

アンボンドPC圧着プレキャストコンクリート造実大2層骨組の施工実験及び水平載荷実験 (その1 実大架構実験の計画と概要)

東京大学 正会員 ○塩原 等

東北大学 正会員 前田匡樹

横浜国立大学 正会員 楠 浩一

戸田建設 正会員 千葉 脩

1. はじめに

次世代建築物には、構造安全性のみならず、生産・使用・改修および解体時のライフサイクル全体を通じた合理性が求められている。こうした将来の社会のニーズを考えると、居住性に優れた構造であり、次世代にも主流となる構造であることが期待される鉄筋コンクリート造は、高強度・高品質材料を活用し、構造・生産の合理化と改修・解体時の合理化を図り、建築計画上のニーズや施工に対する制約を受けないよう、鉄筋コンクリート構造技術の飛躍・展開を図ることが必要とされる。しかし、これまでの我が国における鉄筋コンクリート造建物の構造技術の展開は、中高層や超高層の集合住宅向けに進められてきた。しかし、(a) 軽量化、(b) 大スパン化、(c) 生産性・改修性・解体性能の向上、(d) 地震時の損傷制御などの要素の技術開発は、あまり重視されてこなかった傾向がある。

そこで、平成 18・19 年度の 2 カ年計画により、(社)建築業協会に設置された「構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築の開発」研究実施委員会（委員長：塩原等・東京大学准教授）で共同研究が実施され、全体降伏形のアンボンドPC圧着工法を採用する典型的なモデル建物の試設計と構造実験を通じて、地震時の損傷を防止し、かつ施工の合理化を図るための実用化のための技術的に共通で一般的な問題点を抽出しそれらの解決を図るための一連の研究開発が実施された。

この共同研究においては、典型的な事務所ビルを想定した中高層事務所ビル建築物を想定したモデル架構を設定し、事務所ビル建築に必要な不可欠な特徴を有しながら、一般性を失わないように設定した。モデル架構の構造システムは、目標性能を実現するために、図-1 に示すような、アンボンド PC 圧着・プレキャストコンクリート構造とした。本報告においては、その共同研究の一部として実施された、実大2層骨組の施工実験及び水平載荷実験の概要について主に報告する。

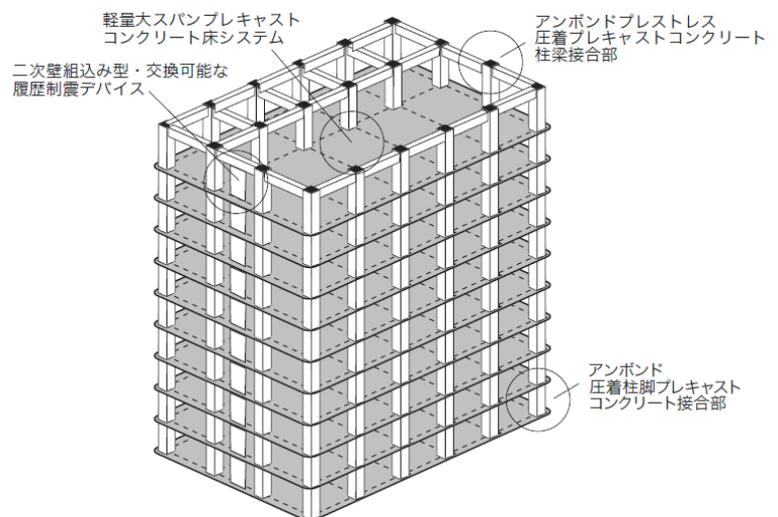


図-1 事務所ビル建築用の大スパンプロトタイプ架構1)

2. 全体の研究計画

最近のプレストレストコンクリート構造の告示改正によって、アンボンド PC 鋼材を用いた架構が可能とされるようになった。しかしその実用化においては、新構造システムの性能評価が重要となる。そこで、構造設計法は限界耐力計算によることを基本とすることを想定した。そうした場合、大地震時の耐震安全性については現行の構造設計基準と同等以上の性能が得られる必要がある。また中小地震時の耐震修復性や損傷制御性能は、現行のものをはるかに上回る性能が必要となる。また、

表-1 全体の研究実施状況

研究項目	報告状況
1) 外部構面の柱梁接合部部分架構の性能の確認実験	参考文献1(その2・3・12)
2) 大スパン構面の柱梁接合部部分架構の性能の確認実験	参考文献1(その4・5) 参考文献2(13・14)
3) 一階柱脚部の性能の確認実験	参考文献3の一部
4) 履歴型制震デバイスの開発	参考文献1(その6)
5) アンボンドPC用床スラブシステムの開発	参考文献1(その7)
6) 実大架構の施工実験・解体実験ならびに静的水平加力実験	参考文献1(その7)参考文献2(その15～24)
7) 限界耐力法等による新システムの試設計	参考文献1(その9)
8) 骨組架構の構造性能調査	参考文献1(その8)
9) 大スパン床システムの構造性能調査	—
10) 非線型骨組地震応答解析による耐震性の検討	参考文献1(その10・11)
11) ヘルスモニタリング	同題(その25)

