

PRC 柱梁十字形部分架構の耐震性能評価に関する実験的研究 (その1 実験概要および破壊性状)

正会員 北山 和宏^{*1}
同 田島 祐之^{*2}
同 矢島 龍人^{*3}

PRC 構造 柱・梁接合部 シース管表面形状
接合部せん断破壊 梁曲げ破壊

1. はじめに

本研究では、プレストレスト鉄筋コンクリート(PRC)構造において、接合部破壊型(立体・平面)と梁曲げ先行破壊型(平面)の十字形部分架構試験体を作製し載荷実験を行なった。接合部破壊型試験体はシース管表面形状の違いが破壊性状に与える影響を検討し、梁曲げ先行破壊型試験体はシース管表面形状、グラウト材の有無、PC 鋼材付着性状を変数とし復元力特性や梁の曲げひび割れ幅を検討することにより限界状態について考察した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体形状を図-1、梁断面を図-2 に示し、試験体諸元を表-1、材料特性を表-2 に示す。試験体は、平面十字形部分架構 6 体と立体十字形架構 2 体の計 8 体である。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・梁コンクリート圧縮強度、グラウト材強度、柱主筋種類・本数は共通とした。梁に通し配筋された普通鉄筋を以下梁主筋とする。試験体 UB-1、GB-2、SB-3 は梁主筋、PC 鋼材が同一であり、UB-1 は PC 鋼材がアンボンド、SB-3 はシース管に #3040(#1040 より支圧面積が 4.6 倍大きい)を使用した。試験体 GBS-4 は鉄筋(3-D13、SD490)、PC 鋼材(ウルボン筋 3-12.6)を使用し、梁断面中央の PC 鋼材はアンボンドとした。試験体 JP-1 と JP-2、JD-3 と JD-4 はシース管形状(#1040 と #3040)を実験因子とし、立体試験体 JD-3 および JD-4 はそれぞれ平面試験体 JP-1 および JP-2 に二つの直交梁を付与して立体にしたものである。

2.2 実験方法

加力装置を図-3 に示す。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、柱に一定圧縮軸力(930kN)を与えた後、平面試験体は図-4 の東西方向に正負交番繰り返し載荷を行い、立体試験体は図-4 の様に加力点の経路が田の字を描くよう 2 方向水平力の載荷を行なった。

