

「既存建物の耐震補強方法—プレキャストコンクリート系耐震補強工法」調査報告（2005.8.31）

（財）建築コスト管理システム研究所
新技術調査検討会

1 はじめに

新耐震設計法以前に建設された既存建物については、早期の耐震点検とその結果に基づく必要な改修を実施する必要がある。特に学校、防災避難施設などの公共施設にはそのニーズが高い。

「官庁施設の総合耐震診断・改修基準」における耐震改修の基本事項は次のとおりである。

- (1) 大地震動に対する耐震改修後の構造体の耐震安全性は、原則として、総合耐震計画基準に示す所要の目標を満足するものとする。
- (2) 耐震改修後の耐震性能は、原則として、この基準に示す耐震診断の方法により評価を行い、大地震動時の変形が過大でないこと及び耐震安全性の目標に応じた性能を保有することを確認する。
- (3) 耐震改修の方法は、上記の目標を達成するために、機能性・施工性及び経済性を考慮して適切な方法を選択する。
- (4) 増設部材及び改修部材の耐震性能は、既存部分との接合方式及び施工の信頼性を考慮して、評価する。
- (5) 増設部材及び改修部材により、既存部分へ悪影響を及ぼすことがないようにする。

この耐震改修の方法としては、多様な工法を紹介しなければならないが、本報告は、建物を使用しながら補強工事が施工可能で、かつ、建物内外を問わず主要部材にプレキャストコンクリートを使用する工法について調査した。

2 調査概要

耐震補強工法について、各社の工法を防災協会防災評価一覧、建築総合試験所性能証明一覧、インターネット等で調べた結果を図1「耐震補強工法分類」に整理した。（なお、分類には、本報告書作成時に把握できた各社固有の工法名のみを記載し、社名と一般的な汎用工法名とを合成した工法名は省略した。）

この分類から、プレキャストコンクリート系の耐震工法のうち4工法を選び、概略形状をスパン5～5.5m 階高（梁下内法）2.8m 施工見付け15㎡程度と想定し、工法概要、特長、20構面を施工するとした場合の工期、1構面あたりの施工費、在来工法との工期・工費の比較、実績等について各社提供データを参考に、在来工法と対比してまとめた。



※ は本調査対象の工法を示す

図1 耐震補強工法分類

3 プレキャストコンクリート系耐震補強工法の特徴

(1) PCa ブロック耐震壁 (3Q-Wall 工法)

a. 概要

既存躯体（柱、梁）の表面にC形鋼やフラットバーを利用した外周鉄骨フレーム（ガイドスチール）を粘性の高い接着剤で固定（接着）し、鉄筋を配筋しながら小型のプレキャストコンクリート（PCa）ブロックを組積した後、PCaブロック内の空洞に高流度のグラウト材を充填して耐震壁（新設壁、増厚壁）や袖壁を構築する工法で「3Q-wall 工法研究会」（代表会社：㈱大林組、加盟：18社、設立：平成15年12月2日）の会員各社が中心となって受注、施工している。

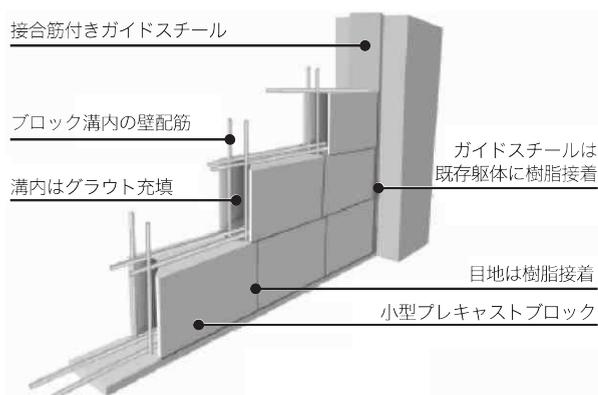
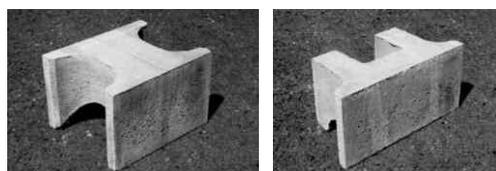


