

私の観た PC 建築の歴史

田邊 恵三*

1. はじめに

1963年、京大出身の岡本 剛先生からPC原理を学んだ筆者は構造設計を経て42年にわたり、PC構造（場所打ちPC造、タンク、海外プロジェクト、SPC構造、球形・扁平・逆円錐シェル、PC圧着工法）等の設計に携わり、この歩みを通して日本のPC建築の歴史を観ることとする。

1940年代の建築は、10m以下のRC構造を主として、アーチやトラス構造の木造や鉄骨造等に頼ってきたが、戦後の経済復興とともにRC構造のスパンを超える大スパン・大規模工場が必要となり、1952年、フレシネーのもつPC技術の特許権を極東鋼弦コンクリート振興会社が導入した。

最初のPC建築といわれている浜松町駅ホーム上屋が旧国鉄の設計、興和コンクリートの施工で1954年に、次に千駄ヶ谷駅本屋（1956年）、大井工場（1959年）、鉄道技術研究所実験棟（1960年）が建てられた。

PCの研究は戦後に本格的に盛んとなり、東大では仁杉、猪俣、平賀、中野博士、東工大では加藤、町田博士、日大の本岡博士、関西方面では坂、岡田、六車博士らが中心に研究体制が組まれたといわれる⁴⁾。

1956年PCを卒論テーマに、この道50年の黒沢亮平氏は土木・建築に当初から幅広く関係し、PC建築の面では小西六（コニカ）・北沢バルブ・栃木県庁舎議会などの大規模建築施工に携わり、釣り竿理論「道糸とハリスの関係」を柱梁損傷を起こさせないあご付き耐震PC圧着工法に応用し、施工床面積400万m²の実績を上げ貢献してきた⁸⁾。

1964（昭和39）年以降建設業界はオリンピックを契機に、急激な経済発展と拡大期を迎えた。そのなかでPC建築は、大規模工場、大空間構造に適用され、坪井善勝のRC曲面構造から継いだ青木 繁先生らによるPC曲面構造、木組みをデザイン化したプレキャストユニットの構造美を亡き木村俊彦が成長させ、これに渡辺邦夫氏らが主となって継いだ。

日本のPC圧着工法の技術は、建築研究所に大型反力壁

の実験棟が造られてから、中野清司所長・岡本伸らが中心となって、PCの研究体制（1991～1997年まで続いた日米共同研究PRESS）の研究成果によって、PC耐震設計の基礎がつくられた。

2003年以降、日米共同研究PRESSの研究成果を踏まえ、さらに超耐震構造に特化したあご付きPC圧着工法の研究をKTB・圧着技術研究所中野所長を主体に、町田重美氏・東工大（和田 章、坂田弘安）・理科大（松崎育弘）・東北大（山田大彦）・日本大学（秋山 宏）、筆者を含む委員らによる圧着接合部公開実験が行われ、超耐震の研究成果が得られた⁵⁻⁷⁾。

1994年1月17日のノースリッジ地震（カリフォルニア地震）で、鉄骨造の溶接破断の被害で溶接検討委員会が設置された。実験による検証が行われ、柱・梁の剛節接合は、溶接破断が避けられないことが明らかとなり、米国の超高層建築にも、回転を許容したPC圧着工法が適用されていた。

また、PC圧着関節工法の技術はトルコ国の震災復旧に評価され、アラジャル社はイースタンブル工科大学Dr.エルカンらと実験的検証を行いイケア工場等の大規模建物に、また韓国でもウルサン競技場に用いられていった。

PC建築として世界的に著名なものとして、オーストラリア海岸に羽ばたく帆船をイメージした巨大な球面シェル、シドニーのオペラハウスがある。この巨大シェルは美しいパールに輝くタイル仕上げのユニットに細分化され、圧着したPC球面シェルの美しさで世界一を誇っている。PC構造の面で誇るPC建築では、日本で生まれた新PC技術、遊水池上の人工地盤型PC構造体の七万人収容横浜国際競技場（日産スタジアム）があげられるだろう（写真-1、図-1）。

