

フライアッシュを使用したコンクリートの PCaPC 床版への適用検討

技術本部	技術研究所	中瀬博一
技術本部	技術研究所	椎野碧
技術本部	技術研究所	鈴木雅博
技術本部	技術研究所	小島利広

1. はじめに

高度経済成長期に整備された橋梁の床版の劣化は深刻化しており、劣化した鉄筋コンクリート製の床版をプレストレストコンクリート（以降、PC）製のプレキャスト PC 床版（以降、PCaPC 床版）への取り替え工事が注目されてきている。また、維持更新工事ではライフサイクルコストが重要視され、生産性の向上に加え構造物の長寿命化が求められてきている。一方、石炭火力発電所などから副産されるフライアッシュ（以降、FA）は、コンクリートの混和材として用いることで長期強度の増進や ASR の抑制などの効果に加えて環境負荷低減にも寄与できる。このため、強度発現や耐久性などの基礎物性を確認したのち、PCaPC 床版の製造実験を実施し、FA の PCaPC 床版への適用性を検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1 に示す。フライアッシュは関東圏で入手可能な JIS II 種相当の分級フライアッシュを用い、その他はプレキャスト製品工場の常用品を使用した。

コンクリートの仕様および配合を表-2 に示す。HC-36 は設計基準強度は 50N/mm² の PCaPC 床版に用いている早強セメント単味の実績配合である。また、FA-36、FA-33 および FA-30 は、結合材質量の 15% を FA で置換したフライアッシュコンクリートであり、FA-PCa はこれら 3 配合の圧縮強度発現の関係性から算出した PCaPC 床版部材用の実施配合である。

2.2 練混ぜおよび養生方法

練り混ぜは表-2 における No.1~4 配合では、試験室内にて小型ミキサを用い、No.5 配合はプレキャスト製品工場の実機ミキサで行った。また、いずれの配合も最高温度 50℃ で常圧の蒸気養生を行い、翌日（打設後 16 時間）に脱枠とした。

2.3 試験方法

試験項目および試験方法を表-3 に示す。ただし、各種試験は表-3 に示す試験方法に準拠したが、乾燥収縮についてはプレキャスト部材の製造サイクルに合わせて脱枠直後を基長とした。また、耐久性試験については本件で扱う配合で最も W/B が大きく耐久性が低いと考えられる FA-36 について実施した。

2.4 PCaPC 床版部材製造実験

室内試験において PCaPC 床版部材に用いる配合（表-2 FA-PCa 配合参照）を決定し、実大の PCaPC 床版部材の製造実験を実施した。図-1 に PCaPC 床版試験体の形状および寸法

表-1 使用材料

項目	種類	仕様	記号
セメント	早強セメント	密度 3.14g/cm ³ , 比表面積 4570cm ² /g	HC
混和材	フライアッシュ	密度 2.34g/cm ³ , 比表面積 4100~4720cm ² /g	FA
細骨材	陸砂	表乾密度:2.53g/cm ³ , 吸水率:2.60%	S1
	砕砂	表乾密度 2.56g/cm ³ , 吸水率 1.05%	S2
粗骨材	砕石	表乾密度:2.61g/cm ³ , 吸水率:0.98%	G
混和剤	高性能減水剤	ポリカルボン酸系	SP
	AE 剤	アルキルエーテル	AE

表-2 コンクリートの仕様および配合

No.	配合名	Fc (N/mm ²)	スランブ (cm)	Air (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)					
						W	HC	FA	S1	S2	G
1	HC-36	50	12	4.5	35.9	157	438	—	334	338	1031
2	FA-36	—	12	4.5	35.9	149	353	62	339	343	1049
3	FA-33	—	12	4.5	33.0	149	384	68	323	326	1049
4	FA-30	—	12	4.5	30.0	149	422	75	304	307	1049
5	FA-PCa	50	18	4.5	32.7	149	388	69	320	324	1049

