

建築におけるニュージーランドと アメリカの PC 技術の動向とプロジェクト

西山 峰広*

本協会誌 Vol.45, No.4, 2003 に「ニュージーランドとアメリカにおける PC 圧着工法」¹⁾と題する拙稿を、掲載していただいた。今回、また、「ニュージーランドとアメリカ」か、と非難されそうではある。確かに、重複する箇所もいくつかある。が、新しく加えた情報も多いので、ご一読いただくことによって、海外の最新情報に触れていただくと幸甚である。

ニュージーランド

fib Task Group 7.3 of Commission 7 では、プレキャストコンクリートに関する報告書「State-of-the Art Report on the Seismic Design of Precast Concrete Building Structures」をまとめ、近々発行する予定となっている。もともと、Task Group 7.3 と 7.4 は、それぞれ、プレキャストコンクリートとプレストレストコンクリートに関する state-of-the art を作成していたのであるが、プレキャストコンクリートとプレストレストコンクリートを分けて議論するよりも、プレキャストプレストレストコンクリートとしてまとめてひとつの報告書とした方がよいと方針を変更し、上記のような報告書をまとめるに至った。上記のタイトルには、「prestressed」という単語が含まれていないが、実際には、プレキャストプレストレストコンクリートの state-of-the art となっている。その概要は、2002 年 fib 大阪コンGRES の Commission Report のセッションにおいて、Canterbury 大学 Robert Park 先生と京都大学渡邊史夫先生によって発表された。

この state-of-the art の 1.5 節では、各国のプレキャスト（プレストレスト）コンクリートの歴史と現状が簡単にまとめられている。ニュージーランドの部分は、R. Park 先生によって記されている。これによると、ニュージーランドでは、1960 年代にプレキャストスラブが多く利用されるようになってきた。このプレキャストスラブは、ほとんどプレテンションのプレストレストコンクリートスラブである。以後、現場打ちのスラブはほとんど使われなくなっている。

架構についてはどうかというと、1950 年代、1960 年代には、プレキャスト部材をポストテンションで一体化し、骨組を構成する方法も用いられたが、1970 年代後半から 1980 年代前半においては、耐震要素としてプレキャスト部材が利用されることはほとんどなくなった。

しかしながら、1980 年代半ばからプレキャスト部材が耐震架構に利用されるようになった。設計は、いわゆる、「一体打ち同等 (equivalent monolithic)」を目指している。ニュージーランドで現在、もっとも高層となるプレキャストコンクリート建築 (写真 - 1) は、Auckland 市内に建つ、The Metropolis Regency と呼ばれる、下層階に店舗と駐車場が入った 40 階建ての集合住宅である。竣工は 2000 年となっている。本建物では、スパン 12 m のダブル T スラブが利用されている。また、本建物の設計において注目すべきことは、クリープ解析によって、柱の軸縮みを算定し、その値に基づき、外装材などの取り付けを工夫している点である。



写真 - 1 The Metropolis Regency (Courtesy of Holmes Consulting Group, Structural Engineers)



* Minehiro NISHIYAMA

京都大学大学院 工学研究科
都市環境工学専攻

軸縮みが 10 mm に達する層もあるとの解析結果となっている。

プレテンションのプレキャストスラブ以外のプレストレストコンクリートは、ニュージーランドでは一般的ではない。しかしながら、後述する PRESSS で開発された、アンボンド PC を利用した Hybrid system 建物の試設計が行われている。ただし、コスト面で折り合いがつかず、建設までには至っていない。

