

PC建築の歩みについて

中野 清司*

1. 海外のプレストレストコンクリート発展の経緯

プレストレストコンクリートは舶来技術である。日本に導入されて、建築に使われるようになった経緯を振り返る前に、そのルーツを述べておきたい。文献に表れた最初のプレストレストコンクリート技術は明治19年(1886)に取得されたアメリカのP. H. Jacksonの特許である。それ以降、ドイツのC. F. W. Doehring(1888年)、オーストリアのJ. Mandl(1896年)、ノルウェーのJ. G. F. Lund(1907年)、ドイツのM. Koenen(1907年)、アメリカのG. R. Steiner(1908年)などがいろいろな考案を発表しているが、結果的にはものになっていない。それはコンクリートの乾燥収縮とクリープが考えに入っていなかったことによる。

この点を解決するため、高抗張力鋼の使用を初めて提案したのがアメリカのR. H. Dill, W. H. Hewettである。その時期は1922年～1925年と言われている。アメリカの考案と独立にフランスのE. Freyssinetが類似の考案を昭和3年(1928)に発表している。文献としては昭和11年(1936)に発表されている¹⁾。このアイデアをさらに発展させたのがドイツのHoyerである^{2), 3)}。

プレストレストコンクリートの実用化のために必要な「高抗張力鋼」の使用に関してはFreyssinetよりDillの方が早い。Freyssinetの貢献はクリープの影響の重要性を最初に指摘したことである¹⁾。

プレテンション技術におけるHoyerの貢献は少なくない。プレテンション技術の本家はドイツではHoyer、フランスではFreyssinetということになっている。ポストテンション技術の発展は主としてFreyssinetに負うといつてよい⁴⁾が、この分野でのベルギーのMagnel教授の貢献も見逃せない。彼が第二次世界大戦直後に発表した論文および著書は文献^{5)~9)}に示すとおりであり、わが国の技術家に対する影響は大きかったと考えられる。

2. 国内のプレストレストコンクリート発展の経緯

海上秀太郎氏に従えば、日本のプレストレストコンク

リートの発達には次の3段階に分けられる¹²⁾。

- ① 研究時代：昭和の初め頃から2, 3の大学等で研究や実験が始められたが戦争で中断した。
- ② 試作時代：昭和20年以降、日本国有鉄道の技術研究所における枕木の試作、吉田宏彦 福井大学教授の板の試作は、実用化への橋渡しをしたものであり、その功績は大きい。
- ③ 実用時代：昭和25年頃から土木、建築、鉱山、鉄道、港湾の分野で本格的利用が始まった。

建築関係でのプレストレストコンクリートの応用は、プレテンション分野では、昭和26年(1951)に福井大学の吉田教授が石川県小松市庁舎地階の床板として同教授の特許であるフレキシブルコンクリート版を用いたのが初めてである。ポストテンション分野では、昭和27年(1952)の東京駅のプラットフォーム、プレキャストプレストレストコンクリート工法分野では昭和29年(1954)の旧国鉄浜松町駅上屋が最初の工事である。一方、昭和28年(1953)当時には、小住宅への応用も考えられていたようで、レーモンド設計事務所とピー・エス・コンクリート(株)との共同研究の記録はあるが、残念ながら作品は残されていない。

プレストレストコンクリート関係の特許としては、戦前から戦後にかけて表-1に示すようなものがある。この表に見られるように、PC技術の発展初期においては大学などの研究者が積極的に技術開発を行っていたことが分かる。

研究面で特筆されるべきことは、極東鋼弦コンクリート振興(株)の研究活動である。昭和28年度建設工業技術研究補助金によって行われた「プレストレストコンクリートの建築物への応用」¹³⁾(研究担当は当時設計部長の猪股俊司博士)は4.5m×5.5m、二層プレキャストプレストレストコンクリート骨組の実験であり、柱、梁ともPC圧着接合をしている。梁は柱に作りつけたアゴに乗せてある。加力は屋上に据えた起震機で行われた。屋上の震度が短辺方向0.654、長辺方向0.904に達するまで加力しても、除荷後はひび割れが完全に閉じた¹³⁾。この研究は永らく注目されることはなかったが、現在のPCa PCの先駆をなすもので、プレストレスで圧着し一体化した骨組の優秀性が認識されはじめた今日、半世紀以前にこのことを実証された先達に改めて敬意を表したい。

