

重複複数シールドにおける鋼繊維補強鉄筋コンクリート構造の性能試験

大成建設株式会社	正会員	○布川 哲也
大成建設株式会社	正会員	村田 裕志
大成建設株式会社	正会員	豊田 努

1. はじめに

都市部において地下に大規模な空間を構築する場合、工事用地の確保が困難なこと、周辺への環境負荷低減が求められていることなどから、非開削工法による安全で合理的に施工可能な技術が望まれている。この背景のもと、多数の小断面円形シールドトンネル（外殻シールドトンネル）を重ね合せて一体化し、非開削で大断面の外殻覆工体を構築して大断面トンネルを構築する工法（図-1）の開発を行っており、外殻覆工体の構造性能を確認するため、曲げ性能試験およびせん断性能試験¹⁾を行ったので報告する。

2. 構築手順および構造概要

この大断面トンネルの構築手順は以下のとおりである。(1) 先行シールドトンネルの施工および、先行シールドトンネル内への中詰コンクリートの充填。(2) 先行シールドトンネルの一部を後行シールド機で切削しながら掘進。後行シールドトンネルの施工（先行シールドトンネルと後行シールドトンネルの一体化）。(3) 主鉄筋の配筋、および後行シールドトンネル内への中詰コンクリートの充填。(4) 外殻覆工体の内部の掘削し大規模な地下空間を構築（図-2 参照）。

外殻覆工体には、小断面シールド内の狭隘な空間内での配筋作業の省力化を目的として、配筋鉄筋およびせん断補強鉄筋の代替として RSF（Reinforced concrete with Steel Fiber：鋼繊維補強鉄筋コンクリート）構造²⁾を適用する。外殻覆工体の断面は、先行・後行シールドが重なり合った変断面形状であり、先行・後行シールド間に界面を有する。また、切削可能な SFRC（Steel Fiber Reinforced Concrete：鋼繊維補強コンクリート）セグメント・鋼製セグメント、一般的にシールド工法で使用する裏込め注入に代えてコンクリートを打設する（以下、裏込めコンクリート）、中詰 SFRC から構成される構造である。

3. 試験概要

表-1 に試験ケースを示す。曲げ性能試験は、有効部材厚を考慮した等価な長方形 RC 断面（以下、等断面と呼ぶ）および、外殻覆工体の形状を考慮した変断面供試体を用いた 2 ケースである。曲げ性能試験は、鉛直方向に軸力を導入したのち、供試体上部を水平方向に加力し曲げモーメントを作用させた。せん断性能試験ケースは、SFRC の鋼繊維混入量が異なる 2 ケース（1.0 Vol.%（SHR-10）および 1.2 Vol.%（SHR-12））とした²⁾。実験は、鉛直方向に軸力を導入したのち、上下端部の平行を保ったまま、水平方向に逆対称曲げ加力し、試験範囲に等分布のせん断力を作用させた。

試験体は、実物の 1/5 の縮小モデルとした。外殻覆工体を模擬した試験体の概要を図-3 および図-4 に示す。試験体の奥行きは 400mm とした。先行部分は、SFRC にて製作した。後行部分は、鋼製セグメントを鋼管で模擬し、

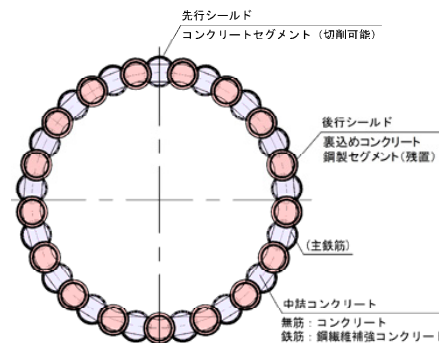


図-1 構造概要

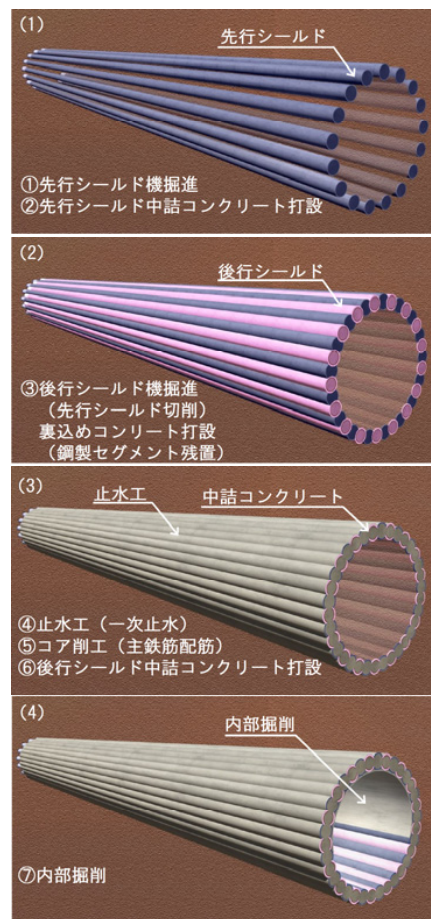


図-2 外殻覆工体構築手順

キーワード リボルバー工法、繊維補強鉄筋コンクリート構造、曲げ性能試験、せん断性能試験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