図2 構成概念図

PCaブロックには、
新設壁用（幅300×高さ200×厚さ250mm、300mm）と
増厚壁用（幅400×高さ200×厚さ130mm）の2種類がある。



新設壁用 増厚壁用
写真1 PCaブロック形状

b. 施工性

- 省スペース施工（狭隘な場所での施工）が可能
- 片側からのみの施工が可能（パイプスペース周り、線路際にある鉄道施設など）
- 現場で騒音と振動が発生する作業の削減、平日昼間の作業が可能のため、工期短縮が可能

c. メンテナンス性

3Q-Wallは通常のコングリート構造と同様、メンテナンスフリーである。（コンクリートの乾燥収縮等によるひびわれは生じないため、鉄筋発錆を防御する。）

d. 特長

- 設計のフレキシビリティ（合理的設計）
 - ・耐震壁の新設のほか、既存壁の増厚、袖壁による補強にも対応可能
 - ・新設の耐震壁の壁厚は250mm、300mmのほか、増厚用ブロックで300mm以上どのような寸法にも対応可能
 - ・増厚壁については150mm以上どのような寸法にも対応可能
 - ・窓、ドア等の開口付き耐震壁、大開口付き壁の開口閉鎖に対応可能
 - ・繊維強化プラスチック（FRP）ブロックと組み合わせることにより、採光可能な耐震壁が可能
- 高品質・高信頼性

圧縮強度40N/mm²以上の高強度コンクリートを振圧成形・即時脱型方式で工場生産し、圧縮強度40N/mm²以上の高流度グラウト材と、圧縮強度50N/mm²以上のエポキシ樹脂接着剤を使用しているため、高強度な耐震壁が構築できる。

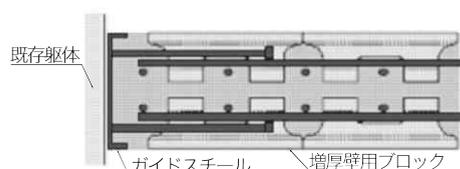


図3 増壁用ブロックによる耐震壁

○ 環境調和性（地球にやさしい工法）

ガイドスチール・PCaブロックの接着剤は、ホルムアルデヒドなどの揮発性有機化合物（VOC）の発生しない製品（F☆☆☆☆登録商品）を使用している。また、ベニヤ型枠の使用を極力抑え、森林保護や廃棄物を削減する。

e. 短所

○ 耐火性

ガイドスチールを既存躯体にエポキシ樹脂系接着剤で固定（貼り付け）しているため、耐火性が求められる場合には耐火被覆等による適切な処置が必要となる。

(2) 格子型ブロック耐震壁（クロスウォール）

a. 概要

格子型ブロック壁は、施工現場での作業を軽減し、開口部を広くとることを目的として大成建設(株)で開発された耐震補強工法である。鋼板を内蔵したPCa部材をそれぞれ斜めに配置してせん断力に抵抗させることを特徴とするもので、既存フレームとは「後施工アンカー」により接合一体化する。

