

斜め PC 鋼材を用いた耐震補強（パラレル）構法

荒木 玄之・関口 智文・林田 則光

近年、公共建築物などを対象として耐震補強が行われているが、その補強技術は耐震壁の増設・新設や鉄骨枠付ブレース増設などに代表される既存建物内部からの補強が多く見られ、建物を使用しながらの補強が困難であることが多い。そこで、本報告では外付けによる耐震補強技術の一つとして、土木分野における PC 斜張橋のイメージに着目し、斜め PC 鋼材を応用した外付け耐震補強構法（パラレル構法）について、構法の概要、補強設計の考え方および小学校校舎の施工事例について報告するものである。

キーワード：既存建築物、外付け耐震補強、斜め PC 鋼材、地震時変形、補強後景観、意匠性

1. はじめに

近年、各地で大きな地震が発生しており、旧基準で建設された既存建築物の耐震診断・補強が積極的に進められている。これまでの耐震補強技術は、耐震壁の増設・新設や鉄骨ブレース増設、柱の増し打ち補強など、既存建物内部に補強部材を設置する方法が主流であり、居ながら施工、工期の制約、および施工時の振動・騒音や粉塵などが補強工事の問題となっていた。

そこで、筆者らは既存建物内部をほとんど触ることなく外部から補強する技術に関し、土木分野の PC 斜張橋（写真—1）などに用いられている斜め PC 鋼材に着目し、従来の耐震補強の考え方を発展させた新しいタイプの外付け耐震補強構法（パラレル構法）を開発した。

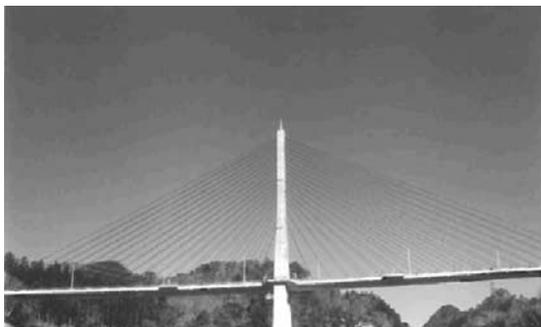
本構法は、補強工事に伴う施工条件や制約を大きく改善でき、また補強後の建物の使用性の面から、鉄骨ブレースなどと比較して径の細い PC 鋼材を用いるため、室内からの眺望や通風・採光を確保でき、内部の

使用環境にほとんど影響を与えないという特徴を有している。

補強後の建物外観（写真—2）では、補強前の景観を大きく損なうことなく、パラレル補強の斜め PC 鋼材を利用し、クリスマスに合わせてイルミネーションを実施するなど効果的に利用されている（写真—3）。



写真—2 パラレル補強後の景観



写真—1 PC 斜張橋のイメージ



写真—3 イルミネーションの状況

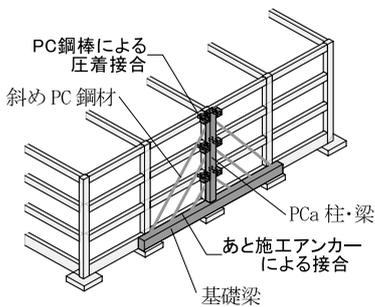
本報告は、パラレル構法の概要と小学校校舎の耐震補強工事について述べる。

2. パラレル構法の概要

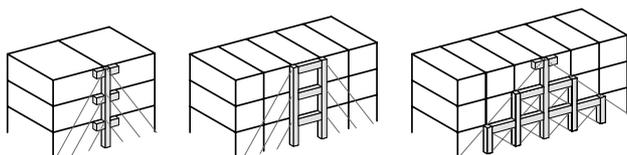
(1) 構法概要

パラレル構法は、基礎梁とプレキャストの柱・梁と斜め PC 鋼材で構成されるパラレルフレームを新設し、既存 RC 造建築物の外構面に一体化して補強するものである。

既存骨組とパラレルフレームは、上部構造では PC 鋼棒による圧着接合、基礎部はあと施工アンカーによる接合によって一体化され、外付けの補強フレームを形成する（図—1）。パラレルフレームは1本柱と2本柱、多本数柱の3タイプに分類され（図—2）、それぞれバルコニー先端にも取り付けることが可能である。既存建築物の条件に応じて、意匠性や補強耐力、施工性と経済性など、総合的に判断して選定する。



