

改質フライアッシュを用いた舗装コンクリートの曲げ強度および乾燥収縮ひび割れ特性

太平洋セメント株式会社 正会員 ○石田 征男 高木 亮一 梶尾 聡
大分大学 三島 剛

1. はじめに

コンクリート舗装は、耐久性が高く、環境負荷の軽減に高い効果を有しており、適材適所での活用が推進されている。今後、コンクリート舗装の利用を拡大し、社会的価値を向上するには、これらの長所をさらに高めることが有効と考える。

近年、フライアッシュの強熱減量を1%未満に低減した改質フライアッシュ(Carbon-free Fly Ash, 以下 CfFA)が開発され、実用化に向けた検討が進められている¹⁾。本研究では、コンクリート舗装の長所を高める目的で、CfFAを用いた舗装コンクリートの曲げ強度および乾燥収縮ひび割れ特性について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表1に示す。本研究では、強熱減量が1%未満であり、品質がJIS A 6201のⅡ種に適合するCfFAを使用した。

コンクリートの配合およびフレッシュ性状を表2に示す。基準コンクリート(記号:42-0)の水セメント比は、コンクリート舗装の標準的な設計基準曲げ強度(4.5N/mm²)に割増係数1.15を乗じた値(≒5.2N/mm²)が得られるように選定した。CfFAを用いた水準では、材齢28日におけるCfFAのセメント有効係数(以下有効係数)を0.35および0.70として配合(記号:45-75, 49-75)を決定した。また、目標スランプは6.5±1.0cm, 目標空気量は4.5±1.0%とし、単位水量および空気量調整剤量を調整した。

試験項目および方法を表3に示す。本研究では、力学性状として曲げ強度試験を実施した。また、拘束ひび割れ試験の基礎物性を把握する目的で、材齢7日において直接引張強度試験を実施した。拘束ひび割れ試験および乾燥収縮ひずみの測定は、材齢7日まで湿布養生した供試体を用いて、恒温恒湿室(温度20±1℃, 湿度60±5% R.H.)内で行った。直接引張強度試験および拘束ひび割れ試験は、既往の研究²⁾を参考に拘束率制御型試験機を用いて行った。拘束ひび割れ試験は、JIS A 1151に準じる形状の供試体を用いて行い、供試体数は各水準2体と

した。拘束供試体の拘束率制御は、供試体の自由収縮ひずみに基づいて行った。本研究では、拘束供試体の収縮ひずみが自由収縮ひずみの40%(拘束率60%)となるように制御した。

3. 実験結果

3. 1 曲げ強度試験

曲げ強度試験結果を図1に示す。本検討では、すべての配合において材齢28日の曲げ強度が目標値(5.2N/mm²)を満足した。CfFAを用いたコンクリート

表1 使用材料

種類	概要
水	上水道水(記号:W)
セメント	普通ポルトランドセメント(記号:C, 密度:3.16g/cm ³)
混和材料	改質フライアッシュⅡ種 (密度:2.19g/cm ³ , ig.loss:0.70%, 比表面積4460cm ² /g)
細骨材	大分県大分市産山砂(記号:S, 表乾密度:2.60g/cm ³)
粗骨材	大分県大分市産硬質砂岩砕石2005 (記号:G, 表乾密度:2.64g/cm ³ , 実積率:58.9%)
化学 混和剤	AE減水剤標準型(Ⅰ種)高機能タイプ(記号:Ad) 空気量調整剤(記号:AE)

表2 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

記号	W/C (%)	粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)					Ad (P×%)	AE (P×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
			W	C	CfFA	S	G					
42-0	42.0	0.75	150	357	0	651	1166	1.0	0.004	5.7	4.9	15.0
45-75	45.2	0.75	155	343	75	559	1166	1.0	0.006	6.1	4.9	17.0
49-75	49.1	0.75	152	310	75	595	1166	1.0	0.006	6.7	4.5	16.5

表3 試験項目および方法

項目	方法
曲げ強度	JIS A 1106に準拠。材齢:3, 7, 28, 91日
直接引張強度	拘束率制御型試験機により実施。材齢:7日 供試体:100×100×600mm
乾燥収縮ひずみ	JIS A 1129-2および附属書A(参考)に準拠
拘束ひび割れ	拘束率制御型試験機により実施。拘束率:60% 供試体:JIS A 1151に準じる形状

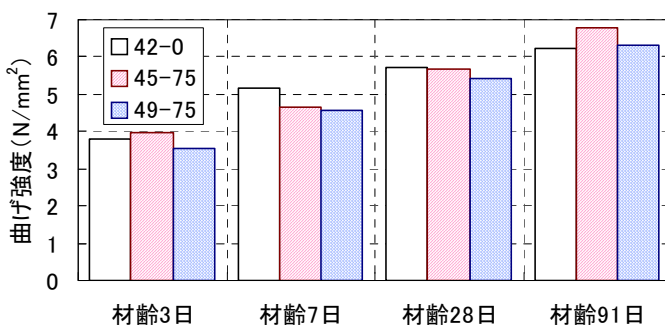


図1 曲げ強度試験結果

キーワード: コンクリート舗装, 改質フライアッシュ, セメント有効係数, 曲げ強度, 乾燥収縮, 乾燥収縮ひび割れ
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL: 043-498-3855

の曲げ強度は、材齢7日では基準コンクリートよりも低く、材齢28日では有効係数を0.35とした45-75が基準コンクリートと同等であった。また、材齢91日では、有効係数を0.70とした49-75が基準コンクリートと同等であり、45-75は基準コンクリートよりも高い値であった。これらの結果より、舗装コンクリートの曲げ強度に対するCfFAの有効係数は、材齢の進行にともなって大きくなり、材齢28日では0.35程度、材齢91日では0.70程度であると考えられる。

