

III-91 高水密セグメント継手に関する実験的研究

東京電力㈱技術開発研究所 正会員 貝 沼 憲 男
日本シールドエンジニアリング㈱ 正会員 ○小 林 亨

1.はじめに 近年、東京圏における地中送電用洞道は地下鉄や下水道等の地下施設が錯綜し、占用深さが年々深層化の傾向にありシールドトンネルの止水が重要な課題となっている。本研究は、洞道の深層化による技術の確立と、二次覆工の省略等による建設費の低減をはかる研究の一環として、 6kgf/cm^2 程度の高水圧に対応できるセグメント継手構造ならびに一次止水を目的とするシールド材の基礎物性と機能について実験的研究を行ったものである。¹⁾

2.研究概要 止水性の良いセグメントは、真円に組立てることが重要であり、セグメント継手構造はこれに着目して実物大の鋼製セグメントを用い、図-1に示すように①Kセグメントトンネル軸方向挿入閉合方式（1リング組立）及び②リング間ホゾ付セグメント（3リング千鳥組）について載荷実験を行い、Kセグメントの落込み、目開き、目違い等の変形状について標準セグメントの実験結果と比較した。

高水圧に対応できるシールド材の必要性状を定めるには、物理的、力学的性質等の基礎物性を知ることは重要であるため、同一試験法による各種シールド材の基礎物性試験を行ない比較した。また、水を吸収して膨潤する水膨潤シールド材について図-2に示す測定装置を用いて水圧、圧縮率及びシールド材の種類をパラメーターとして実験を行ない拘束圧下における膨潤圧を測定した。

3.実験結果及び考察 (1)セグメント継手構造：図-3～4に示すように、Kセグメントの挿入方向の違いによる変形状は、軸方向挿入閉合方式の方がKセグメントの落込み量ならびにA-Bセグメント間の目開きも非常に小さいものであった。また、リング間ホゾ付セグメントは、3リングが一体となって変形しているため、図-5に示すようにホゾ無しの標準セグメントより、目開き、目違いが小さかった。この結果から、Kセグメントトンネル軸方向挿入閉合方式の採用とリング間にホゾを設けることで、従来の標準セグメントより真円度を高め、漏水の原因となる目開き、目

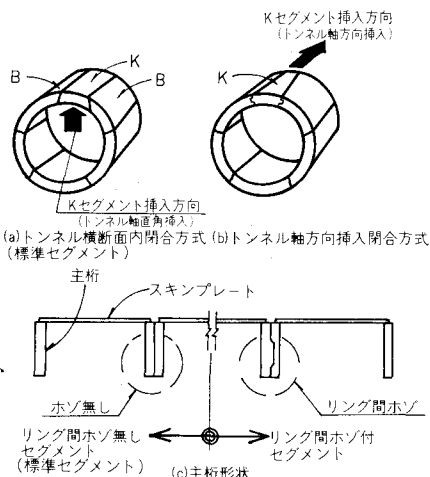


図-1 変形状確認実験用の供試体形状(外径φ2150)

