

PRC および PC 構造の柱梁十字形部分架構における梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊に関する研究
 (その1 検討対象とした実験の概要と柱梁接合部入力せん断力の算出法)

正会員 北山 和宏 1*
 同 田島 祐之 2**

PRC 構造	PC 構造	十字形部分架構
梁曲げ降伏	接合部せん断破壊	接合部入力せん断力

1. はじめに

PRC 構造及び PC 構造の柱梁十字形部分架構の梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊(以下 BJ 破壊)に関する実験はあるが、BJ 破壊について柱梁接合部入力せん断力の簡易な算定法や、十字形部分架構の変形性能に関する検討は少ない。

そこで、文献^{1)・2)}の実験結果を用いて(その1)に実験概要と梁主筋および梁PC鋼材の応力を用いて柱梁接合部入力せん断力を算出する方法を示し、(その2)に以下の検討を行った。図-1 のように、梁断面モーメント M_b を梁断面の引張領域内にある通し配筋された鉄筋(以下梁主筋)およびPC鋼材の引張合力 T' と圧縮合力との距離 J_{be} で、便宜的に表す方法がある($M_b = T' \cdot J_{be}$)。この引張合力 T' を利用し、柱梁接合部入力せん断力を求める方法と、実験から得られた鋼材の引張力より直接柱梁接合部入力せん断力を求める方法を比較し、算定法の評価を行った。またBJ破壊する柱梁十字形部分架構の変形性能の評価を行った。

2. 実験概要

2.1 対象試験体概要

図-2 に対象試験体の形状と寸法を示し、表-1 に対象試験体諸元及びコンクリートとグラウトの材料特性、表-2 に使用鋼材材料特性を示す。試験体の柱断面は $350 \times 350\text{mm}$ 、梁断面は $250 \times 400\text{mm}$ 、柱芯から梁端支持までが 1600mm で梁芯から上柱加力点および下柱支持点までがそれぞれ 1415mm は共通である。試験体 BNN1, BHH1 及び BFH はプレキャスト圧着形式であり、それ以外の試験体は柱梁一体型である。コンクリート強度は $58.8 \sim 77.7(\text{MPa})$ である。プレストレス導入後、シー管内に注入したグラウト材圧縮強度は試験体 BHH1 と BFH は高強度であり、それ以外の試験体は普通強度である。全試験体で PC 鋼材規格降伏強度の 0.7 倍のプレストレス力を導入した。なお表-1 中の終局プレ

ストレス率は、梁断面の終局曲げ耐力に対する PC 鋼材の寄与率であり、

$$\lambda = \frac{M_p}{M_p + M_r} \quad (1)$$

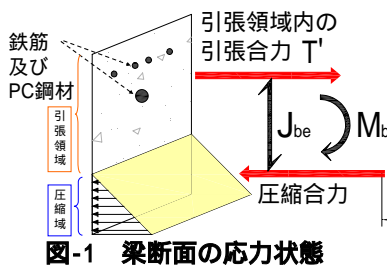


図-1 梁断面の応力状態

で表される。ここで、 M_p : 曲げ耐力のPC鋼材寄与分、 M_r : 曲げ耐力の梁主筋寄与分

2.2 実験方法

試験体の両梁端はローラー支持、下柱はピン支持である。上柱加力点には三基のジャッキを取付け、加力方向と直交する水平面に取付けたジャッキで面外変形は拘束した。鉛直方向のジャッキで一定圧縮軸力(軸力比で $0.1 \sim 0.14$)を導入した後、加力方向の水平ジャッキにより正負交番繰返し載荷した。加力サイクルは、試験体 N-1, N-2, N-3, M-1, M-3, M-4 で、層間変形角 R (加力点の水平変位を階高 $2830(\text{mm})$ で除したもの) $= 0.25\%$ を 1 サイクル、 $R=0.5\%$ を 2 サイクル、 $R=1, 1.5, 2, 3, 4\%$ を 3 サイクル行った後正方向に押切とした。試験体 BNN1, BHH1, BFH は $R=0.25\%$ を 1 サイクル、 $R=0.5, 1, 2\%$ を 2 サイクル、 $R=3\%$ を 1 サイクル、 $R=4\%$ を 2 サイクル行った後正方向に押切とした。

3. 実験結果

全試験体で柱・梁の危険断面に曲げひび割れが発生した。その後変形の増大と共に接合部パネルのせん断ひび割れが進展し、最終的に接合部パネルのかぶりコンクリートが剥落して、柱梁接合部がせん断破壊した。以下ではひずみゲージの測定より梁主筋および PC 鋼材の降伏状況を判断した。試験体 N-1, N-2, N-3, M-1, M-3 及び M-4 では通し配筋された梁主筋は降伏した。試験体 M-1 の梁 PC 鋼材は