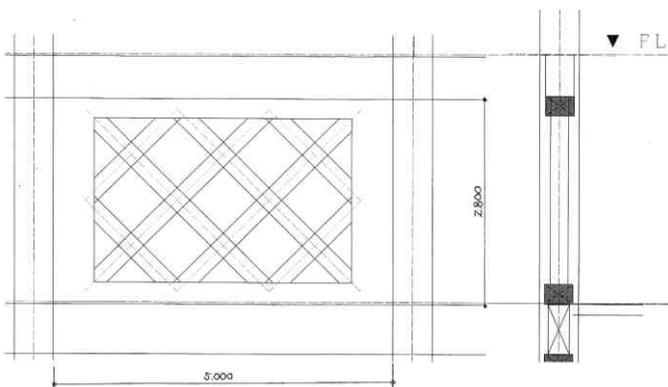


図4 クロスウォール概念図

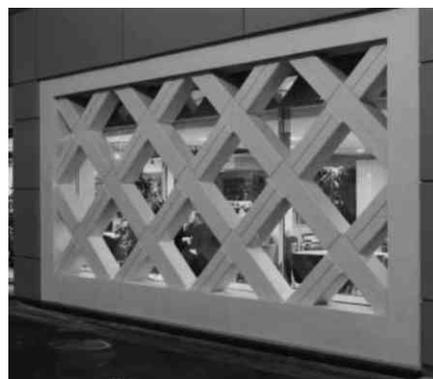


写真2 クロスウォール（大成建設提供）

b. 施工性

○ 工期短縮

全工程を48時間で施工が可能（乾燥後に塗装仕上必要）。定規材を底部に固定し、定規材に指定PC工場で製作された各PCa部材をHTBで接合する。PCa部材は精度が高く施工性が良い。組立は6時間程度。各ユニットは70kg程度で、手押し車、エレベータで人力運搬可能

○ 施工時騒音

施工階は騒音（HTB、後施工アンカー）により執務不可。他階は執務可能（コア抜きタイプの後施工アンカー使用のため）

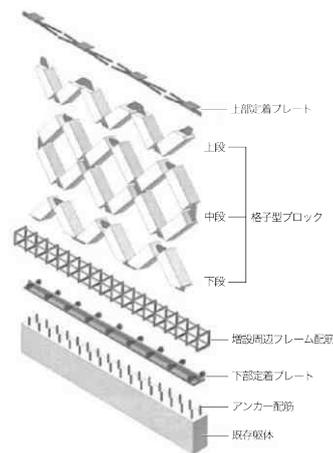


図5 格子型ブロック耐震壁構成図

C. メンテナンス性

コンクリート系の材質なので耐久性は高い。一般に塗装仕上げを実施。

d. 特長

- 採光性、通風性が有り、デザイン性に優れている。

(3) 打込み型枠耐震補強（ネオフレーム工法）

a. 概要

既存建物の外周架構の側面に、鉄筋コンクリート造のフレームを取り付けて、主として耐力の増大を図る外付けフレーム補強で、薄肉のプレキャストコンクリート打込み型枠を用いることにより、在来型枠工法に比べて工期短縮を図った西松建設(株)の工法である。

外付けフレーム補強は、既存建物の外周フレームの側面に剛強な鉄筋コンクリート造のラーメンフレームを一体として取り付けることにより、建物の耐震性を向上させるもので、既存建物の外観や使用性、採光性能をあまり変えることなく建物の補強を可能にする工法である。



写真3 補強前 (西松建設提供)



写真4 補強後 (西松建設提供)

b. 施工性

- 外部施工

外部からの作業が主であり、建物内で執務中でも施工可能である。

- 打込み型枠の使用

脱型作業およびコンクリート面の不陸調整が不要である。

厚さ30mm程度で軽量のため、ウィンチ程度でも吊り上げ可能である。

- 工期の短縮

外部施工、打込み型枠の使用により短期間で補強できる。

アンカー施工時に低振動のダイヤモンドビット式ドリルを用いることで、全工程執務可能である。

C. メンテナンス性

打込み型枠は高強度コンクリートを用いており、非常に緻密で耐久性に優れているので、耐久性に関わるメンテナンスが不要である。

仕上げ塗装等は表面仕上げの美観に関わることであり、メンテナンスは通常と同様である。

d. 特長

- 採光・美観を確保できる。

(4) PCa プレース耐震補強（自己圧着プレース工法）

a. 概要

当工法は、プレストレスを導入した皿バネを脚部に配置した下部のプレキャストコンクリート製ブレースと上部のプレキャストコンクリート製ブレースをX字型に組み、その後、プレストレスを解放することにより、特別の枠を設けることなく、既設の柱梁に自己の圧着力により直接接合させる耐震補強工法で、「自己圧着プレース研究会」（代表会社：(株)竹中工務店、加盟：15社）が実施している。

