

鋼繊維補強コンクリートを用いたトンネル覆工板の開発(2)

- 実物覆工板を用いた単体曲げ試験 -

佐藤工業株式会社 正会員 射場 康平*1

佐藤工業株式会社 正会員 木村 定雄*1

佐栄建工株式会社 正会員 秋田谷 聡*2

佐栄建工株式会社 正会員 津田 達也*2

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリートを用いたトンネル覆工板(以下、SFRC 板と呼ぶ)の実物供試体を作成し、単体曲げ試験を実施した。本報告では、その単体曲げ試験の結果を示すと同時に同時に行った要素試験結果と比較し、SFRC 板の構造性能について考察している。

2. 試験概要

試験に用いた SFRC 板の形状寸法は外径 4100mm、内空弧長 2324mm、厚さ 200mm、幅 1200mm である。鋼繊維は図 1 に示す両端フック型、繊維長 $L_f=60\text{mm}$ であり、鋼繊維混入率 V_f (容積比)を 0.5, 0.75, 1.0%とした平板型供試体を作成した。SFRC の配合は、前報¹⁾のように粉体系高流動コンクリートの配合を基本としており、鋼繊維混入後に流動性、分離抵抗性を確保できるよう細骨材率や混和剤の量を調整している。コンクリート打設の状況およびコンクリート打設前に実施したフレッシュコンクリートの試験結果を図 2、表 1 に示す。

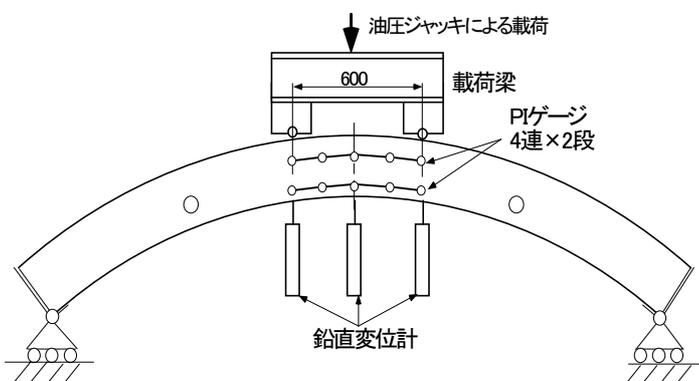
単体曲げ試験は、水平移動、回転が自由な支点で両端を支持した試験供試体の中央に 2 点線荷重を作用させる方法で実施した。単体曲げ試験の概要および計測項目を図 3 に示す。また同一配合で要素試験供試体を作成し、同一材齢で圧縮試験、曲げ試験、引張試験(ベースコンクリートのみの)の各試験を実施した。



図 1 鋼繊維(両端フック型: $L_f=60\text{mm}$)



図 2 コンクリート打設状況



計測項目	位置	数量
荷重		1
鉛直変位	中央, 荷重点, 支点	10
水平変位	支点	4
外面ひずみ	荷重点間外面	3
ひび割れ幅	荷重点間側面	8(4 連 × 2 段)

図 3 単体曲げ試験概要

キーワード：トンネル、覆工板、鋼繊維補強コンクリート、曲げ耐力

連絡先：*1: 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20

Tel:03-5823-2353 Fax:03-5823-2358

*2: 〒374-0131 群馬県邑楽郡板倉町大字大蔵 5 番地

Tel:0276-82-2501 Fax:0276-82-3804

表1 フレッシュコンクリート試験結果

	$V_f=0.5$	$V_f=0.75$	$V_f=1.0$
スランプ	54.0	55.0	26.0
フロー(cm)	(-)	(-)	(16.5)
空気量(%)	2.8	2.6	1.9
温度()	19.5	19.0	19.0

()内 スランプ(cm)

表2 単体曲げ試験結果

		$V_f=0.5$	$V_f=0.75$	$V_f=1.0$	
ひび割れ発生時	縁応力	4.69	4.60	4.95	
	σ_{cr} (N/mm ²)	(0.67)	(0.65)	(0.62)	
最大荷重	縁応力	5.34	6.94	7.89	
	σ_b (N/mm ²)	(0.72)	(0.70)	(0.66)	
		ひび割れ深さ	0.86h	0.80h	0.85h

