

高強度コンクリートを用いた低桁高PC橋の構造性能確認試験

(株)ピーエス三菱 正会員 ○中井 聖棋
 (株)ピーエス三菱 正会員 崎山 義之

キーワード：高強度コンクリート，低桁高PC橋

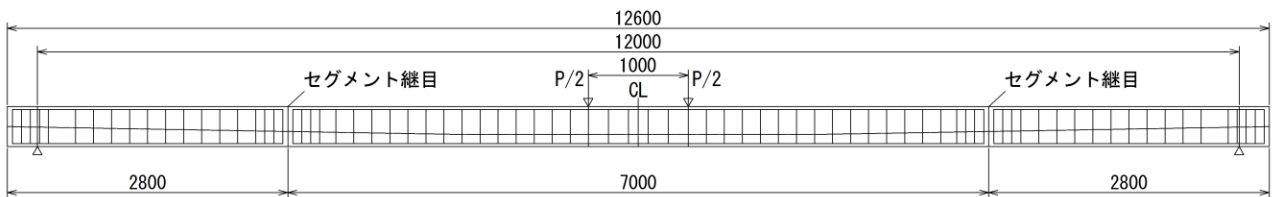
1. はじめに

我が国では、河川改修や都市再開発事業などの橋梁計画において、通常の橋梁計画に比較して厳しい建築限界が示される場合が多い。このような条件に対し、設計基準強度 120N/mm^2 の高強度繊維補強モルタルを用い、従来よりも大容量のプレストレスを与えることで、従来のプレストレストコンクリート(PC)橋の桁高支間比 $1/20$ に対し、桁高支間比 $1/30$ 以下を可能とした低桁高PC橋は実績を重ねてきた。この低桁高PC橋は、使用材料に由来する優れた耐久性能により、特に塩害対策橋梁において高い優位性を有している。一方で、低熱セメントを用いたモルタルであるがゆえに、練混ぜ・打設時間・養生時間などにおいて部材製造上の制約を受けていた。そこで、初期強度発現の改善によりプレキャスト部材の早期脱枠と生産性向上を目指して開発した、早強セメントをベースとし特殊混和材を用いた設計基準強度 100N/mm^2 の高強度コンクリートを低桁高PC橋に採用することとした。本稿では、この高強度コンクリートを用いた低桁高PC橋の実用化のために実施した、はり部材の構造性能確認試験として曲げ耐力確認試験およびせん断耐力確認試験結果を報告する。

2. 試験概要

図-1に曲げ耐力確認試験に用いた試験体の概要図を示す。試験体は支間 12m 、桁高 400mm の桁高支間比 $1/30$ である単純支持された、ポストテンション(ポステン)桁(B-1)とプレテンション(プレテン)桁(B-2)の各1体計2体である。いずれの桁も $\phi 15.2\text{mm}$ のPC鋼材を12本配置している。載荷は、支間中央部に純曲げ区間を 1m とした2点集中載荷を、荷重制御で静的に与えることにより行った。

側面図



断面図

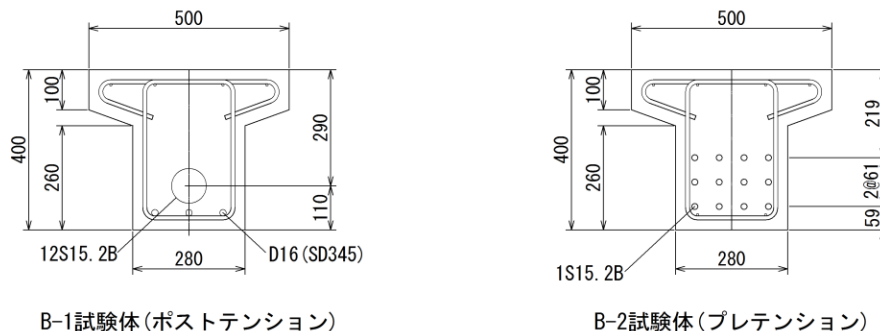


図-1 曲げ試験体概要図

図-2に、せん断耐力確認試験に用いた試験体の概要図を示す。腹鉄筋の有無およびプレストレスの有無をパラメータとして、試験体は全4体とした。載荷は、せん断支間を部材有効高さ370mmの3倍である1110mmとし、支間中央部に300mmの2点集中載荷を、荷重制御で静的に与えることにより行った。なお、両試験での支承条件であるが、載荷点を固定とみなし、いずれの支承も軸方向に可動とした。

