

III-50 東京湾横断道路トンネル可撓セグメント性能確認実験

日本道路公団 岡村秀樹 (社)建設機械化研究所 正会員 竹之内博行
 東京湾横断道路(株) 正会員 阿部廣二 (社)建設機械化研究所 国広卓夫

1. はじめに

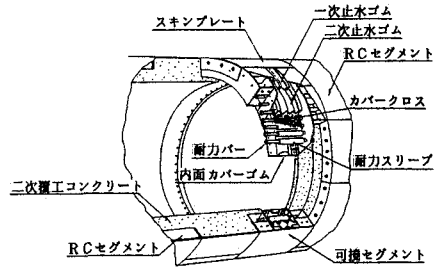
東京湾横断道路トンネルは、海面下約60mで延長9.5kmにわたり建設される外径13.9mの大規模シールドトンネルである。トンネルは海底下の軟弱地盤中に築造されるため、覆工は縦断方向に柔構造として、地震時および周辺地盤沈下時の地盤変形に追従できることが要求される。リング間の長ボルトや弾性ワッシャーでは十分な可撓性が得られない立坑取付け部では、耐力バー・スリーブ方式の可撓セグメントを使用することとしているが、既存の実験的研究や実績では確認できなかった下記項目について実験によりその性能を確認した。

- ① 設計水圧(6kgf/cm²)下での可撓性能と止水性
- ② 設計水圧以上の水圧(10kgf/cm²)下での止水性
- ③ 設計可撓量以上の変形が作用した場合の破壊挙動

設計可撓量は伸縮50mm, せん断100mmであり、要求性能はこれら伸縮とせん断とが同時に作動することである。

2. 構造概要

図-1に耐力バー・スリーブ方式可撓セグメントの概念図および止水ゴムの詳細図を示す。外部土水圧は耐力バーおよび耐カスリーブの鋼材が受持ち、止水は止水ゴムがその役割を担う構造である。なお、変位作動量が限界に達した場合は耐力バー(伸び, せん断)または耐カスリーブ(縮み)がストッパーとなる。



ゴム仕様 材質: CR(KC85)
 硬度: Hs 65
 補強布仕様 材質: ビニロン布(SFO 48717)

図-1 可撓セグメントの概念図および止水ゴム

3. 実験概要

供試体は表-1に示すように、部材(ゴム, 鋼材)は詳細設計で暫定的に決定された構造および仕様(材質, 断面形状)に一致させた。ただし、供試体の直径と分割数は実験規模を考慮して縮小した。

この実験では、図-2に示す装置により、①設計水圧(6kgf/cm²)まで加圧する止水性能試験、②水圧6kgf/cm²を保持した状態で設計可撓量まで作動させる作動性能試験、③水圧6kgf/cm²を3日間保持する長期止水性能試験、④水圧10kgf/cm²まで加圧する限界止水性能確認試験を実施するとともに、供試体の一部分を用いて⑤限界作動量(耐力部材が枠体に当たった状態)以上に作動させる破壊状況確認試験を実施した。

4. 実験結果と設計へのフィードバック

(1) 止水性

3.で示した試験①~④において漏水は確認されなかった。このことから、図-1に示す止水ゴムにより、十分な止水性が得られることを確認した。

表-1 実物と供試体の仕様

	実物セグメント	供試体
可撓セグメント形式	耐力バー・スリーブ方式	
可撓セグメント外径	φ13.9m	φ3m
セグメント分割	11等分割	6等分割
可撓セグメント幅	1.5m	1.5m
耐力バー, スリーブ本数	319本	54本
部 材 諸 元	枠体, 耐力バー, 耐カスリーブ, 止水ゴムの材質・形状は実物と供試体で同一	