()内 単体曲げ試験結果/要素試験(曲げ試験)結果

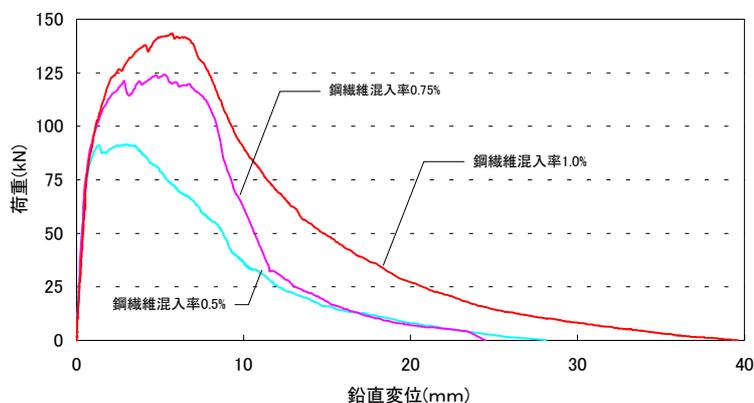


図4 鋼繊維混入率と鉛直変位量の関係

図5 供試体破壊状況($V_f=1.0\%$)

3. 試験結果

単体曲げ試験結果を表2に示す。ひび割れ発生時、最大荷重時の縁応力は、要素試験(曲げ試験)と同様に全断面有効として $\sigma = M/Z$ の式から算出している。

ひび割れ発生時の縁応力は、 V_f との関係は小さくほぼ一定となる。またこの値は、 $15 \times 15 \times 53$ cm 供試体を用いた曲げ試験でのひび割れ発生時の縁応力と比べて40%程度小さく、ベースとなるコンクリートの引張強度にむしろ近い値となった。最大荷重時の縁応力は V_f が大きくなるとともに増加しており、曲げ試験から求めた曲げ強度の70%程度の値を示す。

要素試験結果と差が生じる原因としては、供試体の大きさの差による寸法効果、打設方法が異なることによる鋼繊維の分散性の差、載荷スパンが異なること、注入孔の存在による応力集中などの影響が考えられる。

荷重と鉛直変位量の関係を図4に示す。荷重が最大になっても急激に耐力が低下せず、鋼繊維混入による靱性効果が確認できる。最終破壊時の鉛直変位量は V_f が大きくなるとともに増加しており(荷重が最大値から低下していく段階で載荷点外にひび割れが生じて破壊した $V_f=0.75\%$ のケースを除く)、 V_f を大きくすることによって曲げ変形性能の向上が認められる。最終破壊は、圧縮側コンクリートの圧壊ではなく、ひび割れが外面側まで進展し供試体が完全に破断するような形式となった。破壊状況を図5に示す。

ひび割れの発生状況は、 $V_f=0.5\%$ の場合はひび割れが1個所に集中しているのに対し、 $V_f=0.75, 1.0\%$ では数箇所に分散する傾向が見られた。最大荷重時のひび割れ深さは0.85h程度であり、曲げ試験の結果とほぼ等しい。

4. まとめ

最大荷重時の縁応力は鋼繊維混入率が大きくなるとともに増加し、要素試験での曲げ強度の70%程度となる。

曲げ変形性能は鋼繊維混入率が大きくなるとともに向上する。

鋼繊維混入率が大きくなるとひび割れが分散する傾向が見られる。

最終破壊は圧縮側コンクリートの圧壊ではなく、ひび割れの進展により供試体が破断するような形式となる。

今後は要素試験と実物試験の結果に差が生じた原因の追求と、試設計を行い適用可能な地盤条件に関する検討を行う予定である。また一連の実験に際し鋼繊維を提供していただいたブリヂストン(株)に感謝の意を表します。

【参考文献】

1) 矢郷他：鋼繊維補強コンクリートを用いたトンネル覆工板の開発(1)，第56回年次学術講演会， 部門，2001.10.