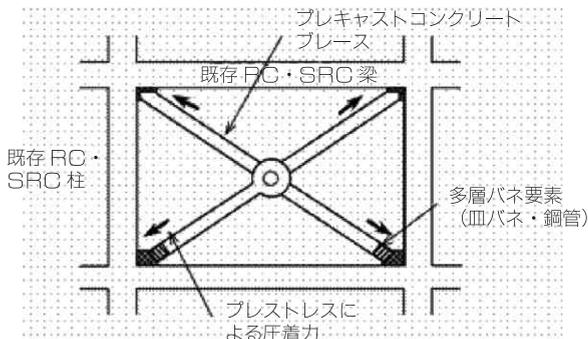


図6 自己圧着プレース概念図

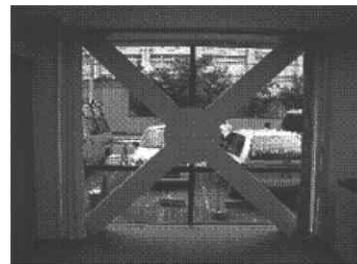


写真5 施工例（竹中工務店提供）

b. 施工性

- アンカー（定着）作業がないので、工事中の振動や騒音が少なく、居ながらの工事に適している。
- プレース枠やアンカー工事が不要。
- 部材は工場生産でき、現場では組み立てるだけで済むため、省力化、現場工期短縮が図れる。
- プレキャストコンクリート部材であるため面精度が高く、仕上げはペンキ塗装だけで済む。

c. メンテナンス性

- 引張側ブレースには引張力が生じず、過大なひび割れが生じない。
- ブレース端部の皿バネが伸び、ブレースは脱落しない。

d. 特長

- 低層・中規模の建物の耐震補強に非常に適し、従来工法（鉄骨ブレース補強法）に比べ約10～30%のコストダウンができる。
- ローコスト・短工期で施工でき、工事中の振動・騒音が少なく、建物を使用しながら耐震補強が可能である。
- 新築建物においてもプレキャスト工法の耐震要素として竣工後のブレース位置の変更に対応できる等、汎用性が高い。

e. 特記事項

- 従来のように追加フレームを用いないため、補強効果は既存柱梁の剛性・耐力に依存する場合があります。

4 プレキャスト耐震工法のコスト比較等

表1 プレキャスト耐震工法のコスト比較等

	3Q-Wall	クロスウォール	ネオフレーム	自己圧着プレース	在来工法
形状	内法：5.4m×2.8m (15.1㎡) 使用PCaブロック 300×200×250	内法：5.5m×2.8m (15.4㎡) 格子部材断面 250×250	内法：5～5.5m×2.8m (14～15.4㎡) 梁部断面 1m×1m 柱断面 1m×0.5m	自己圧着型プレストレス PCa プレース (X型を4辺に分割)	内法：5.4m×2.8m 壁厚 250mm
工期	30～45日 (20構面)	45日 (20構面)	40日 (20構面)	製作5週間+取付2週間	2ヶ月 (20構面)
施工費	267万円/1構面 (補強耐力3,500kN) 直接仮設工事含まず 既存取合部撤去費含む 既存取合部補修含まず 耐震壁面仕上含まず	300万円/1構面 (補強耐力3,000kN) 直接仮設工事含まず 既存取合部補修含まず 塗装仕上げ含む	162万円/1構面 (補強耐力1,700kN) 直接仮設工事含まず 基礎増設費含まず 塗装仕上げ含む	120万円/1構面 (補強耐力2,000kN) 直接仮設工事含まず 内装撤去・復旧費含まず 既存取合部撤去費含まず 既存取合部増打費含まず	97万円/1構面 (補強耐力3,000kN) 直接仮設工事含まず 既存取合部補修含まず 耐震壁面仕上含まず (備考参照)
実績	施工実績約60件 (公共施設事例) 学校(民間) 兵庫県 店舗(民間) 大阪府 学校(民間) 大阪府 鉄道駅舎(民間) 大阪府 事務所ビル(公共) 長崎県 学校(民間) 宮崎県 学校(公共) 兵庫県 病院(公共) 大分県 総合病院(民間) 滋賀県 幼稚園(公共) 東京都	施工実績約50件 (公共施設事例) 研修施設(民間) 静岡県 学校(民間) 東京都 会館(民間) 東京都 事務所ビル(公共) 長野県 事務所ビル(公共) 東京都 学校(公共) 東京都 事務所ビル(公共) 北海道 会館(民間) 東京都 展示施設(民間) 東京都 学校(公共) 茨城県	実例実験 1件	施工実績12件 (公共施設事例) 大学校舎 大阪府 大学校舎 大阪府 店舗 広島県	(本調査対象外)
審査証明	(財)日本建築総合試験所建 築技術性能証明 (性能証明第02-06号改)	(財)日本建築防炎協会技術 評価書 (建防炎発1676号)	(財)日本建築防炎協会「既 存鉄筋コンクリート造建 築物の外側耐震改修マニ ュアル」に準拠	(財)日本建築総合試験所建 築技術性能証明 (性能証明第03-09号)	
備考	3Q-Wall 工法研究会提 供データによる	大成建設提供データによる	西松建設提供データによる	自己圧着プレース研究会 データによる	本調査で試算 なお、施工時の騒音、振 動等の発生に伴う作業時 間の制約による労務費等 の割増は考慮していない