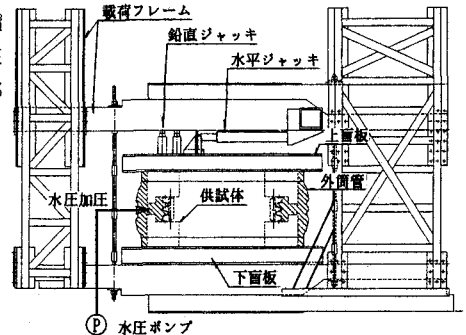


図-2 実験装置

(2) 作動性

試験②において、この可撓セグメントが水圧6kgf/cm²を保持した状態で図-3に示すように設計可撓量は全て支障なく作動することを確認した。また、これらの作動における作動抵抗力は実構造で想定される外力に対して十分に小さいものであった。

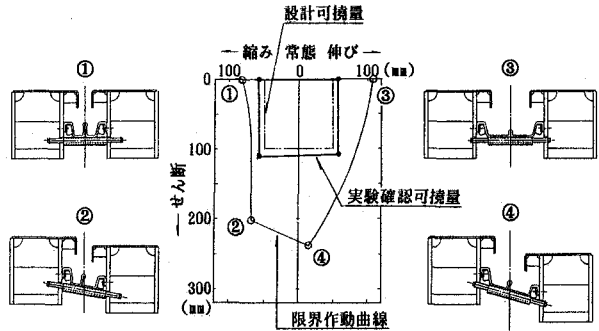


図-3 実験確認可撓量

(3) 鋼材の応力

図-4に水圧と耐力バーの応力の関係を示す。水圧により耐力バーに生じる応力は、水圧10kgf/cm²までの水圧に対して許容応力度以下で、設計計算値とよく一致している。同様に、耐カスリーブに生じる応力は上記水圧条件に対して許容応力度以下であったが、その値は設計計算値の約1/2であった。また、その他の鋼部材の応力度は、土水圧及び推進ジャッキ反力に対して設計されているため、すべて小さく特に問題となるような応力は生じなかった。

(4) 可撓セグメントの破壊状況および耐荷力

試験⑤から、せん断破壊の場合は耐力バーのボルト部が破断し、最大荷重は耐力バー1本当たり約10tfであった。よって、実物ではリング最大荷重が3190tfとなり、RCリングの最大せん断耐力1866tfより大きく、せん断耐力は十分であることを確認した。また、トンネル軸方向圧縮破壊の場合、実験治具の問題から供試体の終局状態まで確認できなかったが、耐カスリーブを支持している内主桁が破壊に至ることが推察された。

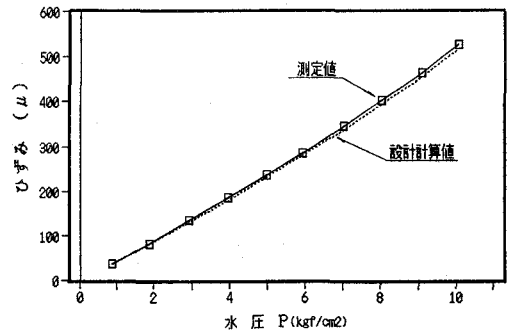


図-4 水圧と耐力バーの応力

(5) 止水ゴムの変形挙動

試験②から、止水ゴムの耐久性に問題が生じると考えられる以下の変形挙動が発生した。

- ・せん断変形を保持した状態で縮み変形を与えた時点で、止水ゴムがゴム受材と耐カスリーブとの間に噛み込まれた。これは、ゴム受材と耐カスリーブとの間隔が大きいために生じた。
- ・止水ゴム中央凸部、外圧側側面の耐カスリーブ支持部近傍で周方向に長さ30~80mmのシワが発生した。これは、止水ゴムが高圧で耐カスリーブに沿った周方向に波打つ様に変形するために生じたものである。

これらの実験結果を踏まえて、実物についてはゴム受材と耐カスリーブとの隙間を小さくすること、耐カスリーブの一部に鉄板を取付け、ゴム支持部を平坦とする等の対策を提案した。また、耐力バーの防蝕層(ダクロタイズド処理)が作動に伴い剥離することが認められたが、これに対しては腐食代で対応することを計画している。

5. おわりに

本実験を進めるにあたり適切な御指導を頂いた東京湾横断道路シールドトンネル検討会の今田徹委員長をはじめ委員の皆様、そして供試体の設計製作で御協力を頂いた関係者の皆様に感謝申し上げます。