

セグメント切削シールド工法の開発 (その6 : リング間せん断試験)

前田建設工業 (株)
ジオスター (株)

正会員 ○野本 康介 正会員 八坂 光洋
関口 浩之 正会員 後藤 真吾
正会員 藤野 豊

1. セグメント切削シールド工法の概要

近年の都市部におけるインフラ整備は、都市の過密化、大深度地下使用法の制定等の理由から、大深度化が進んでいる。大深度シールドトンネルにおける主要な課題の一つとして、道路トンネルのランプ合流部の非開削による構築方法が挙げられる。

『セグメント切削シールド工法』(図-1)は、先行するシールドトンネルを後行シールドで直接切削することで、分岐合流部を極力小さい断面で非開削に構築できる工法であり、これまで要素試験により主にセグメント単体での実用性を検証してきた^{1,2)}。

本編では、軽量骨材コンクリートと炭素繊維格子筋で製作した部分ほぞの試験体でリング間せん断試験を行い、良好な結果を得たのでここに報告する。

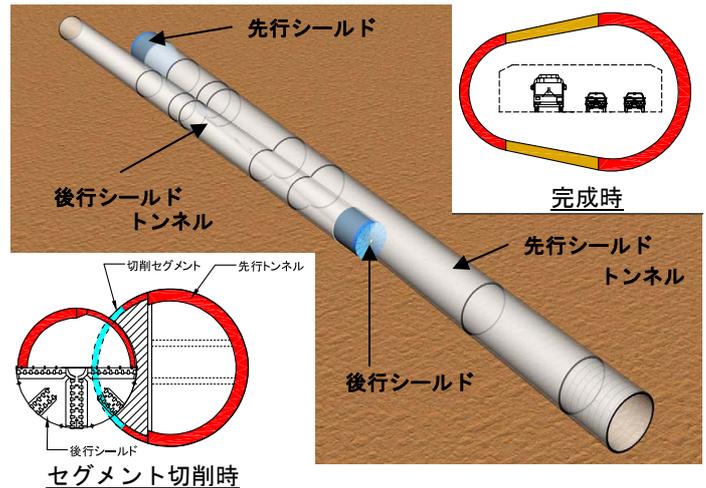


図-1 セグメント切削シールド工法の概要

2. リング間せん断試験の概要

2.1 目的

切削セグメントの結合は、切削が困難な金物類を用いない継手方式とする必要があるため今回部分ほぞを考えた。部分ほぞはコンクリート面が接触することによりせん断力を伝達するため、コンクリートの性状に大きく依存する可能性がある。そこで、切削セグメントに用いる材料が、部材として通常のRCと同様な性能を発揮することを確認するため、リング間せん断試験を行った。

2.2 試験体

試験体は、長さ 1,000×幅 1,076×厚さ 500mm の平板型を3体作製した(図-2)。既往の試験結果から、材料には軽量骨材コンクリート ($\sigma'_{ck}=42N/mm^2$)と炭素繊維格子筋を用いた。部分ほぞは 300×100mm の小判型で(図-3)、中央の試験体の両側に各1個設けた。

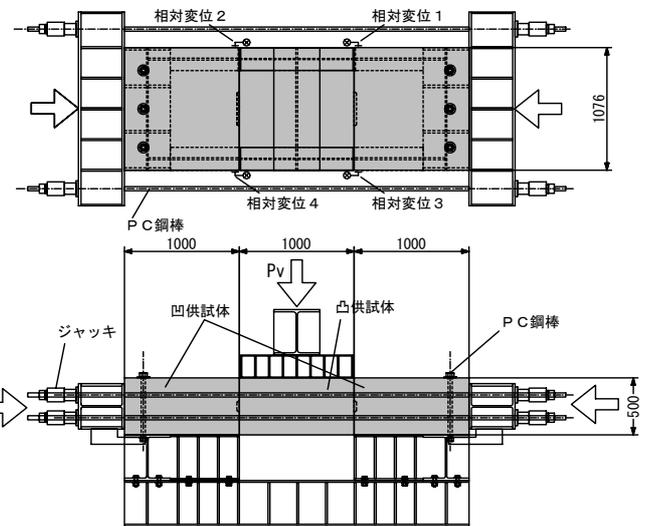


図-2 試験体, 試験装置概要

2.3 試験方法

試験は試験体を3連に並べ、軸力 P_h を導入した後に軸力と直角方向に中央の試験体のみ載荷 (P_v) した(写真-1)。両端の試験体は架台に拘束し、荷重 P_v に伴うリング間の相対変位を計測した。なお、継手面には実際の使用状況を模して止水シール材(図-4)を2段配置し、シェアストリップとトランスミッションは入れないこととした。

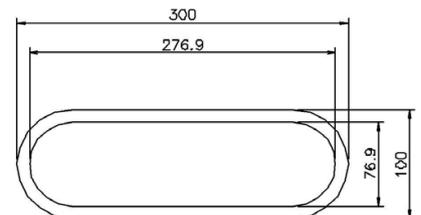


図-3 部分ほぞ(凸型)寸法

キーワード シールドトンネル, 分岐合流, 切削, 軽量骨材コンクリート, 炭素繊維補強コンクリート
連絡先 〒102-8151東京都千代田区富士見2-10-26 前田建設工業 (株) 土木事業本部土木部 TEL03-5276-9472

