

高水圧対応シール材を考慮したセグメント試験 (ジャッキ推力試験、リング継手曲げ試験)

横浜市下水道局

米山 利行

フジタ・東急・馬淵・松尾建設共同企業体

宮崎 利明

(株)フジタ 正会員 和気 輝幸

○ (株)フジタ 正会員 貴志 公一

都築コンクリート工業(株) 正会員 本田 和之

1. はじめに 大深度・高水圧シールドの施工では、シール材反発力、ジャッキ推力および土水圧などによるセグメント損傷の防止対策が重要である。特に、高水圧対応のシール材は圧縮反発力が大きく、継手ボルトだけでは継手面を完全に接合できずに組立後の変形からセグメント損傷につながる可能性がある。本稿では、0.88MPaの高水圧が作用するシールド施工に当たり、シール材の反発力に起因するセグメント損傷の原因として、①セグメント組立時に残留した目開きによるジャッキ推力の偏り、②土水圧の作用によるセグメントリングの圧縮を抽出し、対応策の効果を載荷試験で確認した。

2. 試験概要 表-1に、試験に用いたセグメントおよびシール材の諸元を示す。シール材と緩衝材を貼付した実物セグメントを供試体として次の試験を実施した。

①ジャッキ推力試験(図-1): 別途行ったリング継手締結試験では、ジャッキの押付け力でリング継手をほぼ完全に接合できる結果が得られているが、リング継手ボルトが抜け出し、セグメント接合面が線接触となった場合を想定した。試験は、図-1のK型セグメントが内面側に約10mm偏心した状態でジャッキを載荷(最大1200kN)し、セグメントの損傷程度、内面側に設置する緩衝材の効果を確認した。

②リング継手曲げ試験(図-2): 地山中に押し出されたセグメントリングは土水圧荷重により圧縮を生じる。このとき、シールドテール内のリングと相対変位を生じ、特に、K型セグメントには、図-3の検討モデルに示す、リング継手を支点とした曲げモーメントが作用する。試験は、リング継手ボルトで固定支持したKセグメントに土水圧相当の荷重を載荷し、セグメントの安全性を確認した。

表-1 セグメント等の諸元

項目	諸元
セグメント	形式 コンクリート平板型
	形状 外径=3.15m, 幅=1.00m, 厚さ=0.20m
セグメント継手	形式 片側インサート式短ボルト
	径・規格 ボルト径=M22, 規格=F8.8, 2本
リング継手	形式 楔式ピン継手
	径・規格 ボルト径=M22, 規格=F8.8, 16本/リング
シール溝	形状 底面幅=35mm, 上面幅=43mm, 深さ=4mm
シール材	形状・規格 下幅=28mm, 上幅=18mm, 高さ=6.5mm
	硬さ JIS硬度=A45~50
	組立時反発力 圧縮率=38.5%, 反発力=70kN/m

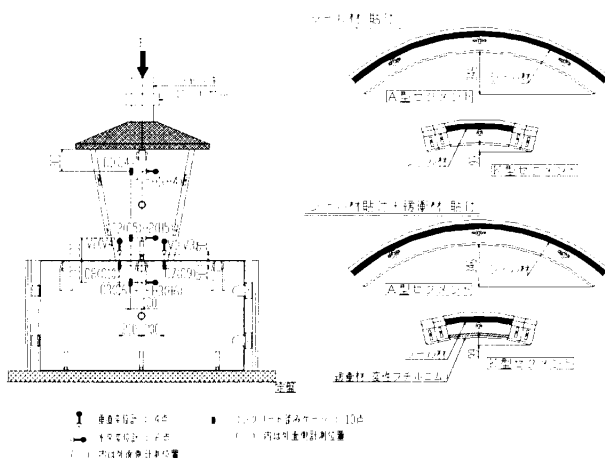


図-1 ジャッキ推力試験概要図

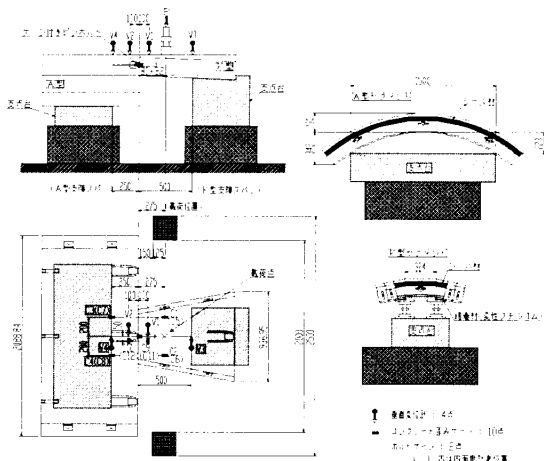


図-2 リング継手曲げ試験概要図

キーワード：シールドトンネル、高水圧、二次覆工省略、セグメント、シール材

連絡先：〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-8-10 TEL03-3356-8247 FAX03-3356-8265

3. 試験結果と考察

①ジャッキ推力試験：図-4にジャッキ推力とリング継手クリアランスの関係を示す。荷重～変位関係は、ジャッキ推力で約400kNを境に剛性が変化し、継手面の変位が小さくなった。緩衝材の有無については、緩衝材無しのケースではセグメント内面側端部が接触した時点(100kN 載荷時)でセグメント損傷が発生し、その後は、内外面の目開き量の差が一定の状態に推移したが、緩衝材有りのケースでは内外面の目開き量の差は徐々に減少し、1200kN 載荷時に継手面はほぼ完全に接合し損傷も発生しなかった。以上から、施工時の対策を次のとおりとした。

