

プレキャスト・プレストレストコンクリート構造耐震壁の提案

倉持 春夫*1・八木沼 宏巳*2・中居 純一*3

1. はじめに

建築の構造計画において、どのような耐震計画をするか、おおよびどのような耐震要素を選択するかが、建物全体の設計に決定的な影響を与える。耐震要素として鉄骨系構造では、いろいろなタイプ（鉄骨ブレース・プレキャストコンクリート壁・PC鋼材ブレース等）が実用化されている。

一方、プレキャスト・プレストレストコンクリート構造（以後プレキャストPC構造という）の耐震要素としては、鉄骨系構造ほどバラエティーがなく、一般にプレキャストPC構造のフレームに場所打ち鉄筋コンクリート造の耐震壁を組み込むかたちで用いられている。このために、プレキャストPC構造の工期を長くし、プレファブ構造の施工性を損なう問題が生じる。

本報告は、プレキャストPC構造のフレームに、プレキャストコンクリート壁を組み込んだ、プレキャスト・プレストレストコンクリート耐震壁（以後プレキャストPCWという）の提案をし、これについて行った実験の概要を述べるものである。

なお、実験は工学院大学望月研究室との共同研究である。

2. 提案プレキャストPCWの特長と問題点

プレキャストPCWを提案するにあたっては、意図した点およびその特長は、次のとおりである。

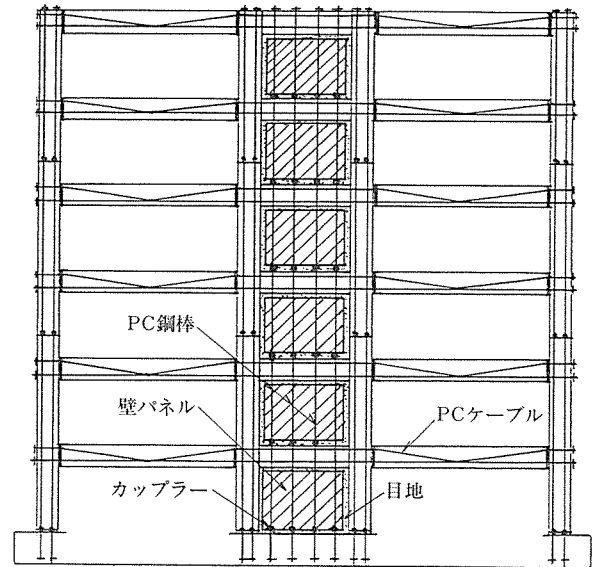


図-1 概略架構

1) 構造特性の制御

プレキャストPCWの強度・剛性および靱性を設計段階で制御できることを意図する。

既往の耐震壁の研究によれば、構造の特性に関わるパラメータは明確になっている。プレキャストPCWの場合、柱梁フレームの寸法と強度、壁パネルの寸法と強度は、独立に考えることが可能であり、さらにプレストレス力の適切な設定により、合成構造としてのプレキャストPCWの特性を自由に制御することが可能と考える。

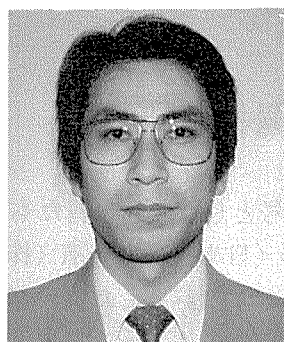
2) 壁パネルの施工性と修復

プレキャストPC構造としての施工性をプレキャストPCWにも再現させ、損傷を壁パネルにのみ限定し、激震後の修復が可能であることを意図する。

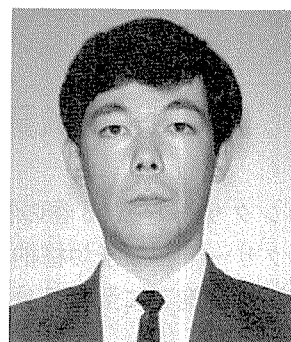
上記の意図および特長を実現するにあたって、次の点を定性的および定量的に明確にする必要がある。



