

2. 1960年代の集合住宅の居つき耐震補強

ー自己圧着ブレース（RB）工法ー

Seismic Retrofit of Collective Housing of the 1960s without Resident Evacuation ー Seismic Retrofit of RC Buildings by Prestressed Precast Brace (Relocatable Brace) System ー

佐藤 尚隆*¹ 伊藤 通伸*² 磯西 昭二*³

要 旨

築約 50 年の鉄筋コンクリート造集合住宅の居つき耐震補強を行うために、当初に計画されていた鉄骨ブレース工法から、自己圧着ブレース工法に変更した。本工法を採用したことで騒音・粉塵・振動の原因となる既存建物のはつり工事量と、あと施工アンカーの本数を大幅に減らすことができた。さらに、鉄骨ブレース工法と比較して大幅に施工コストの低減を実現した。

キーワード：耐震補強／PCa ブレース／圧着／プレストレス

1. はじめに

近年、兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震など甚大な被害をもたらす大地震が発生し、さらに、南海地震、東南海地震、および東海地震が近い将来発生すると予測されている。このことは、日本が地震の活動期の中にあり、海洋型地震だけでなく内陸型地震も頻繁に起こる可能性が高いことを示している。そのため、耐震性が低いと判断された建物を継続して使用するには、耐震補強工事が必須となっている。そのような状況の中、1960 年代に施工された集合住宅を耐震改修することになった。この年代の集合住宅は、概して低層であり、柱スパンも短く、平面形状も比較的形が整っており、耐震性を損なう要素は少ない。ただ、一般的には当時のコンクリート強度が現在の標準的なコンクリート強度よりも低いため、現行の耐震基準にそぐわなくなっている。コンクリート強度が低いことが、補強材を建物に接合することを困難にしている。また、集合住宅の住民の居住を継続しながらの居つきで施工を進めなければならないため、住環境を損なわない工法を選択しなければならず、施工法が制限され、効率的な施工を追求することは難しくなる。

本稿では、1960 年代に建築された築約 50 年の集合住宅で、住民が居つきながらの耐震補強工事において採用した自己圧着ブレース（RB）工法の補強設計、施工計画、および施工について報告する。

2. 建物概要

本住宅は同一敷地内に 4 棟が建つ集合住宅である。平面規模は 9 スパン×1 スパン、33.4m×7.2m である。階高

は 1 階から 4 階まで 2.65m で、5 階は 2.8m である。建物の軒高さは 14.3m で、ペントハウスを含めた高さは 19.6m である。図-1、表-1 に代表的な棟の平面図と立面図（変更後）、および建物概要をそれぞれ示す。

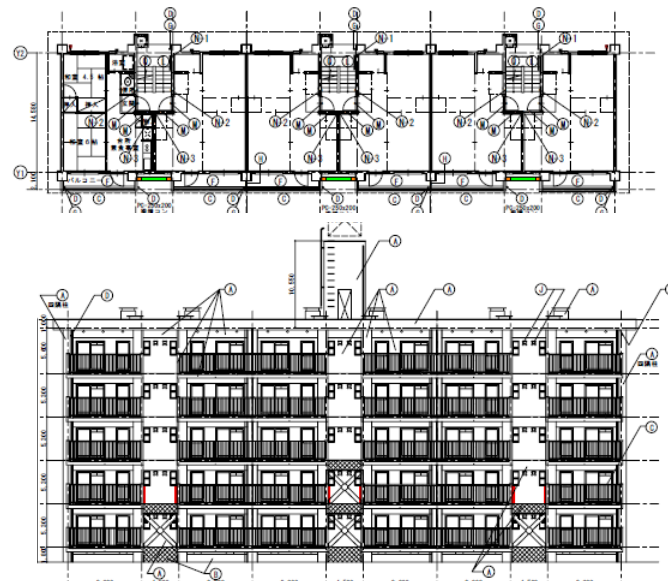


図-1 平面図および立面図（変更後）

表-1 建物概要

用 途	集合住宅
所在地	神奈川県
竣工年	1960 年代
規 模	地上 5 階 塔屋 1 階
延床面積	1,240m ²
構造種別	鉄筋コンクリート造
架構形式	X 方向 ラーメン構造 Y 方向 耐震壁付ラーメン構造
基 礎	杭基礎

