ひずみ硬化型高靭性セメント複合材料の配合と力学性状

岐阜大学 学生会員 ○葛谷武司,谷口俊哉 岐阜大学 正会員 国枝稔,鎌田敏郎,六郷恵哲

1. はじめに

引張応力下において、ひずみの増加に伴って応力が増加するひずみ硬化挙動や、微細ひび割れが分散して発生するマル チプルクラック挙動を示すひずみ硬化型高靭性セメント複合材料の一つに ECC (Engineered Cementitious Composites) が ある¹⁾.本研究では、増粘剤やフライアッシュ、あるいは高炉セメントの使用がまだ固まらない状態における性状や硬化 時の力学性状へ及ぼす影響について検討を行った.

2. 実験概要

既往の研究²⁾で使用してきた標準配合①に加え,増粘 剤の添加量を変えた配合②~④,フライアッシュの添加 量を変えた配合⑤~⑦,高炉セメントを使用した配合⑧, ⑨について,検討を行った.

線混ぜはホバート型ミキサを用いて 5 リットルずつ行った.ワーカビリティの評価として,モルタルフロー試験を行った.ファーバーボールの発生性状については, 手探りと目視により調べた.**表 -1**に配合と練り混ぜ結果 を示す.梁供試体(寸法:50 mm×100 mm×350 mm)の 曲げ載荷試験を行い,力学性状の評価を行った.

X − 1し口 X ⊂ 林 7/比 ⊂ 和木	表 -	1	配合表と練り混ぜ結果
--------------------------	-----	---	------------

ᇒᅀ	W/B*1		単位量(kg/m³)						フロー値		ファーバー
	%	w	C*2	FA*3	S*4	V*5	F*6	%	Α	В	ボール数
1	30	342	1264	-	395	0.9	14.6	3	150	146	0
2	30	342	1264	-	395	0	14.6	3	167	158	4
3	30	342	1264	-	395	0.4	14.6	3	160	163	7
4	30	342	1264	-	395	0.7	14.6	3	161	152	0
5	30	334	1110	123	385	0.9	14.2	3	144	140	1
6	30	326	964	240	376	0.9	13.9	3	159	147	0
\bigcirc	30	318	825	352	368	0.8	13.6	3	165	153	0
8	30	342	1264		395	0.9	14.6	3	171	162	0
9	30	318	824	352	368	0.8	13.6	3	157	151	0

*1:結合材, *2:配合①~⑦は早強ポルトランドセメント,⑧,⑨は高炉 セメントを使用, *3分級フライアッシュ, *4:7号珪砂, *5:増粘剤, * 6:ポリエチレン繊維(体積混入量1.5%), *7:高性能 AE 減水剤(結合材 の質量比)

結果および考察

3.1 打設時の施工性の改良

(1) 増粘剤の影響

増粘剤を全く添加しない配合②および 0.4kg/m³添加した配合③では、標準配合①に比べ、粘性が小さくなりフロー値が 大きくなった.しかしながら、ファイバーボールが発生するなど繊維の分散性の低下がみられ、材料分離によるブリーデ ィング水の発生もみられた.一方、増粘剤を 0.7kg/m³添加した配合④では、標準配合①に比べ、フロー値が若干大きくな り、ファイバーボールの発生も確認されなかった.本研究の範囲では、増粘剤は 0.7~0.9 kg/m³程度は必要と考えられる.

(2) フライアッシュの影響

フライアッシュ添加量を内割で 20%とした配合⑥および 30%とした配合⑦では、標準配合①と比べ、フロー値が大き くなった.配合⑦においては、ファイバーボールの発生も確認されず、繊維の分散性が良くなった.本研究の範囲では、 フライアッシュは 30%程度混入するのが良いと考えられる.

(3) 高炉セメント使用による影響

既往の研究で用いていた早強ポルトランドセメントを高炉セメントに置換した配合⑧では、フロー値が少し大きくなり、ファイバーボールも確認されなかった.一方、フライアッシュを30%添加した配合⑨では、粘性が高くなった.これは、単位セメント量が低下したためだと考えられ、この場合、高性能 AE 減水剤を増やすか種類を変える必要があると考えられる.

