

繊維補強中流動コンクリートの曲げ靱性特性に関する一考察

戸田建設株式会社 正会員 ○土師 康一
 戸田建設株式会社 正会員 新谷 岳
 戸田建設株式会社 正会員 田中 徹

1. はじめに

近年、建設工事の生産性向上や品質向上を目的とした、トンネル覆工への中流動コンクリートの採用事例が増加している¹⁾。なかでも、不良地山区間の剥落防止を目的とした繊維補強中流動覆工コンクリートでは、使用を標準化している NEXCO 各社の規定²⁾ (以下、NEXCO 基準)により、曲げ靱性試験(JSCE-G 552-2007)を品質管理試験として採用している。しかし、使用材料や繊維の種類によっては、材料自体が規格を満足するものであっても、曲げ靱性試験の規定を満足しない配合があることが施工実績の増加により明らかになった。そこで本稿では、繊維補強中流動コンクリートの曲げ靱性特性に着目し、材料の種類や使用量に起因する試験結果の差について、室内試験により確認し考察を行った。

2. 試験配合および使用材料

表-1 に使用材料、表-2 に試験配合ならびに基礎試験結果について示す。試験配合は、川(玉)砂利・川砂を主体とする天然骨材配合と、比較として砂岩碎石・砕砂を主体とする人工骨材配合を、表に示すように、単位セメント量、繊維混入量、繊維の種類をパラメータとして、曲げ靱性特性について比較を行った。また、基礎性状としては、NEXCO 基準に準拠し、高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)を用いて、単位水量一定条件($W=175(\text{kg}/\text{m}^3)$)で、所要の性状(スランプフロー: 35~50cm, 空気量: 4.5%±1.5%)に調整した。



写真-1 曲げ靱性試験状況

表-1 使用材料

種類	記号	産地、物性等
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$)【三社等量混合】
細骨材	S1	信濃川水系川砂(表乾密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$)
	S2	阿賀野川水系川砂(表乾密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$)
	S3	掛川産砕砂(表乾密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$)
粗骨材	G1	阿賀野川水系川砂利(表乾密度: $2.63\text{g}/\text{cm}^3$)
	G2	青梅産硬質砂岩碎石(表乾密度: $2.64\text{g}/\text{cm}^3$)
混和剤	SP	高性能AE減水剤・増粘剤一液タイプ
繊維	Fb1	ポリプロピレン短繊維(PP-3種-A)
	Fb2	ポリプロピレン短繊維(PP-1種-A)

表-2 試験配合ならびに基礎試験結果

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								繊維 (vol%)		混和剤 C × %	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	28日強度 (N/mm ²)
			W	C	S1	S2	S3	G1	G2	Fb1	Fb2					
天然 N340	51.5	50.4	175	340	347	522	－	878	－	0.30	－	1.70	35.5	4.5	41.2	
天然 N370①	47.3	49.5	175	370	337	506	－	881	－	0.30	－	1.50	39.5	4.0	48.4	
天然 N370②	47.3	49.5	175	370	337	506	－	881	－	－	0.30	1.50	43.5	3.7	46.7	
天然 N370③	47.3	49.9	175	370	339	511	－	873	－	0.35	－	1.60	41.0	3.5	47.7	
天然 N400	43.8	48.6	175	400	326	488	－	884	－	0.30	－	1.30	47.0	3.9	52.6	
天然 N430	40.7	47.7	175	430	316	473	－	886	－	0.30	－	1.25	48.5	3.5	59.9	
人工 N340	51.5	50.4	175	340	－	－	870	－	880	0.30	－	1.40	40.0	3.6	49.8	
人工 N370①	47.3	49.5	175	370	－	－	843	－	884	0.30	－	1.40	42.0	4.4	54.7	
人工 N370②	47.3	49.5	175	370	－	－	843	－	884	－	0.30	1.30	45.0	3.7	56.5	
人工 N370③	47.3	49.9	175	370	－	－	850	－	877	0.35	－	1.40	46.5	3.9	53.4	
人工 N400	43.8	48.6	175	400	－	－	816	－	886	0.30	－	1.20	47.0	3.7	61.4	
人工 N430	40.7	47.7	175	430	－	－	790	－	889	0.30	－	1.10	38.5	3.9	66.0	

キーワード 中流動コンクリート, 曲げ靱性, 繊維補強覆工コンクリート, ポリプロピレン短繊維

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株) 本社土木工事技術部 TEL03-3535-1614

3. 試験概要ならびに試験結果

本稿における曲げ靱性試験は、“繊維補強覆工コンクリートの曲げ靱性試験方法”(JSCE-G 552-2007(NEXCO 試験法))に準拠して実施した。試験結果を荷重～たわみ曲線の面積に比例した曲げじん性係数(N/mm^2)により評価し、結果に対する考察を以下に項目ごとに述べる。

3-1. セメント量の違いによる影響

図-1 に繊維混入量一定条件下($0.30(\text{vol}\%)$)における、単位セメント量ごとの曲げじん性係数を示す。図より、人工骨材配合については単位セメント量に関わらず、曲げじん性係数は同程度であるのに対し、天然骨材配合については、単位セメント量の増加に伴い、線形的に曲げじん性係数が大きくなる傾向が確認された。