*¹技術研究所構造研究グループ *²東京本店設計部構造第 1 グループ *³東京本店建築部工事課

3. 耐震補強計画概要

3.1 耐震診断結果

工事対象となる建物は4棟あったが、それらを代表して1号棟について説明する。

本建物の耐震診断については(財)日本建築防災協会発行の「2001年改訂版、既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」および建築研究振興協会発行の「既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル2003年版―増補版2007年―(以下、増補版2007年)」により、2次診断が行われた。

診断に用いた材料強度としては、鉄筋については、主筋およびせん断補強筋が $\sigma_y=294\text{N/mm}^2$ (SR24)である。コンクリートについては、設計基準強度 18N/mm^2 に対して、コンクリートコアによる試験結果の平均値が概ね設計基準強度を超えていた。

3.2 補強方針

耐震診断の結果、本建物はX方向(桁行方向)の1階～3階で耐震性が現行の基準を満たしていないことが分かった。ただし、この方向ではスリットを入れるなどして、極脆性柱を解消した場合、1階のみで耐震性能が現行の基準を満たしていなかった。

そこで、桁行方向の1～4階で、極脆性柱に構造スリットを配置して、柱の靱性を向上させるとともに、1階に耐震要素を配置して耐力を向上させることにした。この耐震要素は、居つき施工できるように建物の外側に設置することにした。

3.3 補強方法

(1) 原設計

本建物では構造スリットを設ける他に、1階で建物外側より耐震要素を設置することで耐震性能を向上させることを基本としている。これに基づいて、耐震要素によって建物の機能(開口閉塞等)を極力阻害しないことを考慮して、現設計では住宅のうちユーティリティ(台所)が設けられるスパンに、鉄骨ブレース工法で四周枠付きK形鉄骨ブレースを配置するように計画されていた。

建物の壁面と耐震要素の間に設備配管や、採光を考慮したスペースを設ける為に、梁外側を増し打ちする仕様としている。図-2,3に鉄骨ブレースの計画図を示す。

(2) 変更案

当初、四周枠付きK形鉄骨ブレースで耐震補強をする計画であったが、居つき施工であることから粉塵・振動・

騒音を少しでも減らすために応力伝達用のアンカーが不要な自己圧着ブレース工法の採用を検討した。

自己圧着ブレースへの変更図を図-4に、四周枠付きK形鉄骨ブレースと自己圧着ブレース工法との比較を表-2に示す。本物件のような短いスパンでは四周枠が採光の妨げになるので、枠の無い自己圧着ブレース工法は枠が無い分有利である。

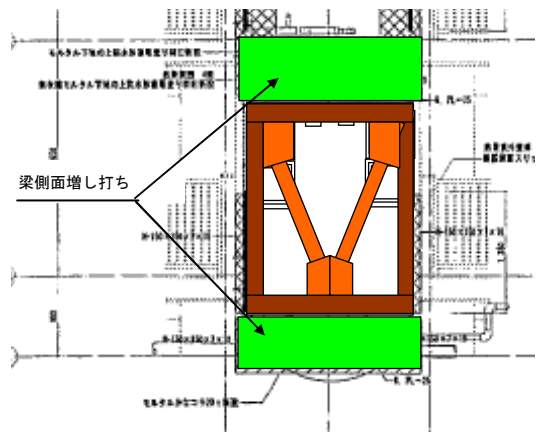


図-2 四周枠付きK形鉄骨ブレース (立面図)