昭和30年代に入ると、Freyssinetの特許の消滅(昭和31年(1956))後、スイスのBBRV工法、ドイツのDywidag工法など欧米の定着工法が次々に導入され、土木構造物を中心にプレストレストコンクリートの利用が盛んになってきた。

一方、昭和30年(1955)にプレストレスト・コンクリート工業協会(昭和48年に社団法人認可)が、昭和33年(1958)



* Kiyoshi NAKANO

本協会名誉会員
 (株)中野建築研究所

表-1 PC関係の特許

No.	特許番号	特許年月日	特許名称 (内容)	特許権者	備 考
1	特許第98254	昭和7. 6. 15	補強コンクリート製品の製造法	ユージェーヌ・フレシネー (フランス) ジャン・シーユ (フランス)	この特許は有名な「原理特許」であり、昭和24年9月1日に施行された連合人工業所有権戦後措置令で特許権存続期間が昭和31年5月19日まで延長された。
2	特許第12281	昭和14. 9. 22	コンクリート部材の周囲に熱した金属線を緊張しながら巻き付ける工法	ボスフラブ・ルムル (チェコ)	
3	特許第142295	昭和16. 3. 6	プレテンション工法の一つ	エーワルド・ホイエル (チェコ)	
4	特許第174755	昭和22. 8. 13	コンクリート薄板の製造法	吉田 宏彦	小松市庁舎に用いられた。
5	特許第175234	昭和22. 10. 29	鋼線の支持装置	久保 正気	
6	特許第175360	昭和22. 11. 26	プレテンション工法における緊張管理法	吉田 宏彦	
7	特許第175588	昭和23. 1. 31	プレテンション曲板の製造方法	坂 静雄	
8	特許第181478	昭和25. 1. 23	プレテンション部材の応力導入法	浅野 新一	
9	特許第188617	昭和26. 3. 23	鋼線の任意の部分にアンカーを形成する方法	河合 三郎	
10	特許第192540	昭和27. 1. 28	接合部の応力の不連続を避ける方法	ビー・エス・コンクリート(株)	
11	特許第197987	昭和28. 2. 4	孔を有するプレストレストコンクリート板の製法	ビー・エス・コンクリート(株)	

にはプレストレストコンクリート技術協会が発足し、国内的には業界の協力体制が整備され、また国際的な技術協力の窓口が開かれた。

設計指針も昭和30年(1955)に土木学会の「プレストレストコンクリート設計施工指針」、昭和35年(1960)に建設省告示223号、昭和36年(1961)に日本建築学会の「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」が相次いで出された。昭和30年代は日本におけるプレストレストコンクリート技術の基盤整備が整った時期であると言える。

研究面も順調な発展を遂げ、日本建築学会に発表される論文の数も年々増加している。表-2には、一例として昭和41年までの日本建築学会大会論文を示してある。

表-2は、あくまで当時の研究の輪郭を窺うために、手元の資料を用いて作成したものであり、文献リストではないことをお断りしておく。この表を見ると、大学の中では京都大学が研究の質、量とも傑出しており、とくに理論面、部材特性面で優れた成果を上げている。一方、建設省建築研究所は大型試験装置を用いた骨組の研究に成果を上げている。この研究は、見方によっては先に述べた猪股博士の研究を継承したものであり、両々相まって今日のプレストレストコンクリート建築の発展に寄与してきたと言える。また、京都大学はプレストレストコンクリート技術に関する人材育成の面で多大な貢献をしてきたことも見逃せない。

