

ダックスビーム HC 用の高強度コンクリートの開発

技術本部	技術研究所	椎野碧
技術本部	技術研究所	桜田道博
大阪支店	土木技術部	山村智
大阪支店	土木技術部(九州支店駐在)	古村豊

1. はじめに

我が国では河川改修や都市の再開発事業などに伴い建築限界が厳しい箇所に橋梁を建設しなければならない事例が多く、桁高支間比が 1/30 以下で桁高制限に対応できる低桁高 PC 橋へのニーズが高い。低桁高 PC 橋を実現するには設計基準強度が 100N/mm² 以上の高強度コンクリート(超高強度繊維補強コンクリート、高強度繊維補強モルタル等を含む)を使用し、主桁に大きなプレストレスを導入することが有効であり、当社でも設計基準強度 120N/mm² の高強度繊維補強モルタルを用いた低桁高 PC 橋(ダックスビーム)を既に開発している。一方、ダックスビームに用いる高強度繊維補強モルタルは低熱系のセメントをベースとしており、水和発熱の時期や初期の強度発現が遅いことからダックスビームの工場製作時における蒸気養生の期間(4~5 日)が長くなり、生産性の面で課題があった。そこで、早強ポルトランドセメント(以降、早強セメント)をベースとした高強度コンクリートを使用し、蒸気養生期間の短縮と脱枠時期の早期化により生産性を改善した新たなダックスビーム(以降、ダックスビーム HC)を開発することとした。ダックスビーム HC を開発するにあたり早強セメントベースの高強度コンクリートの配合を決定し、その後、コンクリートの材料特性を把握するため各種強度試験、収縮特性試験および耐久性試験を実施した。また、高強度コンクリートで実際の部材を製作し、1 年間の経過観察を行うことで高強度コンクリートの施工性およびひび割れ抵抗性を確認した。

2. 配合の検討

早強セメントベースの高強度コンクリートの配合を検討するにあたり、低桁高 PC 橋の試設計を実施し、構造性能や生産性などを考慮した上で高強度コンクリートへの要求性能を表-1 のとおり決定した。表-1 の要求性能が得られるよう試し練りを実施し、配合を検討した。試し練りの際の使用材料および配合をそれぞれ、表-2 および表-3 に示す。早強セメント単味では所要の施工性が得られないと考えられたため結合材にはフレッシュ時の粘性を低減できる特殊混和材を使用した。コンクリートの養生方法は表-4 のとおり、結合材水比 B/W と圧縮強度の検討(W/B の検討)の際には封緘養生および簡易断熱養生(JASS5 T-606)とし、その他の検討では蒸気養生を行った。蒸気養生の方法は、温度応力解析により蒸気養生中に部材中心と表面ならびに部材表面と外気の温度差が 20℃以下になるよう決定した。すなわち、蒸気養生時の前置き(20℃)は

表-1 要求性能

設計基準強度(材齢 28 日)	100N/mm ²
スランブフロー	65±5cm
空気量	2.0±1.5%
脱枠時期(蒸気養生期間)	2 日

表-2 使用材料

材 料	記号	仕 様
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント、密度 3.14g/cm ³
混和材	Ad	特殊混和材、密度 2.64g/cm ³
細骨材	S	砕砂、表乾密度 2.60g/cm ³ 、吸水率 1.38%
粗骨材	G	砕石、表乾密度 2.62g/cm ³ 、吸水率 0.60%
混和剤	SP	高性能減水剤、ポリカルボン酸系
	RA	収縮低減剤、低級アルコール系

表-3 配合

配合 No.	W/B (%)	スランブフロー (cm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)					SP/B (%)
				W*	B**		S	G	
1	20	65±5	2.0±1.5	150	600	150	681	838	1.3~1.5
2	23	65±5	2.0±1.5	150	522	130	767	838	1.0~1.2
3	26	65±5	2.0±1.5	150	462	115	829	838	1.0
4	24	65±5	2.0±1.5	150	500	125	790	838	1.5

*W は SP および RA(6kg/m³)を含む、**B は結合材(セメントおよび特殊混和材)を表す。

表-4 コンクリートの養生方法

検討項目	配合 No.	養生方法
W/B の検討	1~3	簡易断熱養生(7 日)* 封緘養生(試験材齢まで)
その他の検討	4	蒸気養生(48 時間)

*以降は試験材齢まで気中保管。

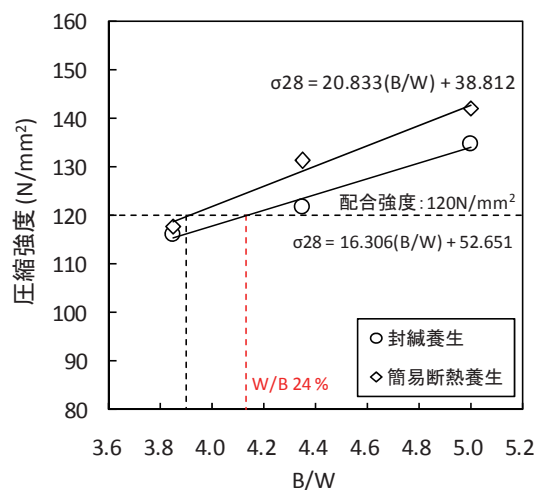


図-1 結合材水比と圧縮強度との関係

9 時間、昇温(15℃/時)は 2 時間、最高温度は 50℃(保持時間 11 時間)、降温は 26 時間、合計で 48 時間とした。以上の条件で試し練りを行った結果、所要の配合強度 120N/mm²(設計基準強度 100N/mm²、変動係数 10%)を満足する水結合材比 W/B は 24%(図-1)となり、要求性能をすべて満足する配合は表-3、No.4 のとおりとなった。以降の、各種強度試験、収縮特性試験および耐久性試験などはすべて No.4 の配合で実施した。