このスタジアムの特徴は、すべての部材がプレキャスト

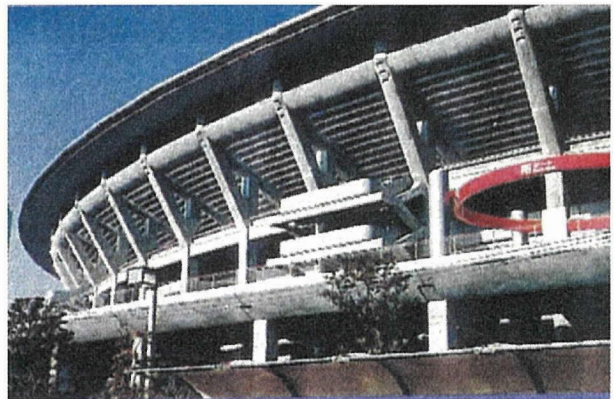


写真-1 横浜国際スタジアム外観（fib賞）



* Keizo TANABE

黒沢建設（株）常務取締役設計本部長

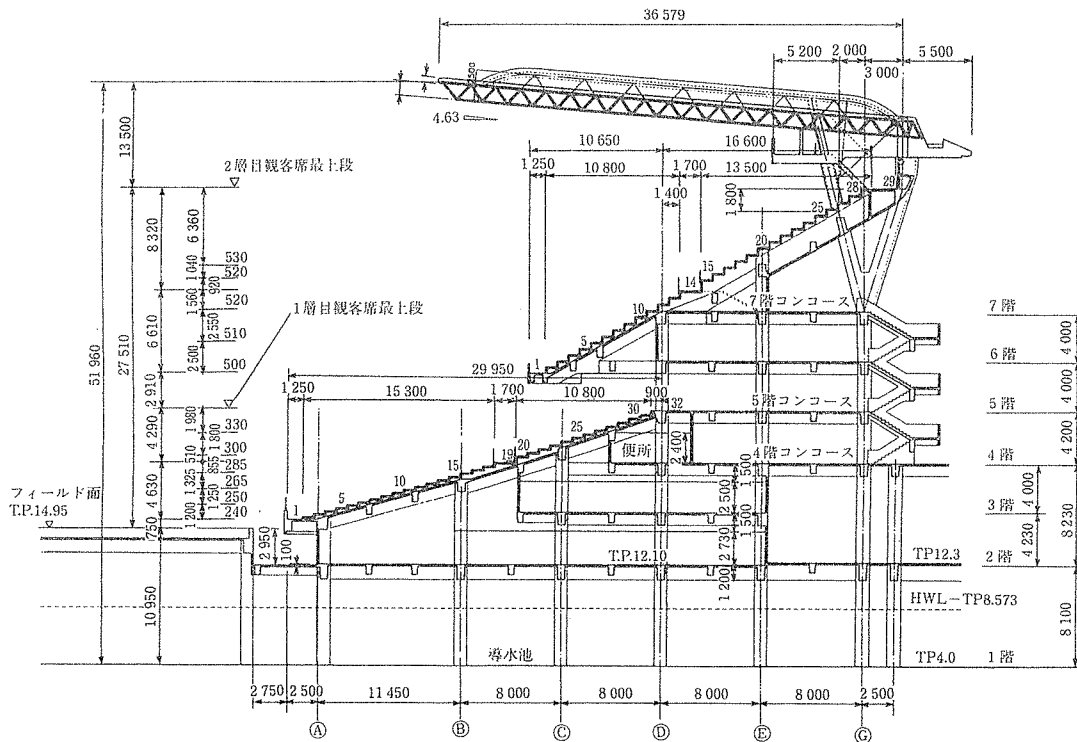


図-1 人工地盤型フィールド&スタンド

曲面形状をもち、マイルドプレス法による耐震圧着構造の長方形楕円形状の柱・梁、全長約1000mをエキスパンションを無くした多連続ラーメン・PC圧着・耐震剛節構造は、世界に例がない^{1)~3)}。

ここに用いられた日本のPC技術は、地震国でない仏国で発明されたプレストレス原理から、震度7級の大地震に際しても、弾性関節で元に戻るプレストレスの原理に進化させ、超耐震・超高層（ラクシア品川等）の実現が可能となった。

2. PC 構造の発展と適用空間の歴史

2.1 PC 工法と建築基準法の歴史

- 1932年：フレシネー工法のプレストレス原理（FPCによる剛節構造を基本）が日本に特許登録。
- 1952年：フレシネーの特許権を極東鋼弦コンクリート振興会社が導入。
- 1954年：建築に初めて浜松町駅ホームに应用された。
- 1957年：フレシネー特許が生滅。国立競技場屋内プール（20mスパンPCラーメン）。
- 1958年：プレストレストコンクリート技術協会発足。
- 1960年：建設省告示223号、高さ16mまで建物が建築主事で建てられるようになった。
- 1961年：日本建築学会「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」。
- 1973年：建設省告示949号が制定され、高さ16m制限が廃止される。
- 1981年：建築基準法施行令大改正 新耐震設計基準が定められる。
- 1983年：建設省告示1320号が制定しPC耐震基準が定ま