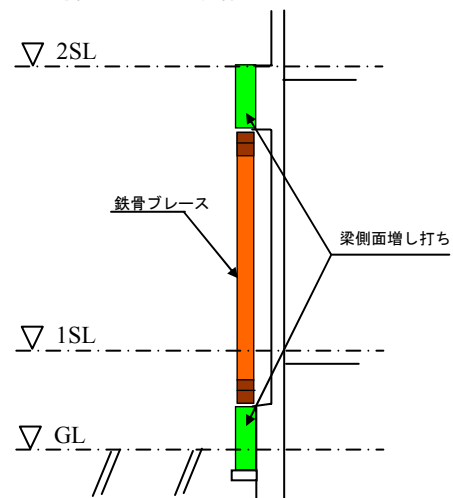


図-3 四周枠付きK形鉄骨ブレース (断面図)

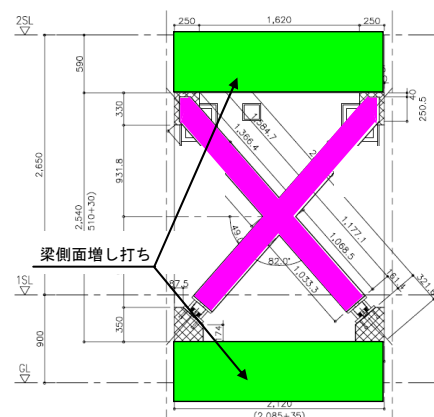


図-4 自己圧着ブレース (変更図)

さらに、自己圧着ブレース工法では、接合用のあと施工アンカーも不要なので、工期短縮も可能となる。

施工後の維持管理に関しても、鉄系の部材を用いると防錆に気を配る必要がありコストもかかるが、自己圧着ブレース工法のブレースは、鉄筋コンクリート材であるため一般的な鉄筋コンクリート造建物と同様の扱いとなり、メンテナンスも容易である。また、建物が鉄筋コンクリート造であることから、補強要素として鉄筋コンクリート系の部材を用いると構造的に馴染みが良いだけでなく、仕上げも既存部分と同様の仕様にできるので建物のイメージが変わらないことも特徴と言える。

3.4 補強設計

自己圧着ブレース工法のブレースの設計は、自己圧着ブレース研究会の「自己圧着ブレース工法建築技術性能証明評価概要報告書」に準じて行った。建物の耐震補強設計により算出された不足する水平力をブレースで補うものとした。ブレースで補強された架構の破壊モードは、ブレース座屈先行型とするため、ブレース周辺架構での破壊は許容しない。周辺架構のうち既存柱・梁接合部のせん断破壊、既存梁の引張降伏、および、既存柱、梁の圧壊を想定し、それぞれに対して安全性を確認した。

4. 自己圧着ブレース工法による施工

4.1 工法の概要

図-5 に自己圧着ブレースの概要を示す。ブレースは鉄

筋コンクリート製 PCa 部材であり PC 工場で製作される。運搬車両で運搬できるサイズであればX型の一体部材として製作されるが、できなければ、任意に分割して製作され、現場で一体化する。ブレースの脚部には皿バネが配置され、ブレースの端部の無収縮グラウトが養生終了する時点まで、材に内蔵された PC 鋼棒の張力によって締められている。ブレースを建物に固定させる時は、プレストレス解放ジグによって PC 鋼棒の張力を解放させると同時に、皿バネを伸ばしてブレースを建物に圧着させる。図-6 に示すように、地震時には、皿バネが最も伸びた状態においても皿バネの圧縮力が保持されるようにコントロールされている。そのため、躯体との自己圧着力が通常時、地震時問わず作用し、ブレースは脱落しない構造になっている。