図—1 パラレルフレームの構成と接合方法

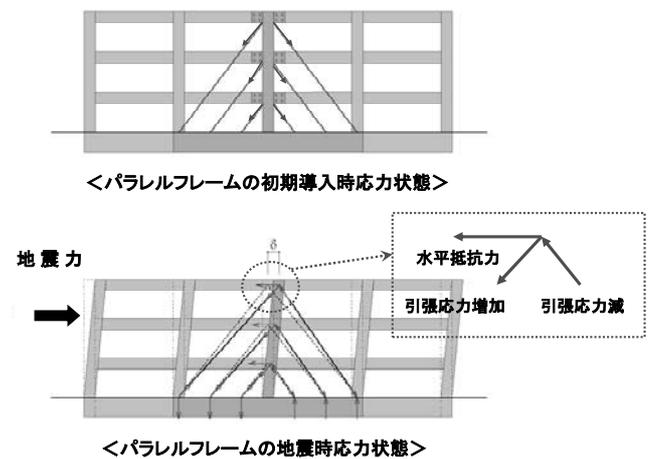


図—2 パラレルフレームの種類

(2) 補強の原理

(a) 応力抵抗機構

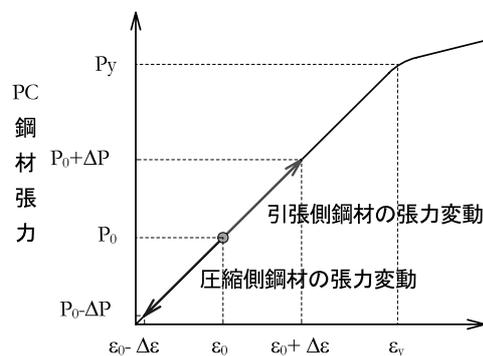
本構法の応力伝達機構を図—3に示す。初期緊張力導入時はパラレルフレーム内で応力が釣合い、安定している。地震時には予め緊張したPC鋼材が、引張側は緊張力を増し、圧縮側は緊張力を開放しながら地震力に抵抗する。つまり、パラレルフレームが、各階の補強目標とする終局時層間変形角まで変形することに伴って、斜めPC鋼材が伸縮して地震力に抵抗する応力抵抗機構を示す。



図—3 応力伝達機構

(b) 斜め PC 鋼材の応力状態

斜め PC 鋼材の地震時荷重の変動範囲を図—4に示す。本構法では、斜め PC 鋼材の引張ひずみが降伏ひずみ以下となるように変形性能を制限しているため、地震時変動荷重に対し、斜め PC 鋼材を弾性域内、かつ引張状態に留めるように初期プレストレスの導入量を設計している。



図—4 斜め PC 鋼材の地震時挙動範囲

斜め PC 鋼材の地震抵抗力は、斜め PC 鋼材の水平抵抗力が各階の必要補強耐力を満足するように、最上層から下層階へ順次決定している。すなわち、斜め

PC 鋼材の水平抵抗力と必要補強耐力の関係から、斜め PC 鋼材の断面積 (A_{pi}) を定めて各層の補強耐力を定めている。

3. 補強工事

平行構法を適用した聖学院小学校校舎の耐震補強工事について紹介する。ただし、本工事では、平行構法による補強工事以外にも壁の増打補強や建物内部の設備工事も含まれているが、ここでは、平行構法による耐震補強について述べる。