※ Fc: 設計基準強度（材齢 28 日），B: 結合材（HC+FA）

表-3 試験項目および試験方法

種別	試験項目、 検討事項	試験対象コンクリート(表-2 参照)					試験方法
		HC-36	FA-36	FA-33	FA-30	FA-PCa	
基礎物性 確認試験	圧縮強度	○	○	○	○	○	JIS A1108
	乾燥収縮	—	○	—	—	—	JIS A1129
	凍結融解	—	○	—	—	—	JIS A1148
	促進中性化	—	○	—	—	—	JIS A1153
	塩分浸透	○	○	—	—	—	JSCE-G572
施工性試験 (部材製造)	仕上げ、充填性、 ひび割れ発生	—	—	—	—	○	目視観察

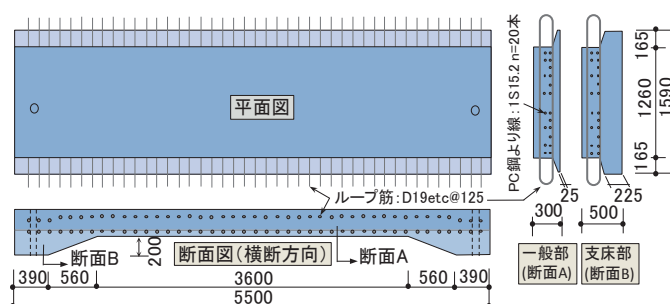


図-1 PCaPC 床版試験体の形状および寸法

を示す。製造実験は PCa 製品工場における PCaPC 床版の製造要領に準じて行った。

3. 実験結果

3.1 基礎物性確認試験

(1) フレッシュ性状

フレッシュコンクリートはいずれの配合でも目標値を満足した。ただし、スランブの経時変化が大きい傾向が認められた。

ため、部材製造実験ではコンクリート打設時にスランプ 12±2.5cm となるよう練上り時のスランプ目標値を 18cm とした。

(2) 圧縮強度

結合材水比 (B/W) と圧縮強度の関係を図-2 に示す。打設から 16 時間後の脱枠時 (プレストレス導入時) の所要強度 35N/mm² および、材齢 28 日における設計基準強度 50N/mm² に対し、変動係数を 8% とした場合にコンクリートの配合強度は脱枠時で 40.6N/mm²、材齢 28 日で 58N/mm² となる。実験より得られた B/W と圧縮強度の関係式からこれら両方の値を満足する水結合材比 (W/B) を算出した結果、W/B は 32.7% となり、この W/B を採用して部材製造の実施配合を決定した。

(3) 乾燥収縮

乾燥収縮試験結果を図-3 に示す。FA-36 の材齢 26 週における乾燥収縮率は、600×10⁻⁶ 程度であり、評価の参考値としてあげられる「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2018」における計画供用期間の級が長期・超長期相当となる 800×10⁻⁶ 以下を十分に満足した。

(4) 凍結融解

凍結融解試験結果を図-4 に示す。300 サイクル後の相対動弾性係数は 100% 以上であり、フライアッシュコンクリートは十分な耐凍害性を有していることが確認された。

(5) 促進中性化

促進中性化試験結果を図-5 に示す。6 ヶ月間の促進養生の結果、中性化深さは約 4.5mm であり、「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説、1991.7、日本建築学会」に準じて一般環境における 100 年後の中性化深さを算定した結果 5mm 程度となった。かぶりを 35mm と仮定すると中性化残りは 30mm となり、十分な鋼材腐食抵抗性が確認された。

(6) 塩分浸透

塩水に 6 ヶ月間浸漬後に測定した塩化物イオン拡散係数を表-4 に示す。フライアッシュコンクリートである FA-36 は、早強セメント単味の HC-36 と同一の W/B であるが、塩分拡散係数は半分以下であり、フライアッシュを用いることで塩分浸透抵抗性が向上することが確認された。

3.2 PCaPC 部材製造実験

実機ミキサで PCaPC 床版用配合である FA-PCa の練混ぜを行った結果、基準値を満足する良好なフレッシュ性状を有していた。また、フライアッシュコンクリートは初期強度発現が緩慢となる懸念があったが、図-6 に示すように良好な強度発現を示し、所要の脱枠時 (プレストレス導入時) 強度および強度保証材齢における設計基準強度を満足し、プレテンション部材にも適用可能であることが確認された。