性能の確認のために、新たに部材レベルで、使用限界状態・損傷限界状態・安全限界状態それぞれについて、限界状態の確認の方法を明確にしておくことが必要となる。

そこで、共同研究では、開発される新構造システムの主要な要素技術の課題を、次のように想定した。(1) 骨組架構システムの開発、(2) 小変形から性能を発揮するエネルギー吸収機構の開発、(3) 軽量化・施工性・生産性および耐震性を両立することのできる新コンクリート床システムの開発の各項目である。さらに、これらの要素技術を組み合わせた新構造システムを用いて、目標としている性能を満足させようとした場合、実用的に設計や施工が可能であることを検証するための(4) 試設計や、(5) 動的地震応答解析等による耐震性能の検証を行った。それらの研究実施項目と、研究報告状況を表-1に示す。

3. 実大 2 層骨組の実験

前述のように共同研究は、最初の段階でにおいて、アンボンド PC 圧着架構について、柱-梁接合部や床スラブ-梁接合部などの構造要素の実験や、オフィスビルを想定したモデル建物の試設計や地震応答解析を行い、本工法の力学的特性を把握して耐震設計法を開発し、その構造安全性が検討された。

しかし、本工法のもう一つの特徴として期待される施工性や解体・撤去などの生産合理性に関しては、実大レベルの実験資料がほとんど無い。そこで、実大架構の施工実験を行い生産合理性について基礎資料を収集するとともに、施工実験に使用した実大架構試験体について静的繰り返し載荷実験を行い、構造要素実験に基づき設定した部材特性の評価法や設計法の検証を行うこととした。

試験体は、プロトタイプ架構の部材を約 2/3 スケールとしたほぼ実大の2層骨組とし、載荷方向は、12m の 1 スパン架構とした。写真1に示すように、2階床には本研究で開発したフルPCa床スラブを採用し、R 階床位置では、水平力載荷用の加力スタブで 3 枚の架構を連結した。実験は、(独)建築研究所筑波実験所にて行った。以下では、施工実験及び載荷実験の計画の概要を示す。

4. 施工実験の計画概要

実験シリーズの概要と一覧を表-2に示す。施工実験は、(1) 部材製作と架構の施工の段階である実験 VI-1と、(2) 架構の解体撤去である実験 VI-5 及び VI-7 の 3 シリーズを行った。以下にそれぞれの概要を示す。

(1) 部材製作と架構の施工 (実験VI-1)

表-2 実験計画

実験		実験概要	実験終了時期	実験目的
VI-1	施工実験	工場で作成した部材の組み立て	架構の施工完了	
VI-2	水平載荷実験	2階梁PC鋼棒 13φ	2階梁端の離間発生 (R=1/200程度) 損傷限界に達する程度	2階梁の損傷限界の計算値と実験の比較・検証
VI-3		2階梁PC鋼棒 17φ 13φ → 17φ に交換	2階梁PC鋼棒が降伏するまで (R=1/100程度) R階梁, 柱は降伏させない	PC鋼棒径の変化による初期剛性・離間モーメントの変化 降伏変形の評価法の検証
VI-4		2階梁PC鋼棒 17φ 降伏したPC鋼棒を交換	降伏メカニズム発生まで	降伏したPC鋼棒の交換による部材性能の修復性 保有水平耐力の確認
VI-5	施工実験	2層部分の解体		ある程度塑性化した架構の解体性の評価。PC鋼棒の撤去が可能か。部材の再利用
VI-6	スラブ面内載荷実験	床スラブの面内せん断力伝達確認	スラブ-梁接合の破壊	床スラブ及び接合部の面内せん断力伝達性能と破壊性状の確認
VI-7	施工実験	1層部分の解体		

- ・ PCa 工場における部材製作時の施工精度, 材料の品質管理, 梁の1次ケーブルの緊張作業, 部材の保管・運搬などについて, データ収集する。
- ・ 架構の施工における部材の受入検査や施工手順等に関する管理規定, 施工時間や部材圧着用PC緊張作業, 架構の建方精度などに関するデータを収集する。
- ・ 架構組立時からの経時変化についてアンボンド PC 緊張力や部材のひび割れ・たわみを定期的に計測する。

(2) 架構の解体撤去 (実験VI-5, VI-7)

- ・ 架構の解体方法や作業手順の検討, 架構の解体容易性や部材の再利用可能性に関するデータを収集する。

以上のデータから, アンボンド PC 圧着架構の施工性に関する基礎資料を得るとともに, 在来型の PC 架構や, 一般的な鉄筋コンクリート構造との施工性の比較を行い, 本架構の実現可能性や特質を明らかにする。