法制面では、昭和35年(1960)、建設省告示223号が告示され、プレストレストコンクリート構造が建築基準法の体系の中に明示された。しかし、高さ制限16mの規定があるため、中高層の建物への本格的適用には後日を持たなければならなかった。

昭和38年(1963)から昭和47年(1972)には、ボウリングブームを反映して場所打ちプレストレストコンクリート構

造が日本全国で盛んに建設されている。一方、昭和30年代末から40年代にかけて、各種のプレキャストプレストレストコンクリート部材が登場した。代表的なものを挙げると、穴あきスラブ(昭和38年)、ダブルTスラブ(昭和39年、JIS A 5412)、曲面屋根板(昭和40年)、ドーム(昭和46年)などがある。

昭和48年(1973)には建設省告示949号が制定され、高さ制限が撤廃されプレストレストコンクリートの高層建築物への適用の道が開かれた。

昭和50年代後半から現在に至るまでの10数年間の主立った展開には、次のようなものがある。

- ① PRC構造が一般に使用できるようになった(昭和58年建設省告示1320号)。
- ② 昭和49年(1974)から使われるようになったアンボンド工法が上記の告示によって正式に認められたことにより急速に普及した。
- ③ 省力化工法としてハーフPC合成床板が普及した(昭和54年(1979)のFC版を皮切りに、CS版、 π スラブ、FTTスラブ、DV版などが開発された)。
- ④ スポーツ施設の建設ブームに伴ってPC段床が普及した。
- ⑤ PC圧着工法が高さ31mまで建築確認だけで建設可能となり、プレキャストプレストレストコンクリート工法が急速に普及し、物流センター、駐車場、競技場、事務所、校舎などに幅広く用いられるようになった。

以上に、プレストレストコンクリート構造の建築物の歩みを概観したが、最後にプレストレストコンクリート建築の工事受注額の推移を見ることにする。図-1は昭和50年(1975)の受注額を1とした場合の各年度の受注額倍率の推移を示している。