3. 実験結果

3.1 ひび割れ状況

層間変形角 4% 時のひび割れ状況を図-5

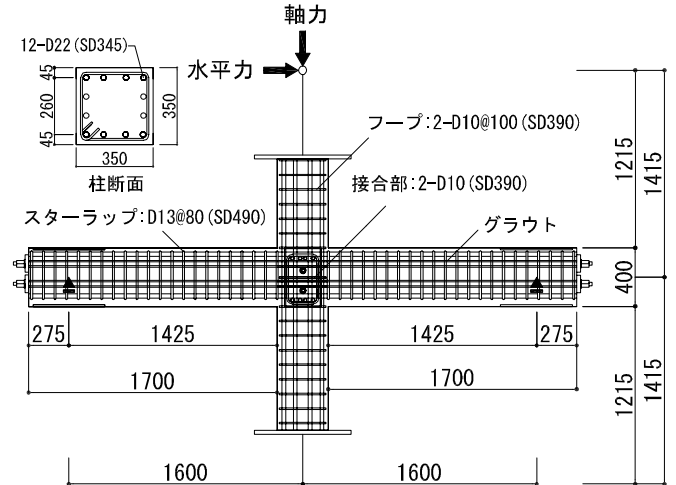


図-1 試験体形状

UB-1 (アンボンド) GB-2, SB-3	GBS-4	JP-1, JD-3EW JP-2, JD-4EW	JD-3NS, JD-4NS

図-2 梁断面

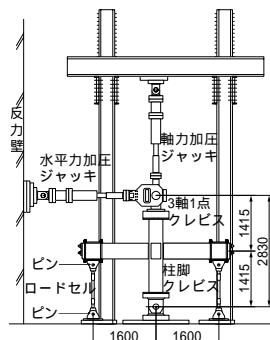


図-3 加力装置

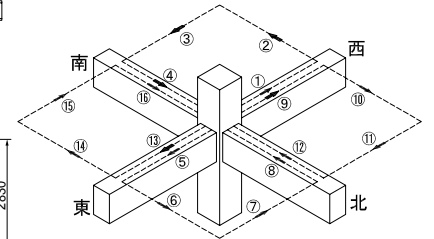


図-4 加力履歴

表-1 試験体諸元

試験体名	UB-1	GB-2	SB-3	GBS-4	JP-1	JP-2	JD-3	JD-4
シース管種類	1040			1028	1040	3040	1040	3040
試験体形状	平面				立体			
梁PC鋼材	2-D22 (ネジボン異形PC鋼棒)			3-12.6 (ウルボン)	2-D22 (ネジボン異形PC鋼棒)			
緊張力/降伏強度	0.65							
t	0.82			0.55	0.27			
梁上端筋	2-D13	2-D13	2-D13	3-D13	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25
鉄筋材料	SD295A	SD295A	SD295A	SD490	SD490	SD490	SD490	SD490
梁下端筋	2-D13	2-D13	2-D13	3-D13	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25
鉄筋材料	SD295A	SD295A	SD295A	SD490	SD490	SD490	SD490	SD490
【共通因子】	・軸力比 (軸力)			0.10 (930kN)		・柱断面		350 × 350mm
	・柱主筋			12-D22 (SD345)		・梁断面		250 × 400mm
	・フープ			2-D10@100 (SD390)		・スターラップ		2-D13@80 (SD490)

終局プレストレス率: $t = \frac{\text{(PC鋼材降伏時の張力の和)}}{\text{(PC鋼材降伏時の張力の和) + (主筋降伏時の張力の和)}}$ とした

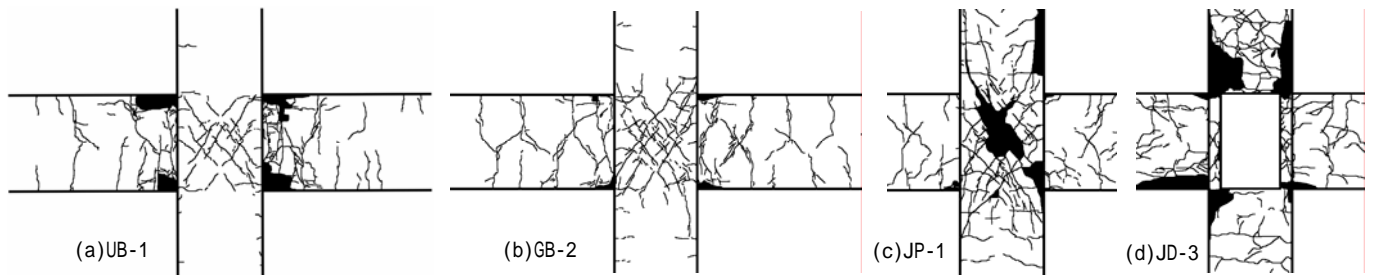


図-5 ひび割れ状況

に示す。JP-1 と JP-2 は接合部せん断ひび割れが顕著で、接合部のかぶりコンクリートが剥落した。接合部せん断ひび割れが柱まで進展し、柱のかぶりコンクリートも剥落した。立体試験体は 2 体とも上柱のかぶりコンクリートの剥落が顕著である。UB-1 は梁危険断面にひび割れが集中した。GB-2 と SB-3 は UB-1 より梁曲げひび割れが広範囲に発生し、ひび割れ状況は酷似したが、圧縮側コンクリートの損傷は GB-2 の方がやや激しかった。GBS-4 は梁上端下端共に細かく曲げひび割れが生じ、梁曲げせん断ひび割れは大きく進展した。

3.2 変形成分

層間変位に占める各部材の変形成分の推移を図-6 に示す。平面試験体は柱・梁・接合部とも測定値を用いた。立体試験体では柱と梁は測定値を用い、接合部は直接測定した層間変位から柱と梁の変形成分を減じて求めた。UB-1、GB-2、SB-3、GBS-4 は梁の変形割合が最大層せん断力時に層間変形角の 80%以上を占めた。JP-1、JP-2、JD-3 は最大層せん断力以降に接合部の変形成分の割合が増加したが、JD-4 では最大層せん断力以降の接合部の変形成分の増加割合が一定であった。