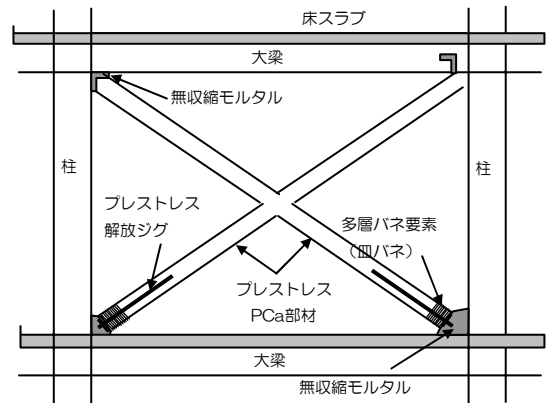


図-5 自己圧着ブレースの概要

表-2 自己圧着ブレース工法と鉄骨ブレース工法の比較

比較項目		工法		自己圧着ブレース工法		鉄骨ブレース工法		自己圧着ブレース工法のメリット	
意匠性	施工例写真							コンクリート製ブレースで既存RC造建物との一体感	
		外周枠の有無		○	なし	△	あり	採光面積大	
騒音・振動・粉塵	所要の性能	○	所要の性能	○	所要の性能	○	所要の性能		
	既存仕上モルタル除去	○	四隅の一部	△	全周	△	あり	騒音・振動・粉塵を最小限化	
	既存躯体アンカー作業	◎	なし	△	あり	△	あり	工期の短縮	
工期 鉄骨ブレースとの比較	スパイラル筋配筋	◎	なし	△	あり	△	あり		
	既存仕上モルタル除去	◎	—1 日/構面	△	—	—	—	1 構面当たり3日間の短縮で居住者への影響を低減	
	既存躯体アンカー作業		—1 日/構面		—		—		
	スパイラル筋配筋		—1 日/構面		—		—		
	合計		—3 日/構面		—		—		
ランニングコスト	錆の発生	○	皿バネ部のみ鉄製	△	全て鉄製で錆易い	△	全て鉄製で錆易い	ランニングコスト(LCC)低減	
	塗装等メンテナンス(標準)	◎	10～15 年	△	3～5 年	△	3～5 年		

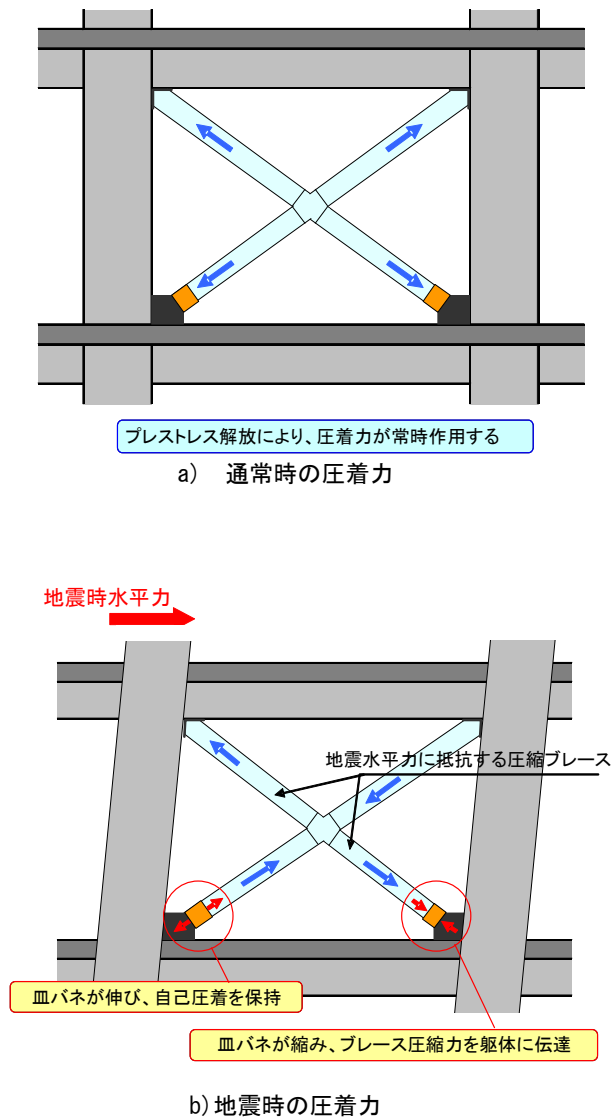


図-6 自己圧着力の概要

4.2 施工フロー

自己圧着ブレース工法の施工フローを図-7 に、作業所における施工フローに準ずる施工写真を写真-1 に示す。

準備工事ではブレースを取り付ける構面周辺の工事を行う。既存建物にブレースが良好に取り付くように、適宜、梁増打ちや仕上げモルタルの除去を行った。基本的にはこの準備工事とブレース部材の製作を並行して行った。

