

水膨張性セグメントシール材の長期接面応力の予測について

(株)大林組 正会員 ○服部 鋭啓
(株)大林組 正会員 田中 善広

(株)大林組 正会員 三井 仁哉
(株)大林組 正会員 金 淨晃
タキロンシーアイ(株) 中井 貴暁

1. 概要

シールドトンネルの長期止水性能の確保を目的として、クロロプレンゴムおよび高吸水性ポリマーで構成される水膨張性セグメントシール材（以下、シール材）を用い、その接面圧の経時変化に着目した一連の止水試験を実施した。本報告では、既往の研究¹⁾に示した18.5年におよぶ長期間のシール材止水試験結果を継続して活用し、将来的な接面応力を予測するとともに、各種シール材を用いた短期止水試験を実施した結果から、シール材の長期接面応力に関する予測方法を検討した。

2. 試験内容

(1) 接面応力の考え方

シール材の応力は、膨張応力、緩和応力、接面応力の3つに分けられる。膨張応力は高吸水性ポリマーの水膨張により発生する応力である。緩和応力はゴムの弾性反発力が時間とともに減少する応力である。また、接面応力は膨張応力から緩和応力を差し引いた実際にシール材へ作用する応力である（図-1 参照）。この接面応力が、一定の応力を保つことによって止水性が保たれる。そこで、接面応力を予測する試験を行った。

(2) シール材止水試験の方法

止水試験は、シール材の吸水により発生する膨張圧を計測する膨張応力試験、シール材の弾性反発力を計測する緩和応力試験の2種類を実施した。止水試験の模式図および実施状況をそれぞれ図-2、写真-1に示す。膨張応力試験は、水道水を試験機内に充填し、常時水圧を与えた。また、緩和応力試験は、シール材を水膨張させないよう試験機内に水を充填せず、常時、膨張応力試験にて加圧した水圧と同等の気圧を与えた。試験準備として、専用接着剤を用いてシール材試験体を試験機に貼付け、1日養生を行った。その後、目開き量・目違い量をそれぞれ0mmで試験機を組立てた。また、シール材の応力は、シール材の中央で計測した。

3. 試験結果および考察

(1) 長期止水試験のシール材応力と経過時間の関係

18.5年間の膨張応力試験の結果および緩和応力試験の結果

キーワード シールド, シール材, 水膨張, 長期止水性能, 接面応力

連絡先 〒108-8502東京都港区港南2-15-2 (株)大林組 TEL: 03-5769-1318 E-mail: hattori.toshihiro@obayashi.co.jp

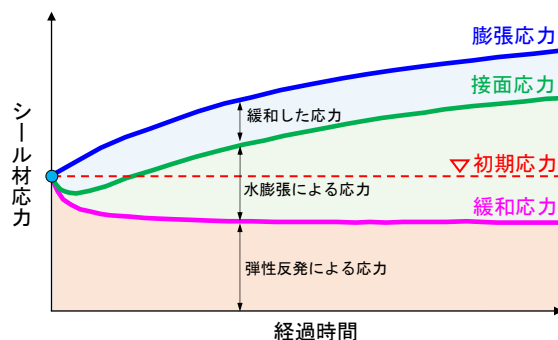


図-1 シール材に作用する応力の関係

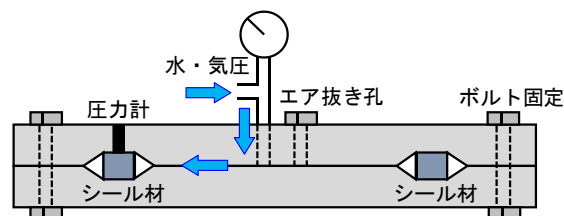


図-2 短期止水試験の模式図



写真-1 止水試験状況とシール材貼付形状

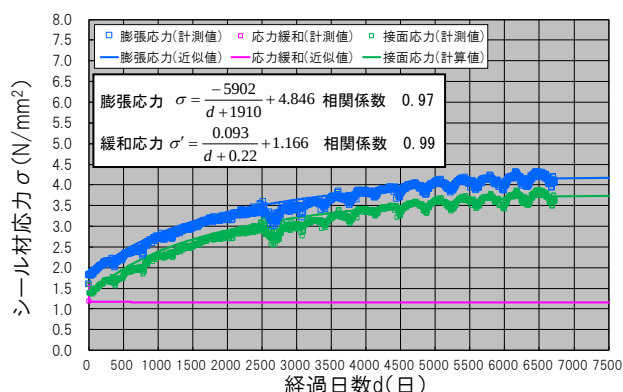


図-3 シール材の応力（長期試験）

果とその予測式を図-3 に示す。時間経過とともに界面応力は緩やかに上昇しており、18.5 年が経過しても界面応力の兆候に大きな変化はなく、十分に止水性能を確保できていることが分かる。また、実験値から膨張応力および緩和応力の経時変化を推定するため最小二乗法による曲線近似を行った。なお、膨張応力は、界面応力を計測した膨張応力試験結果から緩和応力を考慮し、その値を近似した。その結果、最終的な膨張応力は 4.846N/mm^2 となり、緩和応力は 1.166N/mm^2 に収束すると予測された。さらに試験開始から 90 日間の結果において、この近似式の相関を確認したところ 0.71 と高い相関が得られた。そこで、100 年後の界面応力を予測するため、90 日の短期止水試験を実施した。

