

シールド機で切削可能なセグメントの開発（その１）

西松建設(株) 正会員 ○村上 賢治 大江 郁夫
小林 正典 鈴木 康之

１．はじめに

近年、道路トンネルをシールド工法で計画されることが多く、用地条件の厳しい大都市では種々の制約から、道路トンネル分岐合流部を地下に非開削で施工する場合がある。そこで、このニーズに応えるため、当社では非開削の分岐合流部施工技術として、先行トンネルに後行トンネルを併設した後にトンネル間を切開く技術（カップルバード工法）を開発した。しかし、今後、都市計画範囲の制約などの理由から、断面をより縮小することが求められる場合もあるため、カップルバード工法を縮小断面に適用することを目的に後行シールド機のカッタービットで直接切削可能なセグメント（以下、切削セグメント）の開発を行い、切削セグメントの構造実験および切削実験を行った。本稿は切削セグメントの構造実験の結果を報告するものである。

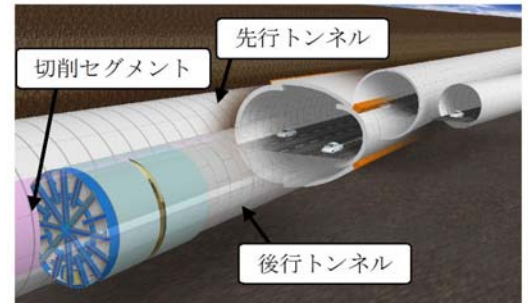


図 - 1 先行トンネルを後行トンネルで切削した分岐合流部イメージ

２．切削セグメントの要求性能

切削セグメントは、以下の性能が必要と考えた。

RC セグメントと同等の強度、止水性を有する
切削時のシールド機の負荷が小さい

上記の要求性能を満足するため、切削セグメントの補強筋を鉄筋に替え、ガラス繊維製異形ロッドとした。さらに、ひび割れ幅を抑制し止水性を向上させることを期待し、コンクリートにアラミド繊維を加えることを考えた。なお、については別途報告する。

ス繊維製異形ロッドを配置した切削セグメント（No.5）は、ひび割れ発生後も強度低下せず、ひび割れ幅が広がらず、止水性に優れることを確認した。

表 - 1 試験ケース一覧表

ケース	供試体数	設計基準強度 (N/mm ²)	ガラス繊維製異形 ロッド	アラミド 繊維量 (vol%)
No.1	3	42	-	0.50
No.2	3			0.25
No.3	2			0.00
No.4	1		2-S8 (0.54%)	0.25
No.5	2			0.50

３．基礎構造確認試験

（１）曲げタフネス試験概要

切削セグメントの基礎構造確認試験としてアラミド繊維およびガラス繊維製異形ロッドを配置した梁の曲げタフネス試験（JSCE-G552-2010）を行い、ひび割れ発生後のひび割れ幅の傾向を確認することとした。試験は、表 - 1 に示す 5 ケース行った。

（２）試験結果

試験ケースNo.1～No.5の荷重～ひび割れ肩口開口変位（CMOD）関係図を図 - 2 に示す。

試験結果から、アラミド繊維 0.5vol%を加え、ガラ

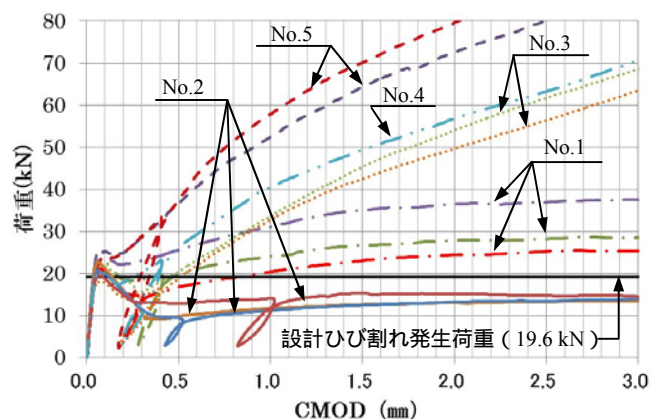


図 - 2 荷重～CMOD 関係図

キーワード 切削セグメント、分岐合流部、ガラス繊維製異形ロッド、アラミド繊維、軽量骨材

連絡先 〒105 - 8401 東京都港区虎ノ門1 - 20 - 10 西松建設(株)土木設計部 TEL03-3502-7560

4. 構造確認試験

(1) 単体曲げ試験概要

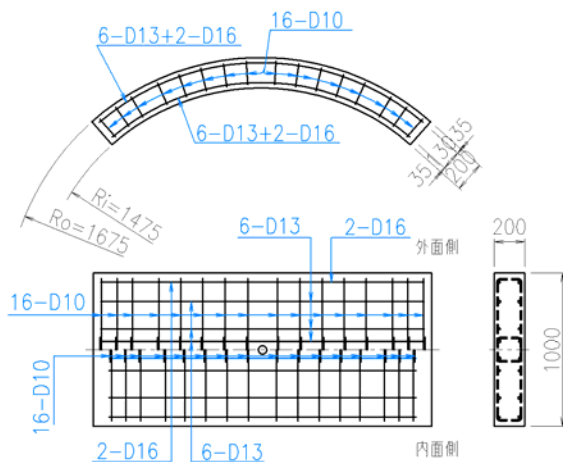
切削セグメントがRCセグメントと同等の性能を有することを確認する目的で表 - 2 に示す2ケースの単体曲げ試験を行った。配筋図を図 - 3 に示す。