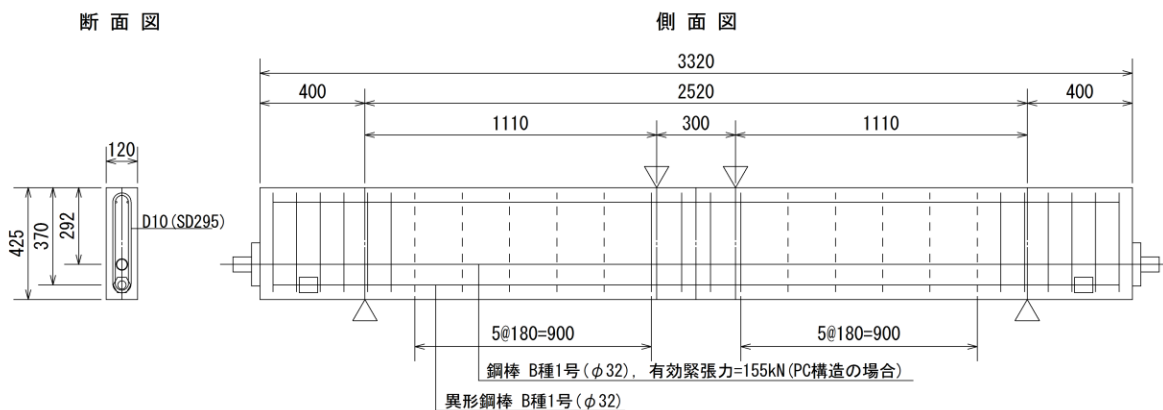


図-2 せん断試験体概要図

2. 使用材料

試験体に使用したコンクリートの配合を表-1に示す。

表-1 コンクリート配合(設計基準強度 100N/mm²)

水粉体比 W/B (%)	空気量の 範囲 (%)	フローの 範囲 (cm)	単位量(kg/m ³)							
			水 W	粉体量 B		細骨材	粗骨材 (≤20mm)	混和剤		
				セメント	混和材			減水剤	AE剤	収縮 低減剤
24	2 ± 1.5	65 ± 5	150	500	125	786	840	8.5	0.05	6.00

表-2 コンクリート特性値(材齢28日)

種別	目標値	実測値	備考
圧縮強度 f _{ck} (N/mm ²)	100.0	118.2	
引張強度 f _{tk} (N/mm ²)	4.96	5.09	=0.23・f _{ck} ^{2/3}
ヤング係数 E _c (kN/mm ²)	39.5	44.6	=12.5・f _{ck} ^{1/4}

表-3 鉄筋特性値

呼び名	D10	D16
種類	SD295A	SD345
断面積 (N/mm ²)	71.33	198.6
引張強度 (N/mm ²)	492	550
降伏強度 (N/mm ²)	360	397
弾性係数 (kN/mm ²)	200	同左

表-4 PC鋼材特性値

種別	12S15.2BL SWPR7B	
引張強度 f _{pu} (N/mm ²)	1983	
降伏点強度 f _{py} (N/mm ²)	1819	
許容引張応力度 (N/mm ²)	導入中	1440
	導入直後	1295
	設計荷重時	1110
断面積 A _p (mm ²)	1664.4	
弾性係数 E _p (kN/mm ²)	193.1	

表-2に、試験に用いたコンクリート特性の目標値および、曲げ試験体2体とせん断試験体4体の材齢28日での実測値の平均値を示す。なお、目標値の引張強度とヤング係数は、文献1)に示された推測値である。