3. 2 乾燥収縮試験

乾燥収縮ひずみを図2に、質量減少率を図3にそれぞれ示す。乾燥収縮ひずみは、CfFA混入の有無に関わらず、すべての水準で同等であった。一方、質量減少率は、CfFAを混入した場合のほうが基準コンクリートよりも大きく、その傾向は水セメント比が高いほど顕著であった。また、質量減少率の差は、試験開始後初期の段階で生じていることを確認した。CfFAを使用した水準は、基準コンクリートよりも水セメント比が高いため、自由水量が多く、初期材齢の段階では硬化体の組織構造が比較的粗な状態であると考えられる。上記の結果はこれらのことが影響して生じたものと推察する。

3. 3 拘束ひび割れ試験

拘束ひび割れ試験結果として、ひび割れ発生時の測定結果を表4に、拘束応力の経時変化を図4にそれぞれ示す。なお、基準コンクリートについては、試験中に供試体1体の不具合が確認されたため測定を中止した。CfFAを用いた場合は、基準コンクリートと比較して、ひび割れ発生までの期間がやや長く、ひび割れ発生時の拘束引張ひずみがやや大きくなった。CfFA使用時の拘束応力は、試験期間5日程度までの上昇速度が基準コンクリートの場合よりも緩やかであり、ひび割れ発生時は基準コンクリートと同等かやや低かった。また、試験開始時(材齢7日)における直接引張強度は、CfFAを用いた場合のほうが基準コンクリートよりも低い値となった。

以上のように、本研究では、CfFA使用の有無によって乾燥収縮ひび割れ特性が若干異なる結果となった。この原因としては、試験時の力学特性の差が影響していると推察する。すなわち、CfFAを用いた水準では、CfFAの有効係数を考慮して配合を決定したため、基準コンクリートよりも水セメント比が高い値となり、初期材齢における強度が基準コンクリートよりも低くなったことが影響していると考えられる。

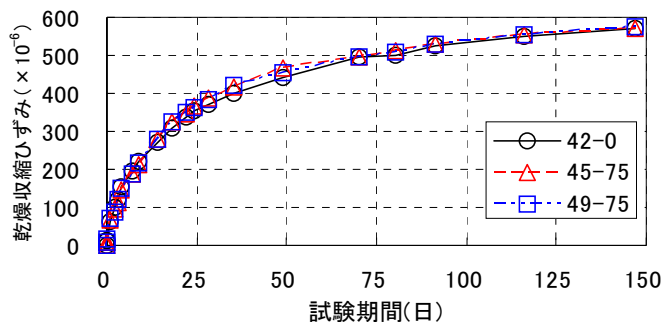


図2 乾燥収縮ひずみ

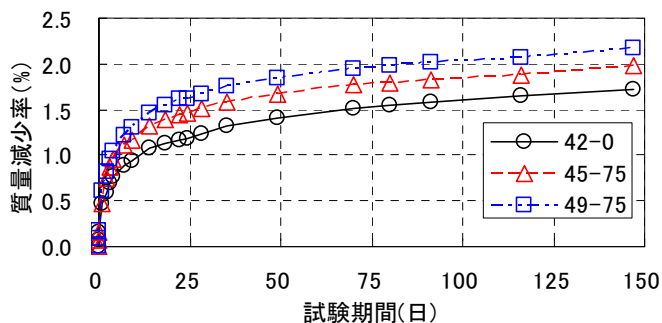


図3 質量減少率

表4 ひび割れ発生時の測定結果

記号	ひび割れ発生期間(日)	自由収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)	拘束コンクリートの収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)	拘束引張ひずみ($\times 10^{-6}$)	拘束応力(N/mm^2)	直接引張強度(N/mm)
42-0	9.67	212	85	126	1.68	3.04
	—	—	—	—	—	
45-75	15.14	250	101	149	1.51	2.60
	12.76	236	95	141	1.52	
49-75	10.32	234	92	142	1.59	2.57
	19.14	318	127	191	1.87	

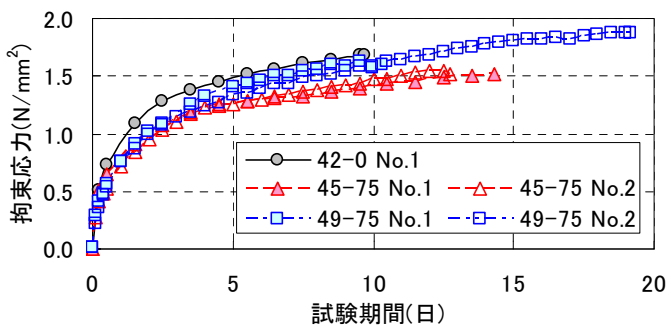


図4 拘束応力の経時変化

4. まとめ

CfFAを用いた舗装コンクリートの曲げ強度について検討し、CfFAのセメント有効係数を明らかにした。また、舗装コンクリートの乾燥収縮ひび割れ特性は、CfFA使用の有無によって若干異なり、ひび割れ発生までの期間がやや長く、ひび割れ発生時の拘束引張ひずみがやや大きくなることが分かった。

参考文献

- 1) 佐藤嘉昭：高品質フライアッシュ(CfFA)の可能性を探る-コンクリート構造物の長寿命化に向けて-、セメント・コンクリート、Vol.777, Nov, pp.2-12, 2011
- 2) 濱永ほか：ひずみ制御機能を備えた収縮ひび割れ試験装置の開発、コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.519-524, 2004