

PRC 柱梁十字型部分架構の耐震性能評価に関する実験的研究 (その3 梁曲げ破壊時の耐震性能)

正会員 田島 祐之*¹
同 北山 和宏*²
同 矢島 龍人*³

PRC 構造 梁曲げ破壊 骨格曲線
ひび割れ幅 限界状態

1. はじめに

本稿では(その2)に続き、梁曲げ先行破壊した試験体 UB-1、GB-2、SB-3、GBS-4 について実験結果に基づき梁の骨格曲線、梁のひび割れ幅を検討し、各限界状態について考察した。

2. 層せん断力 - 層間変形角関係

図-1 に層せん断力 - 層間変形角関係を示す。アンボンドの試験体 UB-1 は S 字形の原点指向型の履歴を示した。その他の試験体は太った逆 S 字形の履歴を呈し、RC 造のような性状を示した。試験体 UB-1 は最大層せん断力後、梁危険断面圧縮側のコンクリート圧壊により耐力は減少し、最終的に梁主筋が、座屈・破断した。試験体 GB-2 と SB-3 は同様の履歴を示し、大変形時まで耐力は保持し続けた。試験体 GBS-4 は最大耐力後、グラウト注入した PC 鋼材は破断した。またグラウト注入していない中央の PC 鋼材も大変形時に降伏した。

3. 梁せん断力 - 梁部材角関係

図-2 に試験体 UB-1 と GB-2 の正方向載荷時梁せん断力 - 部材角関係の包絡線を示す。図-2 に平面保持を仮定した断面解析から作成された PC 部材性能設計法小委員会菅田案¹⁾の限界状態の基準となる残留ひび割れ(0.2,1,2mm)と残留部材角(1/400,1/200)各々の点を示した。後述で示す各限界状態を合わせて表示した。各事象の参照を表-1 に示す。また、表-2 に各事象の試験体 4 体の梁部材角を示す。

UB-1 は、梁主筋降伏直後の剛性が初期剛性より 76% 低下した。その後圧縮側コンクリートの圧壊および剥落を経て梁最大せん断力に達した。その後耐力は減少し始め梁主筋の座屈後急激に耐力は減少し始めた。PC 鋼材は最大耐力付近で弾性限界に達したが降伏には至らなかった。GB-2 は、梁主筋降伏後 PC 鋼材降伏値に達した。その後梁せん断力はほぼ一定値を示した。PC 鋼材降伏後より圧縮側コンクリートの圧壊および剥落を経た後耐力は徐々に減少し始めた。梁部材角 5% 程度で梁主筋の座屈を確認した。

2 体の試験体を比較すると、グラウトを注入したことにより、GB-2 の方が PC 鋼材の弾性限界および降伏時期が早期(梁部材角 0.69%)に生じ、表-1 に示した事象(残留変形および残留ひび割れ幅)も早期に発生した。限界状態の損傷の状態を表す際にグラウトの有無による場合分けが必要である。