また、表-3に試験に用いた鉄筋の特性値を、表-4にPC鋼材の特性値を示す。鉄筋のヤング係数は文献1)による値であり、その他はミルシートによる値である。

3. 曲げ耐力確認試験結果

曲げ耐力確認試験結果を表-5に、試験時のコンクリート特性値を表-6に、載荷試験状況を写真-1に示す。表-6に示す曲げひび割れ強度は、文献1)に示された手法に従い、部材高さおよび引張強度等を用いて推定した値である。曲げ破壊荷重の計算値は、文献1)に示された曲げ破壊耐力の算出

方法に従い、材料係数を1.0として算出した。また、ひび割れ発生荷重は表-6に示す曲げひび割れ強度を用いて算出した。なお、表-5に示すひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重は、試験体および載荷装置自重が作用した状態(載荷荷重換算で28kN)を0kNとした値である。一方、上縁コンクリート最大ひずみは、試験体・載荷装置自重およびプレストレスの影響を含んだ値である。

表-5 曲げ耐力確認試験結果(支間中央断面)

試験体	有効プレストレス(kN)	ひび割れ発生荷重(kN)			曲げ破壊荷重(kN)			上縁コンクリート最大ひずみ(μ)
		実測値	計算値	比	実測値	計算値	比	
B-1	1918	105	106	0.99	273	264	1.03	3648
B-2	1769	106	94	1.13	251	242	1.04	3677

表-6 試験時コンクリート特性値

名称	記号	単位	試験体名	
			B-1	B-2
試験時材齢	t	日	98	86
圧縮強度	fck	N/mm ²	130.0	124.2
引張強度	ftk	N/mm ²	4.83	6.30
曲げひび割れ強度	fbck	N/mm ²	3.78	4.71
ヤング係数	Ec	kN/mm ²	45.4	46.0



写真-1 曲げ載荷試験状況

曲げ耐力確認試験結果(表-5)より、曲げ破壊荷重において実測値と計算値はよく一致しており、文献1)に示された曲げ破壊耐力の算出方法を適用可能であることが確認された。ひび割れ発生荷重においては、プレテン部材であるB-2では実測値は計算値より大きな値を示したが、ポステン部材であるB-1ではやや小さな値を示した。これは、プレキャストセグメント桁であるB-1では、RC構造として運搬時の荷重に耐えるために下縁側に配置された3本のD16鉄筋により、コンクリートの自己収縮ひずみが拘束された結果、下縁側コンクリートに引張応力が生じるためと考えられる。この引張応力の規模は、材料試験結果より約0.25N/mm²と推定され、これは載荷荷重では0.8kNに相当する。

図-3に、支間中央の荷重-変位関係を示す。図中の弾性たわみ計算値は、コンクリートの実ヤング係数(表-6)を用いて算出した単純梁のたわみ値である。また、図-3(b)のPyは、最下段PC鋼材のひずみ計測値が、一次降伏ひずみに達したときの荷重である。図-3より、荷重0kNからひび割れ発生荷重(Pcr)後までの弾性領域とみなせる範囲では、弾性たわみ計算値と実測変位はよく一致しており、今回のコンクリートを用いたPC桁のたわみ量は、従来と同様に算出可能であることが確認された。