*1 Haruo KURAMOCHI
ドーピー建設工業（株）
建築支店設計課課長



*2 Hiromi YAGINUMA
ドーピー建設工業（株）
建築支店設計課課長代理



*3 Junichi NAKAI
ドーピー建設工業（株）
建築支店設計課主任

- ① 壁パネルとプレキャストPC構造フレームの接合方法の検討
 - ② 分割壁パネルの接合方法の検討
 - ③ プレキャストPCWの抵抗機構の把握
 - ④ プレキャストPCWの強度評価方法の検討
- 図-1に連層プレキャストPCW架構の概略を示す。

3. 実 験

「2. 提案プレキャストPCWの特長と問題点」で述べ

たプレキャストPCWの問題点を解明するため、曲げ破壊モードに限定した実験を行った。以下はその概略である。

3.1 試 験 体

試験体の大きさは、約1/3の縮小試験体によって実験を行った。

1) PCF-1, 2 (図-2)

プレキャストPC構造のフレーム

2) PCWB-1, 2 (図-3)

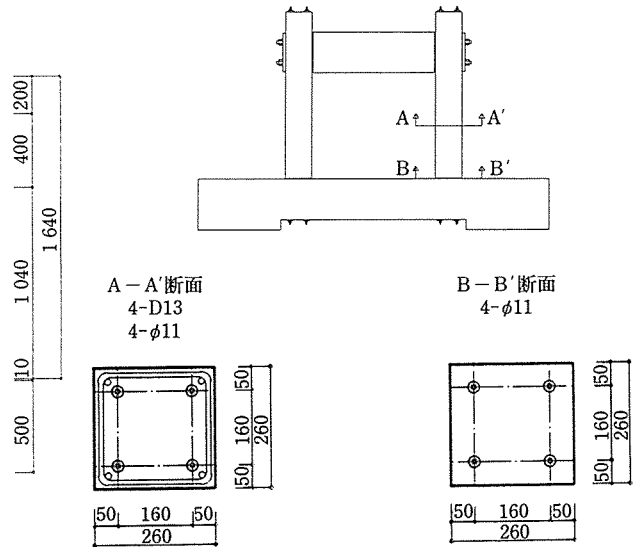
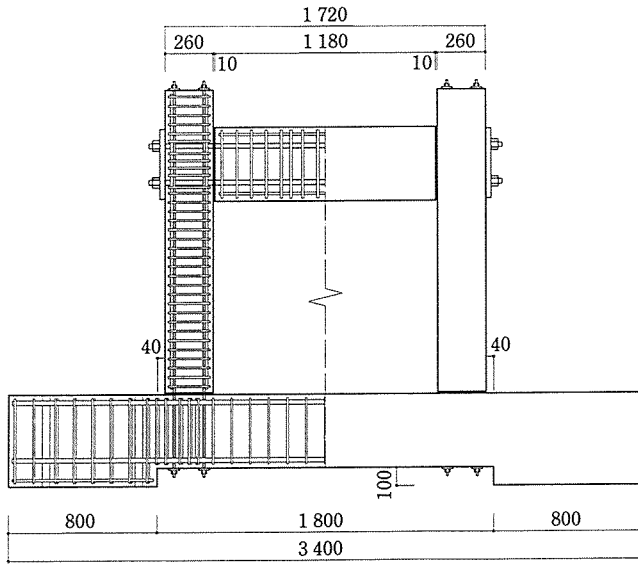
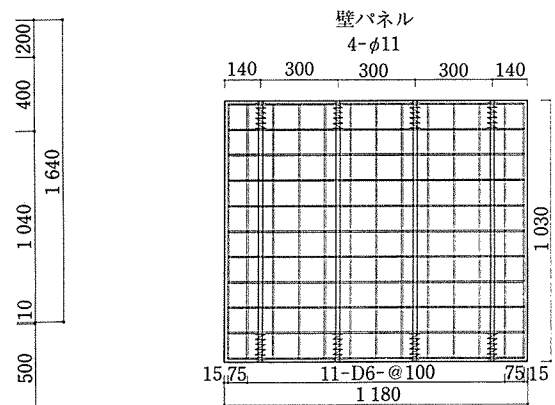
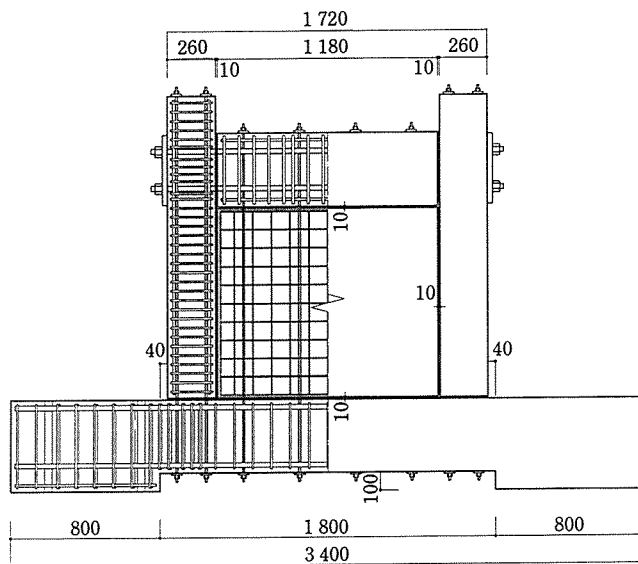
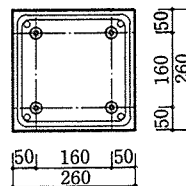


