

# 梁の曲げ性状が支配的な PC 十字形部分架構の耐震性能に関する研究(その1 実験概要)

正会員 ○北山 和宏 1\*  
同 矢島 龍人 2\*\*

プレストレストコンクリート 十字形部分架構  
梁曲げ破壊 復元力特性 PC 鋼より線

## 1. はじめに

現在建築物の耐震設計では、個々の部材および建物全体の地震時挙動の制御を可能とする性能評価型設計法への移行が進みつつある。性能評価型設計法を確立するためには、部材の復元力特性やそれに付随した損傷状況を把握する必要があるが、プレストレストコンクリート(PC)部材においては、断面の鉄筋と PC 鋼材の配筋量、および鉄筋と PC 鋼材の付着性状により耐震性能が変化し、その組み合わせが多岐にわたるため、性能評価型設計法を確立するための十分な資料は得られていない。

そこで本研究では、梁断面の主筋と PC 鋼材の組み合わせを変数とした梁曲げ破壊型の PC 十字形部分架構に対し、静的載荷実験を行って耐震性能(復元力特性、付着性状、塑性ヒンジ長さ、残留変形、残留ひび割れ幅)を調査した。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体概要

図-1 に試験体形状を示し、表-1 に試験体諸元、表-2 に鋼材の材料特性を示す。試験体は平面十字形部分架構 4 体で、試験体の柱断面を 350mm×350mm、梁断面を 250mm×400mm、柱芯から梁端支持点までを 1600mm、梁芯から上柱加力点および下柱支持点までをそれぞれ 1415mm、柱・梁コンクリート強度、グラウト強度、柱主筋種類・本数は共通とし、梁曲げ破壊が先行するように設計した。試験体 Y-1 は基準試験体であり、梁主筋として上下とも 2-D13(SD295A)、PC 鋼材として 2-φ 12.7(SWPR7BL)を使用した。試験体 Y-2 は Y-1 と PC 鋼材は同じで梁主筋として上下とも 2-D19(SD345)を使用し、試験体 Y-3 は Y-1 と梁主筋は同じで PC 鋼材として 2-φ 15.2(SWPR7BL)を使用し、試験体 Y-4 は Y-1 と梁主筋は同じで PC 鋼材として 4-φ 12.7(SWPR7BL)を使用した。梁部材のプレストレス率λ(定義は表-1 の脚注を参照)は 0.45~0.79 である。

### 2.2 実験方法

試験体の梁の両端はローラー支持、下柱はピン支持とし、上柱加力点に東西方向、南北方向、鉛直方向の 3 基のジャッキを取り付けた。南北方向のジャッキは面外転倒防止用である。柱に一定圧縮軸力(軸力比 0.10)を導入後、層間変形角 0.25%を 1 サイクル、0.5%を 2 サイクル、1・1.5・2・3・4%を 3 サイクルずつ繰り返し載荷した後、西

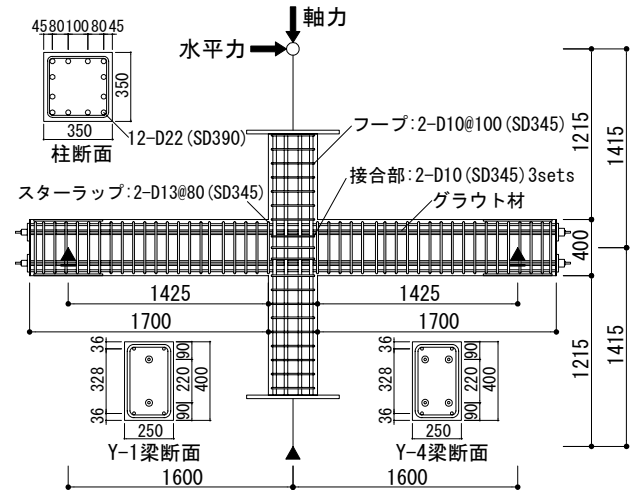


図-1 試験体形状 (単位:mm)

表-1 試験体諸元

試験体名	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
コンクリート圧縮強度	68.8MPa			
コンクリート割裂引張強度	3.1MPa			
グラウト圧縮強度	70.3MPa			
梁PC鋼材	2-φ 12.7 (SWPR7BL)	2-φ 12.7 (SWPR7BL)	2-φ 15.2 (SWPR7BL)	4-φ 12.7 (SWPR7BL)
緊張力/規格降伏荷重	0.73	0.74	0.73	0.72
シース管	#1032	#1032	#1035	#1032
梁上端筋	2-D13	2-D19	2-D13	2-D13
鉄筋材種	SD295A	SD345	SD295A	SD295A
梁下端筋	2-D13	2-D19	2-D13	2-D13
鉄筋材種	SD295A	SD345	SD295A	SD295A
鋼材係数 $q_{pr}$ ※1	0.04	0.04	0.06	0.08
プレストレス率λ※2	0.67	0.45	0.73	0.79
軸力比(軸力)	0.1 (870kN)			

