

(24) 桁端切欠き部を有するコンクリート桁のPC補強に関する実験

住友建設(株) ○正会員 椎名 教之
 首都高速道路公団 正会員 御嶽 譲
 住友建設(株) 正会員 迎 邦博
 同上 正会員 川浦 順一

1. はじめに

コンクリート桁の桁端切欠き部は、複雑な配筋状態から施工性が悪く損傷が生じ易い部位である上に、主桁断面の急激な断面変化や主桁反力作用による局部応力が生じ、複雑な応力状態の下にある。このことから、車両大型化を考慮すれば補強の優先度が高い部位とされている。

そこで、桁端切欠き部の補強が必要となった場合の照査・補強設計方法の確認に必要な基礎的データの蓄積と耐荷力や破壊モード等を確認する目的で実物大供試体の静的載荷実験を行った。また、供試体の作製時には補強施工性についても確認を行った。本報告はその結果について述べるものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体断面形状は実構造物と同じT形断面およびウェブ部を単純モデル化した矩形断面の2種類とし、施工性確認のためサイズは実物大とした。(以降、T形断面供試体をT桁供試体、矩形断面供試体をI桁供試体と呼ぶ。)各断面とも切欠き部無補強のもの、およびプレストレスによる補強を行ったものを作成し、後者については補強方法を変えた2種類の供試体を用意した。各供試体の概要を表-1、図-1に示す。

表-1 桁端切欠き部構造諸元

項目	諸元	備考
h: 桁高(mm)	1700	
b: 桁幅(mm)	450	
d: 切欠き部桁高(mm)	1050	ハンチなし
L: 支持端から荷重載荷中心までの距離(mm)	375	
引張鉄筋	4-φ9	支承部補強筋として配筋
スターラップ筋	φ16ctc150	
主方向PC鋼材	φ23PC鋼棒	上5本/下2本
コンクリート強度(kgf/cm ²)	σ28=450	
鉄筋	SR235	

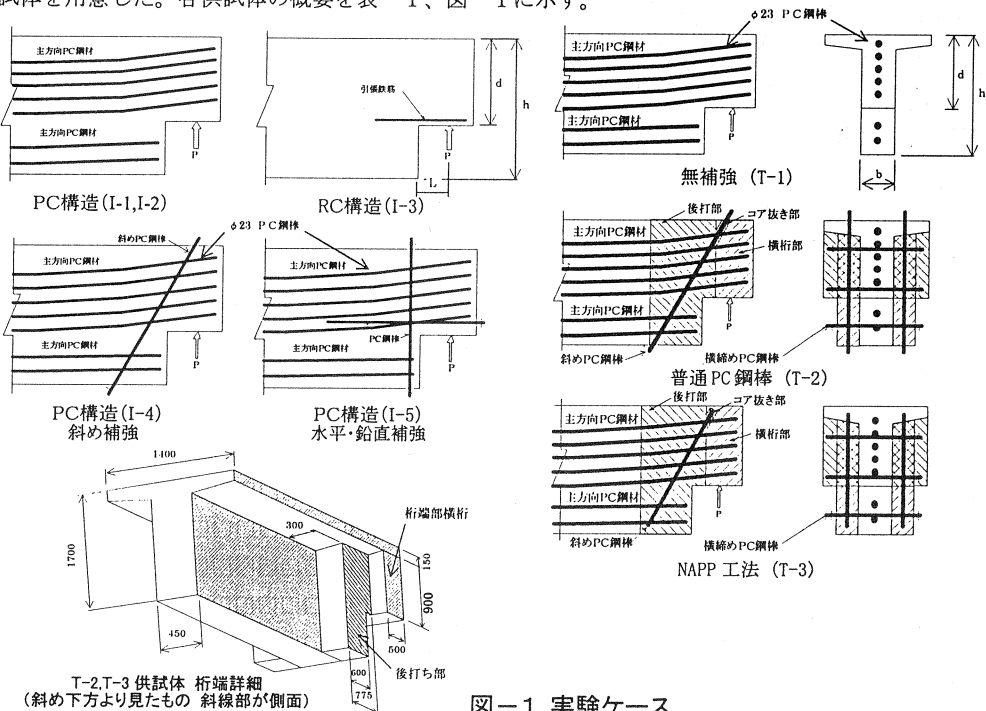


図-1 実験ケース

供試体毎の特徴を表-2に示す。I-1はPC構造であるが、プレストレスを導入していない。I-3はI-2と同程度の引張り鉄筋量のRC構造であり、I-4はI-2に斜めPC鋼棒による補強を行ったものである。I-5は斜め方向緊張力がI-4と同等になるように水平・鉛直鋼棒による補強を行ったものである。