ニュージーランドにおけるプレキャスト建築のガイドブックとされるのが、New Zealand Concrete Society と New Zealand Society for Earthquake Engineering によって編まれ、the Centre for Advanced Engineering of the University of Canterbury から発行されている「Guidelines for the Use of Structural Precast Concrete in Buildings」である。このガイドブックはその装丁の色から Grey Book と呼ばれている。第 1 版は 1991 年に、また、第 2 版が 1999 年に発行されている。この中で、プレストレストコンクリートに触れられているのは、3.6 節 Mixed Precast Prestressed Concrete and Cast-in-place Reinforced Concrete Moment-resisting Frames のみである。これを見ても、とくにポストテンション PC はニュージーランドでは利用されていないことがわかる。この節では、プレテンションによりプレストレスが導入されている U 字型のハーフプレキャスト梁を紹介している。スラブのトッピングコンクリートを打設する際に、U 字型の内部にもコンクリートを同時に打設し、一体化するもので、日本でも利用されている。地震国ではあるが、地震荷重レベルの設定は日本に比べてかなり低いニュージーランドでも、このようなプレキャストシステムの耐震性には懸念が表明されたようである。すなわち、柱や後打ちコンクリートとの一体性が問題とされた。しかしながら、実験は、このようなシステムが十分な耐震性能をもつことを示している。

アメリカ

先に記した *fib* の state-of-the art report のアメリカに関する部分は、Iowa 州立大学の Sri Sritharan 先生によって書かれている。ここには、アメリカにおける最初のプレキャストプレストレストコンクリート構造物は、1950 年にペンシルバニアに建設された Walnut Lane Memorial 橋であること、その後、7 本よりストランドと高強度コンクリートが利用されるようになり、プレキャストプレストレストコンクリートはさらに発展したことなどが記載されている。

アメリカにおける最近のプレキャストプレストレストコンクリートは、PRESSS プロジェクトを抜きに語ることはできない。PRESSS (PREcast Seismic Structural System) プロジェクトは、日米共同プロジェクトとして始まり、日本側では、通常のプレキャスト RC しか扱われなかったが、アメリカ側では、プレキャスト RC とともに、プレキャスト PC も研究・開発の対象とされ、最終的に画期的なプレキャスト PC 耐震架構である Hybrid System が提案された。その実施工における成果として、サンフランシスコに建設された、総工費 8 700 万ドル、地上 39 階、高さ 128 m の The Paramount ビルがある。その詳細な説明は拙文¹⁾をご覧ください。

いただきたい。実際には、この Paramount ビル以前にも、Hybrid System を利用した建築物がいくつか建設されている。最初のもは、1995 年に建設されたニューヨーク市の 3 階建て駐車場ビルである。1996 年には、オレゴン州に 4 階建ての駐車場ビル (264 台収容) が建設された。その後も、Stanford 大学の 3 階建て駐車場ビル (1 504 台収容)、4 階建て事務所ビルであるロサンゼルス West Side Media Center などが建設された。さらには、San Andreas 断層線に建てられた 8 階建ての事務所ビルもある。この建物によって、いつの日か Hybrid System が設計どおりにうまく機能するかどうかを見ることができると期待されている。

この Hybrid System の開発に大きく寄与したのが、建設会社の Pankow Builders である。Pankow Builders では、このシステムを「Precast Hybrid Moment Resistant Frame」と呼んでいる。プレキャストコンクリートを利用することによる、鉄骨造に対するアドバンテージは、価格変動が少ないことであるとして、構造性能面だけでなく、コスト的にも優れていると本システムを売り込んでいる。鉄骨造では、見積段階に設定していた単価が、現場が始まると大きく上昇することもあるためである。この Pankow Builders のウェブサイト (<http://www.pankow.com/>) を見てみると、「Design-Build」という言葉が目に入る。これは、設計と施工が一体になっていることを強調するマネジメント形式を指す語である。アメリカでは、以前から、設計と施工は完全に分離され、設計が完了した時点で、施工会社が入札する形式がとられていた。このような形式では、ひとつのプロジェクトであるにもかかわらず、それぞれがそれぞれの契約に基づき、あたかも異なったプロジェクトであるかのようにそれぞれが担当部分を進めていた。しかしながら、このようなマネジメントにも欠点がないわけではない。これに対して、Pankow Builders のウェブに記載されている「Design-Build」の利点は、次のように記載されている：

(1) 施主に対して、設計会社、施工会社それぞれが責任を負うのではなく、Design-Build として施主と契約した会社が、プロジェクト全体に対して責任を負う。これにより、品質向上が望める。