図-2 PCF-1, 2 試験体



A-A'断面
4-D13
4-φ11



B-B'断面
4-φ11

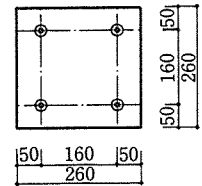


図-3 PCWB-1, 2 試験体

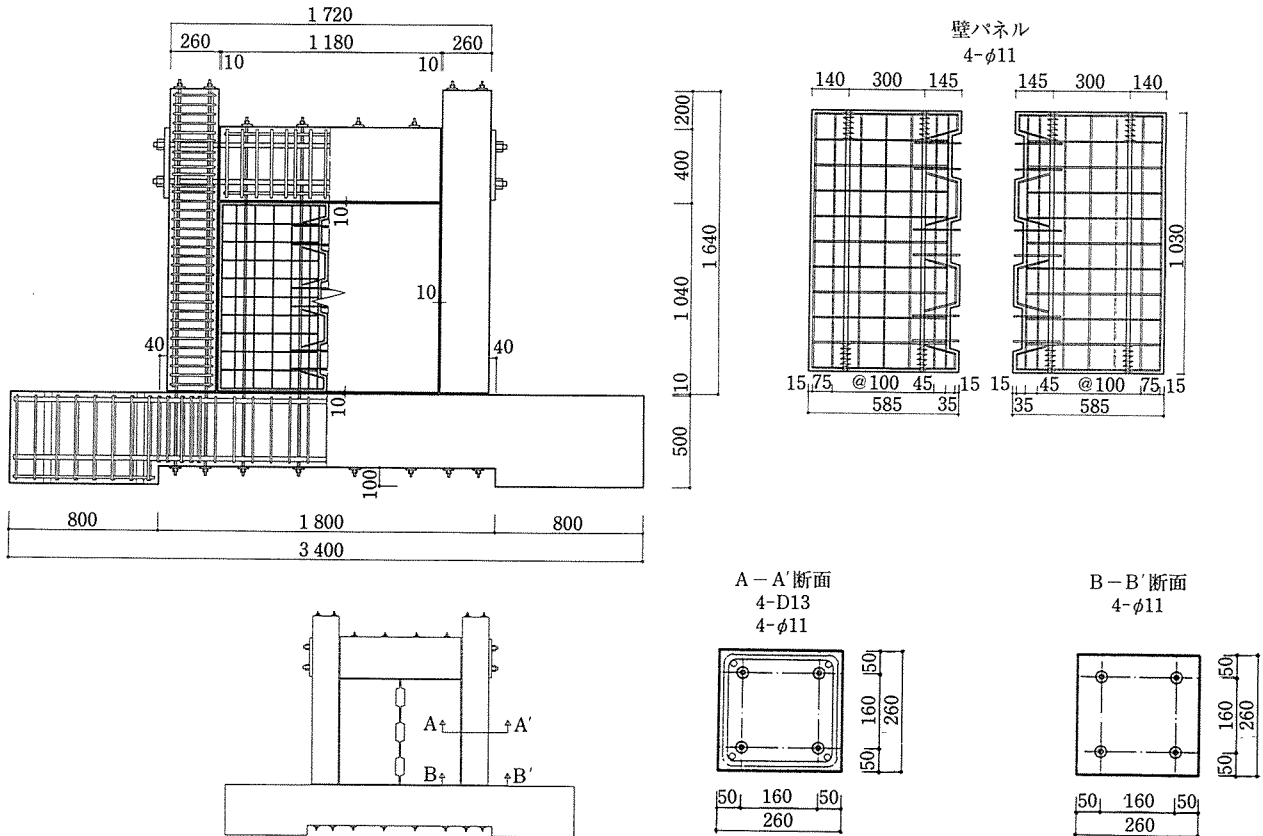


図-4 PCWC-1, 2 試験体

表-1 試験体の諸性質

試験体	壁パネル			側柱			
	P_s (%)	σ_Y (kgf/cm ²)	σ_B (kgf/cm ²)	$B P_g$ (%)	$T P_g$ (%)	σ_Y (kgf/cm ²)	σ_B (kgf/cm ²)
PCF-1	-	-	-	1.34 4-φ17	2.10 4-φ17 4-D13	(φ17)	494
PCF-2						10 124 (φ11)	541
PCWB-1			300	0.56	1.31	11 314 (D13)	467
PCWB-2	0.53	11 314		4-φ11	4-φ11		465
PCWC-1	4-φ11		277		4-D13	3 871	469
PCWC-2			283				468

【共通】 壁パネル内法寸法： $l' \times h' = 120$ (cm) \times 105 (cm)
 壁厚： $t = 6$ (cm)
 側柱寸法： $b \times D = 26$ (cm) \times 26 (cm)
 側柱帯筋： $P_w = 1.09$ (%), $\sigma_y = 3 792$ (kgf/cm²)

表-2 材料強度と圧着力

試験体	モルタルの σ_B (kgf/cm ²)	圧着力 (tf) = 0.85 P_Y		
		壁パネル	側柱	上梁
PCF-1	262	-	69.0 4-φ17	161.4 4-φ26
PCF-2	239			
PCWB-1	339			
PCWB-2	558	27.4	27.4 4-φ11	
PCWC-1	416	4-φ11		
PCWC-2	442			

P_Y : PC 鋼棒規格降伏点強度

プレキャスト PC 構造フレームに 1 枚のプレキャスト壁を組み込んだ構造

3) PCWC-1, 2 (図-4)