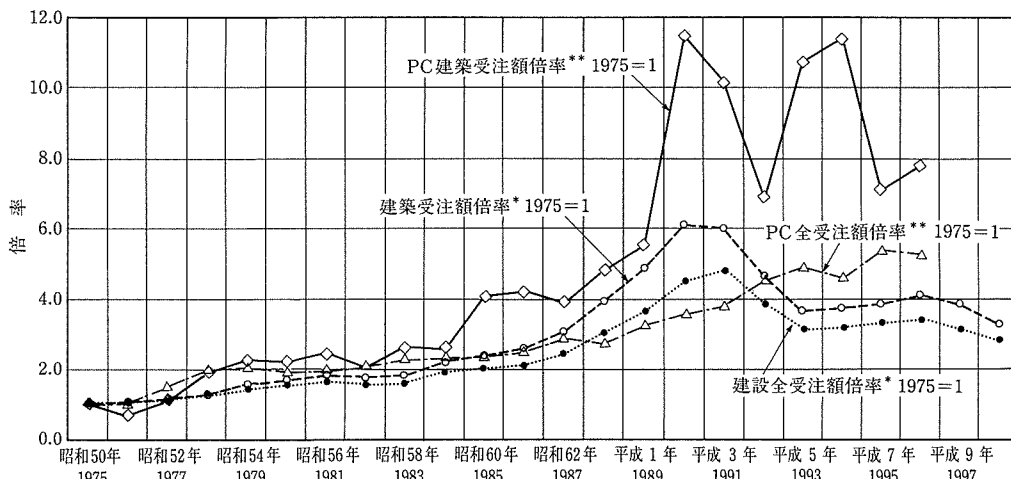
同図から、プレストレストコンクリート建築は順調に発

表-2. 昭和31年～41年の発表論文の一例

論文名	著者	備考*	論文名	著者	備考*
PSコンクリート用グラウチングペーストの実験	奥島正一, 西岡思郎 (大阪大学)	A	不静定架構のプレストレス導入にともなう二次応力 (多治見駅本屋架構についての試験)	井原道継 (国鉄)	F
プレストレスコンクリート用グラウトの研究	中野清司 (建研)	B	PC有孔ばりに関する研究	六車 熙 (京都大学)	F
三鷹航空技術研究所計測室プレストレストコンクリート工事報告	大島久次 (関東地建), 中野清司 (建研) ほか	B	PC梁の曲げ剛性と撓みに関する研究	坂 静雄, 六車 熙 (京都大学) ほか	F
プレストレスコンクリート材の緊張力減退に関する一近似解	坂 静雄, 六車 熙 (京都大学)	B	PC部材を用いた組立ラーメンの隅角部処理に関する研究 (その1・光弾性実験)	戸塚 学 (神奈川県工業試験所)	F
プレストレスコンクリート円筒曲板の試作	加藤 渉, 本岡順二郎 (日本大学)	B	PC部材を用いた組立ラーメンの隅角部処理に関する研究 (その2・隅角部内の破壊状況)	本岡順二郎 (日本大学)	F
プレストレス鉄骨構造 (続報)	小倉弘一郎 (明治大学) ほか	B	PC部材を用いた組立ラーメンの隅角部処理に関する研究 (その3・PC四層立体フレームの水平加力試験)	中野清司 (建研)	F
プレストレスによって結合された版と柱との送り耐力に関する一実験	中野清司 (建研)	C	プレストレスコンクリート杭の継手部の曲げ剛性	坪井善勝 (東京大学) ほか	F
江戸橋自動車駐車場の設計計画について (主としてプレストレスコンクリート構造の耐火性について)	山本康正 (首都高速道路公団) ほか	C	PC用生コンクリートの性状について	木村敬三 (鹿島建設) ほか	G
コンクリートの2次元クリープ理論に関する理論的研究	竹原麟之助, 六車 熙 (京都大学)	C	蒸気養生コンクリートの研究 (その3) (プレストレスコンクリート工事現場への応用について)	木村敬三 (鹿島建設) ほか	G
ポストテンション式PC梁の定着端付近応力分布 (2次元, 3次元光弾性実験)	戸塚 学 (神奈川県工業試験所)	C	大石寺総坊におけるリフトスラブ工法工事 (その1)	久富 洋 (清水建設) ほか	G
PC部材のクリープ変形の近似解法 (PC部材のクリープ係数について)	六車 熙 (京都大学)	C	大石寺総坊におけるリフトスラブ工法工事 (その2)	久富 洋 (清水建設) ほか	G
ディビダーク式アンカムッター使用ポストテンション型PC梁の実験的研究	下伊豆隆三 (岡本建築設計), 六車 熙 (京都大学)	C	ポストテンション工法による中層量産アパートの構成計画	茶谷正洋 (建研)	G
PC及びRC梁の曲げ破壊強度	六車 熙, 森田司郎 (京都大学)	C	プレストレス工法による中層量産アパートの組立精度	山口義夫 (建研)	G
組立PC不静定ラーメンにおけるクリープ不静定力	坂 静雄	C	ポストテンション工法による中層量産アパートの労務工数	篠沢清見 (建研) ほか	G
PC梁を有するラーメンの破壊実験	川村政美 (日建設計) ほか	C	プレストレスコンクリートシェルの載荷試験報告	三吉勝 (不動建設), 加藤勉 (東京大学)	G
PCグラウト及び目地材料用樹脂材料の研究	中野清司 (建研), 瀬川敏 (昭和商业)	D	プレストレスコンクリート不静定架構のクリープ応力解析	六車 熙 (京都大学)	G
PC有孔梁の剪断抵抗に関する実験	川村政美 (日建設計) ほか	E	低速繰返し高荷重を受けるPC単純梁の力学的性質に関する実験的研究	六車 熙, 富永 恵, 岡本伸 (京都大学)	G
材令5年を経たPC梁の曲げ破壊実験	六車 熙 (京都大学)	E	人工軽量骨材を使用したPC部材の実験的研究 (第1報) - プレストレス梁の導入プレストレス-	磯畑 脩 (清水建設) ほか	G
PC合成はりの実大実験	本岡順二郎 (日本大学) ほか	E	PC容器 (原子力発電用) の応力解析 (光弾性実験)	戸塚 学 (神奈川県工業試験所), 本岡順二郎 (日本大学)	G
PCグラウト試験方法について	六車 熙 (京都大学) ほか	E	プレストレスを与えた格子型リブの間に中空部のある軽量中空コンクリート版	小林秀弥 (千葉大学) ほか	G
円形PC版の耐力実験	矢野克巳 (日建設計) ほか	E			
PCラーメン隅角部の応力解析 (光弾性)	加藤六美 (東京工業大学), 中野清司 (建研), 本岡順二郎 (日本大学), 戸塚学 (神奈川県工業試験所)	E			