(2) 設計と施工の共同作業により、コストと時間の削減につながる。

(3) 施主は最初の段階で建設費用の見通しが立てられる。

このようなマネジメントは、日本でいう総合建設請負業、いわゆる、ゼネコンが行ってきたことである。日本国内では、いろいろな弊害が指摘され、設計と施工を、あるいは、監理を分けて発注する方向に向かっているにもかかわらず、過去、分離発注を行ってきたアメリカで、このような「Design-Build」が提唱されていることは注目に値する。このような形態を推進するため、「Design-Build Institute of America」(<http://www.dbia.org/>) という団体も 1993 年に設立されている。

プレキャストコンクリートに関する耐震設計基準は、最初、1994 年の NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) において規定され、その後、1997 年の UBC (Uniform Building Code) において採用された。ここ

で規定された UBC の設計は、塑性化しない接合部を想定した、いわゆる、「strong connections」を用いた、一体打ち同等の設計のみに限定されていた。2000 年版の NEHRP では、じん性的な挙動を期待する「ductile connections」も加えた一体打ち同等の設計と、さらには、一体打ち同等を求めない設計法も取り入れられた。

ACI318 - 02 にもプレキャストコンクリートの耐震設計が取り入れられた。これは、上記の 2000 年版 NEHRP と同様な規定であるが、一体打ち同等ではないプレキャスト壁構造の設計が含まれていない。

現在、塑性変形も期待するようなプレキャストコンクリート架構は、一体打ち同等 (Equivalent monolithic) と接合架構 (Jointed) とに分類される。一体打ち同等では、プレキャストコンクリート架構が、一体打ち架構と同等の剛性、強度、変形性能および履歴エネルギー吸収能力をもつことを実験により確認する。そのガイドラインとなるのが、ACI ITG/T1.1 - 99 「Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing」である。これにより、従来の一体打ち架構に対する設計法をプレキャストコンクリート架構にも適用することができる。したがって、塑性変形は、部材に塑性ヒンジを形成させることにより行うことになる。一方、接合架構では、プレキャスト部材の強度を十分大きくしておいて、塑性変形は接合部に集中させる。接合部に工夫することにより、あるいは、接合デバイスを用いることにより、設計者が意図する挙動を示すような架構を構築することができる。たとえば、PRESSS で開発された Hybrid システムもその一種である。このシステムでは、普通強度鉄筋にはエネルギー吸収を、また、アンボンド PC 鋼材には復元性を負担させることにより、いわゆる「flag

shape」といわれる、残留変形が少ないにもかかわらず、ある程度の履歴エネルギー吸収も期待できるような履歴復元力特性を生み出している。一体打ち同等架構では、部材の履歴特性によって架構の応答が決まるために、あまり工夫の余地は残されていないが、接合架構の場合には、接合部の特性をうまく与えることにより、今までに見られないような履歴復元力特性を生み出すことや、損傷制御を行うことも可能となる。しかしながら、このような架構の設計には従来の設計法を適用できないので、その設計法をまず確立する必要がある。

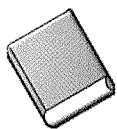
ま と め

以上、ニュージーランドとアメリカにおける、主に、プレキャストプレストレストコンクリート事情を記してきた。とくに、「Jointed Frame」と呼ばれる、従来の一体打ち同等架構とは異なる考え方で、設計し、その特性を活かすことができるようなプレキャストコンクリート構造も利用されるようになってきている。日本では、設計法の整備が進んでいないこともあり、まだ、一体打ち同等にこだわるようなところがある。プレキャスト PC を用いることにより、従来の RC 構造ではできないような高性能の構造物を構築することが可能となる。本小文により、そのような構造形式が世界的には展開しつつあることを知っていただければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) 西山峰広, 「ニュージーランドとアメリカにおける PC 圧着工法」プレストレストコンクリート Vol.45, No.4, 2003, pp.28-33.

【2003 年 11 月 18 日】



刊行物案内

PC 橋架設工法

2002年版

頒布価格：会員特価 4 000 円（送料 400 円）

：非会員特価 4 800 円（送料 400 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会