

テールシールの拘束力に関する要素実験について

東京地下鉄株式会社

正会員 荻野竹敏

正会員 ○ 藤沼 愛

メトロ開発株式会社

正会員 宇波 邦宣

日本シビックコンサルタント(株)

正会員 斉藤 正幸

早稲田大学理工学術院

正会員 小泉 淳

1. はじめに

シールドトンネルの主体構造物である一次覆工(セグメント)は、本体構造物でありながら建設時にジャッキ推力、テールブラシの反発力、テールグリスの圧力、裏込め注入圧等の施工時荷重を受ける特殊な構造である。一方、これらの施工時荷重の影響は長期的に残留することが現場計測で確認されていることから、施工時荷重の影響を極力抑制することによって、セグメントの設計の合理化に貢献できると考えられる。

そこで、東京メトロでは施工時荷重の影響を解析的に評価することによって、より精度の高いセグメントの解析モデルの構築を目指すこととした。これまでの現場計測と解析において、テールクリアランスの変化にともなってテールシール全体の拘束力が増加することが確認されているが、テールブラシの反発力とテールグリスの圧力とを分解して解析できていないことから、今回はそれらの影響を実験により把握し、テールシールの拘束力に係わる解析モデルを構築するために要素実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験方法および使用材料

実験は、実際のシールド機のテールで発生するテールブラシおよびテールグリスの押付け状況を模擬的に再現し、押付け荷重ならびに接触圧とクリアランスとの関係を把握することを目的として行った。

実験は、シールド機実機を用いての実験は困難なため、テールシールを部分的にモデル化した平板型の実験治具を作成し、テールブラシおよびテールグリスを上から一軸で圧縮し反力等の測定を行った。実験に用いる治具(縦 450mm×横 900mm×高さ 500mm)は、図 - 1 に示すように、外枠と内枠とからなり内枠の底面にテールブラシを固定する構造とした。荷重はアムスラー型の荷重装置を用いて行い、荷重荷重、圧力および相対変位の測定を行った。図 - 2 にテールブラシの状況を、図 - 3 に実験装置を示す。実験ケースは、構造解析に用いるテールシールの解析モデルの構築を適切に行うために、テールブラシ単体の反発力とテールグリス圧の影響および裏込め注入材の侵入の影響を個々に把握できるものとした。表 - 1 に実験ケースを示す。

表 - 2 に実験に用いたテールグリスおよび裏込め材の仕様を示す。なお、テールグリスおよび裏込め材は、実際の施工に用いられた材料相当とした。

表 - 1 実験ケース

case No.	テールブラシ	テールグリス	裏込め材
case1	○	×	×
case2	×	○	×
case3	○	○	×
case4	○	×	○
case5	○	○	○
case6	○	○	○ テールブラシ詰め込み 裏込め材塊

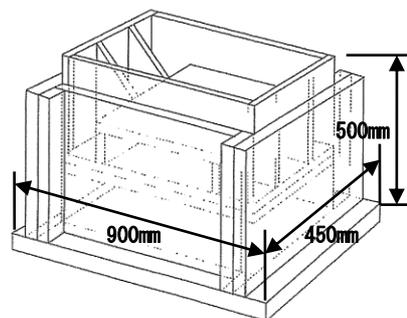


図 - 1 加圧治具イメージ

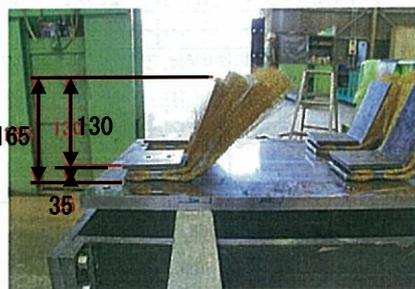


図 - 2 テールブラシの状況



図 - 3 実験状況

キーワード:シールドトンネル, 施工時荷重, 現場計測, テールブラシ, テールシール

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 鉄道本部 改良建設部 設計課

TEL:03-3837-7132 FAX:03-3837-7112

表-2 テールグリスおよび裏込め材の仕様

a)テールグリス仕様	
外観	白色ペースト状
密度	1.28
ちよう度	290
揮発分(%)	1.3
保油性	浸透枚数5枚 浸透幅22mm
耐水性(水圧3.4MPa)	水漏れ無
金属腐食性	変色・腐食無

材料名	A液				B液
	裏込め用 固化材	高性能 ペントナイト	安定剤	水	ゲル化剤
配合(A+B=1m ³)	230kg	30kg	2.8kg	841L	70L