る。

- 1996年：コーベル式圧着工法（PPC圧着接合による弾性関節を基本）が発表される¹⁾。
- 2000年：建築基準法の改正（性能規定化）で、限界耐力計算ルート、免震・制震型PCで超高層が可能となる。
- 2002年：マイルドプレスジョイントのPC圧着工法がfibシンポジウムに発表される^{2,3)}。

日本のPC建築の歴史は、PCを専門とする施工会社の発展史でもあり、極東鋼弦コンクリートへのPC導入に始まり、1958年以降、プレストレストコンクリート技術協会発足を始め、次々と全国的にPC専門業者が開設されていった。

PC建築の歴史は1960年以降のプレキャスト工場建設から、1968年頃から36~40m大スパンのボーリング場の建設が盛んとなった。

1960年：建設省告示223号、高さ16mとさまで建物が建てられるようになった。地震力係数に1.5倍の安全係数をもたせた終局強度設計の弾性設計を基本にPC建物の設計が始まった。スパン・高さのPC空間関係を図-2に示す。

その後、建築研究所が主導で耐震に関する研究が行われ、大スパン構造の特性のほか、十分な耐震強度をもつことが分かり、1973年に建物の高さ16m制限が撤廃された。それから、鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）構造と併用、または合成されたSPC構造の高層大スパン体育館が足立区総合体育館を始めとして各東京都区内に数件建設され、低層の汚水処理場、学校体育館、高層総合会館、プラネタリウム、競技場、工場、冷凍倉庫、物流施設、大学、大規模病院、高層住宅等の多方面の用途に用いられるようになった。

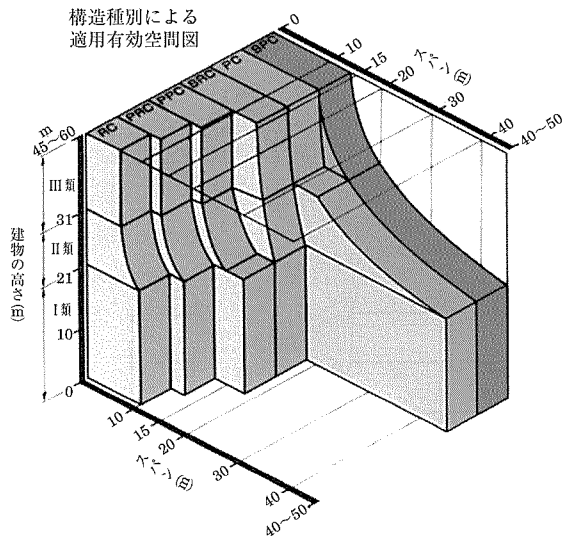


図 - 2 PC 構造の適用空間

1980 年以降は、新しい大空間構造の球形・扁平・逆円錐シェル（多磨霊園、いわき競輪場）等の新技術にプレキャスト PC 圧着工法が適用されていった。

1986 年以降、アンボンド工法の破断問題が否定され、フラットスラブ工法が復活したが、現在アンボンド PC 鋼材による破断が米国で起き始め、対策に追われている。この原因はグリース分離・水素脆化・高応力下フレッチング・傷等の複雑な複合要因とみられ、グラウト工法の PC 鋼材には破断事故の問題は生じていない。超寿命型 PC 耐久化には、全素線塗装鋼線とグラウト工法の二重防錆を併用することで、十分な安全性が確保されるものと思われる。

1995 年 1 月 17 日の阪神大地震（震度 7 級）の調査報告によると学校や会館等の屋根に適用した PC 曲面版の接合部被害がみられたが、PC ラーメン構造にはまったく被害がなかったことから、PC の耐震性が見直され、PC 建物の高さは 31 m から 45 m へと高層建物にも適用されるようになった。

PC 建築の高層化には、場所打ちスラブの省力化が必須であり、各種の合成スラブ用ハーフ PC 版が開発されて、高層化が促進されていった。

2000 ~ 2002 年の法改正によって、免震・制震と組み合わせた PC 構造が超高層住宅や大型高層総合病院、またグローバル化した物流施設が大阪湾、横浜港周辺に、震度 7 級対応の基礎免震・制震と組み合わせた 7 階建物流施設（積載荷重：1.5 tf/m²、スパン：10 ~ 15 m）が求められ、あご付き PC 圧着工法がこれに適用され、延べ床面積は 80 万 m² を超えた。