3. 各種強度試験

高強度コンクリートの強度特性を把握するため表-5 に示す各種強度試験を実施した。試験の結果、圧縮強度は蒸気養生直後(材齢 2 日)で 100N/mm² を超え早期に強度が発現すること、蒸気養生期間を 2 日に短縮できること、静弾性係数は式(1)に示す「高強度コンクリートを用いた PC 構造物の設計施工規準(PC 工学会)」のヤング係数算定式で安全側に評価できること、および割裂引張強度は式(2)で算出でき式(3)に示す「コンクリート標準示方書【設計編】(土木学会)」の引張強度算定式に比べ 3%程度低下することが確認された。

$$E_c = 12.5 \cdot f'_c{}^{1/4} \quad \text{式(1)}$$

$$f_t = 0.222 \cdot f'_c{}^{2/3} \quad \text{式(2)}$$

$$f_t = 0.23 \cdot f'_c{}^{2/3} \quad \text{式(3)}$$

ここに、 E_c : 静弾性係数(kN/mm²)、 f'_c : 圧縮強度(N/mm²)、 f_t : 引張強度(N/mm²)

4. 収縮特性

高強度コンクリートの収縮特性を確認するため、クリープ試験(JIS A 1157)および乾燥収縮試験(JIS A 1129)を実施した。試験の結果、通常の PC 構造物で使用される設計基準強度 50N/mm² の早強コンクリート(以降、H 単味)に比べ、クリープ係数は 50%~60%程度(図-2 参照)、乾燥収縮ひずみは 40%程度となることが確認された。

5. 耐久性

高強度コンクリートの耐久性を把握するため、促進中性化試験(JIS A 1153)および凍結融解抵抗性試験(JIS A 1148 : A 法)を行った。その結果、高強度コンクリートの促進中性化深さ(促進期間 182 日)は 0mm、相対動弾性係数 95%以上となり、高強度コンクリートは中性化および凍結融解に対して十分な耐久性を有していることが確認された。

6. 実部材製作試験

高強度コンクリートの施工性およびひび割れ抵抗性を確認するため、実際のプレキャスト桁橋の端部セグメントをモデル化した部材を製作し、1 年間の経過観察を行った。その結果、部材製作時の高強度コンクリートの施工性に問題はなく、脱枠直後の部材に充填不良やひび割れなどの不具合は認められなかった(写真-1)。また、製作した部材を 1 年間経過観察した。結果、長期的なひび割れも発生せず、十分なひび割れ抵抗性を有することが確認された。

表-5 試験方法

試験項目	試験方法
①圧縮強度	JIS A 1108に準拠、供試体:φ100mm×200mm, 材齢2日(蒸気養生直後),14日,28日
②静弾性係数	JIS A 1149に準拠、圧縮強度試験時に測定
③引張強度	JIS A 1113に準拠、供試体:φ100mm×200mm, 材齢2日(蒸気養生直後),14日,28日

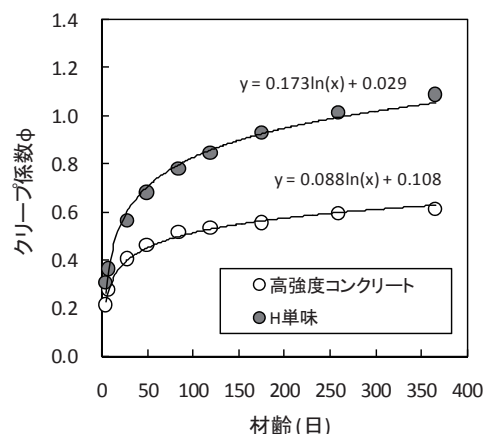


図-2 クリープ試験の結果



写真-1 脱枠後の状況

7. まとめ

当社の低桁高 PC 橋(ダックスビーム)の生産性を向上させるため、早強セメントをベースとした高強度コンクリートを開発し、強度特性、収縮特性および耐久性を検討した。また、実際の部材を製作し、1 年間の経過観察を行った。その結果、高強度コンクリートの強度特性、収縮特性、耐久性、施工性およびひび割れ抵抗性には問題はなく、早強セメントをベースとしたダックスビーム HC の実用化は十分可能であることが確認された。

Key Words: 高強度コンクリート、早強セメント、特殊混和材、収縮特性、耐久性



椎野 碧



桜田 道博



山村 智



古村 豊