3.3 破壊性状

表-3 に試験体の破壊形式一覧を示す。JP-1、JP-2 は PC 鋼材が降伏せず、梁主筋・柱主筋は最大耐力以降で降伏した。上述のことを踏まえ、これらの平面試験体は接合部せん断破壊したと判断した。立体試験体は PC 鋼材が降伏せず、梁主筋が最大耐力以降で降伏し、柱主筋は層間変形角 1.5%で降伏した。以上より JD-3 は柱曲げ降伏した後に接合部せん断破壊し、JD-4 は柱曲げ破壊したと判断した。UB-1、GB-2、SB-3、GBS-4 は以上より梁曲げ破壊したと判断でき、GB-2、SB-3 は梁主筋および PC 鋼材の降伏により耐力が決まり、UB-1 は梁危険断面の圧縮側コンクリートの損傷が激しく、PC 鋼材が降伏していないことから、コンクリート圧壊により耐力が決まった。GBS-4 は梁主筋・PC 鋼材降伏後、せん断力がゆるやかに上昇し、最大せん断力を向かえた直後、上下のグラウトを施した PC 鋼材が順次破断した。これより梁主筋および PC 鋼材の降伏により耐力が決まった。

4. まとめ

PRC 平面および立体十字形部分架構を対象としてその耐震性能を評価するための静的載荷実験を実施した。

表-2 材料特性

材料	圧縮強度 MPa	割線剛性 GPa	最大荷重時ひずみ %	割裂引張強度 MPa
コンクリート	77.2	40.7	0.29	4.29
グラウト	65.1	22.2	0.51	2.66
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 12.6	1376	187	0.94	0.64
PC鋼材D22	1040	200	0.72	0.46
D10(SD390)	444	199	0.22	
D13(SD295A)	359	174	0.21	
D13(SD490)	564	186	0.30	
D22(SD345)	387	185	0.21	
D25(SD490)	550	193	0.29	

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

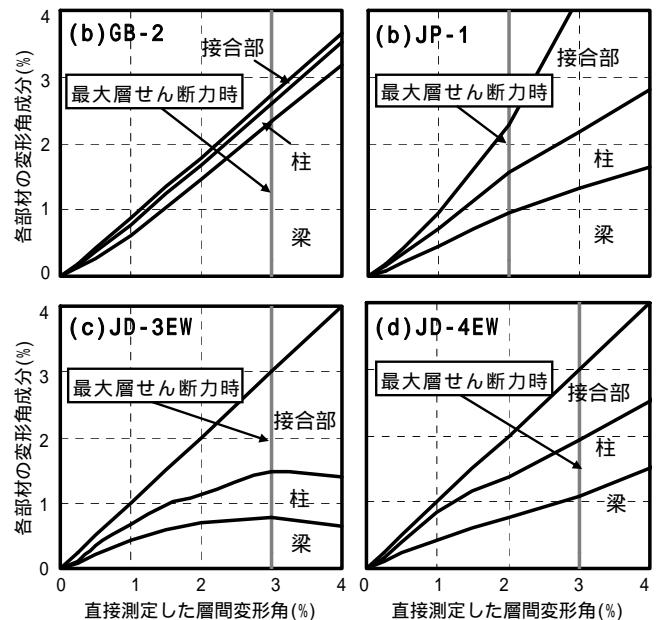


図-6 変形成分

表-3 破壊形式

試験体	破壊形式	最大層せん断力	層間変形角
UB-1	梁曲げ破壊(コンクリート)	128kN	3%
GB-2	梁曲げ破壊(梁主筋・PC鋼材)	142kN	3%
SB-3	梁曲げ破壊(梁主筋・PC鋼材)	139kN	3%
GBS-4	梁曲げ破壊(梁主筋・PC鋼材)	138kN	3%
JP-1	接合部せん断破壊	233kN	2%
JP-2	接合部せん断破壊	238kN	2%
JD-3	柱曲げ降伏後接合部せん断破壊	250kN	3%
JD-4	柱曲げ破壊	255kN	3%

(1)平面試験体 JP-1、JP-2 は接合部せん断破壊し、立体試験体 JD-3 は柱曲げ降伏後に接合部せん断破壊し、立体試験体 JD-4 は柱曲げ破壊した。

(2)アンボンドの試験体 UB-1 は梁危険断面のコンクリート圧壊により耐力が決まり、試験体 GB-2、SB-3、GBS-4 は梁主筋・PC 鋼材降伏により耐力が決まった。

*1 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学専攻准教授 工博

*2 首都大学東京大学院工学研究科建築学専攻 修士(工学)

*3 首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学専攻修士課程

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

*2 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University, M.Eng.

*3 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University