2.2 PC の構造種別の拡大とその問題点

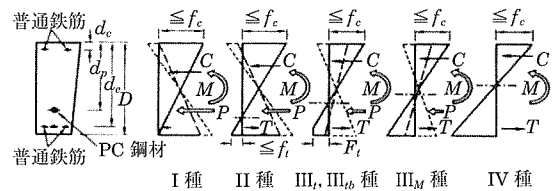
PC の構造種別は PC 梁断面内に導入する平均応力度 (σ_p) で、I 種、II 種、III 種 (III_b)、PRC に分類される。このうち III 種 PC、PRC 構造は鈴木計夫らの研究により、長期設計時の梁中央部のひび割れ防止を目的で組み込まれた。しかし、これを場所打ち柱・梁接合部に適用した場合、平面保持が成立しない PC の終局強度は、耐震強度不足・剛性

劣化・変形拡大からせん断先行崩壊となるので注意を要する (表 - 1)。

表 - 1 PC と PRC の長期応力状態

部材の種類と記号	長期設計応力 ($G+P+X_p$) 時の引張後の状態		
	設計	上	
コンクリート (PC)	I	圧縮応力 $\sigma_c \geq 0$; フルプレストレッシングの設計	曲げひび割れ発生の可能性
	II	引張応力 $\sigma_t \leq f_t$ (許容引張応力度) ; パーシャルプレストレッシングの設計	(安全率の範囲内で)
鉄筋コンクリート (PRC)	III _l	引張応力 $\sigma_t \leq F_t$ (引張強度)	発生の可能性あり
	III _b	引張応力 $\sigma_t \leq F_{tb}$ (曲げ引張強度)	
	III _M	ひび割れ幅 $\sigma_p \leq 0.1$ mm ひび割れ幅 $\sigma_p \leq 0.2$ mm	発生
鉄筋 (RC)	IV	(ひび割れ幅 $\sigma_p \leq 0.2$ mm) 鉄筋応力による間接的制御	発生

* X_p : プレストレス導入による不静定二次応力



I 種 PC : FPC (フルプレストレッシング)

II 種 PC : PPC (パーシャルプレストレッシング)

: SPC (鉄骨鉄筋プレストレストコンクリート)
導入時平均応力度 (σ_p) $\sigma_p \geq 2$ N/mm²

III 種 (III_b) : PRC (プレストレスト鉄筋コンクリート)
導入時平均応力度 (σ_p) $\sigma_p \geq 1$ N/mm²

PRC : ひび割れ防止型 RC 造 (補助的プレストレス)
導入時平均応力度 (σ_p) $\sigma_p < 1$ N/mm²

平成 12 年 (2000) 6 月に制定された限界耐力計算法、性能規定化における新しい構造性能の検証法が加わった。PC 構造は許容応力度計算法に加え、PC 終局耐力計算による終局強度をもとにした性能を明確にした限界耐力計算のルートが開かれ、31 m を超える PC 高層建築が建てられるようになった。

通常の耐震 PC 造の設計はルート 3 で設計され、層間変形角 (R) $\leq 1/200$ の安全確認と保有水平耐力の確認で PC 構造の高さ $H \leq 60$ m の高層建物が可能となった。しかし、平均プレストレス応力度が 2 N/mm² を下回る III 種 PC の柱・梁接合部の耐震設計は問題がある。とくに積層型 PC 圧着工法と称し、梁とスラブ合成後にプレストレス導入する施工法は圧着プレストレスがスラブに拡散し、PC 梁のプレストレスが格段に低下し RC 造となる。PC 終局耐力式で端部鉄筋を減らせば、中小地震程度で圧着目地拡大と鉄筋破断・せん断崩壊を引き起こす耐震偽装となるからである。

2.3 日本の PC を飛躍的に発展させた PC 技術

競技場や物流センターの建物は、全長が 600 ~ 1 000 m とエキスポンションが多い多連続 PC ラーメン架構となり、これをなくすプレストレス導入法の開発を必要とした。この解決法として、マイルドプレス法によるコーベル式プレキャスト PC 圧着工法を用いることで、プレストレスの材長短縮によって生ずる不静定二次応力を最小にする PC 配