プレキャスト PC 構造フレームに 2 枚のプレキャスト壁をビード溶接し、1 枚として組み込んだ構造

表-1 に試験体の諸性質を、表-2 に目地モルタルの強度・PC 鋼棒の圧着力を示す。

3.2 試験体の施工手順

1) PCF-1, 2

- ① 柱・梁を設置
- ② 接合部に目地モルタルを注入

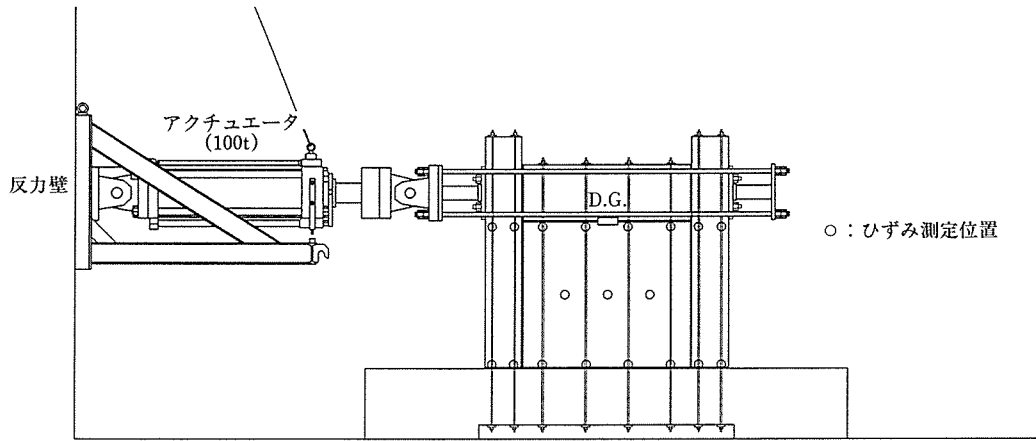


図-5 加力装置と計測位置

- ③ 柱・梁を圧着接合
 - ④ グラウトを注入
- 2) PCWB-1, 2
- ① 柱→壁→上梁を設置
 - ② 各部材間の接合部に目地モルタルを注入
 - ③ 柱→壁→梁の順に圧着接合
 - ④ 柱・梁・壁にグラウトを注入
- 3) PCWC-1, 2
- ① 2枚のプレキャストコンクリート壁のコッター内の鉄筋をビート溶接
- ② シャー・コッターに目地モルタルを注入
以後の手順は、PCWB に準ずる。

3.3 加力と計測の方法

図-5 に加力装置およびひずみ計測位置を示す。加力の変位制御の方法とし、最大能力 100 tf のアクチュエーターを用いた、上梁位置に作用する水平（正負）交番力とした。ただし、引き加力の場合に 60 tf を超えるとき、押し加力のみの変番力に変更した。加力のサイクルは、原則として、層間変形角 $R=1.0 \times 10^{-3}$ rad. ごとに2回とした。

4. 実験結果

<破壊状況および力-変形曲線>

- ① PCF-1, 2 (図-6, 写真-1, 図-7)
- 両試験体とも側柱下端の曲げ降伏後に、側柱上端の曲げ亀裂が生じた。
耐力の低下は見られなかった。
- ② PCWB-1, 2 (図-8, 写真-2, 図-9)
- 最終的には、壁パネルの上下隅角部の圧壊で破壊した。
耐力の急激な低下はなかった。

