

外径 ϕ 11.8m 鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント単体曲げ試験

(株)大林組	正会員	○藤井 亜紀
首都高速道路公団	正会員	土橋 浩
首都高速道路公団	正会員	小西 由人
大林・大豊・東急JV	正会員	伊藤 信次
石川島建材工業(株)	正会員	小林 一博

1. はじめに

SJ51 工区～SJ53 工区（外回り）トンネル工事は、首都高速中央環状新宿線のうち、豊島区千草1丁目の立教通り立坑から新宿区上落合2丁目の大江戸線中井駅までの延長2,018m区間を外径 ϕ 12.02mの大断面泥土圧シールド工法により、自動車専用道路トンネルを築造する工事である。二次覆工省略型セグメントを用いた道路シールドトンネルであるため、一次覆工には高い耐久性と安全性が要求される。そこで、覆工構造の更なる品質向上とコスト削減を目的として、鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント（以下、SFRCセグメント）を開発し、60リングの実証施工を行うこととした。本稿では、実証施工用セグメントの構造性能を確認するために実施した単体曲げ試験について報告する。

2. 鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの概要

SFRCセグメントは、鋼製短繊維を混入し自己充填性を有する高流動コンクリートにより製作するものである。SFRCセグメントは、鋼繊維の補強効果に期待し、従来のスランブタイプコンクリートを用いて製作したRCセグメント（以下、RCセグメント）に比べて主鉄筋量を減少し、配力筋・フープ筋を省略した構造である。構造概要図を図-1に示す。SFRCセグメントの特徴は以下のとおりである。

- ① 鋼繊維が均等かつランダムに混入することで、セグメントのせん断強度および曲げタフネスが向上するとともに、端部のはく離、はく落の防止、ひび割れの分散により覆工品質が向上する。
- ② 鋼繊維の補強効果による引張強度やせん断強度の増加を期待できることから、主鉄筋量の低減と配力筋・フープ筋の省略が可能になり、鉄筋加工・鉄筋籠組立や型枠への設置など製作工程の省力化が図れる。
- ③ 高流動コンクリートを併用することで、テーブルバイブレータによる締固め作業が不要になり、型枠剛性の低下に伴い、型枠製作費が低減できる。
- ④ 製作時の環境負荷が低減できるためセグメントの現地製作が可能になり、運搬時の重量にとらわれることなくセグメント分割数や幅を決定できるとともに、長距離輸送にかかわるコスト削減が期待できる。

なお、SFRCセグメントは、鋼繊維を混入することで主鉄筋量を低減し、配力筋・フープ筋を省略できることを外径 ϕ 5,300mm実大セグメントを用いた単体曲げ試験、主鉄筋への応力分布確認試験、曲げ圧縮破壊試験において確認している。

3. 試験概要

試験に用いる供試体の形状は、セグメント外径 ϕ 11,800mm、桁高450mm、幅1,500mmで9分割のA型セグメントを使用した。コンクリートの設計基準強度は48N/mm²である。供試体の鉄筋量を表-1に示す。SFRCセグメントの鋼繊維混入率は0.8%vol、主鉄筋はRCセグメントに比べて断面積比で11%低減している。また、

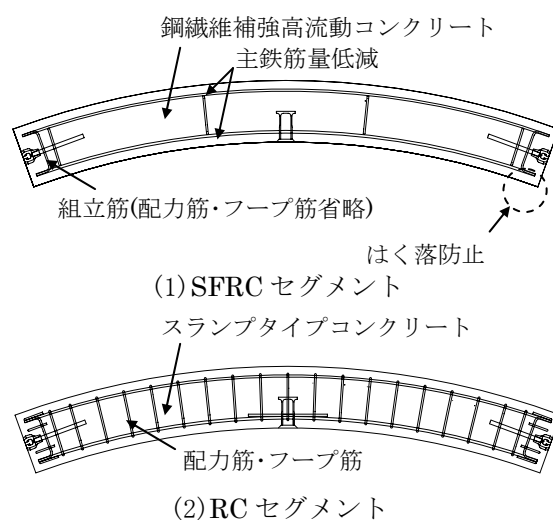


図-1 セグメント構造概要図

キーワード 鋼繊維, RCセグメント, 品質向上, コスト削減, 大断面

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 (株)大林組 土木技術本部 技術第二部 TEL 03-5769-1318

表-1 供試体鉄筋量比較表

内面側主鉄筋	配筋	SFRCセグメント	RCセグメント
	断面積(mm ²)	8-D25+6-D22	14-D25
	重量(kg)	6376.2	7093.8
外面側主鉄筋	配筋	8-D22+6-D19	14-D22
	断面積(mm ²)	4815.8	5419.4
	重量(kg)	150.2	169.0
配力筋補強筋	径	D13	D13+D16
	重量(kg)	22.2	167.8
合計重量(kg) [鋼繊維考慮]		360.7 [528.2]	546.3