線システムが可能となった。

PC 供給生産能力においては、10 万 m³ を超えるプレキャスト PC 部材の生産工場が出現し、輸送システムの面においても、大型 PC 部材の全国供給が可能となった。

PC 施工技術の面では、350 ～ 650 tf 級の重機が普及し、プレキャスト PC 部材の大型化と大幅な工期短縮が可能となったことで PC 建築は飛躍的に発展した。

3. プレキャスト PC 圧着工法の今後の展開

プレキャスト PC 圧着工法の第一番目の特色は、高強度コンクリートの耐久品質や高張力鋼の素材がまさり、コンクリートの中性化、ひび割れ、鉄筋錆びを防止し、財産価値の劣化を防ぐことが可能となることにある。これは、工場生産品であるから可能なものであり、従来の現場作業では、このような部材性能を確保することは、コスト的に不可能に近い。

第二番目の特色は、プレキャスト PC 部材の部材性能を最大限活用し、デザイン化した形状と接合部に特化して単純化すれば、新たな構造形態・機能を創出させ、今後の PC 建築は、ソーラー・緑化システムの機能と融合させるなど、地球環境にやさしい新たな需要開発が生まれるだろう。

3.1 工場生産品による品質確保と耐久保証型設計

PC 建築の長寿命化を目標とする耐久保証型設計は、PC 工場生産品による品質確保が重要であり、工場出荷時の品質保証があって可能となるのであり、これを実現するには次の 3 つの課題を解決することが重要となるだろう。

- 1) PC 部材はプレキャスト化した工場生産品を用いることを基本に、厳しい品質管理により、出荷時にコンクリートの圧縮強度と品質保証ができる生産体制をつくる。
- 2) 耐久性・高強度コンクリートは、 $F_c = 50 \text{ N/mm}^2$ 以上、スランプ $8 \pm 2.5 \text{ cm}$ 、水セメント比 35 % 程度、乾燥収縮率など、200 年耐久を目標とした品質設定を決める。
- 3) PC 部材に使用する引張鋼材は、防錆技術、たとえばエポキシ樹脂塗装による防錆処置を施して、200 年耐久性能を保証する。

3.2 施工技術の安全性と施工性

PC 建築は、プレキャスト PC 圧着工法が主流を占めてきたが、積層型やあごを付けない PC 工法等は、建て方時のかかりシロ不安定、肌分かれによるせん断先行崩壊の要因で落下事故を起こしやすい。韓国でもプレキャスト積層工法の落下事故で 9 人が死亡、裁判中であるという。PC 圧着工法は基本として、支保工を必要とせずに安全性と施工性が得られる施工技術が求められ、工夫例をあげると次のようになる。

- 1) 施工時の安定性確保を重視し、柱自立工法や柱梁接合部にコーベル（柱内臓あご）で支持するなど、PC 梁部材を柱コーベル上に架設、落下防止する工夫。
- 2) ジョイント接合部の圧着目地は充てんに性に優れ、品質低下を招かないプレミックス型高強度無収縮モルタルなどを使用し、一日で 30 N/mm^2 の目地強度を発現

させるなど、緊張作業を早め、施工時の安全性を高める工夫。

- 3) 機械化・専門化を図った重機を適用し現場作業をなくし、施工スピードと安全性確保が得られる施工技術が必要となる。一例として、これらの改良技術をもとに PC 圧着関節工法の施工システムが用いられている。

3.3 多連続スパン型剛節架構の対応技術

PC 多連続剛節架構の可能性は、コンクリートの乾燥収縮率をいかに最小にするかにかかっている。通常のスパン数は 5 スパン程度、ラーメン全長は 40 m 程度が限界となり、施工技術の工夫が必要となる。

プレストレスによる場所打ち大スパン工法は、工場、ボーリング場に用いられたが、梁断面の平均プレストレス 5 N/mm^2 の材長変形量は 5 mm 以上となり、柱倒れと不静定二次応力を最小にする方法が難しかった。

築地中央卸売市場を例にとれば、全長 114 m の 6 径間ボックス桁・ラーメン PC 構造で中央柱を固定に両サイドから柱頭部水平スライドが必要となった。大規模場所打ち構造はプレストレス導入法と熟練工不足の難題があり、1970 年後半は構築されなくなった。

1983 年、建設省告示 1320 号が制定されると、従来の場所打ち PC から、柱・梁部材をすべてプレキャストとする PC 圧着工法の耐震設計が可能となった。PC 建築が大規模 PC 圧着工法の時代に入り、PC 生産能力（月産 1 万 m³）の工場からオントラック供給の海上輸送システムが誕生すると、新たなプレストレス導入法の施工支援技術が必要となった。