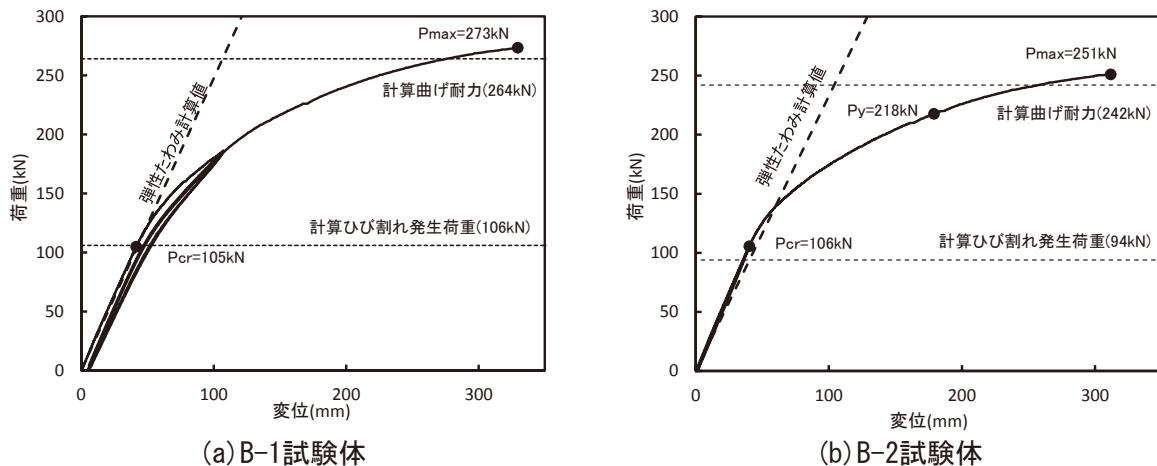


図-3 支間中央の荷重-変位関係(曲げ耐力確認試験)

4. せん断耐力確認試験結果

表-7 にせん断耐力確認試験結果を、図-4 に支間中央の荷重-変位関係を、写真-2 に載荷試験状況を示す。表-7 に示すせん断破壊荷重の計算値は、文献3) に示すせん断耐力算出方法に従い、材料係数および部材係数を1.0として、載荷試験時のコンクリート特性値を用いて算出した値である。また、図-4 に示すPmaxは最大荷重であり、Pcrは斜引張ひび割れ発生荷重である。

表-7 せん断耐力確認試験結果

名称	種別	腹鉄筋	曲げひび割れ発生荷重 (kN)	斜引張ひび割れ発生荷重 (kN)	せん断破壊荷重 (kN)			上縁コンクリート最大ひずみ (μ)	破壊形態
					実測値	計算値	比率		
S-1	RC	無	—	—	185	120	1.54	756	斜め引張破壊
S-2	RC	D10 etc 125	—	140	535	462	1.16	2811	せん断圧縮破壊
S-3	PC	無	90	225	543	270	2.01	3732	せん断圧縮破壊
S-4	PC	D10 etc 125	90	210	600	440	1.36	3285	せん断圧縮破壊

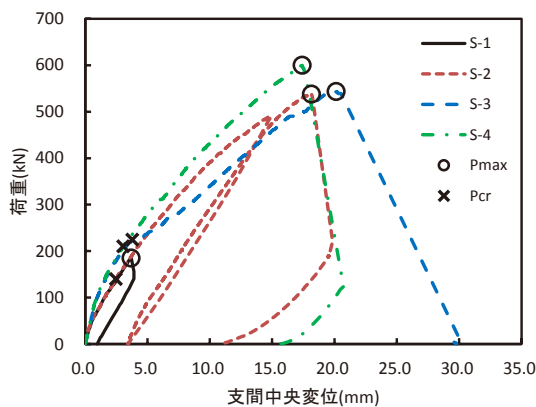


図-4 支間中央の荷重-変位関係(せん断耐力)



写真-2 せん断載荷試験状況

RC構造で腹鉄筋が配置されないS-1は、斜引張ひび割れが生じると同時にせん断耐荷力を失う斜め引張破壊を示した。その他の試験体については、斜引張ひび割れが生じた後もせん断耐荷力を保持し続け、最終的にせん断圧縮破壊を示した。これは、せん断圧縮破壊を示した試験体(S-2~S-4)での破壊時の上縁コンクリート最大ひずみが約3000μに達していることから確認できる。

表-7 より、全ての試験体において、せん断破壊荷重の実測値は計算値よりも大きな値を示した。このことから、文献3) に示すせん断耐力算出方法により、本コンクリートを用いたはり部材のせん断耐力を安全側で評価できることが確認された。

6. まとめ

本試験により、この設計基準強度100N/mm²の高強度コンクリートの低桁高PC橋への採用に関して、曲げ耐力の評価は文献1)に、せん断耐力の評価は文献3)により、適切に評価できることが確認された。その結果、この高強度コンクリートを使用した低桁高PC橋の実用化に向けて、大きく前進したと判断できる。

参考文献

- 1) 高強度コンクリートを用いた PC 建造物の設計施工規準, (社)プレストレストコンクリート技術協会, 2008年10月
- 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編, III コンクリート橋編, (社)日本道路協会, 2012年3月
- 3) 2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編], (公社)土木学会, 2013年3月