在来工法施工費明細 (単価は、「建築コスト情報2005. 4」及び「建築施工単価'05-4」より引用)

1	撤去工事	(数量)	(単位)	(単価 円)	(金額 円)	4	型枠工事	(数量)	(単位)	(単価 円)	(金額 円)
	カッター入れ	34.40	m	770	26,488		普通型枠	30.20	㎡	5,900	178,180
	柱、梁、床モルタル撤去	2.00	人	17,500	35,000		天端打込み用じょうご	5.80	m	10,000	58,000
	発生材処分費	1.00	式		2,400		運搬搬入費	1.00	式		50,000
	撤去工事小計				63,888		型枠工事小計				286,180
2	後施工アンカー					5	コンクリート工事				
	カプセルアンカー 床	58.00	箇所	1,248	72,384		生コン打設 FC24N	3.50	㎡	24,400	85,400
	カプセルアンカー 柱	56.00	箇所	1,457	81,592		コンクリート工事小計				85,400
	カプセルアンカー梁底	58.00	箇所	1,596	92,568	6	グラウト工事				
	後施工アンカー小計				246,544		無収縮モルタル圧入 FC30N	0.27	㎡	400,000	108,000
3	鉄筋工事						同上用型枠	11.60	m	6,000	69,600
	加工組立	SD295 D13	0.43	t	69,800	30,014	グラウト工事小計				177,600
	スパイラル	SD295 D6	16.40	m	1,820	29,848					
	運搬搬入費		1.00	式		50,000					
	鉄筋工事小計				109,862		合計				969,474

5 まとめ

今回調査したプレキャストコンクリート系耐震補強の各工法は、異なった特徴があり、また積算条件も異なるので、本調査のコスト比較は厳密なデータではない。前表の施工費は、耐震補強の直接工事費のみの価格であり、工事の総費用には、この他に共通費（共通仮設費、諸経費等）、仕上工事、設備工事等の他に、必要により作業時間の制約による労務費等の増加（割増）費、仮執務空間の賃貸費、移動費等を加算する必要がある。従って、実際の工法選定に当たっては、その設計条件に従って総費用を算出していただきたい。

施工の簡易性、デザイン性、採光性等において、どこに重点を置くかにより、工法が選択されるのではないかと考えられる。

プレキャストコンクリートでは、一般にその型枠の製作、改造が工期、費用の重要な要素を占める。プレキャストの形状が受注前から製造できる定型ブロックの場合は準備期間の短いのが特徴であるが、現場での工期は本調査の各工法とも在来工法より短い。

コストの点では、3Q-wall 工法は小規模から大規模までプレキャストコンクリートの単価はそれほど差が無いと考えられるが、クロスウォール工法、ネオフレーム工法、自己圧着ブレース工法などはスパン・階高に変化がなければ、大規模ほど単価的には有利になると考えられる。

なお、本調査は、3Q-wall 工法研究会、大成建設株式会社、西松建設株式会社、自己圧着ブレース研究会から技術資料、写真等を提供していただき、その一部を引用していることを付記する。

また、本報告書の作成について、本コスト研の元主席研究員長谷川正氏の協力を得ている。

（本調査に対する意見等）

この調査報告について随時意見を受け付けています。また、記載内容については自由に利用可能としますが、著作権は当研究所に帰属します。

（転載・引用等の場合は、コスト研にご連絡願います。担当：塩原壮太，北原克巳）