

### 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

榊大林組            正会員    ○山元 寛哲  
 同上                正会員    木村 勉  
 シーアイ化成(株)            原田 尚  
 同上                宮野 真人

#### 1. まえがき

近年のシールド工法の発展はめざましいものがあり、大深度や海底横断など高水圧下での施工が増えている。こうした中、品質向上とライフサイクルコスト低減の観点から、セグメントシール材の長期止水性能に対する重要性が高まっている。筆者らは、材料として「クロロプレングム+水膨張性樹脂（合成構造）」及び「親水性ポリウレタンゴム」をそれぞれ使用した2種類の高水圧対応シール材について、これまで10.5年の長期間にわたり止水試験を継続実施しており、シール材の長期止水性能を確認している。本文は、このうち「クロロプレングム+水膨張性樹脂」製シール材（以下 水膨張性シール材）の試験成果について報告するものである。

#### 2. 試験内容

##### (1) 目的

水膨張性シール材は、時間の経過とともに弾性反発力が低下し圧縮応力が緩和する一方、水膨張による圧力増加でこれを補い、長期に安定した止水性能を確保する（図1）。

高水圧条件においてもシール材がこの応力特性を保持し、長期経過後も初期と同等以上の止水性能を有することを確認するため、試験水圧0.6MPaでの長期止水試験を1999年9月より実施しており、現在も継続中である。

##### (2) 試験条件

試験片	水膨張性複合型シール材 「ピノンハイドロタイト」 (図2) 【材質】水膨張部：クロロプレングム+水膨張性樹脂 非膨張部：クロロプレングム		
試験治具	圧力変換器付き平面フランジ型治具 (図3 及び 写真1)		
接着方法	専用接着剤 (AT-G10) にて治具に貼付		
目開き量	0mm	目違い量	0mm
試験水圧	0.6MPa 加圧状態を保持		
試験水	水道水		

##### (3) 試験方法

1	専用接着剤を用いて試験片を試験治具に貼付し、1日養生を行う。その後、目開き量・目違い量それぞれ0mmで治具を組み立て、ボルトナットで固定する。
2	治具内部に水道水を注水し、エア抜きを行う。
3	水圧1.0MPaまで加圧・保持し、漏水の有無を確認するとともに、圧力変換器にてシール材圧縮応力の経時変化を計測する。計測は、シール材断面の「中央」、「内側」（水圧作用側）及び「外側」の3点に対して実施する。

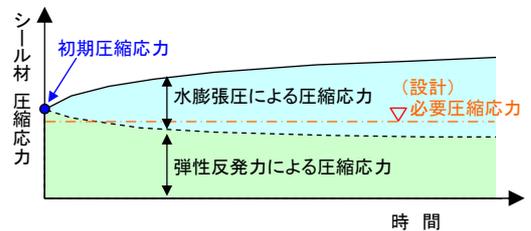


図1 水膨張性シール材の圧縮応力の経時変化イメージ

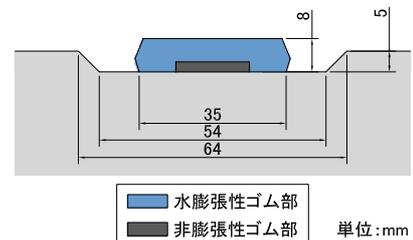


図2 シール材断面図

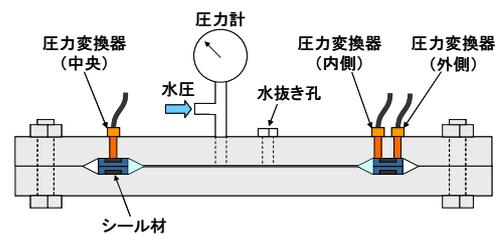


図3 試験治具概要図



写真1 試験実施状況

キーワード シールド, シール材, 止水, 高水圧

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 榊大林組 TEL : 03-5769-1318 E-mail : yamamoto.hiro@obayashi.co.jp

### 3. 試験結果及び考察

#### (1) シール材圧縮応力の経時変化

3点での計測結果のうち、最も圧縮応力の大きい「内側」(水圧作用側)の点における経過日数とシール材の圧縮応力との関係を 図4 に示す。初期圧縮応力 $1.40\text{N/mm}^2$ に対して、時間の経過とともに圧縮応力は緩やかに上昇しており、ゴム弾性の応力緩和を水膨張圧が補うことで、10.5年が経過しても止水性能を確保できていることがわかる。

また、さらなる時間経過後のシール材圧縮応力の推移について、最小二乗法による曲線近似を行って推定した。その結果、試験開始から100年後のシール材圧縮応力の推定値は $4.33\text{N/mm}^2$ (初期圧縮応力に対する有効率 309%)となり、100年後においてもシール材は十分な止水性能を有すると考えられる。

