

I-584

シールドトンネルの耐震性能に関するプレストレス導入効果

ー リング間にゴムを介在させたRCセグメント模型の軸方向交番載荷試験 ー

機関組技術研究所 正会員 脇田和試 正会員 松原勝己
同 上 正会員 平沢賢治 正会員 新井伸夫

1. まえがき

シールドトンネルの軸方向の耐震性能を向上させる方法として、シールドトンネル軸方向にプレストレスを導入することが考えられる。この方法によればシールドトンネルには導入プレストレスによって軸方向圧縮ひずみがあらかじめ導入されているため、地震時に継手部に発生する引張ひずみがこの圧縮ひずみ分だけ低減されることになる。筆者らは、このプレストレスの耐震効果をより有効に発揮させる手段として、セグメントリング間にゴムを介在させ、PC鋼棒を用いて1リングごとにプレストレスを導入する方法を検討している。¹⁾ 本報は、セグメントリング間にゴムを介在させたRCセグメント模型による軸方向交番載荷試験で検討したプレストレス導入効果を述べるものである。

2. 実験概要

図-1に実験で用いたRCセグメント供試体の形状寸法を示す。RCセグメント供試体は、想定した実大シールドトンネル¹⁾の2リング間から一次覆工の一部を切り出したものとした。セグメントの軸方向の幅および一次覆工厚をそれぞれ1500mm、650mmとして実大の想定シールドトンネルと同一にし、軸方向荷重に対し、実大構造物と同一の挙動が得られることを考慮した。

実験に際しては、リング間に施した溝にゴムを貼り付け、2本のPC鋼棒にそれぞれ17tf（PC鋼棒の降伏荷重は57.4tf）のプレストレスを導入し、38.5mm厚のゴムを8.5mm圧縮して（トンネル軸方向の平均ひずみに換算すると 5.7×10^{-3} ）、リング間のコンクリート面同士を面接触させた。さらに、ゴムの応力緩和がおさまった後、ジャッキ推進を模擬するために184tfの圧縮力を作用させ、これを解放させた後、軸方向交番載荷試験を実施した。図-2に載荷装置を示す。また、表-1に実験に用いたゴム、PC鋼棒、供試体コンクリートの諸元を示す。この交番載荷試験により、①PC鋼棒を用いてリング間のゴムに大きな圧縮ひずみを与えられること、②大地震を十分カバーする範囲の軸方向ひずみレベル（ 2×10^{-3} ）に相当する引張変位に対しても、リング間ゴムのひずみは圧縮領域内にあり、かつ高い圧縮反力を呈して高止水性能が期待できること、および、③この引張変位に対してもPC鋼棒の応力は降伏応力以下にあり、PC鋼棒の安全性が確保できることを確認することとした。主な測定項目は、供試体の軸方向変位、供試体間の目開き量、PC鋼棒の応力、ゴムの圧縮応力とした。

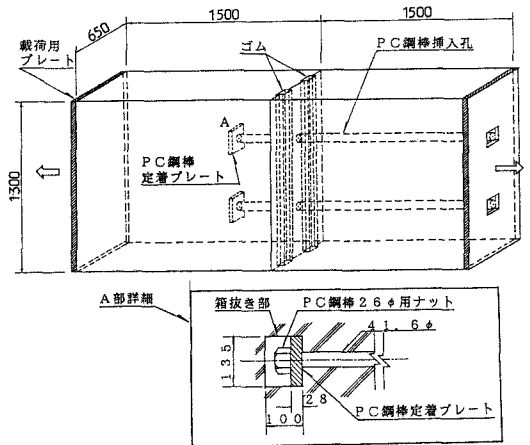


図-1 RCセグメント供試体形状寸法

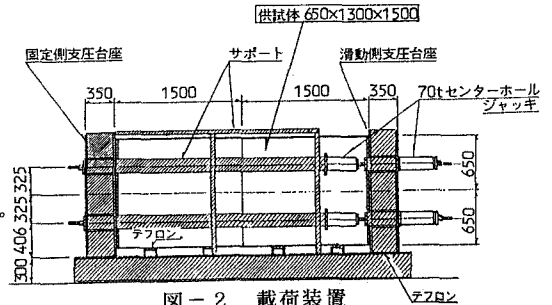


図-2 載荷装置

表-1 実験材料の諸元

	諸元
ゴム	・天然ゴム、・硬度=41°
PC鋼棒	・B径、φ=28.0、 $l=2184$ ・降伏応力=10500kg/cm ² ・弾性係数=2.075×10 ⁶ kg/cm ²
コンクリート	・一軸圧縮強度=434kg/cm ² ・静弾性係数=3.12×10 ⁶ kg/cm ² ・引張強度=32.4kg/cm ² (材齢28日時)