多連続架構のプレストレス導入システムは、表 - 2、図 - 3 に示すように、スラブ形成前にあご付き柱・梁接合用 2 次ケーブルで緊張端・可動端を交互に緊張できるような 2 次ケーブル配線システムである。この方法はプレストレスを制御して圧着する方法でマイルドプレス導入法といわれる^{1)~3)}。

とくに、プレキャスト PC 圧着工法は、プレストレスに

表 - 2 2 次ケーブル配線システム

ケーブル配線方式	ケーブル別数	ケーブル配線計画
1. ホッチキス方式 サイド定着 (梁側面)	2	
1. ホッチキス方式 上側定着	1	
	2	
上下定着	2	
2. クロス梁方式 上側定着	3	
3. クロス梁方式 上側定着	3	
4. 連続方式 柱側定着	1~3	

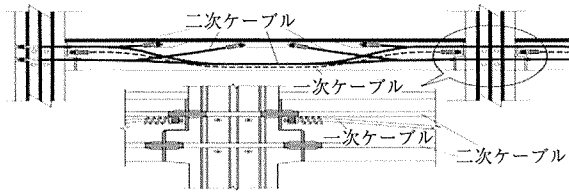


図-3 多連続架構のケーブル配線法

よって生ずる弾性短縮の変形量をあご上で可動させ、不静定二次応力を最小にする技術で、連続 PC ラーメン架構でエキスパンションをなくし空間効率をあげることができるようになった。これにより、20 万 m² を超える長方楕円形構造体の周長約 1 000 m の多連続ラーメン構造体を実現させ、7 万人収容横浜国際競技場（日産スタジアム）を誕生させている。

競技場、病院、物流施設の大規模建物の躯体コストは、プレキャスト PC 圧着工法と SRC 造が比較で、空間効率・機能面でまさるほか、コスト面でも安いことで採用されてきた。

PC 造と称してあご無し柱・梁接合をⅢ種 PC (PRC) で耐震設計する場合、プレストレス導入による柱倒れと弾性短縮による不静定二次応力を避け、ケーブル導入力を場所打ちスラブと梁を合成後に圧着させる施工法は、プレストレスがスラブに拡散し、圧着接合部のプレストレス不足を招き、耐震強度は PC 造でなく RC 造の耐震強度となり、接合部はく離による変形拡大でせん断先行崩壊を招く可能性が高い。

3.4 PC 建築は地球環境にやさしい

人口増は爆発的な急勾配を示し、消費エネルギー資源（石油、石炭、メタンガス）の増大と森林伐採による砂漠化、急激な CO₂ 増加で地球温暖化による海進と地球環境変動が懸念されている。PC 建築は地球環境にやさしい生活空間の提供に多に貢献できるだろう。地球環境に対する影響要因に関して捉えてみると次のような利点があげられる。

1) 型枠（ベニヤ）を用いないプレキャスト PC 工法は、

- 2) プレキャスト PC 圧着工法とすることで、生コン車による CO₂ 発生量、および産業廃棄物を最小にできる。
- 3) 場所打ちコンクリートの打設量をきわめて少なくすることで、都市部の交通混雑と環境の悪化を防止できる。
- 4) 耐久性・耐震性・空間効率・施工性・資産価値等のすべての面で格段の付加価値を高めても、比較的躯体コストは RC と SRC の中間程度で格安となる。
- 5) 高張力鋼材使用で引張効率高め資源節減が図られる。
- 6) コンクリートのもととなるセメントは豊富にある。
- 7) 温暖化による熱負荷を少なくし、維持費が安い。

PC 建築は地球環境にやさしい優位性と持続的な生活空間を提供し、住環境のエネルギー消費を少なくなる改良工法として、また今後の耐震補強工法に貢献することができるだろう。

3.5 超寿命対応型建築と推定耐用年数

プレキャスト PC 圧着工法を利用した構造体の耐久技術は、高強度・高品質コンクリート使用した PC 工場生産品を適用、2 N/mm² 以上のプレストレスを導入、柱梁部材はひび割れを起こさせない耐久設計で超・長寿命化の要求を満たすことができる。とくに、200 年耐久・超長期優良住宅として保証する場合には、鉄筋や PC 鋼材を防錆することで対応できるからである。