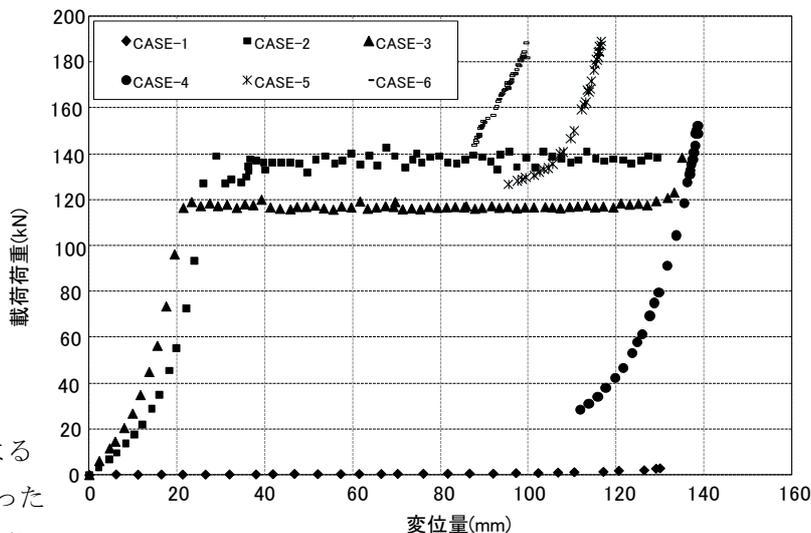


図-4 実験結果

3. 実験結果

図-4に今回実施した全てのケースの結果を示す。

case1 はテールブラシ単体の実験結果である。これより、テールブラシ単体ではその反発力は十分に小さいことが確認できる。

case 1 と case3 は、グリスの充填の有無による比較となる。テールグリスの圧力を一定に保った状態で荷重を継続すると、圧縮変位量 120mm 程

度からテールグリス圧を上回る圧縮反力が生じる傾向を示した。テールブラシのみのケースの圧縮反力が数 kN であることから、この圧縮反力の上昇は単なるテールブラシの反発力ではないと考えられ、テールブラシがグリスで拘束されていること等の影響が出ているものと考えられる。

case4, case5, case6 は、裏込め材の状況の違いによる比較となる。case4 は裏込め材が、テールブラシの中に含浸した場合にはその反発力は 30~50 倍程度に高まることが確認できた。また、case4 の状態にテールグリスを充填した case5 の場合にはテールブラシが拘束されてその可動範囲が小さくなり、幾何学的な可動範囲(図-4 参照:130mm)より 10mm 以上その範囲が小さくなっていることが確認される。さらに、case6 では、グリスの拘束力に加えて詰め込んだ裏込め材の塊の影響で更なる拘束を受けて可動範囲が幾何学的な可動範囲から 30mm 程度縮小することが確認できた。

鉄道級のシールドのテールクリアランスは 30mm 程度であり、テールクリアランスが 0mm となる状態は本実験における変位量 130mm の場合に相当すると考えられる。したがって、実施工におけるテールシールの拘束力は本実験における 70~130mm の範囲と考えることができる。この変位量の中では、テールシールの拘束力を支配するのはテールグリス圧と裏込め注入材の混入であること、また case3 と case4 は変位量 130mm に近づいた段階でその挙動が酷似していることがわかる。このことから、裏込め注入材によるテールブラシの拘束とテールグリスによるテールブラシの拘束は概ね同等であると考えることができ、テールの拘束は少なくとも裏込め材を含浸させたテールブラシに相当するものと考えられる。しかし、現実にテールシールにテールグリスを全く使用しないことは考えられないため、この挙動はテールグリス圧の影響と裏込め材を含浸させた曲線との合成とみるべきである。一方で、テール内に裏込め材が侵入した case6 の場合には、テールブラシの可動範囲が急激に狭まり、変位量が少なくても拘束力が大きくなると考えられる。

4. おわりに

今後は、今回の実験より得られた結果を用いて実機と実験の条件を補正した上でテールシールの拘束力を評価するためのばね定数を設定することを予定している。そのばね定数を用いて 3 次元 FEM モデルによるセグメント数値解析を行い施工時荷重に対するセグメントの設計または検討手法を確立し、別の機会に報告したいと考えている。

【参考文献】 1)矢萩秀一, 荻野竹敏, 沼澤憲二郎, 深井直光, 斎藤正幸: シールドトンネルの施工時荷重の影響に関する現場計測結果と考察, トンネル工学論文集第 17 巻, pp.63-74, 2007
 2)土木学会: トンネルライブラリー第 17 号 シールドトンネルの施工時荷重, 2006