3. 実験結果

3. 1 荷重～供試体目開き量曲線

図-3に供試体の目開き量を示す。図-3の横軸のスケールにはシールドトンネル軸方向の平均ひずみも併記した。図-3より、 2×10^{-3} の軸方向平均引張ひずみに対応する目開き量は3mmとなり、プレストレスでゴムに与えられた圧縮変位8.5mmより十分小さな範囲に収まっている。このことから、プレストレスであらかじめシールドトンネルに導入された圧縮ひずみが、大地震時に周辺地盤から導入される引張ひずみを十分吸収することがうかがえる。また供試体目開き量はほぼ線形挙動を示し、残留目開き量はほぼゼロとなっている。

3. 2 荷重～PC鋼棒応力曲線

図-4にPC鋼棒の応力を示す。図-4より 2×10^{-3} の軸方向平均引張ひずみに対応するPC鋼棒の応力は 5400 kg/cm^2 となり、PC鋼棒の降伏応力 10500 kg/cm^2 以内に収まっている。このことから大地震時にもPC鋼棒の安全性が十分確保できることがうかがえる。なおゴムを8.5mm圧縮させた時のプレストレスによるPC鋼棒応力は 2908 kg/cm^2 となる。

3. 3 荷重～ゴム圧縮応力曲線

図-5にゴムの圧縮応力を示す。圧縮応力はコンクリート面にあらかじめ埋設した土圧計で測定した。図-6より 2×10^{-3} の平均引張ひずみに対応するゴムの圧縮応力は 4.9 kg/cm^2 となり、大地震時にも高い止水性を保持し得ることがうかがえる。なお、プレストレス導入時の圧縮応力は 9.5 kg/cm^2 である。

4. まとめ

今回の実験で以下のことが明かとなった。

- ① PC鋼棒によってセグメントリング間のゴムに大きな圧縮ひずみ（トンネル軸方向平均ひずみ 5.7×10^{-3} 程度）を、PC鋼棒の降伏応力を十分下回る応力（ 2908 kg/cm^2 ）で与えることができる。
- ② 大地震を想定した軸方向引張ひずみ（ 2×10^{-3} ）を、プレストレスで与えられた圧縮ひずみで十分吸収できる。また、ゴムは大きな圧縮反力を保持し、高い止水性能が期待できる。
- ③ 2×10^{-3} の軸方向引張ひずみが与えられた場合でも、PC鋼棒の応力は降伏応力以内に収まっており、PC鋼棒の安全性が確保された状態で所定の耐震性能を発揮する。

5. あとがき

今回の実験で得られたデータに基づいてシールドトンネル軸方向にプレストレスを導入する方法に関する設計法を確立する必要がある。

なお本研究は建設省総合プロジェクト「地下空間の建設技術の開発（地下構造物の耐震設計技術の開発）」に関する共同研究の一環として実施しているものである。

参考文献

- 1) 平沢、松原、脇田、新井；シールドトンネルの耐震性能に関するプレストレス導入効果 — PC鋼棒とゴムを用いた軸方向プレストレス導入方法について —、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第1部門、平成2年10月。

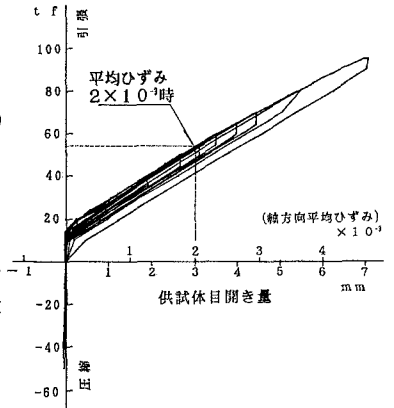


図-3 供試体目開き量

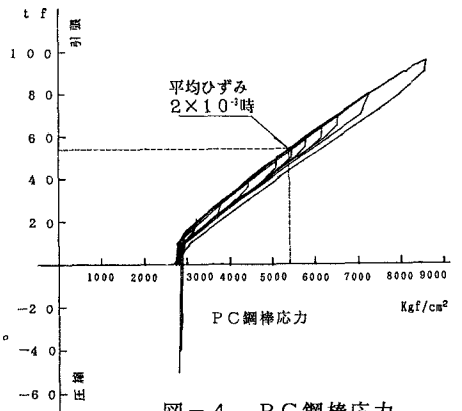


図-4 PC鋼棒応力

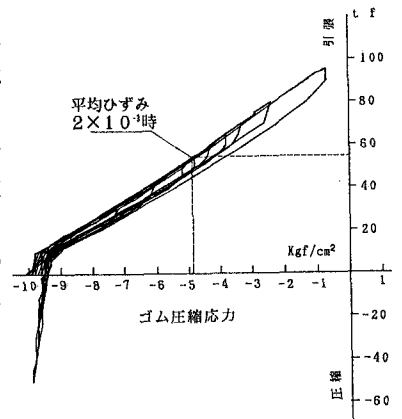


図-5 ゴム圧縮応力