表 - 2 試験ケース一覧表

ケース	骨材	補 強 材		アラミド繊維(vol%)
		主 筋	フープ筋	
No.1	普通	鉄筋：6-D13+2-D16 (0.70%)	16-D10	-
No.2	軽量	ガラス繊維製異形ロッド：8-S12 (0.55%)	10-S10	0.50

No.1 を RC セグメント，No.2 を切削セグメントと呼ぶ

<No.1：RC セグメント， $\sigma_{ck} = 42 \text{ N/mm}^2$ >



<No.2：切削セグメント， $\sigma_{ck} = 42 \text{ N/mm}^2$ >

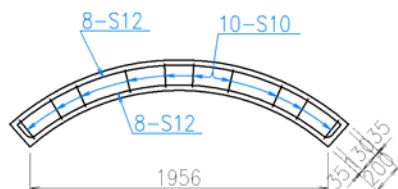


図 - 3 セグメント配筋図

(2) 試験結果

試験結果を図 - 4 に，試験終了後の状況を図 - 5 に示す。両ケースとも設計ひび割れ発生荷重および設計終局荷重を上回った。また，No.2はNo.1の最大荷重を上回った。No.2の設計ひび割れ発生荷重，設計終局荷重はアラミド繊維の効果を無視して従来のRC理論で算定した。なお，設計終局荷重は， $\sigma_{ck} = 42 \text{ N/mm}^2$ ， $\sigma_{sy} = 345 \text{ N/mm}^2$ ， $\sigma_{gy} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ，材料係数等を1.0として算定した。

軽量骨材を使用したコンクリートの引張強度は普通骨材を使用した場合の70%²⁾になるとされているが，No.2のひび割れ発生荷重はNo.1と同等であった。

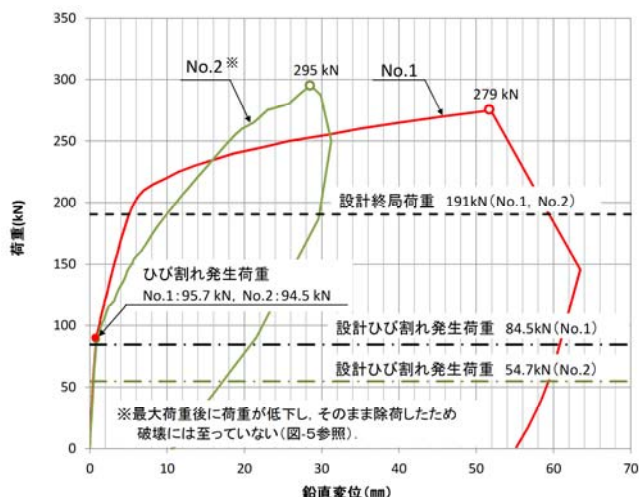


図 - 4 試験結果一覧表

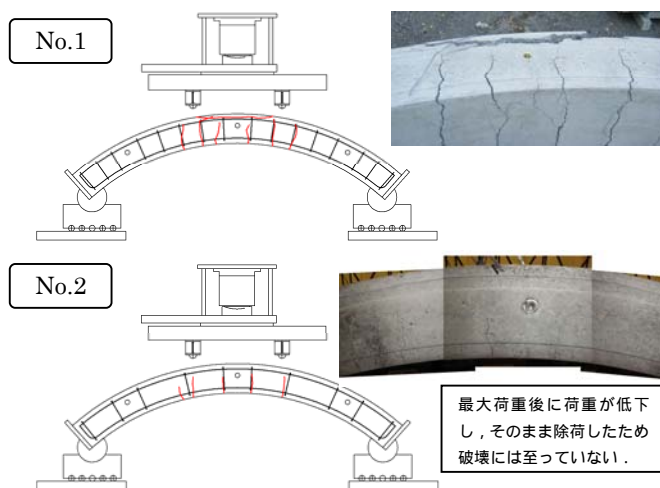


図 - 5 単体曲げ試験終了後の状況

5. 構造実験より得られた知見

ガラス繊維製異形ロッドを配置した切削セグメントも従来のRC理論で終局荷重を算定できる。軽量骨材を使用したセグメントにアラミド繊維0.5vol%加えた場合は，普通骨材を使用したセグメントと同等のひび割れ発生荷重となる。切削セグメントはRCセグメントと同等のひび割れ抵抗性，終局耐力を有する。

謝辞

本研究は早稲田大学小泉淳教授のご指導を頂いたものであり，ここに深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 小林正典，磯 陽夫：道路トンネル分岐合流部の合理的施工法の開発，地下空間シンポジウム論文・報告集，第12巻，土木学会，pp.267-272，2007.1
- 2) (社)土木学会，コンクリート標準示方書 設計編，2012