* A: 《日本建築学会論文報告集一大会号一, 第54号, 昭和31年9月》
 B: 《日本建築学会論文報告集一大会号第一部一, 第66号, 昭和35年10月》
 C: 《日本建築学会論文報告集一大会号第一部一, 第69号, 昭和36年10月》
 D: 《日本建築学会論文報告集第76号, 昭和37年9月・臨時増刊》

E: 《日本建築学会論文報告集第89号, 昭和38年9月・臨時増刊》
 F: 《日本建築学会論文報告集第103号, 昭和39年10月・臨時増刊》
 G: 《日本建築学会論文報告集号外, 昭和41年10月・臨時増刊》



* 建設省経済局調査情報課「建設統計月報」による。なお、昭和60年度以前は61年度以降と統計のとり方に異同があるため、厳密な連続性はない。
 ** (社)プレストレス・コンクリート建設業協会資料による。

図-1 建設工事受注額の推移

展しているように見える。今後の課題は、プレストレストコンクリート建築の特色である、造形性、耐震性、耐久性、品質安定性などを生かして、建築工事受注額の総量に対する比率を大きくしていくことである。

参 考 文 献

- 1) Freyssinet : Une Révolution dans les Techniques du Béton, 1936
- 2) Hoyer : Der Stahlbeton, Berlin, Vienna, Leipzig, 1939
- 3) Kleinlogel : Der Stahlsaitenbeton System Hoyer, Beton und Eisen, pp.141~147, 1939
- 4) Maunter : Spannbeton nach dem Freyssinetverfahren, Contribution to the discussion, International Congress for Bridge and Structural Engineering, 1936 および Beton und Eisen, pp.320~324, 1936
- 5) Magnel : The Principles of Prestressed Concrete, Civil Engineering, Nov.1947
- 6) Magnel : Prestressed Concrete, Some New Developments, Concrete and Constr. Eng., Nov. and Dec. 1945 および Jan. 1946
- 7) Magnel : Beton Précontraint, Extrait des Annales des Travaux Publics de Belgique, Apr. 1946
- 8) Magnel : Le Béton Précontraint, Gand 1948
- 9) Magnel : Le Calcul des poutres continuées à travées en beton précontraint, Annales des Travaux Publics, Juin 1947
- 10) Abeles : Principles and Practice of Prestressed Concrete, Crosby Lockwood & Son, Ltd., London, 1949
- 11) Komendant : Prestressed Concrete Structure, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Tronto, London, 1952
- 12) 海上 : 日本におけるプレストレストコンクリートの現状, プレストレストコンクリートと構造力学, 土木学会, pp.47~55, 1953.8
- 13) 極東鋼弦コンクリート振興(株) : プレストレストコンクリートの建築物への応用, 技術試験研究の概要とその成果, 1956.2

【2000年8月18日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

第 10 回
プレストレストコンクリートの
発展に関するシンポジウム
論 文 集

(平成12年10月)

本書は、平成12年10月に淡路島で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：10 000円 (送料600円)

体 裁：B5判, 箱入り

内 容：特別講演2編 (15頁), 講演論文集173編 (924頁)