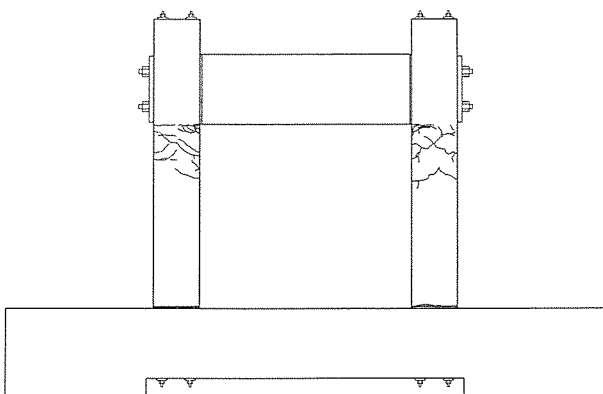


図-6 最終時の亀裂状況 PCF-2

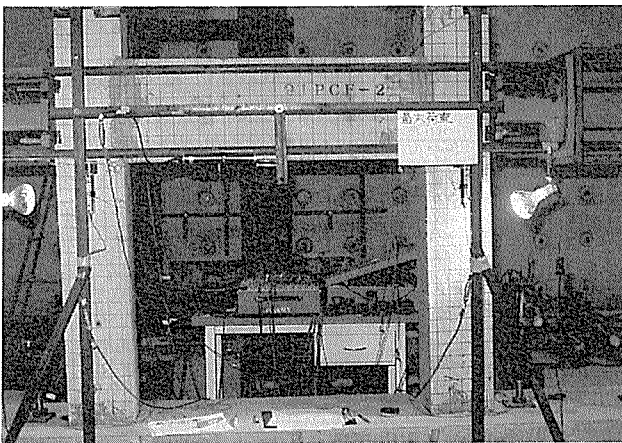


写真-1

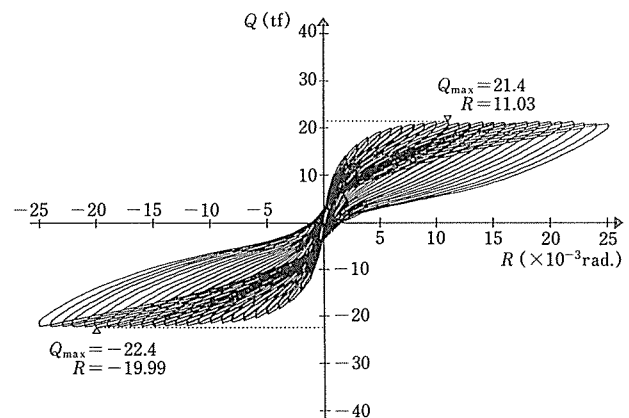


図-7 力-変形曲線 PCF-2

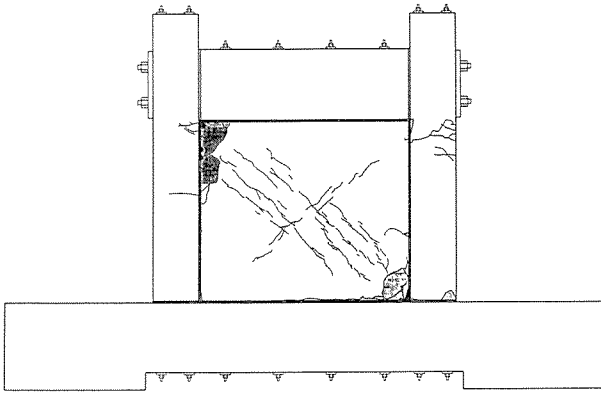


図-8 最終時の亀裂状況 PCWB-2

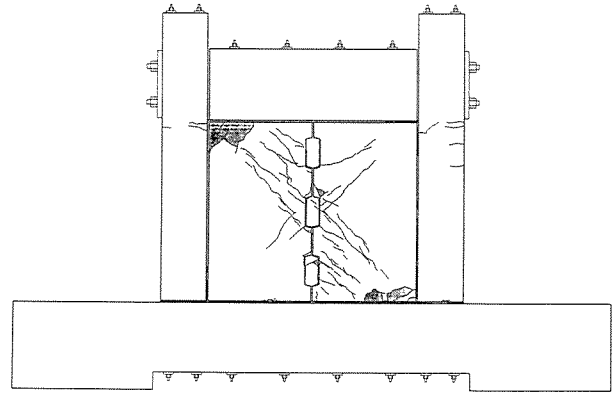


図-10 最終時の亀裂状況 PCWC-1

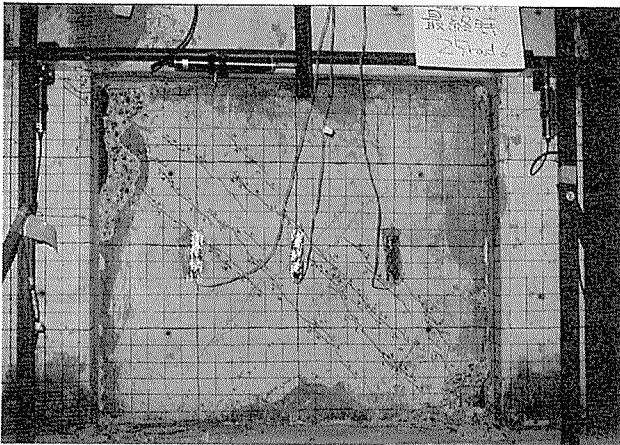


写真-2