T-2は後打ちしたブラケット内に配置したPC鋼棒を上フランジ上面に定着したものである。T-3はプレテンション方式であるNAPP工法により補強を行った。T-3の穿孔は実際の施工を考え下方から行い、桁上面まで貫通させず、PC鋼材上端側はフランジ内に定着した。

表-2 試験体別諸元

試験体番号	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	T-1	T-2	T-3
断面形状	I型断面					T型断面		
試験内容	静的載荷試験					静的載荷試験	施工性確認+静的載荷試験	
主方向PC	PC(緊張せず)	PC	RC	PC		PC		
切欠き部PC補強の有無	無	無	無	有	有	無	有	有
補強方向 (使用PC鋼材)	X			斜め	水平・鉛直	X	斜め	斜め
				普通PC鋼棒	普通PC鋼棒		普通PC鋼棒	NAPP工法

切欠き部補強は、I桁供試体については桁作成時にあらかじめPC鋼棒を配置しコンクリート打設後に緊張力を導入した。T桁供試体については実際の補強施工性確認のため、桁製作後ウェブ部に打ち足したコンクリートブラケットにPC鋼棒を配置して緊張力を導入することにより補強した。コンクリートブラケットとT桁本体との一体化にはPC鋼棒を配置し横締めを行った。

(2) 載荷方法

供試体は上下反転した状態で反力床に固定し、300tf ジャッキで桁端切欠き部の支承位置に上方から静的に単調増加載荷を行った。ただし、初期ひび割れが発生した時点で一旦除荷し、再び載荷した。写真-1、図-2に実験装置を示す。

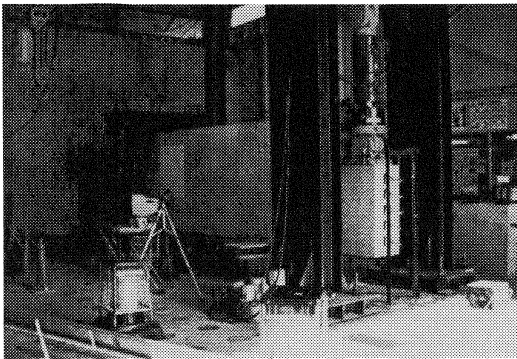


写真-2 実験装置

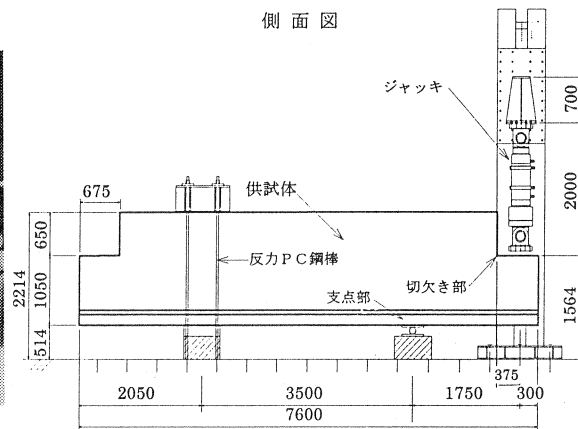


図-2 実験装置

3. 実験結果

(1) 施工性の確認

a) 鋼材探査

切欠き部補強のPC鋼材およびコンクリートブラケット横締めPC鋼材を配置するためにはT桁供試体の桁内の鋼材を避けてウェブ、フランジを穿孔する必要がある。そのため穿孔に際しては磁氣的法、放射線法、電磁波法の3種類の方法で鋼材探査を行った。