(2) 短期止水試験のシール材応力と経過時間の関係

形状や特徴の異なる 3 種類のシール材を用い、90 日間膨張応力試験および緩和応力試験を行った(図-4、表-1 参照)。各種シール材の短期止水試験の結果を図-5, 6, 7 に示す。長期止水試験と同様に膨張応力および緩和応力の経時変化を最小二乗法による曲線近似を行った。その結果、相関係数はいずれも 0.7 以上の高い相関係数が得られた。最終的な Type A~C の膨張応力は 4.943N/mm^2 , 2.464N/mm^2 , 3.345N/mm^2 に収束する結果となった。また緩和応力は 1.433N/mm^2 , 1.493N/mm^2 , 2.789N/mm^2 に収束する結果となった。この予測式を用いると、100 年後の界面応力は 4.509N/mm^2 , 2.043N/mm^2 , 3.130N/mm^2 であった。

4. まとめ

18.5 年のシール材の長期止水試験および各種シール材を用いた短期止水試験の結果から、水膨張性シール材の長期止水性能に関する以下の知見が得られた。

①18.5 年に及ぶ長期止水試験の近似結果から、90 日程度の試験データにより、100 年後のシール材の止水性能を予測することができると考えられる。

②短期止水試験の結果を用いて、シール材の種類によらず、界面応力を予測する近似式の設定が可能であった。

今後は短期止水試験の結果を活用し、長期止水性能の検証、およびゴムの化学的な経年劣化の検証が必要と考える。

参考文献

- 山元寛哲, 木村勉, 原田尚, 宮野真人: 高水圧下におけるセグメントシール材の長期止水性能について, 土木学会, 第 65 回年次学術講演会講演概要集 IV-243, pp. 485-486, 2010.

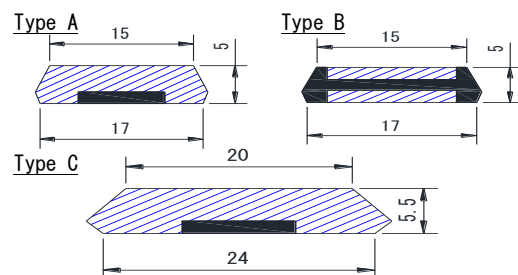


図-4. 各種シール材の形状

表-1. 短期止水試験の実験ケースの諸元

シール材	A	B	C
圧縮率(%)	40	40	40
シール材 断面積(mm ²)	86.5	86.5	132.3
シール溝 断面積(mm ²)	102	102	150.8
断面積比(%)	84.8	84.8	88
外圧(MPa)	1.0	1.0	2.0

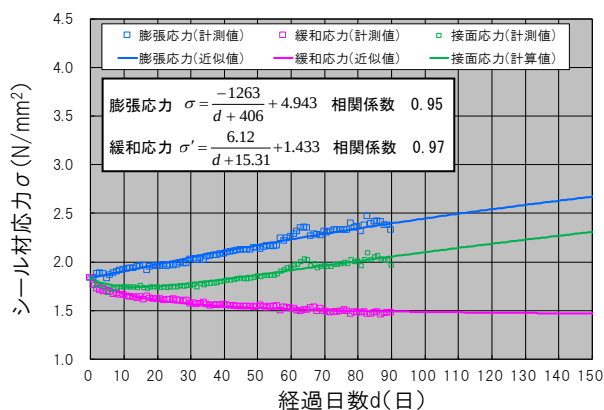


図-5 シール材 Type A の応力 (短期試験)

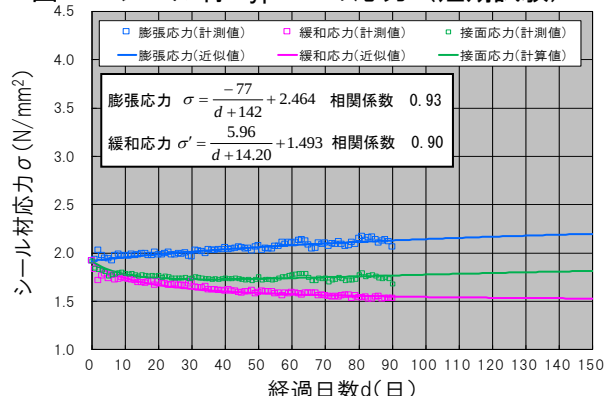


図-6 シール材 Type B の応力 (短期試験)

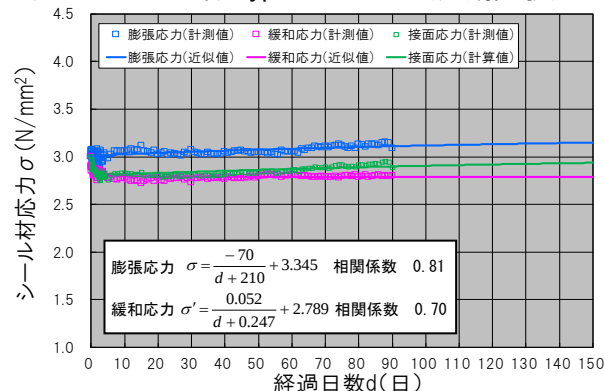


図-7 シール材 Type C の応力 (短期試験)