図-2 に荷重～たわみ曲線のピーク強度に比例する曲げ強度の比較を示す。図に示すように、曲げじん性係数と同様、人工骨材配合では単位セメント量に関わらず、曲げ強度が同程度であるのに対し、天然骨材配合では、単位セメント量に比例して曲げ強度が大きくなる傾向が確認された。また、曲げ強度の値を比較すると天然骨材配合が人工骨材配合よりも大きな強度を示している。このことから、天然骨材配合では曲げじん性係数がひび割れ発生前の強度特性に依存する傾向が人工骨材配合と比較して大きく、また、ひび割れ発生後の曲げ靱性が人工骨材配合より小さいと考える。

3-2. 繊維の種類、混入量による影響

セメント量一定条件下($C=370(\text{kg/m}^3)$)における繊維の種類による曲げじん性係数の比較を図-3 に、繊維混入率による比較を図-4 に示す。図-3 に示すように、材料規格を満足した繊維を使用した場合においても、使用する繊維の差により、ベース配合に関わらず、曲げじん性係数に 13%程度の差が確認された。また、繊維混入量の比較でも、図-4 に示すように、ベース配合に関わらず、混入量を $0.05(\text{vol}\%)$ 増加することで、7%程度曲げじん性係数が大きくなることが確認された。このことから、繊維の種類、繊維混入量はベース配合に関わらず、曲げじん性係数に対しては支配的になるため、配合設定に留意する必要があると考える。

4. まとめ

繊維補強中流動コンクリートの曲げじん性係数を比較した結果、天然骨材配合では、人工骨材配合と比較してひび割れ発生後の靱性が確保しづらいことが確認された。また、ベース配合に関わらず、繊維の種類や繊維混入量が曲げ靱性の確保には支配的であるため、十分に留意する必要がある。

参考文献

- 1) 田中徹・川畑佑樹：トンネル覆工コンクリートの高品質化に関する基礎的実験，土木学会第 64 回年次学術講演会，2009.9
- 2) 東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領(繊維補強覆工コンクリート編)，2015.7

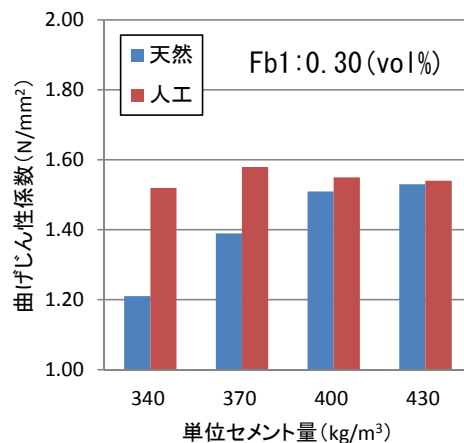


図-1 曲げじん性係数比較(セメント量)

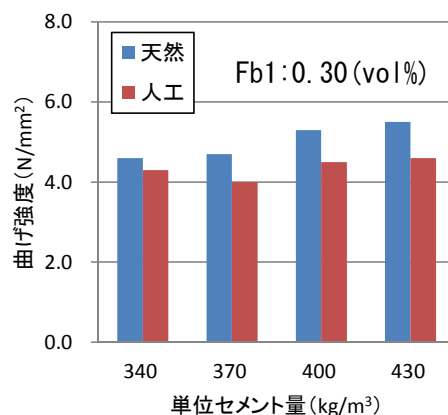


図-2 曲げ強度比較(セメント量)

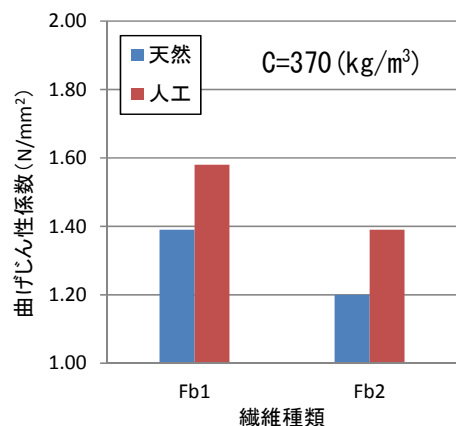


図-3 曲げじん性係数比較(繊維種類)

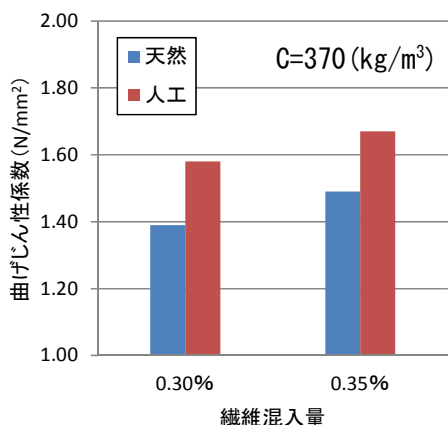


図-4 曲げじん性係数比較(繊維混入量)