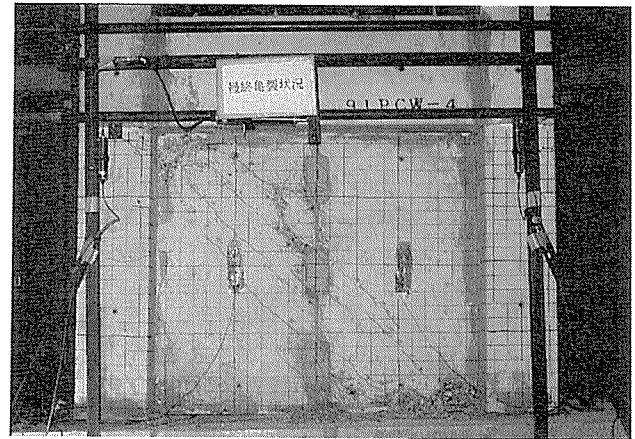


写真-3

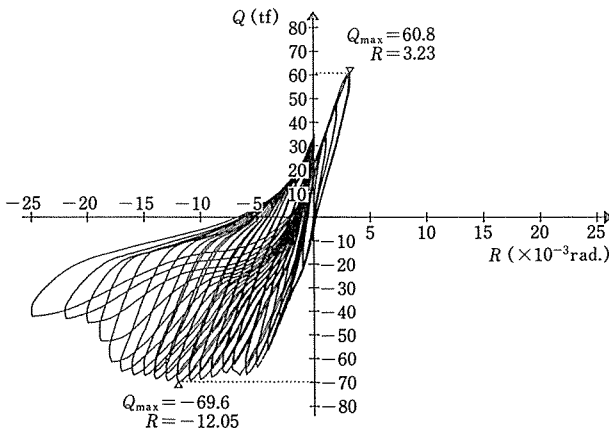


図-9 カ-変形曲線 PCWB-2

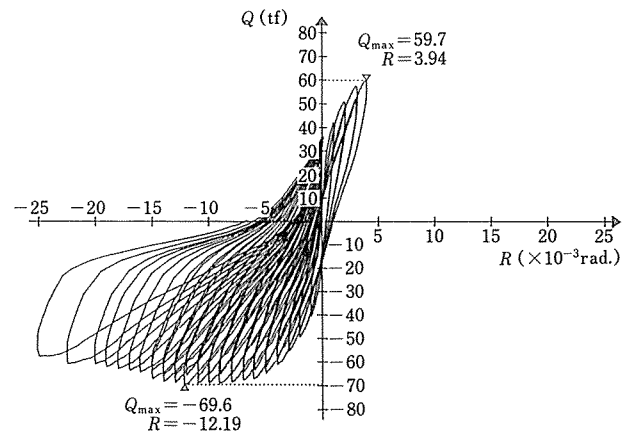


図-11 カ-変形曲線 PCWC-1

③ PCWC-1, 2 (図-10, 写真-3, 図-11)

両試験体とも PCWB と同じ破壊性状であり, 1 枚パネルとして機能した。

5. 最大せん断強度の解析

解析方法として, 望月らが提案しているマクロモデルによる強度解析および弾塑性解析を行う。表-3 に解析値および実験値/解析値の比を示し, 仮定した抵抗機構にもとづくモデルが, 極めて妥当であることを示している。