(1) 工事概要

建物概要を以下に示す。

工事名称：聖学院小学校校舎・体育館耐震補強工事

工事場所：東京都北区中里 3-13-1

建物用途：学校

建物形式：RC 造

建物規模：地上 4 階 塔屋 1 階

延床面積：3,063.0 m²

基礎形式：直接基礎

補強仕様：平行フレーム 4 層 1 本柱タイプ

1 基設置

平行補強：自平成 16 年 7 月 18 日

工 期 至平成 16 年 8 月 31 日 (Ⅰ期工事)

自平成 16 年 12 月 21 日

至平成 17 年 1 月 10 日 (Ⅱ期工事)

補強工事設計・施工：鹿島建設株式会社

(2) 補強計画

補強計画では、建物の敷地条件などを考慮し、桁行き方向南面に 1 本柱タイプの平行フレームを 1 基配置した。補強設計の条件は、既存構造物の終局限界を層間変形角で R = 1/250 (F = 1.0) とし、強度抵抗型の補強を行った。その配置を平面図 (図—5) と軸組図 (図—6) に示す。

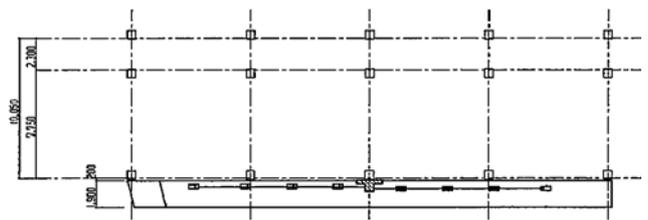
各層とも斜め PC 鋼材の配置角度は 45° に統一している。今回は底があるため、平行柱部分は、底に切り欠きを設け、PC 鋼材が通る部分は貫通孔を設けている。また斜め PC 緊張端部の柱形状は応力伝達や意匠性にも配慮している。斜め PC 鋼材にはスクールカラーのグリーンをコーティングした。