部材の製造状況および脱枠後の外観をそれぞれ写真-1 および写真-2 に示す。フライアッシュコンクリートは PCaPC 床版への打設に十分な施工性を有し、通常の施工方法で打設可能であった。また、打込み面の表面仕上げも問題なかった。さらに、屋外に約半年暴露し観察した結果、部材に問題となる劣化やひび割れ等は認められず、高品質な PCaPC 床版の製造が可能であることが確認された。

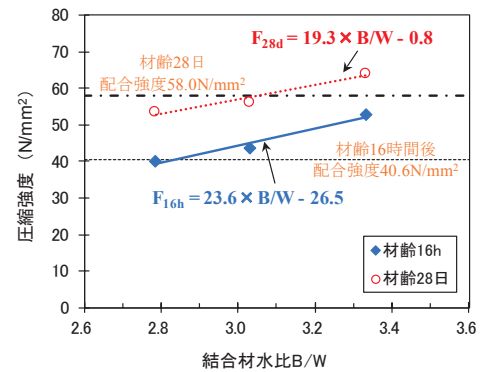


図-2 圧縮強度試験結果 (B/W と圧縮強度の関係)

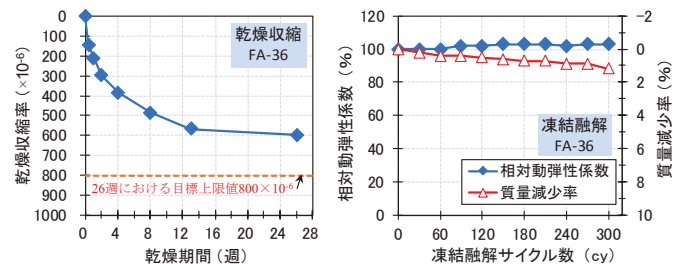


図-3 乾燥収縮試験結果

図-4 凍結融解試験結果

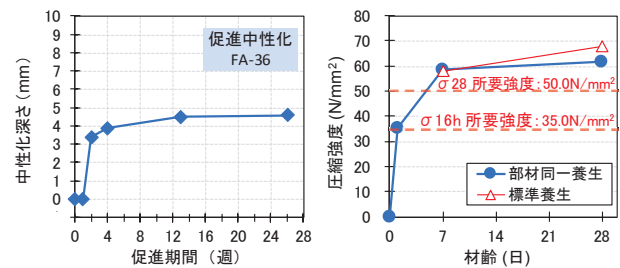


図-5 促進中性化試験結果

図-6 FA-PCa 配合の強度発現

表-4 塩化物イオン拡散係数

配合	FA-36 (FA 使用)	HC-36 (HC 単味)
塩化物イオン拡散係数 (cm²/年)	0.609	1.47

4. まとめ

基礎物性の確認および部材製造実験の結果、フライアッシュコンクリートの PCaPC 床版への適用が可能であり、高品質で高耐久な PCaPC 床版が製造可能であることが確認された。

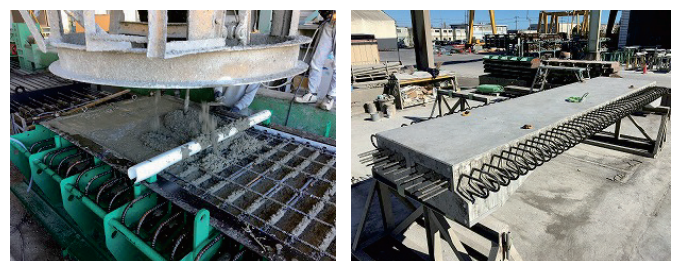
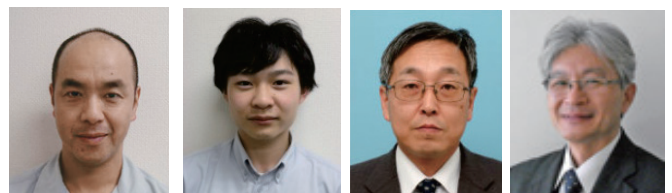


写真-1 コンクリート打設状況

写真-2 PCaPC 床版の外観

Key Words: フライアッシュ、プレキャストPC床版



中瀬博一

椎野碧

鈴木雅博

小島利広