#### (2) シール材の断面位置による圧縮応力の違い

計測位置の異なる3点でのシール材圧縮応力の比較を 図5 に示す。圧縮応力は、シール材が水に触れている箇所に近い「内側」が最も大きく、「中央」、「外側」の順に小さくなっている。

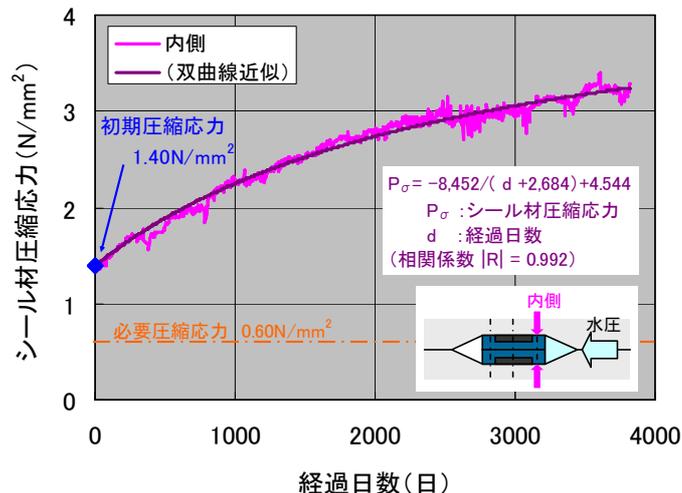
クロロプレンゴムと水膨張性樹脂を合成成形した水膨張性シール材は、材料として比較的透水しにくい特性を有している。この結果は、水の浸透程度によりシール材断面位置で水膨張反応に差があり、水に直接触れていない部分では未反応部分が残っており膨張圧が大きくなることを示している。すなわち、この水に直接触れない部分には応力緩和を補う水膨張の“余力”が残存しており、これが長期止水性能を確保できる要因の一つとなっているものと推察される。

また、この結果より、従来想定されていた水圧による膨張材の溶出は考えにくく、耐久性について問題ないことがわかる。さらに、水膨張性シール材のさらなる経済設計が可能であることを示している。

### 4. まとめ

過去に例のない10.5年の長期間にわたる止水試験を実施することにより、水膨張性シール材の長期止水性能に関する以下の貴重な知見を得られた。止水試験は今後も継続し、シール材の長期止水性能についてさらに検証していく所存である。

- ①0.6MPaの高水圧条件において、10.5年を経過した後も、水膨張性シール材の圧縮応力は初期値以上を確保しており、水膨張性シール材は止水性能を有している。
- ②水膨張性シール材の圧縮応力は時間経過に伴い緩やかな上昇傾向を示しており、将来100年後においても水膨張性シール材の止水性能は引き続き確保されるものと考えられる。
- ③長期水圧作用下でも、水膨張性シール材の断面位置によっては水膨張反応をしていない部分が残存し、将来的な止水性能を担保する要因の一つになっていると推察される。



【100年後のシール材圧縮応力 推定値】

$$\text{圧縮応力 } P_{\sigma 100} = -8,452 / (365 \times 100 + 2,684) + 4,544 = 4.33 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{有効率 } P_{\sigma 100} / P_{\sigma 0} = 4.33 / 1.40 \times 100 = 309 \%$$

$P_{\sigma 0}$  : 初期圧縮応力 ( $1.40 \text{ N/mm}^2$ )

図4 シール材圧縮応力の経時変化 及び 長期圧縮応力の推定

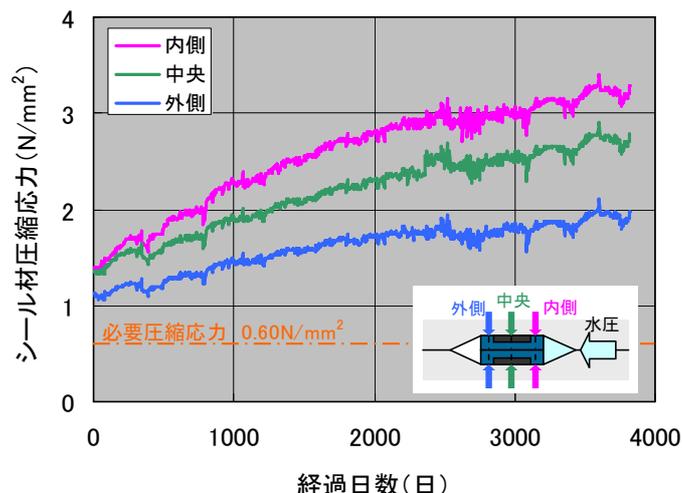


図5 計測位置によるシール材圧縮応力の比較