の耐久性を高いものとしている。今後高耐久建築の要求が高くなり、PC建築は十分にその要求に応え得るものと思う。長寿命の新規建物を建設することも重要であるが、すでに社会資本としてストックされている建築物を改修し、建築物がその役割を果たしていく助力となるには、PCの技術は極めて有効であると思う。

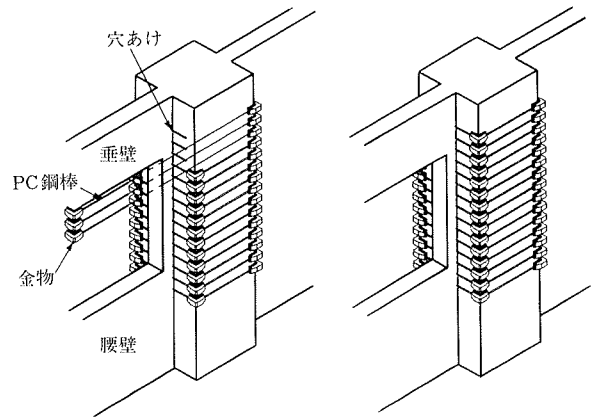


図-9 AC耐震補強工法 施工概要図

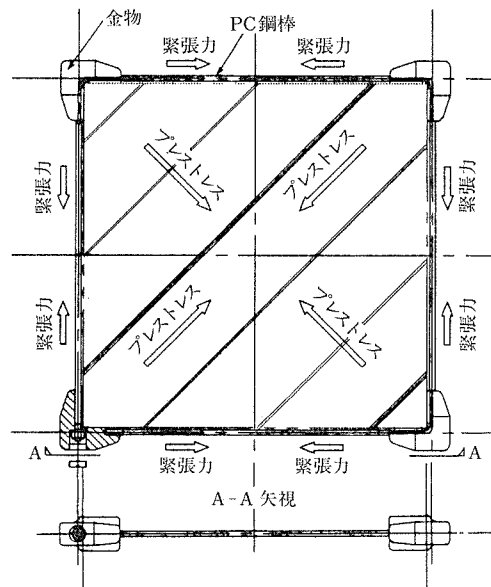


図-10 AC耐震補強工法 断面図

PC建築に携わる者として、今後さらにさまざまなアイデアが具現され、耐震改修の分野でもPC技術が活用され、発展することを願って止まない。

【2001年6月5日受付】