3.2 荷重 - 変位曲線およびひび割れ発生状況

(1) 増粘剤の影響

増粘剤を添加した配合で作製した供試体の荷重 - 変位曲線を図-1 に示す.増 粘剤を添加しない配合②の供試体は標準配合①と比べ,荷重が若干小さくなった. 増粘剤を添加した配合③および配合④では,増粘剤の添加量の違いによる影響は



キーワード: ECC, ファイバーボール, 増粘剤, フライアッシュ, 高炉セメント 連 絡 先:〒501‐1193 岐阜市柳戸1‐1 岐阜大学工学部土木工学科 TEL/FAX 058‐293‐2469



配合① (0.9 kg/m³添加) (a)

写真 - 1 各増粘剤添加量における発生ひび割れ写真

ほとんどみられなかった.全ての供試体において、微細ひび割れが発生した ものの、添加の無い配合②では、その発生量が少なかった(写真 - 1 参照).

フライアッシュの影響 (2)

フライアッシュを添加した配合で作製した供試体の荷重 - 変位曲線を図 -2に示す. 添加量を20%とした配合⑥および配合30%とした配合⑦では, 添加量の増加に伴い、変位の著しい増加がみられた.また、配合⑥では、標 準配合①と比べ、荷重の増加もみられた. ひび割れ発生状況では、配合⑥お よび配合⑦には、複数の微細ひび割れが分散して発生した、特に配合⑦には、 標準配合①と比較して,ひび割れが広範囲に分散して発生していることが確 認できた.

(3) 高炉セメント使用による影響

高炉セメントを使用した配合で作製した供試体の荷重 - 変位曲線を図-3 に示す. 早強ポルトランドセメントに代えて高炉セメントを用いた配合⑧は, 標準配合①と同程度の荷重 - 変位曲線を示した. 一方, 高炉セメントにフラ イアッシュを 30%添加した配合⑨は、早強ポルトランドセメントにフライ アッシュを 30%添加した配合⑦に比べ,最大荷重およびその時の変位は小 さくなった.

3.3 部材の**靭性の評**価

最大荷重時までの荷重 - 変位曲線下の面積を求め, 各配合で作製した供試 体の靭性の定量的な評価を行った.その結果を図-4に示す.基準配合①と 比較し、その値が特に増大したのは、フライアッシュを 30%添加した配合 ⑦であった.この配合では、流動性も高く、ファイバーボールも確認もされ ず、マルチプルクラックが顕著に現れていた.一方、著しく低かった配合② および⑤供試体は流動性が悪く、ひずみ硬化領域が小さく、マルチプルクラ ックがほとんど発生していなかった.以上のことより、最大荷重が同程度の 場合,荷重 - 変位曲線から,最大荷重時の変位までの面積を指標として,ECC のエネルギ吸収性能を相対的に評価できると考える.また, ECC のエネル ギ吸収能は、まだ固まらない状態における流動性および繊維の分散性により 大きく影響を受けるものと考えられる.







図-2 荷重-変位曲腺(フライアッシュ添加)



図-3 荷重-変位曲線(高炉セメント使用)



4. まとめ

ひずみ硬化特性とマルチプルクラック特性を確保するには、まだ固まらない状態において、ファイバーボールを生じさ せない配合とすることが重要であり、このためには、適量の増粘剤およびフライアッシュを用いることが有効であること を明らかにした.供試体の曲げ破壊時の性能を簡便に評価するには、最大荷重時までの荷重 - 変位曲線下の面積が指標と して有効であることを示した.

(参考文献)

- (社)日本コンクリート工学協会:高靭性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書、2002.1 1)
- 2) 鎌田敏郎, 谷口俊哉, Victor Li, 六郷恵哲:高靭性短繊維補強セメント系複合材料を用いて補修したコンクリート部材 の挙動, Cement Science and Concrete Technology, No. 54, pp. 462-467, 2000