※1  $q_{pr} = (T_{py} + T_{po} + T_{ry} - C_{ry}) / (bd\sigma_b)$ , ここで、 $T_{py}$ : 引張側PC鋼材降伏荷重  
 $T_{po}$ : 圧縮側PC鋼材有効張力、 $T_{ry}$ : 引張側鉄筋降伏荷重  
 $C_{ry}$ : 圧縮側鉄筋降伏荷重、 $b$ : 梁幅、 $D$ : 梁せい、 $\sigma_b$ : コンクリート圧縮強度  
※2  $\lambda = M_p / (M_p + M_r)$ , ここで、 $M_p$ : 曲げ終局耐力におけるPC鋼材の負担分  
 $M_r$ : 曲げ終局耐力における普通鉄筋の負担分

表-2 鋼材の材料特性

鋼材	降伏応力度 MPa	ヤング係数 GPa	降伏ひずみ %	弾性限界ひずみ %
PC鋼材φ 12.7	1742	213	1.02	0.68
PC鋼材φ 15.2	1746	210	1.03	0.69
D10 (SD345)	379	180	0.21	
D13 (SD295A)	357	187	0.19	
D13 (SD345)	349	180	0.19	
D19 (SD345)	397	194	0.20	
D22 (SD390)	469	196	0.24	

※PC鋼材の降伏応力度・降伏ひずみは0.2%オフセット法により定めた

方向に 5%まで押切載荷した。

## 3. 実験結果

### 3.1 ひび割れ状況

図-2 に最終的なひび割れ状況を示す。全試験体で梁に

曲げひび割れが生じ、変形の増大とともに曲げからのせん断ひび割れが発生した。梁の曲げ耐力が最小の Y-1 は他の試験体より曲げひび割れの発生範囲が狭く、曲げせん断ひび割れが少なかった。梁主筋に D19(SD345)を使用し、プレストレス率 $\lambda$ が最小の 0.45 である Y-2 は曲げひび割れと曲げせん断ひび割れが一番多かった。全試験体で梁の圧縮側コンクリートの圧壊・剥落が生じると、それ以降に新たな曲げ・せん断ひび割れの発生や進展は減少し、梁主筋が露出するまで圧縮側コンクリートが剥落した。

### 3.2 層せん断力-層間変形角関係

図-3 に層せん断力-層間変形角関係を示す。層せん断力は軸力による P- $\delta$  効果の補正を加えたものである。図中の $\Delta$ と $\bullet$ はそれぞれ梁主筋降伏時および最大層せん断力時を示し、破線は平面保持を仮定した梁断面の曲げ解析<sup>1)</sup>(梁主筋・PC 鋼材は完全付着)により求めた梁曲げ終局時の層せん断力である。全試験体で梁主筋は層間変形角 0.3%~0.6%の間に降伏し、Y-1 と Y-2 は層間変形角 3%程度、Y-3 と Y-4 は層間変形角 2%程度で最大層せん断力に達した。梁主筋に D13(SD295A)を使用した Y-1、Y-3、Y-4 は、最初は原点指向型の履歴で、変形とともに紡錘形の履歴を示し、最大層せん断力以降に梁のコンクリートの圧壊と梁主筋の座屈・破断により耐力が低下し、3 体とも似た履歴ループを描いた。梁主筋に D19(SD345)を使用した Y-2 は層間変形角 0.5%まで原点指向型の履歴で、それ以降 RC 造に見られる除荷剛性の高い履歴を示し、最大層せん断力以降は逆 S 字形の履歴ループを描いた。全試験体で最大層せん断力の実験値は梁断面の曲げ解析による梁曲げ終局時層せん断力を上回った。