表-3 解析結果

試験体	Q_{exp} (tf)	Q_{cal} (tf)	$\frac{Q_{exp}}{Q_{cal}}$	Q_{ana} (tf)	$\frac{Q_{exp}}{Q_{ana}}$
PCF-1	39.2	39.1	1.00	-	-
PCF-2	22.4	21.5	1.04	-	-
PCWB-1	74.8	78.6	0.95	72.4	1.03
PCWB-2	69.6	78.5	0.89	72.4	0.96
PCWC-1	69.6	77.2	0.90	70.7	0.98
PCWC-2	72.3	77.6	0.93	70.8	1.02

Q_{exp} : 実験値, Q_{cal} : マクロモデルによる強度解析³⁾
 Q_{ana} : マクロモデルによる弾塑性解析⁴⁾

6. 実験結果から

今回の曲げ破壊モードで終わるプレキャスト PCW について、プレキャスト壁の分割と接合方法をパラメータとした実験を行い、先に挙げた問題点について次のことを確認できた。

1) 構造特性の制御

プレキャスト PCW はいずれも十分な靱性と強度をもつ耐震壁である。

プレキャスト PCW の強度は、一体打ち耐震壁の望月らのマクロモデルによって解析、制御できる。

2) 壁パネルの施工性と修復

各プレキャスト PCW の組立は、在来のプレキャスト PC 構造に、壁パネルを組み込み、縦鋼棒と壁パネルの囲りに目地モルタルを注入することにより、容易に可能である。また破壊状況から修復利用の可能性は大きい。

7. おわりに

プレキャスト PC 構造の大スパン・大荷重・高層化に対応して、積極的に耐震要素を採用することによってのみ、スレンダーなフレームを、そして平面計画の自由な大空間が設定できる。その一つとして、プレキャスト PC 構造になじみやすい耐震要素として、プレキャスト PCW の提案をした。

今回は曲げ破壊モードの実験であったが、今後の予定として、

- ① 修復実験：破壊した壁パネルを撤去し、新たに壁パネルをフレームに設置した修復実験を行う。
- ② 曲げせん断破壊モードの実験
- ③ せん断破壊モードの実験

を計画中である。

以上の実験を行い、目標とする「構造特性の制御自在」および「着脱自在」なプレキャスト PCW の設計・施工マニュアルを作成していきたい。

謝 辞

本報告をまとめるにあたって、工学院大学教授望月 洵博士、小野里憲一（O・R・S 事務所）氏にご指導を、また大学院生・中村 勝君および卒業研究生・朝比奈、井上両君に、実験・解析等でご協力を戴きました。ここに記して謝意を表します。

なお、実験の詳細については、第 14 回コンクリート工学年次論文報告集に発表されている。

参 考 文 献

- 1) 望月 洵：P・S プレハブ耐震壁のせん断抵抗，地震工学国内シンポジウム，1966
- 2) 望月 洵，小野里憲一：連層耐震壁の破壊モードの判別式，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 13, No. 2, pp. 559-564, 1991.4
- 3) 望月 洵，小野里憲一：連層耐震壁のマクロモデルとその解析法，コンクリート工学論文集，Vol. 1, No. 1, pp. 121-132, 1990.1
- 4) 鈴木章司，望月 洵，小野里憲一：連層耐震壁のスケルトンカーブの解析 その 2. 日本建築学会学術講演梗概集，C，構造Ⅱ，pp. 397-398, 1991.9
- 5) 小原 浩ほか：プレキャスト PC 工法による工場建築の設計と施工について，第 2 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，No. 54, pp. 263-266, 1991.11
- 6) 鈴木治平，倉持春夫ほか：小松物産本社ビルの設計と施工，プレストレストコンクリート，Vol. 24, No. 5, Sept. 1982
- 7) 鈴谷二郎，倉持春夫ほか：鉄骨ブレースによる RC ラーメンの補強に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），1964.10

【1992 年 3 月 31 日受付】