ブレースは、X 型に組上げても車両による運搬が可能であるため、PC 工場であらかじめ地組および緊張力の導入を行った。現場に搬入したブレースは、車両の荷台から直接設置位置に吊り込み、同時に据付を行った。位置調整を行った後に、隅角部のグラウト部の型枠を取り付

け、グラウトを注入し、所定の養生の後に型枠を解体し、プレストレス解放ジグを用いて緊張力を解放し、ブレースを建物に圧着させた。

自己圧着ブレースは RC 系の建物との馴染みもよく、違和感が少ない (写真-2,3)。一方、ブレースをアクセントとするデザインも可能である (写真-4)。

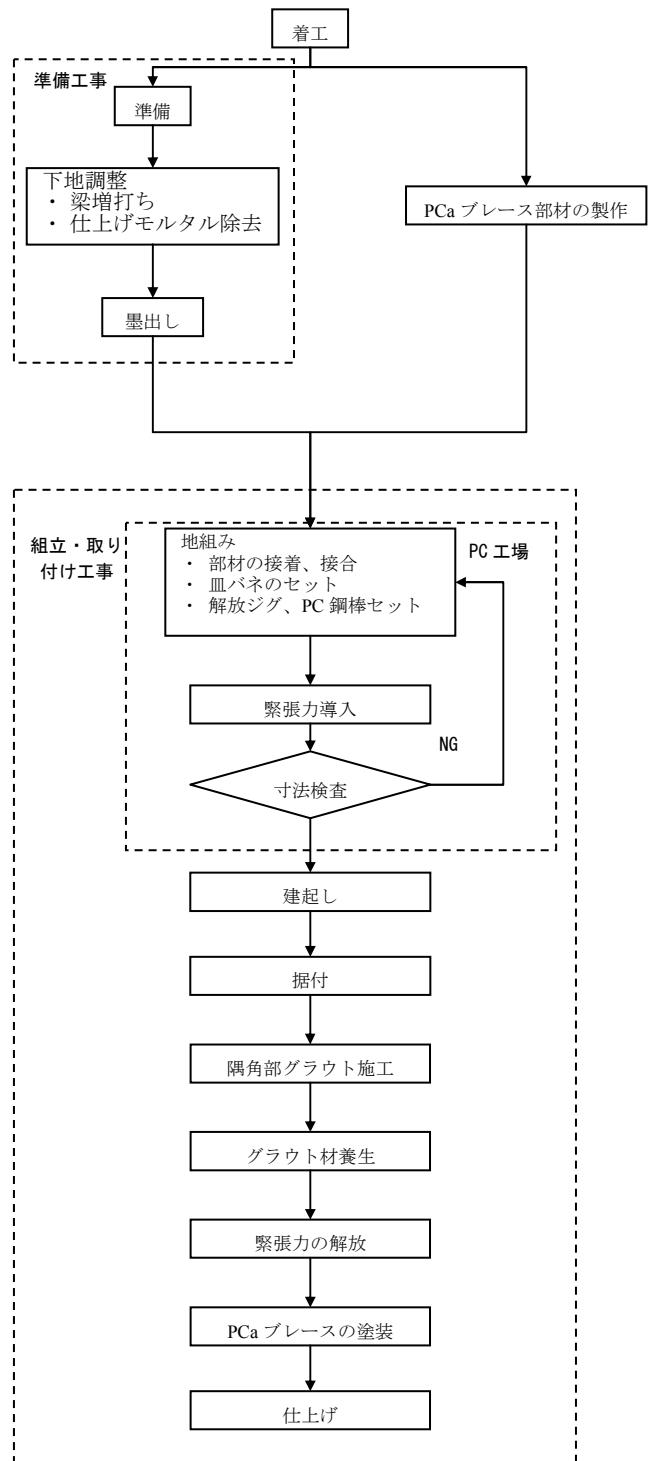


図-7 施工フロー



(1) 積荷状況



(2) 玉掛け状況



(3) 建起し状況



(4) 上部仮設金物状況



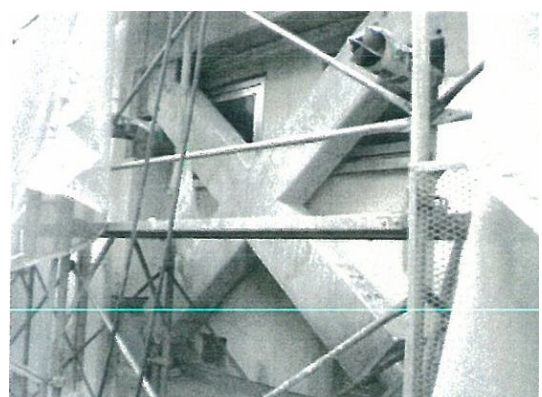
(5) 下部仮設支持部状況



(6) 四隅型枠状況



(7) くさびによる鋼管止め状況



(8) 取り付け完了状況

写真-1 自己圧着ブレース工法の施工フロー



写真-2 仕上げ状況



写真-3 工事後建物全景



写真-4 工事後建物全景（別建物）

表-3 各工法のコスト比較（5 構面、単位：万円）

工 法	ブレース 製作費	運搬費	施工費 （準備、接 合部工事）	合計
鉄骨 ブレース工法	425	5	310	745
自己圧着 ブレース工法	512	10	98	620
低減率 （鉄骨ブレース 工法ベース）	+20.5%	+100%	-68.4%	-20.2%

5. コスト検証

本物件における耐震補強工事の工事費について検証する。耐震補強工事は大きく分けて極脆性柱の靱性を向上させるための構造スリットの施工と、建物の水平せん断耐力を向上させるためのブレースの設置になる。ここでは、ブレースの設置に関する費用を検討対象とする。