### 3.3 破壊性状

本実験で PC 鋼材のひずみは、ひずみゲージの養生不良により測定できなかったが、最大層せん断力の実験値が解析による梁曲げ終局時の耐力を上回ったことから PC 鋼材は降伏したと判断した。柱主筋は全試験体降伏せず、接合部横補強筋は Y-2 と Y-4 のみ降伏した。全試験体で、梁主筋と PC 鋼材が降伏して最大耐力に達し、最大耐力以降、梁主筋に D13(SD295A)を使用した Y-1、Y-3、Y-4 は梁のコンクリートの圧壊と梁主筋の座屈・破断により耐力が低下し、梁主筋に D19(SD345)を使用した Y-2 はコンクリートの圧壊により耐力が低下した。

### 4. まとめ

- (1) 全試験体で最終的に梁付け根のコンクリートの圧壊と剥落が顕著となり、梁主筋に D13 を使用した試験体は梁主筋の座屈・破断が生じた。
- (2) 梁主筋に D13 を使用した試験体は紡錘形の復元力特性を示し、梁主筋に D19 を使用し、プレストレス率 $\lambda$ が

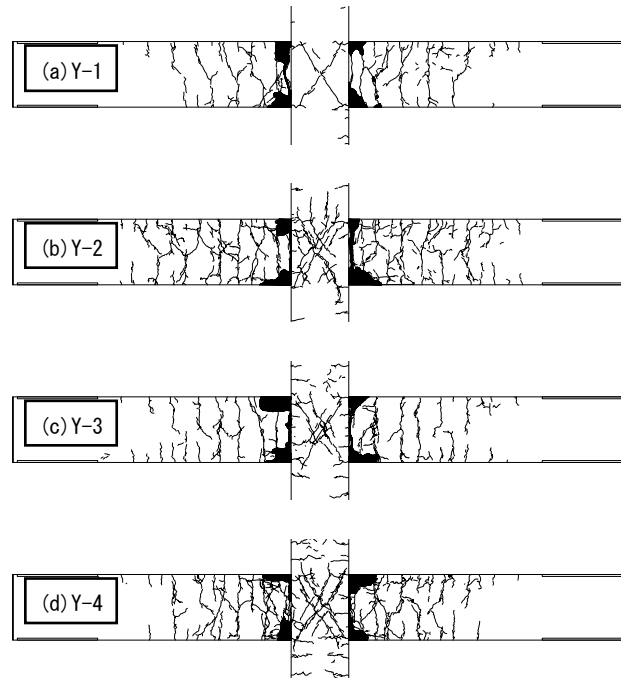


図-2 ひび割れ状況

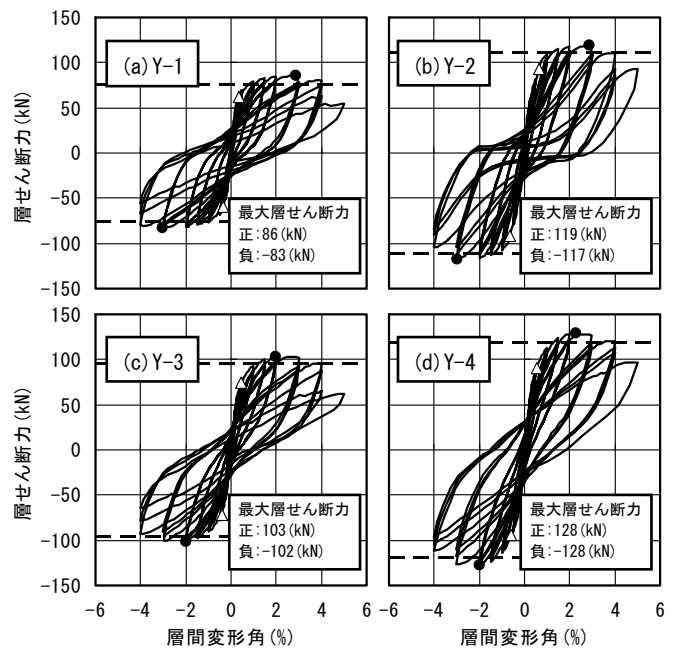


図-3 層せん断力-層間変形角関係

0.45 の試験体 Y-2 は RC 造に似た復元力特性で、最大層せん断力以降では逆 S 字形の履歴ループを描いた。

### 参考文献

- 1) 嶋田洋介, 北山和宏: PRC 十字形部分架構における梁部材のひずみ適合係数に関する考察-算出したひずみ適合係数を用いた断面解析と各種限界状態の検討-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 IV, pp.811-812, 2009.8 謝辞は(その 2)に示す。

\* 1 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学域教授 工博

\*\* 2 大成建設(株) 設計本部 修士(工学)

\* 1 Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng

\*\* 2 Design Division, Taisei Corporation, M.Eng