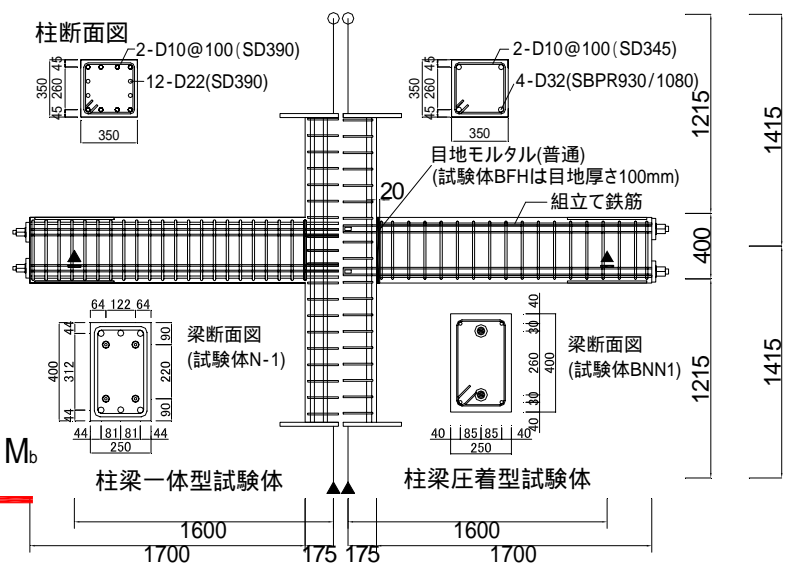


図-2 試験体概要

表-1 対象試験体諸元

試験体名	N-1 ²⁾	N-2 ²⁾	N-3 ²⁾	M-1 ²⁾	M-3 ²⁾	M-4 ²⁾	BNN1 ¹⁾	BHH1 ¹⁾	BFH ¹⁾
コンクリート圧縮強度	63.4MPa			58.8MPa			73.3MPa	77.2MPa	77.7MPa
グラウト材圧縮強度	56.MPa								
梁PC鋼材	4-φ10.7 (細径異形PC鋼棒)			2-φ17 (丸鋼)	2-φ19 (丸鋼)	2-D22 (異形PC)	2-D32 (異形PC)	2-D32 (異形PC)	2-D32 (異形PC)
終局プレストレス率	0.29	0.34	0.33	0.29	0.45	0.45	1	1	1
梁上端筋および下端筋	3-D22	5-D13	2-D22	3-D22	2-D22	4-D13	梁組立筋(4-D13(SD345))		
鉄筋材料	SD345	SD490	SD390	SD345	SD345	USD685A			
柱主筋および鉄筋材料	12-D22(SD345)						4-D32(SBPR 930/1080)		
フープ	2-D10@100(SD345)						2-D10@100(SD345)		
接合部横補強筋比 p_{w} (%)	0.41						0.31		
スターラップ	2-D13@100(SD345)						2-D10@100(SD345)		

表-2 使用鋼材材料特性

径	規格	降伏応力度 MPa	ヤング 係数(Gpa)	降伏 ひずみ(%)	弾性限界 ひずみ(%)
鉄筋	D10	SD345	400	184	0.228
	D13	SD345	376	180	0.215
	D13	SD490	564	186	0.310
	D13	USD685A	724	190	0.419
	D22	SD345	373	186	0.213
	D22	SD490	468	188	0.273
PC鋼材	φ10.7	SBPDL	1350	199	0.912
	φ17	B種1号	1050	205	0.724
	φ19	B種1号	1063	207	0.714
	D22	B種1号	1042	200	0.729
	D32	B種1号	1014	195	0.720

注：PC鋼材の降伏応力度・降伏ひずみは0.2%オフセット法で定めた。

弾性限界を超えたが0.2%オフセット法で定めた降伏ひずみに達しなかった。試験体 M-3 と M-4 は最大層せん断力後に PC 鋼材は降伏した。それ以外の試験体では最大層せん断力以前に梁 PC 鋼材は降伏した。全試験体で接合部横補強筋は層間変形角 1%時に降伏した。柱主筋は全試験体で降伏しなかった。以上より試験体 M-1,M-3 及び M-4 を除く試験体は BJ 破壊を生じた。なお試験体 M-1,M-3 及び M-4 は最大耐力以前に PC 鋼材は降伏しなかったが、履歴性状および接合部パネル損傷状況より BJ 破壊として扱った。