海岸から離れた内陸地に建てられる耐久住宅は、防錆鋼材を使用しなくても、かぶり厚さや仕上げ材の耐久仕様の配慮で、150～200 年までは十分に長寿命型躯体として満たせるだろう。日本で最初に東京都が建て替えた北青山一丁目高層住宅は 100 年耐久仕様で建設されている。

国交省は今年度、長期・超長期優良住宅（200 年耐久を想定）の提案を募集するなど、建築の耐久建築の促進を図っている。

200 年型超耐久・超耐震構造の高層住宅の推定耐用年数は、コンクリートの品質、コンクリートの品質管理の設定、プレストレス導入量で大きく変わる。たとえば、場所打ち柱梁圧着接合のプレキャスト圧着工法は、場所打ち接合部

表-3 コンクリート系躯体の推定耐用年数の比較

KTB 圧着技術研究所

躯体の耐久性要因		鉄筋コンクリート造 (*プレキャスト RC 積層)			プレキャスト PC 造 (PC 圧着間接工法)	
躯体構造	柱	RC 造			プレキャスト PC 造	
	梁	RC 造			プレキャスト PC 造	
	床版 (片持床)	RC 造			PC 合成床 (RC 造)	
コンクリート (FRC) 強度	柱	≥ 24 N/mm ² ~ (*50 N/mm ²)			≥ 50 N/mm ²	
	梁	≥ 24 N/mm ² ~ (*50 N/mm ²)			≥ 50 N/mm ²	
	柱梁接合部	(* 肌分かれ、錆び発生)			ひび割れなし (プレストレス)	
	床版	≥ 24 N/mm ²			≥ 50 N/mm ²	
	トップコン & 片持床	≥ 24 N/mm ²			≥ 30 N/mm ²	
	ハーフ PC 床	≥ 50 N/mm ²			≥ 50 N/mm ²	
水セメント比 (W/C) %		55 以上	50 ~ 54	45 ~ 49	36 ~ 40	35 以下
ベースランブ (cm)		16 ~ 20	12 ~ 15	8 ~ 10	8 ~ 10	5 ~ 8
推定耐用年数	躯体 (年数)	20 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 65	200 年以上	300 年
	柱梁接合部 (*)	* ≤ 20	* ≤ 40	* ≤ 50	200 年以上	300 年
	RC 片持ちバルコニー	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20

* 場所打ち RC 造部分を示す

にコンクリートの乾燥収縮率「 800μ (1 mあたり 0.8 mm の乾燥収縮)」によるひび割れが発生し肌分かれが避けられないので耐久年限は格段に落ちることが想定される。

コンクリート系躯体の推定耐用年数を比較すると、PC 圧着工法の躯体は PC 構造の柱・梁部材は、工場生産方式ですべて、 50 N/mm^2 以上の密実なコンクリートの品質が保証することができ、200 年程度の耐久性を有するものと想定している (表-3)。

4. 高層・超高層対応への耐震技術史

4.1 耐震技術の要求性能

これからの PC 耐震技術は、きわめてまれに起る震度 7 級の巨大地震にも、PC 部材の損傷を可能なかぎりなくし、再使用できる耐震・耐久技術が要求性能となろう。

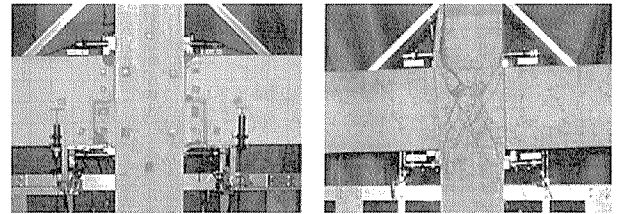
従来の PC 耐震技術は、層間変形角 $1/100$ を超えると、柱・梁接合部は損傷し、再使用することはできなかった。しかし、耐震型圧着接合用テンドンへのプレストレス導入を、50%程度にコントロールすれば、外力の大きさに応じて剛節構造から柔節構造に変える弾性関節が機能する。弾性関節工法の場合、安全限界時の変形性能は在来工法の損傷を許容する塑性率 (η) 2 値程度に対し、損傷しない弾塑性率 3 値程度まで維持し、31 m を超える高層になるとベースシア係数 (C_B) を 0.1 程度まで地震力を小さくできる特徴をもつ。