コンクリート表層付近の鋼材については、磁氣的法、電磁波法の併用により高い精度の結果が得られた。部材断面中心線(ウェブ厚 450mm)に配置された主方向PC鋼材は放射線法のみで探査可能であった。

b)穿孔とPCによる後補強

T-2,3 供試体は、後打ちコンクリートブラケットを横締めするためウェブに穿孔を行ったが、問題無く施工できた。

さらに T-2,3 供試体の切欠き補強のためには T 桁端部横桁からフランジにかけてコンクリート表面に対し斜めに穿孔を行う必要があったが、穿孔装置の固定を工夫することにより実施でも可能であることがわかった。

また、T-3 供試体については既設橋梁での補強工事を念頭におき、穿孔、PC 鋼材の配置、緊張を桁下方のみから行い、PC 鋼材は中空 PC 鋼棒を用いたプレテンション方式の NAPP 鋼棒を使用した。アンカー部は無収縮モルタルにより鋼棒とコンクリートを定着させたが、ビニルホースでエア抜きを行うことにより下方からでも十分な充填が行えた。またプレストレスの導入についても、中空鋼棒内の反力鋼棒の変位測定により十分な緊張管理が行えた。

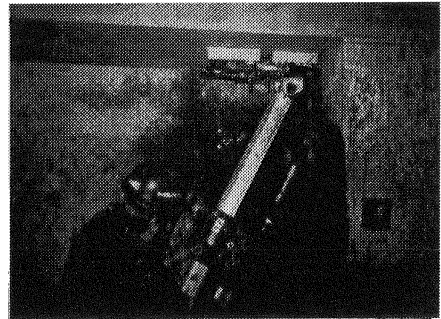


写真-2 後補強孔穿孔状

(2) 荷重試験結果

図-3 にひび割れ発生状況を、表-3 にひび割れ発生荷重および破壊荷重等を示す。表中のひび割れ発生荷重としては目視確認の他、斜め鉄筋(図-3 参照)のひずみが 500μ ($\sigma_s \approx 1000 \text{kgf/cm}^2$) に達した時点の荷重も併記した。さらに I 桁では I-2 供試体、T 桁では T-1 供試体の各荷重を 100 とした時の各供試体の比率も示した。

最終耐力が荷重装置の能力を超えたもの以外の破壊形態は、主方向 PC 構造では桁端切欠き部に発生した斜めひび割れが 60° 方向に進展し、最終的には支点部付近の圧縮破壊となった。

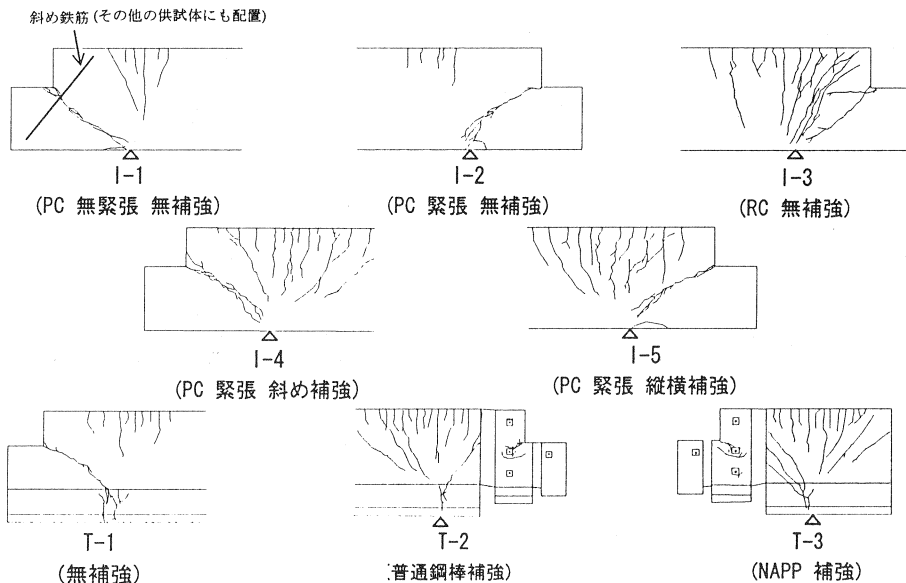


図-3 ひび割れ発生状況(試験終了後)