表-1 試験ケース

No.	P_h (軸力)	P_v 最大値
1	100 [kN]	20 [kN]
2	150	60
3	200	100
4	80	破壊まで

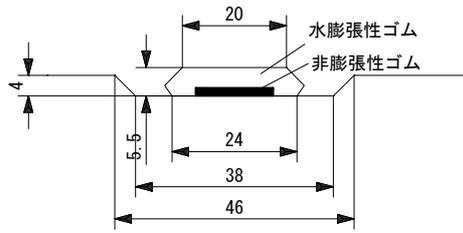


図-4 止水シール材寸法



写真-1 試験状況

2.3 試験ケース

表-1に試験ケースを示す. 導入軸力 P_h は止水シール材を封入すると同時に中央の試験体と载荷治具の自重を支えるのに必要な摩擦力を与える荷重 (70kN) 以上とし, 4ケース設定した. ケース1~3の P_v は導入軸力による摩擦力 (コンクリートの静止摩擦係数は $\mu = 0.5$ と仮定) を超えない値まで载荷した. また, ケース4では, 導入軸力 P_h をほとんどかけない状態で破壊まで P_v を载荷し, 破壊モードを確認した.

3. リング間せん断試験の結果

ケース4の荷重 P_v と相対変位の関係を図-5に, 各ケースでのリング間のばね定数 (荷重 P_v ~相対変位の勾配)を表-2に示す. コンクリートのせん断弾性係数 G は, $E_c/2.3$ (道路橋示方書・同解説より)であり, 軽量骨材コンクリートの弾性係数 $E_c = 19\text{kN/mm}^2$ から, $G = 19/2.3 = 8.3\text{kN/mm}^2$ である. このことから, 実験より得られたリング間のばね定数はコンクリート自体の変形係数と同オーダーであり, 継手面は密着した挙動とみなせることがわかった.

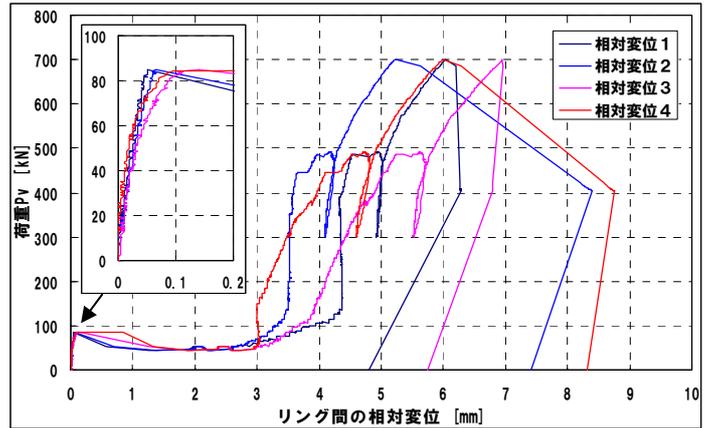


図-5 荷重 P_v ~相対変位(ケース4)

表-2 リング間のばね定数の結果一覧

No.	ばね定数
1	3 [kN/mm ²]
2	2 [kN/mm ²]
3	2 [kN/mm ²]
4	2 [kN/mm ²]

ケース4で滑り出しの荷重 P_v は80kNであった. これはコンクリートの静止摩擦係数 μ を0.6程度とした場合に相当した.

試験後の試験体を写真-2に示す. 破壊は, 部分ほぞ凸型のせん断で生じた. 軽量骨材のため, 破壊面に骨材の切断が見られた. また, 部分ほぞの凹凸両方の周辺に45°のひび割れ (写真中, 赤ペンでなぞった線)が生じていたことから, 押し抜きも同時に進行していたが, 今回部分ほぞが小さかったことなどから凸型が先に破壊したと考えた. 凸型の断面積 $27,800\text{mm}^2$ に対して, 45°の押し抜きで想定した凹型側の破壊面 (図-6)の面積は $122,000\text{mm}^2$ であった. なお, 破壊時の荷重 P_v は700kNだった.

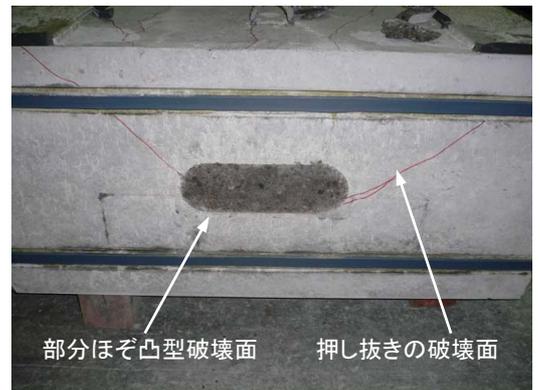


写真-2 破壊状況(凸型)

4. まとめ

以上のことから, 軽量骨材コンクリートと炭素繊維格子筋を用いた切削セグメントのリング間継手には, 部分ほぞを用いて問題がないことが確認された.

参考文献: 1)宮澤ほか:セグメントの切削による分岐合流工法の開発における実験的研究, トンネル工学論文集第17巻, 2007.11

2)野本ほか:セグメント切削シールド工法の開発 (その4:RC平板切削試験), 土木学会第63回年次学術講演会

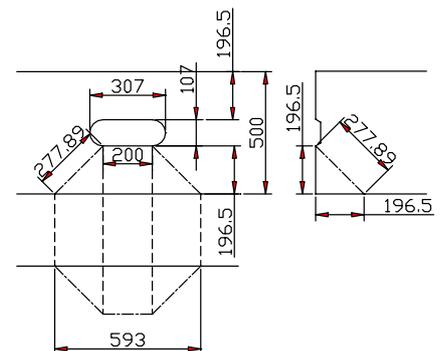


図-6 破壊面の想定(凹型)