鋼管の外周には裏込めコンクリートを使用し、内部にSFRCを充填した。主鉄筋は、D13 (SD345) を鋼管を貫通させて6本配置した。裏込めコンクリートおよびSFRCの呼び強度40N/mm²を想定した配合を選定した。

曲げ供試体(変断面)は、先行シールドを模擬した分(以下、先行部分)と、後行シールドを模擬した部分(以下、後行部分)を交互に配置し、下部の後行部分をフーチングに埋設した。

せん断試験の供試体は、中央部に先行部を、上下部には後行部分を配置し、この上下の後行部分をフーチングおよび加力スタブに埋設した。

4. 曲げ試験

写真-1 に変断面供試体の曲げ試験状況を、図-5 に等断面供試体と変断面供試体の曲げモーメント-加力点変位関係を示す。変断面供試体の最大耐力は、304kN・m となり所定の耐力(279kN・m) 以上を有することおよび、外殻覆工体の有効部材厚を考慮した等断面 RC 長方形断面と同等の耐力を有することを確認した。

5. せん断試験

写真-2 にせん断試験状況を、図-6 に SHR-10 および SHR-12 の荷重-変位関係を示す。試験結果より、両ケースともに所定のせん断耐力 324kN 以上を有することを確認した。また、せん断耐力はそれぞれ 384kN および 388kN であり、鋼繊維混入量の違いによる有意な差は見られなかった。

6. おわりに

曲げ試験およびせん断試験により外殻覆工体が所定の耐力以上を有することを確認できた。

本技術は、(財)国土技術研究センターの建設技術審査証明を取得³⁾しており、審査証明取得にあたり技術審査委員会の今田委員長を始め委員各位および関係者各位に感謝申し上げる。

【参考文献】

- 1) 村田 哲, 村田 裕志, 豊田 努, 布川 哲也: 重複複数シールドにおける鋼繊維補強鉄筋コンクリート構造のせん断挙動, コンクリート工学年次論文集 Vol.38, 2016 (修正原稿投稿中)。
- 2) 土木学会: コンクリートライブラリー97 鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案), 1999。
- 3) 国土技術研究センター: 建設技術審査証明事業(一般土木工法) 報告書 リボルバー工法(重複複数シールドによる地下空間構築技術), 2015.9

表-1 試験ケース

	曲げ性能試験		せん断性能試験	
	1-1	1-2	SHR-10	SHR-12
実験概要	供試体上部を水平加力し供試体に曲げを作用させる。		逆対曲げ加力をする事で等せん断力を作用させる。	
試験体概要図				
断面形状	等断面	変断面	変断面	変断面
鋼繊維量	-	1.0Vol.%	1.0Vol.%	1.2Vol.%

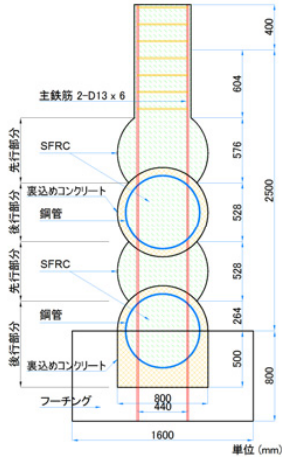


図-3 曲げ供試体概要

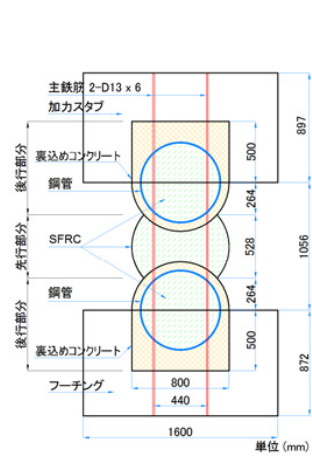


図-4 せん断供試体概要



写真-1 曲げ試験状況

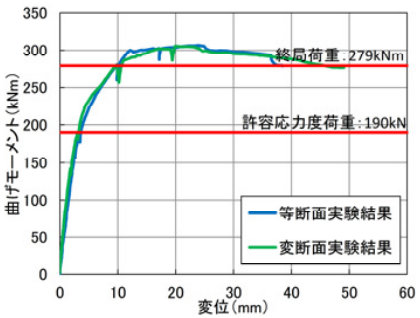


図-5 曲げモーメント-加力点変位



写真-2 せん断試験状況

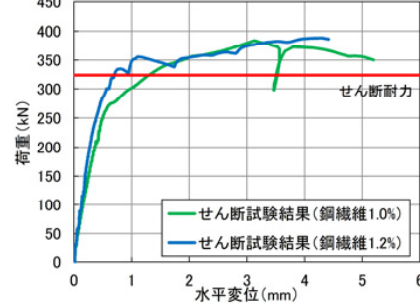


図-6 水平荷重-加力点変位