ブレースの仕様は原設計では四周枠付きK型鉄骨ブレースであったが、自己圧着ブレースに変更した。この変更により、どの程度コストが削減できたか検証する。

ブレース本体を除くと、既存躯体への準備工事、ブレースと既存躯体への接合工事、揚重据付工事、塗装等の仕上げ工事が関連工事になる。本建物でのブレースの重量は、四周枠付きK型鉄骨ブレースで 0.6t 程度、自己圧着ブレースで 0.7t 程度であるので、敷地条件を考慮しても、揚重の性能を変えることもなく、ブレースの据付け時の施工性と費用に関しては同等である。また、塗装等の仕上げに関してもほぼ同様と考えられる。

ただし、自己圧着ブレースは三重県で製作されるため、作業所のある神奈川県までの運搬費が、四周枠付きK型鉄骨ブレースと比較して若干高めになる。

このようなことを考慮して、ブレース本体の製作費・運搬費、はつりやあと施工アンカーなどの既存躯体への準備工事費、および、無収縮モルタル等のブレースと既存躯体への接合工事費の合計を比較した。

表-3 に自己圧着ブレースと四周枠付きK型鉄骨ブレースとのコスト比較を示す。構面数は、1号棟が4構面で2号棟が1構面の計5構面の費用となる。四周枠付きK型鉄骨ブレースから自己圧着ブレースに変更することにより約20%のコストダウンが削減された。

6. まとめ

1960年代に建築された築約50年程度の鉄筋コンクリート造集合住宅の耐震補強に自己圧着ブレース工法を採用した。この工法を採用し、騒音・粉塵・振動を減らせたことで住宅の住民に対する迷惑を低減できた。鉄骨ブレース工法と比較して約20%の施工コストが削減された。

今後も、本工法を利用して建物の居つき施工による耐震化の推進をしたいと考える。

〔参考文献〕

1) 自己圧着ブレース研究会：建築技術性能証明評価概要報告書、自己圧着ブレース工法—プレストレスの解放によってPCaブレースを既存骨組に圧着する耐震補強工法—、（財）日本建築総合試験所、2003年11月