4. PC 鋼材附着性状

図-3 に GB-2 の接合部区間(区間長 350mm)の PC 鋼材附着応力度と梁部材角の関係を示す。PC 鋼材応力は(その2)と同

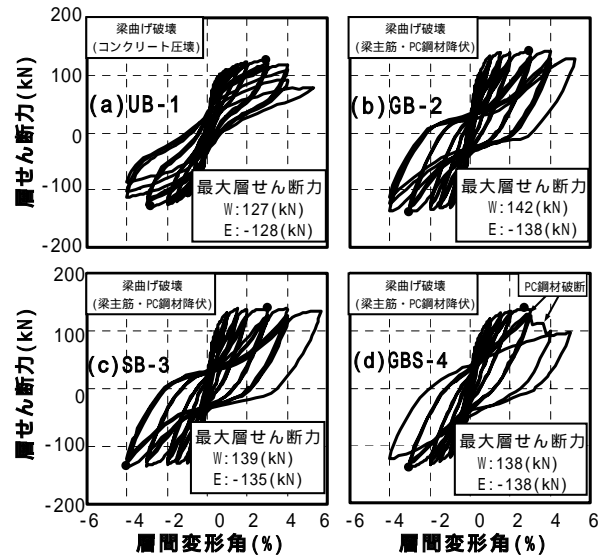


図-1 層せん断力 - 層間変形角関係

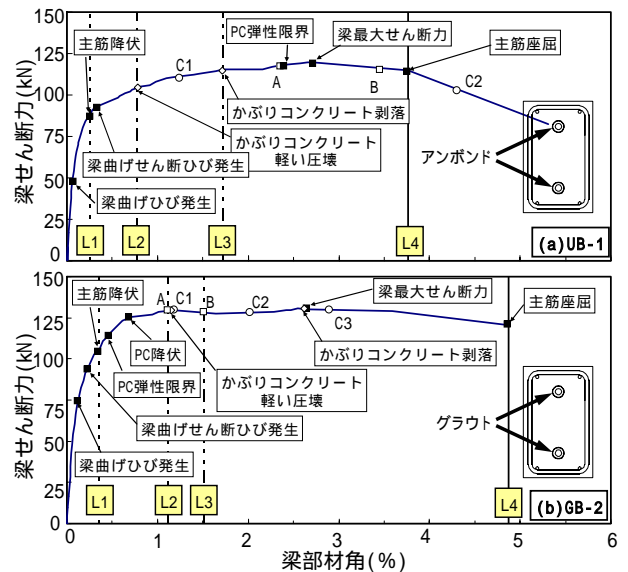


図-2 西梁せん断力 - 西梁部材角関係

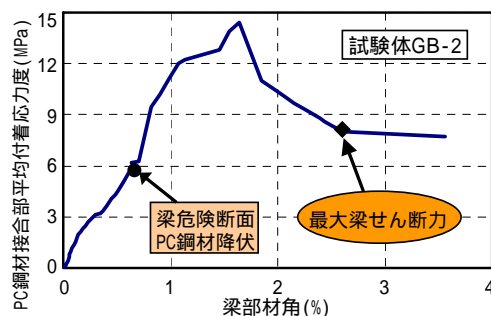


図-3 PC接合部内付着応力度 - 梁部材角関係

表-1 各事象

A	残留変形1/400
B	残留変形1/200
C1	残留ひび0.2mm
C2	残留ひび1mm
C3	残留ひび2mm
L1	使用限界
L2	修復限界
L3	修復限界
L4	安全限界

様に算出した。梁危険断面の PC 鋼材降伏時には、接合部平均付着応力は 5.6(MPa)を示した。その後圧縮側かぶりコンクリートが圧壊し始めてから圧縮側梁主筋および PC 鋼材は圧縮力負担が増加し、PC 鋼材の負担引張力が初期導入張力よりも低下した。このことは接合部内付着状況にも影響を及ぼし梁部材角 1.6%程度まで PC 鋼材の平均付着応力は増加し、最大付着応力で 14.4(MPa)を示した。

5. 梁ひび割れ幅

図-4 に UB-1 と GB-2 について層間変形角 4%時の西梁ひび割れ図、各サイクル・ピーク時および除荷時のひび割れ幅を示した。ひび割れ幅はクラックスケールを用い、下端梁主筋位置で計測した。

梁部材角 2.6%時において UB-1 の梁危険断面近傍のピーク時ひび割れ幅は 6mm、GB-2 では 3.5mm であり、急激にひび割れ幅が増加するのは、UB-1 で梁危険断面から 157mm 以内、GB-2 で 241mm 以内であった。GB-2 は PC 鋼材降伏時に梁危険断面近傍のひび割れ幅は 0.55mm を示した。

梁危険断面での残留ひび割れ幅が 0.2mm 程度になるのは両試験体とも経験梁部材角で 1.2%時であった。この時 GB-2 は PC 鋼材降伏時変形のほぼ 2 倍の変形である。UB-1 は残留ひび割れ幅が経験梁部材角 2.6%時で 0.25mm 程度を示した。GB-2 は残留ひび割れ幅が経験梁部材角 2.6%時で 1.6mm 程度を示し、梁危険断面から 241mm の箇所では 0.2mm 以上の残留ひび割れ幅を示した。

6. 曲げ部材の限界状態

表-3 に菅田案¹⁾、表-4 に菅田案を本実験に照らし合わせて修正した限界状態ごとの損傷状況を示した。原案と異なる点はPC鋼材の種別を考慮したことである。修復限界²⁾では、グラウトを施した異形PC鋼棒は、降伏許容とした。アンボンド部材の残留ひび割れ幅は十分に小さく、これによって限界状態が規定されることはなかった。

7. まとめ

柱梁十字形部分架構の梁曲げ破壊した平面試験体の静的荷重実験の結果を用いて耐震性能評価を検討した。

アンボンド試験体 UB-1 とグラウト注入した試験体 GB-2 に着目した結果、グラウトの有無により PC 鋼材降伏の有無、残留変形および残留ひび割れ幅が大きく異なり、限界状態の