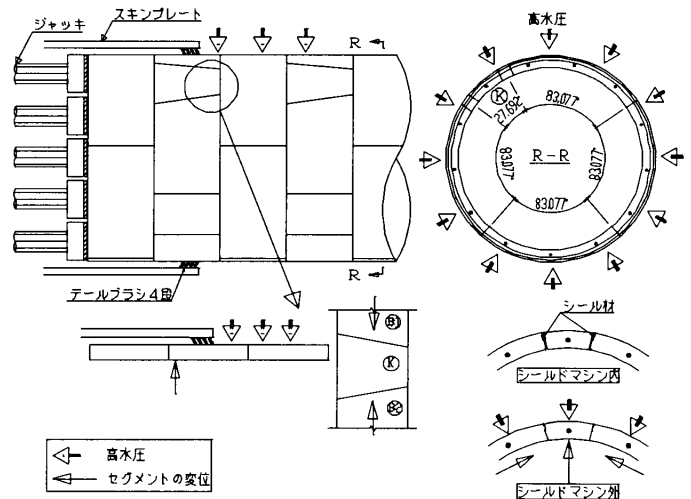


図-3 土水圧による継手部モーメント作用図

a)掘進時のセグメント損傷防止対策として緩衝材を貼

付する。緩衝材厚さは2mm程度で効果がある。

b)掘進開始時は、ジャッキ推力が400kN/本程度になるまで全ジャッキで掘進を開始し、リング継手面の馴染みをはかった後、方向制御を行う。

②リング継手曲げ試験：図-5に、K型セグメントに働くモーメントと内面側および外面側のコンクリート応力度の関係を示す。K型セグメントは、施工時の設計水圧(0.9MPa×1.5=1.35 MPa)が作用する時の曲げモーメント(34.40kN・m)に対する補強を施したものをを用いた。初期亀裂の発生モーメントは18.02kN・m、破壊モーメントは38.11kN・mで、破壊形態は、軸方向の曲げモーメントによるKセグメント本体部の破壊ではなく、リング継手金物の引抜き破壊であった。以上より、次の点を確認した。

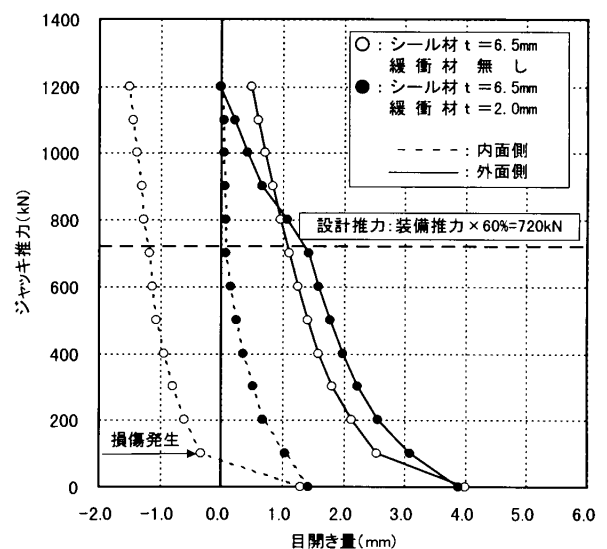


図-4 ジャッキ推力試験結果

a) Kセグメントの補強筋は十分な効果を有する。

・Kセグメントの破壊モーメント(38.11kN・m)は設計抵抗モーメント(34.40kN・m)以上で補強筋の効果を確認した。また、設計抵抗モーメント作用時のセグメント内面側ひび割れ幅は約0.04mmと微小で、耐久性の面からも十分な性能を有することを確認した。

b)K型セグメントの抜出しに留意する。

・本工事のKセグメントは軸方向挿入型であり、土水圧(軸力)の作用でKセグメントが切羽に向かって抜け出る挙動を示しやすい。試験における最終的な破壊形態がリング継手金物の引抜きによるものであったことと合わせ、K型セグメントに対しては組立直後～掘進完了までの間、常に、推進ジャッキの押付けによる固定を行うこととした。

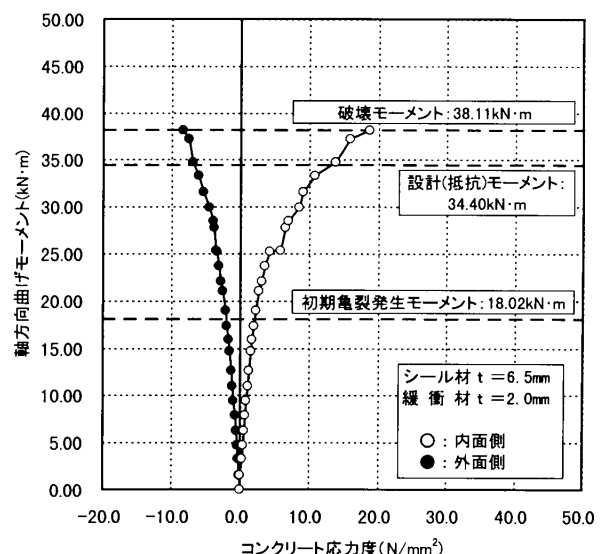


図-5 リング継手曲げ試験結果

4. おわりに 高水圧対応のシール材を用いる場合のセグメント損傷防止策について、実験的に検討した。今後、実施工での対応策の検証と改善を重ね、より良い品質の確保を目指すものである。