図—7 に平行圧着 PC 鋼棒位置の詳細、図—8 に平行柱と梁の納まりを示す。固定端は平行基礎梁内に埋め込み、基礎梁上で斜め PC 鋼材と接続する方法とした。

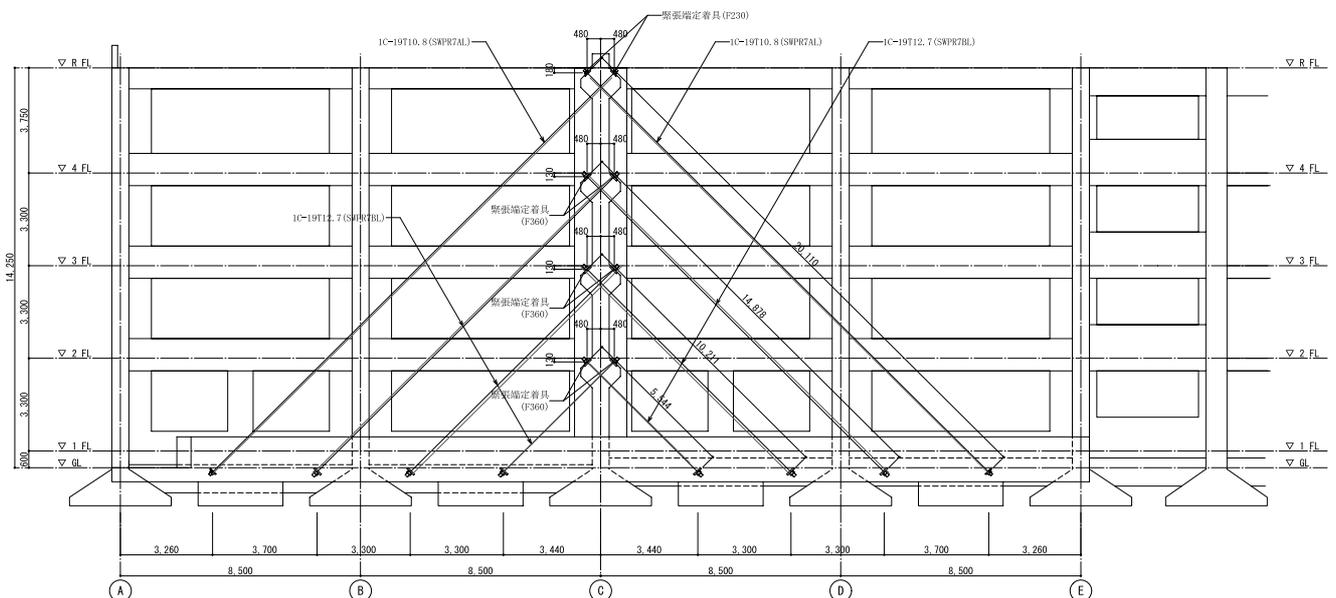
(3) 施工

(a) 平行フレーム基礎梁の施工

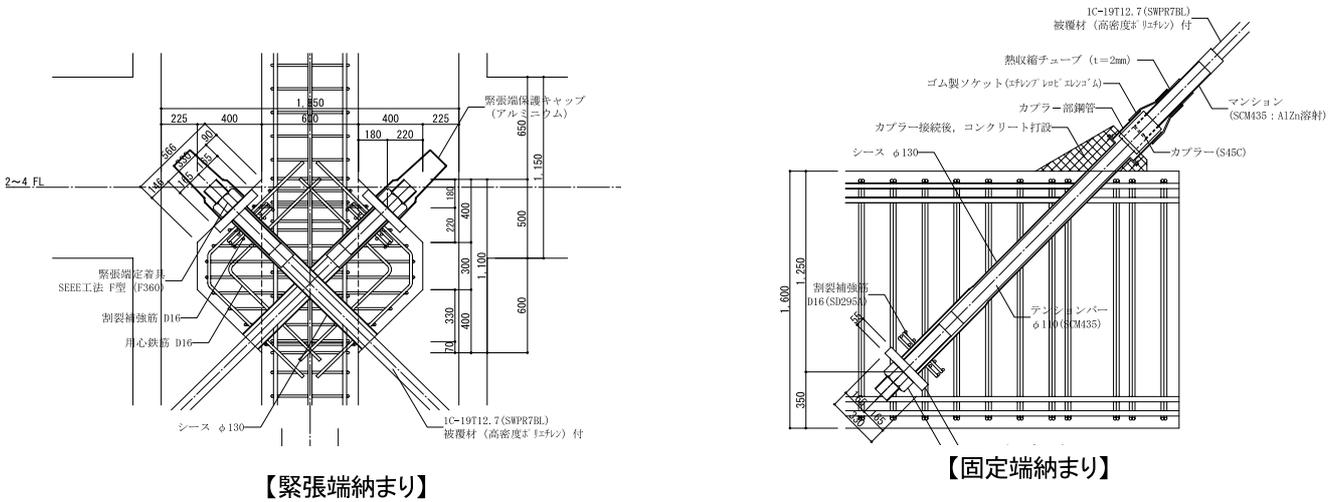
平行フレーム基礎梁と既存基礎梁の一体化接合のために、既存梁の目荒らしとあと施工アンカー工事



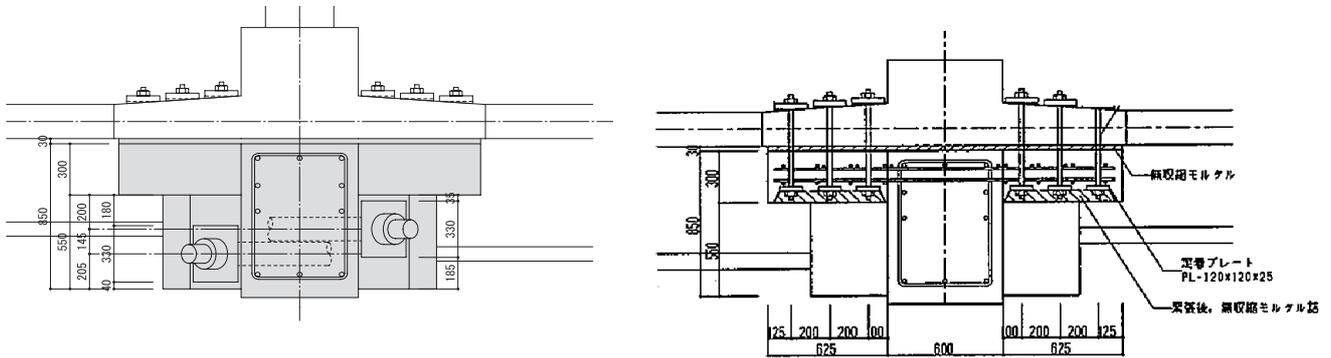
図—5 平面図 (平行フレーム配置)