図-3 に試験体 N-1 および試験体 BHH1 の層せん断力-層間変形角関係を示す。図中の は最大層せん断力時を、 は梁主筋降伏時を、 は PC 鋼材降伏時を示す。平面保持を仮定した断面解析により求めた梁曲げ耐力の計算値を図-3 中に点線で示した。最大層せん断力は試験体 N-1,N-2,N-3,M-1,M-4 および BNN1 は層間変形角 2%、試験体 M-3, BHH1 および BFH は層間変形角 3%時に達した。最大層せん断力に達した後、徐々に層せん断力は低下した。全ての試験体で、変形が小さい時は原点指向性を示すが、徐々に紡錘型の履歴を示し、RC 架構の履歴形状に近くなった。断面解析計算値と実験値は概ね良好に一致した。

4. 柱梁接合部入力せん断力の算出法

図-4 に示すような、梁危険断面におけるコンクリート圧縮域が左右の梁で重ならない場合を対象とし、接合部周りの梁主筋および梁PC鋼材の応力を用いて接合部入力せん断力 V_{jh} を求める方法を以下に示す。

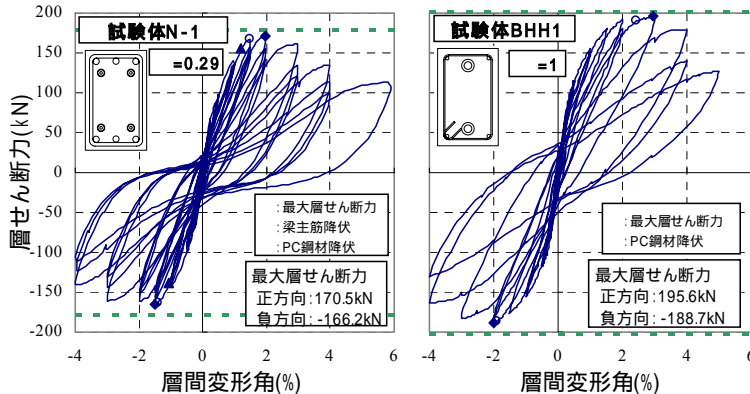


図-3 層せん断力-層間変形角関係

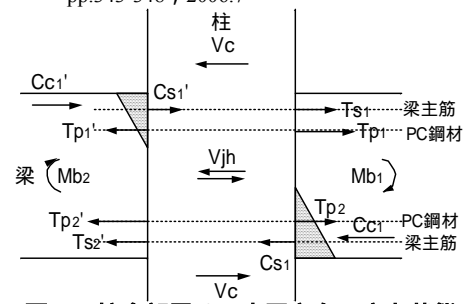


図-4 接合部周りの水平方向の応力状態

$$V_{jh} = T_{s1} + T_{p1} - T'_{p1} + C'_{s1} + C'_{c1} - V_c \quad (1)$$

ここで左右の応力状態は逆対称で同じと仮定すると

$$C'_{s1} + C'_{c1} = T'_{p1} + T'_{s2} + T'_{p2} = T_{s1} + T_{p1} + T_{p2} \quad (2)$$

であり、これを (1) 式に代入すると

$$V_{jh} = 2T_{s1} + 2T_{p1} - V_c \quad (3)$$

を得る。ここで、 T_{p1} , T'_{p1} :上端PC鋼材の引張力、 T_{p2} , T'_{p2} :下端PC鋼材の引張力、 T_{s1} , T'_{s2} :上端および下端梁主筋の引張力、 C'_{s1} , C_{s1} :上端および下端梁主筋の圧縮力、 C'_{c1} , C_{c1} :上端および下端コンクリートの圧縮力、 V_c :柱のせん断力である。なお、梁主筋の応力度 歪度関係は、材料試験の結果を基にバイリニア型で、PC鋼材の応力度 歪度関係は、材料試験の結果を基に6折線の近似曲線を設定し、それぞれひずみゲージより測定された値から応力度を求めた。梁主筋およびPC鋼材共に、除荷剛性は材料試験より定めたヤング係数(表-2)を用いた。

5. まとめ

本研究では、梁曲げ降伏後に接合部せん断破壊した十字形部分架構を対象とするが、(その 1)では実験結果の概要を説明した。また(その 2)で比較するために必要な、接合部入力せん断力の従来の算出法を示した。

参考文献 (1)岸田慎司, 北山和宏ほか 2 名: 圧着接合されたプレストレスト・コンクリート十字形部分架構の復元力特性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.24, No.2, pp.421-426, 2002.6 (2)田島祐之, 北山和宏ほか 2 名: プレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) 柱・梁十字型部分架構の耐震性能に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.28, No.2, pp.343-348, 2006.7

*首都大学東京都市環境科学研究科建築学域教授 工博
**首都大学東京工学研究科建築学専攻 修士(工学)

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