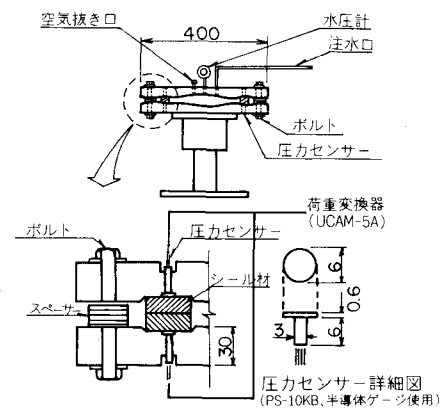


図-2 膨潤圧測定装置 単位mm

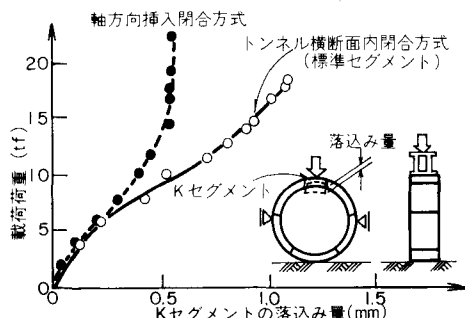


図-3 挿入方向の違いによるKセグメントの落込み量

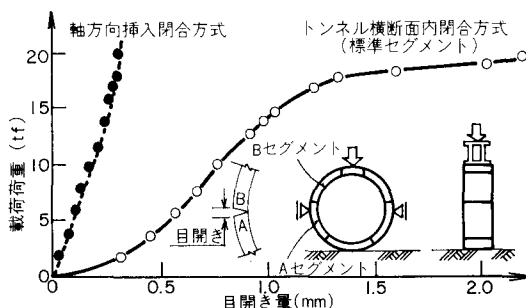


図-4 挿入方向の違いによるA-Bセグメント間の目開き量

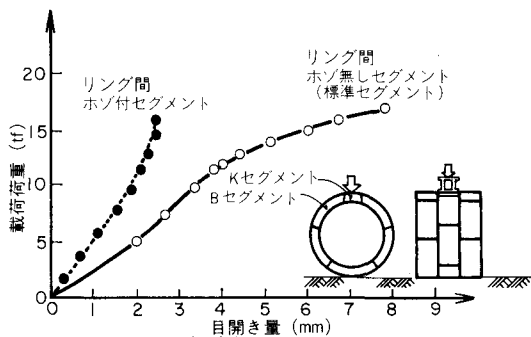


図-5 リング間ホゾの有無によるK-Bセグメント間目開き量

表-1 シール材の基礎物性実験結果

項目 シール材種類	硬さ Hs	引張強さ kgf/cm ²	伸び %	圧縮力 (kgf/cm ²)			圧縮永久ひずみ %	接着強度	
				20%	30%	50%		0 ^h	72 ^h
未加硫 ブチルゴム	10	8.3	1000	0.5	0.9	2.0	—	4.1	3.8
加硫 ブチルゴム	69	70.0	380	8.6	27.1	83.9	4.1	4.9	5.4
クロロ prene ゴム	69	70.0	220	10.7	19.5	64.4	5.7	2.7	2.3
水膨潤 シール材									
A 材	24	12.3	730	1.5	2.2	6.6	100	4.7	4.6
B 材	42	122.0	810	4.2	5.8	14.0	84	1.8	0.8
C 材	52	23.8	790	11.1	17.8	41.4	34	13.0	0.6
D 材	27	28.7	670	2.7	4.0	11.1	82	3.6	—
E 材	19	4.9	590	1.1	1.9	4.7	97	6.1	2.7

※1. シール材の破壊 (接着強度 単位 (kgf/25mm))

※2. シール材と接着剤の界面剥離のため測定不能

違いを少なくし止水性を高めることができるものと思われる。

(2) シール材の基礎物性ならびに止水機能：シール材の基礎物性値を表-1に示すが、未加硫ブチルゴムは他のシール材に比較し基礎物性は劣る。また、水膨潤シール材は種類によって異なるが、自由膨潤させたときの圧縮力は図-6に示すように、膨潤前に比較して非常に小さくなり、膨潤率の大きいものほどその低下率は大きかった。シール材の止水機能は、図-7に表わされるように $rPr > Pw$ が成立すれば漏水しないことになる。従来のクロロプレングムや加硫ゴム系のシール材は、目開きが大きく発生すると接面圧力 Pr が減少し漏水する。これに対して、水膨潤シール材は吸水膨潤により時間経過とともに体積膨張を起し、膨潤圧 Ps が加わり接面圧力が一定またはそれ以上に保持され止水効果を発揮する。これは、図-8に示す膨潤圧測定によって確認することができた。したがって、この止水機能から考えると水膨潤シール材は、膨潤前後で接面圧力 (反発力または弾性力) を発揮するものでなければならないことがわかる。

4. まとめ Kセグメントトンネル軸方向挿入閉合方式及びリング間ホゾ付セグメントの真円度に対する有効性を確認することができた。またシール材については未加硫ブチルゴム、加硫ブチルゴム、クロロプレングム、及び水膨潤シール材について基礎物性ならびに止水特性を明らかにした。

5. あとがき 水膨潤シール材は水を吸収すると何倍にも膨潤するが、水浸漬時間とともに物性が劣化するという性質をもっている。これは、シールドトンネル等で長年にわたって使用する場合、ゴム材の応力緩和特性と合わせて耐久性の問題があると思われる。今後は、実際のシールドトンネルへの適用を考慮して、これらについて検討する予定である。

6. 参考文献

- 1) 東京電力㈱技術開発研究所：地中送電用洞道に関する技術開発のうち高信頼度トンネル技術の開発に関する基礎的研究、昭和57年2月。
- 2) G.Girnau: Lining and waterproofing techniques in Germany, Tunnels & Tunnelling, April, 1978, PP.36~39.
- 3) 日本規格協会編：JISハンドブック、(財)日本規格協会 1978, PP.93~133.
- 4) 岩波、近森著：パッキン便覧、産業図書㈱、昭和41年11月、PP.135~136.

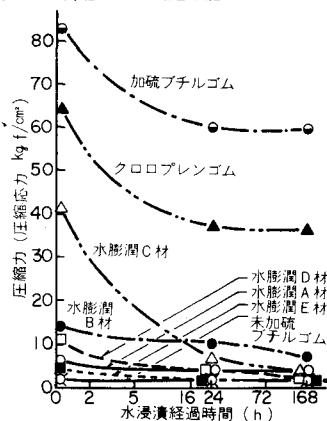


図-6 シール材の水浸漬後の圧縮力の変化 (圧縮率50%)

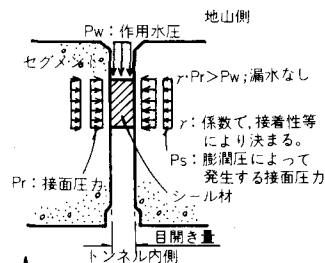


図-7 シール材の止水機能

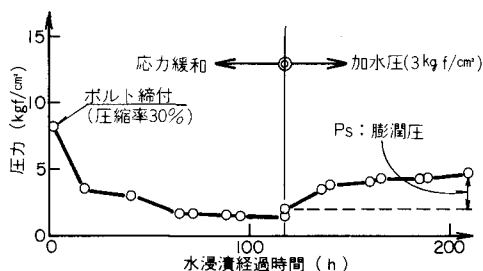


図-8 水膨潤シール材の膨潤圧測定結果