図-4 に桁端切欠き部の変位と荷重の関係を示す。床版の有無によりひび割れ発生荷重および破壊荷重には多少の差が見られたが、変位挙動に I 型断面と T 型断面の違いはほとんど無い。また、T-2、T-3 各供試体において、ジャッキおよび荷重装置の性能上破壊には至らなかったが、ほぼ等しい変位挙動を示した。

表-3 試験結果

試験体断面形状		I型断面					T型断面		
		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	T-1	T-2	T-3
ひび割れ発生荷重	tf	37.5	52.5	42.5	67.5	57.5	62.5	180	165
	%	71	100	81	129	110	100	288	264
500 μ 時荷重	tf	65	90	60	100	100	105	180	180
	%	72	100	67	111	111	100	171	171
破壊荷重	tf	210	222.5	190	300<	285	245	300<	320<
	%	94	100	85	135<	128	100	122<	131<
破壊モード		圧縮破壊	圧縮破壊	せん断破壊	破壊せず	圧縮破壊	圧縮破壊	破壊せず	破壊せず

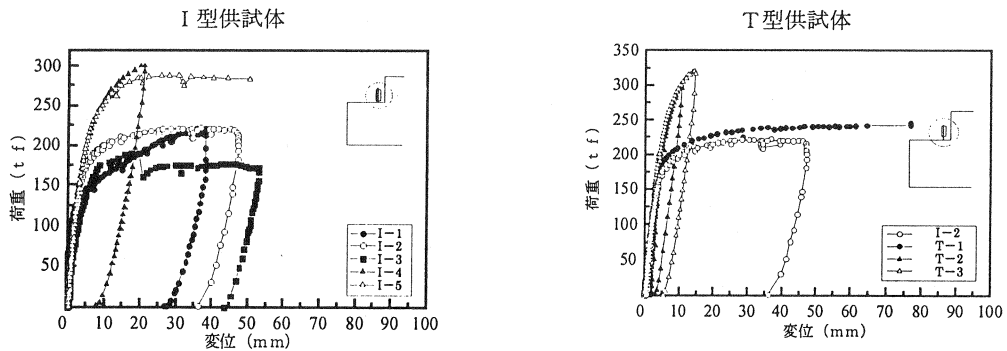


図-4 荷重変位曲線

a)I 桁供試体

主方向PC鋼材を無緊張で配置したI-1供試体のひび割れ発生荷重はI-3供試体と同程度であるが、破壊荷重は主方向PC鋼材を緊張しているI-2供試体と大きな差はなかった。また、I-1とI-2各供試体から主方向PC鋼材緊張により斜めひび割れの抑制に効果があることがわかる。

I-1とI-2各供試体は主方向PC鋼材量が同じにもかかわらず、I-1供試体は変形が大きくなりながらも耐力は徐々に上昇するのに対し、I-2供試体は弾性的な挙動の後変形が急に進むが耐力は余り増加しなかった。RC構造のI-3供試体については、弾性的な挙動の後急激に変位が増加し、主桁下縁端部から支点部へ向けてのせん断ひび割れが発生し、耐力が急激に低下した。補強されたI-4、I-5供試体については、ひび割れ発生荷重および最終耐力ともに無補強のものに比較して大きな値となっているが、I-4供試体はI-5供試体よりも最終耐力が大きい結果となった。切欠き部に対するプレストレス導入量が同程度であっても、斜め配置の方が効果的と言える。

b)T 桁供試体

補強されたT-2、T-3各供試体はともにジャッキの性能(300tf)を超え破壊には至らなかった。両者の差も小さく同等の補強効果が認められ、ひび割れ発生荷重も無補強供試体に比較して約3倍近い値となった。いずれの施工法においても十分な補強効果が得られると思われる。

4. まとめ

- ・今回の実験により、桁端切欠き部のプレストレス工法による補強を行ううえでの施工性が確認できた。
- ・後施工による補強効果も十分得られることがわかった。