4.2 接合部で弾性回転ができる圧着プレストレスの原理

六車博士の一連の研究は、フレシネーのプレストレスの特許原理の長期荷重時の曲げ強度改善と剛節接合を基本とした研究であり、プレキャスト PC 圧着接合には耐震的の面で改善する必要があった。コーベル式圧着工法用の耐震接合部用テンドン (2 次ケーブル) で圧着するマイルドプレスの方法が発表され¹⁾、中野清司博士はこの原理をプレストレスの第 2 原理と称している⁴⁾。

非線形弾性関節の PC 圧着工法の耐震性能比較を下記に示す^{1~3)}。

最近行われた TB・圧着技術研究所、東京工業大学、東京理科大学の共同研究で、従来の RC 構造と弾性関節型 PC 構造の終局時損傷比較の実験結果、終局変形角 $1/25$ 程度まで部材の損傷を極小にできることが確認された^{5, 6, 8)}。損失制御保証型設計として、PC は十分な可能性を秘めているといえるだろう。



a. 圧着関節工法の終局 $1/25$ b. RC造終局 $1/25$
写真-2 RCとPCの終局時損傷比較

5. おわりに

2009 年 2 月の JASS 5 改定でひび割れ対策が本格化し、コンクリートの乾燥収縮率「 800μ (1 mあたり 0.8 mm の乾燥収縮)」が本文に盛り込まれることになった。

この改定で場所打ち柱梁圧着接合部の肌分かれが問題となるので、柱・梁・パネルゾーンをすべてプレキャスト化することを条件に、接合部弾性回転ができるあご付き PC 圧着工法を超耐久・超耐震構造の PC 耐震技術として発展されることが望まれる。

参考文献

- 1) 田邊恵三：「コーベル式圧着工法を用いた剛節骨組の力学的研究と耐震性能に対する研究」, 博士論文, 1996
- 2) Kiyoshi Nakano et al.: Damage Controlled Seismic Design by Precast Prestressed Concrete Structure With MILD-PRESS-JOINT (Part 1) Basic Concept of Design, fib Symposium, 2002
- 3) Keizo Tanabe et al.: Damage Controlled Seismic Design by Precast Prestressed Concrete Structure With MILD-PRESS-JOINT (Part 2) Kerner of Structural Design And Examply, fib Symposium 2002
- 4) 中野清司：「プレストレスコンクリートの展開：東京電機大学最終講義」, 電機大学, 2002.3
- 5) 和田章, 坂田弘安, 久保山寛之, 松崎育弘, 黒沢亮太郎：「PC 圧着関節工法による損失制御設計に関する研究 (その 2 関節部挙動に関する検討)」: 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003.9
- 6) 中野清司, 田邊恵三, 松崎育弘, 和田章, 坂田安, 久保山寛之, 杉山智昭, 池澤誠：「PC 圧着関節工法による損失制御架構の力学的特性に関する実験研究」, 日本建築学会構造系論文集, 第 576 号, 2004.2
- 7) 中野清司, 田邊恵三：「超長期優良住宅に 200 年超耐久・超耐震構造」, 橋梁&都市 PROJECT, 2008.5
- 8) 1 黒沢亮平, 2 中野清司, 3 坂田弘安, 4 和田章, 5 松崎育弘, 6 田邊恵三：「PC 圧着関節工法入門 (1 工法理論, 2 概要, 3 本工法と制振・免震との組合せ, 4 実験結果からわかったことは何か?, 5 本工法の設計ポイントと応用例)」, 建築技術 2005.11 ~ 2006.5

【2008 年 11 月 10 日受付】

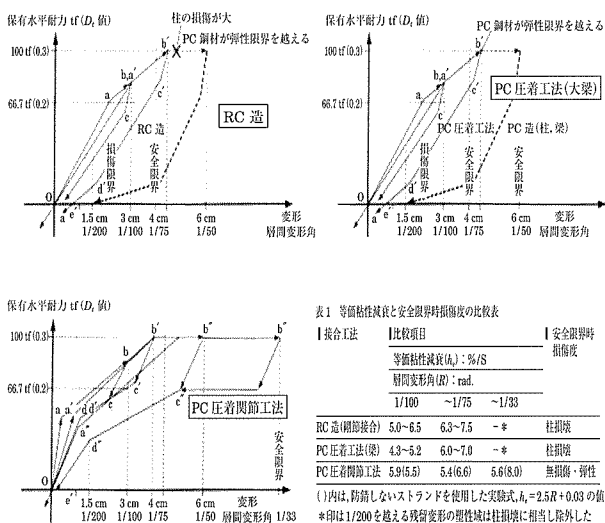


図-4 耐震性能の比較