図—6 軸組図



図一七 斜め PC 鋼材の緊張端および固定端の納まり



図一八 パラレル柱と梁の納まり

を行い、斜め PC 鋼材の固定端定着体をセットした。定着体は配置角度の精度を確保するため鋼製の治具を製作して用いた。基礎梁は PRC 梁としている (写真一4)。

ウト注入方式) を用いて接続した (写真一5)。



写真一四 斜め PC 鋼材固定用治具設置



写真一五 PCa 柱部材の建て込み

(b) PCa 柱の製作と建て方

PCa 柱部材は、予め工場にて1層ごとのピースで製作した。斜め PC 鋼材の緊張側定着プレートを埋め込むため、その配置角度の精度に十分に留意した。各層の PCa 柱は1層毎に建て込み、機械式継手 (グラ

(c) 斜め PC 鋼材の配線および緊張

斜め PC 鋼材の配線は、クレーンを用いて緊張端側から挿入し、上階の底部開口位置を通しながら順に落とし込んだ。

基礎梁側固定端まで引き込んだ後、基礎梁側定着体と斜め PC 鋼材の材端 (マンション) をカプラーにて接続した (写真一6)。



写真一六 斜め PC 鋼材の固定端の取付け

緊張は二台のジャッキを用いて、左右同時緊張とし、下層階の斜め PC 鋼材より順次行った。緊張管理は左右の斜め PC 鋼材の荷重計の示度が同様の値を示すように緊張作業を行い、所定の緊張力を導入した時の斜め PC 鋼材伸び実測値が計算値の $\pm 5\%$ 以内であることを確認した(写真一七)。



写真一七 斜め PC 鋼材の緊張

(d) パラレルフレームと既存骨組の一体化

上部構造では、PCa 柱の建て方時に通した PC 鋼棒をセットし直し、圧着面に目地モルタルを注入して硬化後、所定の荷重まで PC 鋼棒を緊張した。基礎部は、予めコンクリート打設時に設けた既存基礎梁とパラレルフレーム基礎梁の隙間にコンクリートを打設して一体化した。

4. おわりに

今回開発したパラレル構法は、土木分野の PC 斜張橋をイメージしたもので、従来からの耐震補強のイメージを一新させたものである。耐震補強計画において強く望まれる補強後の景観や室内からの眺望や採光、通風などの室内環境を確保することができた(写真一

8)。また、クリスマスにはイルミネーションを実施するなど補強のイメージを効果的に利用する発想にも対応が可能である(写真一9)。



写真一八 補強後の室内からの眺望



写真一九 イルミネーションの状況

今後は、これまでの実績を踏まえ、学校校舎や病院などの施設を中心に、積極的に普及・展開を図ってきたい。

JCMA

【筆者紹介】

荒木 玄之(あらき つねゆき)
鹿島建設(株) 建築設計本部
構造設計統括グループ
統括グループリーダー



関口 智文(せきぐち ともふみ)
鹿島建設(株) 建築設計本部
構造設計統括グループ
チーフエンジニア



林田 則光(はやしだ のりみつ)
(株)富士ビー・エス
西日本支店 技術部 建築技術チーム
副部長