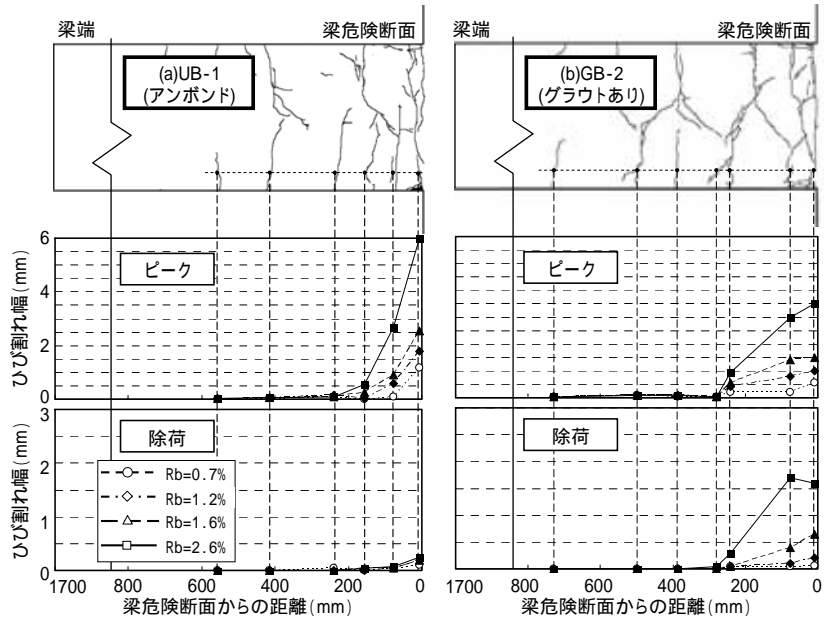


図-4 ひび割れ幅(ピーク時と除荷時)

表-2 試験体の各事象

試験体名	UB-1		GB-2		SB-3		GBS-4		
	西梁	東梁	西梁	東梁	西梁	東梁	西梁	東梁	
鉄筋	危険断面位置降伏	0.25	0.26	0.35	0.35	0.35	0.33	0.47	0.44
	座屈	3.76	3.77	4.87	4.82	-	-	-	-
PC	弾性限界	2.38	2.39	0.46	0.48	0.49	0.48	0.65	0.65
	0.2%オフセット降伏	-	-	0.69	0.69	0.68	0.68	0.93	0.93
コンクリート	かぶりコンクリートの軽い圧壊	0.78	0.79	1.17	0.70	2.48	1.46	1.65	1.62
	かぶりコンクリートの圧壊(コアコンクリート健全)	1.72	1.73	2.64	1.15	2.56	2.60	2.58	2.57
残留変形	1/400	2.36	-	1.12	-	1.09	-	1.15	-
	1/200	3.46	-	1.51	-	1.55	-	1.64	-
残留ひび	0.2mm	1.24	1.25	1.17	1.35	1.16	0.73	1.20	0.79
	1mm	4.31	3.77	2.02	2.18	2.15	1.03	1.97	1.27
	2mm	-	-	2.90	3.54	3.46	1.52	2.69	2.58

表-3 曲げ部材の限界状態(菅田案)

限界状態	具体的な損傷の状態(以下の全てを満足)				
	鉄筋(各限界時)	PC鋼材	コンクリート	残留変形	残留ひび割れ幅
使用限界	1~0.75 0.75<	僅かな降伏を許容	弾性範囲	0.9 _g 以下 2/3 _g 以下	ほぼゼロ 0.2mm程度以下
修復限界	1~0.75 0.75<	降伏を許容	弾性範囲	軽微なかぶりコンクリートの圧壊	1/400程度以下 0.2~1mm程度
修復限界	主筋が座屈しないこと	耐力点以下	コアコンクリート部分が健全であること	1/200程度以下	1~2mm程度
安全限界	圧縮筋の座屈 引張筋の座屈	降伏許容	コアコンクリートに圧壊が生じないこと	-	-

表-4 曲げ部材の限界状態

限界状態	項目	鉄筋	PC鋼材	コンクリート	残留変形	残留ひび割れ幅
使用限界	異形PC鋼棒(グラウトあり)	僅かな降伏を許容	耐力点以下	0.75< <1, 2/3 _g 以下	ほぼゼロ	0.2mm程度以下
	それ以外	-	弾性範囲	0.75< <0.9 _g 以下	-	-
修復限界	異形PC鋼棒(グラウトあり)	降伏を許容	降伏を許容	軽微なかぶりコンクリートの圧壊	1/400程度以下	0.2~1mm程度以下
	それ以外	-	弾性範囲	-	-	-
修復限界	異形PC鋼棒(グラウトあり)	主筋が座屈しないこと	降伏を許容	かぶりコンクリートの剥落	1/200程度以下	1~2mm程度以下
	それ以外	-	耐力点以下	-	-	-
安全限界	異形PC鋼棒(グラウトあり)	圧縮筋の座屈	PC破断	コアコンクリートに圧壊が生じないこと	-	-
	それ以外	引張筋の破断	降伏許容	-	-	-

目安としてグラウトを施した異形 PC 鋼棒とそれ以外の PC 鋼材とに区分する必要がある。

参考文献

- 1) PC 部材性能設計法小委員会, 部材の限界状態, 菅田案, 2008.3

*1 首都大学東京大学院工学研究科建築学専攻 修士(工学)

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

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

*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

*3 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University