鉄筋重量は主鉄筋量の低減のほか、組立筋 4 本以外の配力筋・フープ筋の省略により、鉄筋量全体では 34% 低減している。試験方法は、両端可動支持・2 点載荷の単純曲げ試験とした。

4. 試験結果

載荷荷重と供試体中央の変位の関係を図-2 に示す。比較のため同形状の RC セグメントで行った試験結果も合わせて示す。図中には、設計荷重（許容荷重）と、5 割増の荷重を付記している。

ひび割れ発生時の載荷荷重は、図-2 に示すように RC セグメントで 300kN、SFRC セグメントで 450kN であった。その後は、ひび割れ発生による剛性低下から勾配が変化しており、載荷荷重 1000kN までは同じような傾きを示している。RC セグメントは、載荷荷重 1200kN から変位量が大きくなり、変位 19mm で最大荷重 1334kN となった。SFRC セグメントは、載荷荷重 1400kN から変位量が大きく伸び、変位 34mm で最大荷重 1495kN となった。破壊に対する安全率（最大荷重／設計荷重）は、RC セグメントで 2.57、SFRC セグメントで 2.88 であった。

載荷後のひび割れは、写真-1 に示すとおり RC セグメントに比べて分散して発生することが確認できた。

試験結果より、SFRC セグメントでは鋼繊維混入による補強効果によりひび割れ発生荷重が大きくなり、ひび割れ発生後も鋼繊維が引張力を受け持つため、RC セグメントと同等以上の曲げ耐力が確保できたものと考えられる。載荷荷重 1400kN で鉄筋が降伏していると考えられるが、降伏後も大きく変位が増加していることから、鋼繊維の混入によりじん性の高いコンクリートセグメントとなっていることが確認できた。

5. おわりに

SFRC セグメントは、RC セグメントの品質向上とコスト縮減を目的として開発した。既に外径φ5,300mm 実大性能試験と加熱試験により、構造性能および耐火性能が RC セグメントと同等以上の性能を有していることを確認しているが、今回行った単体曲げ試験により、外径φ11.8m の大断面セグメントにおいても、構造性能は RC セグメントと同等以上であることが確認できた。

SFRC セグメントは、平成 17 年 4 月に実証施工を行う予定である。今後は広く実用化の検討を進めるとともに、さらなる合理化のためにセグメントの現地製作も視野に入れたセグメント製作費のコスト縮減を目指していく予定である。

参考文献

- ・ 鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの実大性能試験, 第 59 回年次学術講演会講演概要集, 6-003, 2004. 10

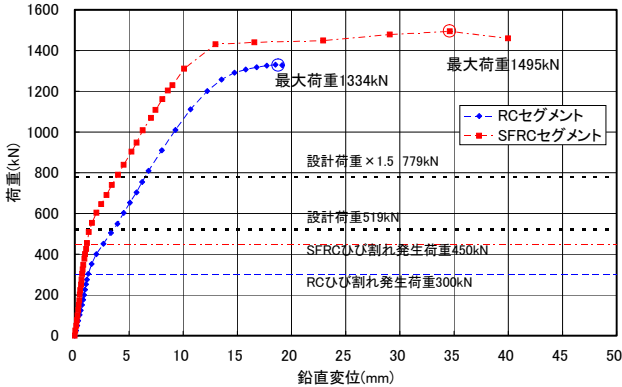
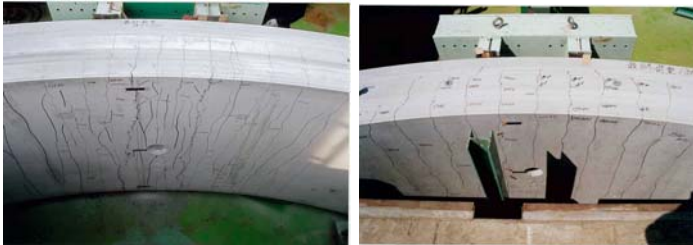


図-2 荷重－変位関係図

表-2 試験結果

	SFRCセグメント	RCセグメント
設計荷重 (曲げモーメント)	519kN (405.8kN・m)	519kN (405.8kN・m)
最大荷重 (曲げモーメント)	1496kN (1169.9kN・m)	1334kN (1047.2kN・m)
安全率[破壊/設計]	2.88	2.57



(1)SFRCセグメント (2)RCセグメント
写真-1 ひび割れ発生状況