5. 載荷実験の計画概要

(1) 架構の水平載荷実験 (実験VI-2 ~ VI-4)

架構の水平載荷実験では, 部材の復元力特性における損傷限界や安全限界などの特性点の評価法を検証することを目的に, 以下の3つのシリーズを計画した。

- 実験 VI-2: 2階梁端部のPC緊張材を細径の 4-13φ とし, 梁端圧着面の離間が生じ, 損傷限界に達する直前程度まで載荷する。架構(部材)の剛性低下点や, 部材の損傷限界を確認する。
- 実験 VI-3: 2階梁端部のPC緊張材を太径の 4-17φ に交換し, PC 緊張材が降伏する程度まで載荷する。PC緊張材量の変化による剛性低下点や, 損傷限界点の影響を確認する。
- 実験 VI-4: 降伏した2階梁端部の PC 緊張材を同径の新しい鋼棒 4-17φ に交換し, 架構の降伏メカニズムが形成されるまで載荷する。降伏した PC 鋼材の交換により, 部材性能の修復性, および, 保有水平耐力を確認する。

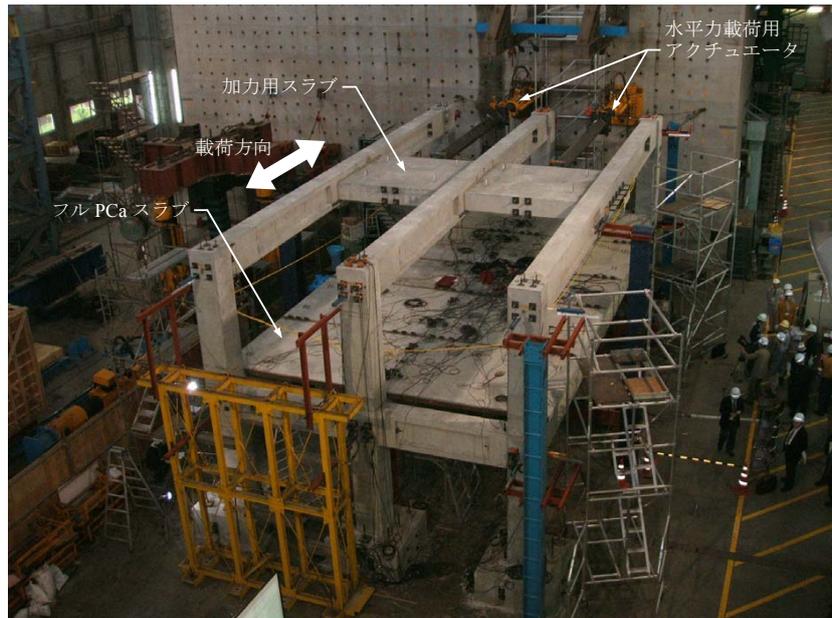


写真-1 実大架構実験試験体の全景

(2) スラブの面内せん断力伝達実験（実験 VI - 6）

2 層部分を撤去し、また、中構面の柱の PC 緊張材を緩めて中構面がせん断力を負担しないようにした架構の中構面に水平力を載荷し、接合部を含めた床スラブの面内せん断力伝達性能を検証する。

6. まとめ

高強度・高品質材料を用いた鉄筋コンクリート造ロングスパン中高層建築物のための実用的な新構造システムの開発研究の全体実施計画と、ほぼ実大のアンボンド PC 圧着 2 層架構の施工実験および載荷実験について紹介した。実大施工・解体実験・水平加力実験の結果等については、引き続き同題（その 2）から（その 9）に報告する。

謝辞

本研究は、国土交通省の平成18～19年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業の研究開発課題「構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築の開発」（研究申請者：塩原等（東京大学），野村哲也（社団法人建築業協会）」として補助を受け、産学の共同研究として建築業協会内に設置された研究実施委員会（委員長：塩原等）において実施されたものである。実大架構実験の実施は、(独)建築研究所との共同研究として実施され、加藤博人主任研究員に多大なる尽力と支援を頂いた。また、東京大学塩原研究室、京都大学西山・河野研究室、東北大学前田研究室、横浜国立大学楠研究室の学生諸君には、実験補助で貢献いただいた。試験体の製作に際しては、住友電工スチールワイヤー（株）、高周波熱錬（株）よりPC鋼材及び定着具を、三菱マテリアル（株）より無収縮グラウトをご提供いただいた。ここに記して関係各位に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 塩原等ら：構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築に関する研究 その1～11，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp 651-672，2008 年 9 月。
- 2) 塩原等ら：構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビル建築に関する研究 その12～25，日本建築学会大会学術講演梗概集，2009 年 8 月。（発表予定）
- 3) 西村知明，谷昌典，西山峰広，PC圧着柱の力学性状に関する研究（その1・2），日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）2007年 8 月，pp. 801-804.