

V-104

可撓性継手が沈埋トンネルの耐震性に及ぼす影響

首都高速道路公団 正会員 高 津 和 義
同 上 正会員 ○山 田 淳
同 上 正会員 大 崎 弘

1. はじめに 現在、いくつかの沈埋トンネルにおける函体相互の連結部には可撓性継手が採用されている。可撓性継手は一般に、ゴムガスケット、PCケーブル、 Ω 鋼板、せん断キーなどの組合せにより構成されており、この連結部の剛性の評価が沈埋トンネルの地震時の挙動の推定に大きく影響を与える。そこで、本研究では連結部の剛性評価のための資料を得ることを目的として実験を行った。実験は二段階に分かれ、第一段階では可撓性継手の基本的な変形性状を把握する目的で、沈埋トンネルをモデル化したはり供試体を用いて曲げ載荷とせん断載荷を行った。第二段階では、可撓性継手の地震時の挙動を見るために柱供試体を用いて準動的載荷実験を行った。

2. 実験方法 はり供試体の一般図と載荷状況を図-1に示す。基本となる供試体は、2つの長さ2mのI形断面のRCはりの間にゴムガスケットをはさみ、断面中央に通したPC鋼棒（以下PC鋼棒と記す）と断面下端の連結用PC鋼棒（以下連結鋼棒と記す）で連結した形状となっている。供試体の一覧とそれぞれの連結部の詳細を表-1に示す。実験の要因としては表-1に示すようにゴムガスケットの有無、ゴムガスケットの高さ、PC鋼棒による初期圧縮力、連結鋼棒の連結長とした。初期圧縮力は実構造物の水圧に相当するもので、基準とした6 ton はコンクリートの断面の圧縮応力度で 8.8 kgf/cm^2 、高さ0.5cmのゴムガスケットの圧縮ひずみでおよそ0.25に相当する。供試体数は曲げ試験用に9体、せん断試験用に4体の合計13体である。柱供試体は $30\text{cm} \times 40\text{cm}$ の長方形断面としフーチング上に1本立ち上げた形状とした。ゴムガスケットには硬度40°の硬質ゴムを幅2cmの带状にしたものを使用した。引張主鉄筋にはSD30AのD10を5本、連結鋼棒にはD種の $\phi 7.4$ を2本使用した。

3. 実験結果と考察 (1) ゴムガスケット 図-2に断面が $2\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、高さ0.5cmの硬質ゴムの応力-ひずみ曲線の一例を示す。この図よりゴムの材料特性の特徴としては、圧縮ひずみが小さいときと大きいときとで剛性が2桁以上も異なること、また、載荷時と除荷時では履歴曲線が大きくずれることがあげられる。ただし、ゴムの材料特性はゴムの形状や載荷装置へのセット方法、または載荷速度などの要因により大きく左右される。

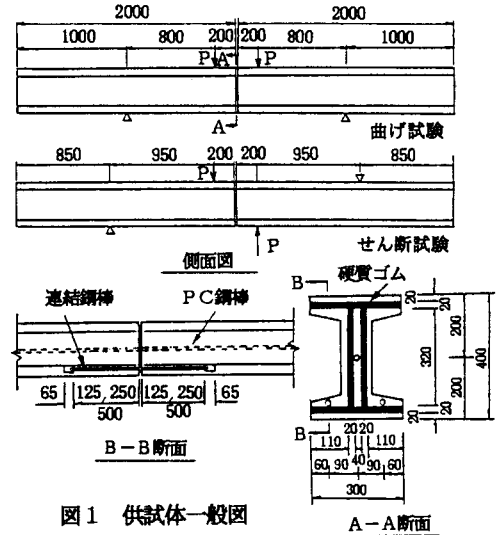


図1 供試体一般図

表-1 はり供試体一覧と連結部詳細

供試体 記号	ゴムガスケット	PC鋼棒による 初期圧縮力 (ton)	連結鋼棒の 連結長 (cm)
B-1	一体RC	6	
2	なし	6	50
3	幅2cm×高さ0.5cm	3	50
4	2×0.5	6	50
5	2×0.5	9	50
6	2×0.5	6	25
7	2×0.5	6	100
8	2×1.0	6	50
9	2×1.5	6	50
S-1	一体RC	6	
2	なし	6	
3	2×0.5	6	
4	2×0.5	9	

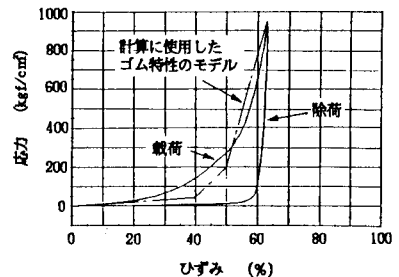


図-2 ゴムの応力-ひずみ曲線

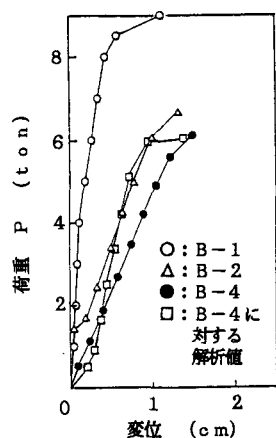


図-3 荷重-変位曲線 (1)

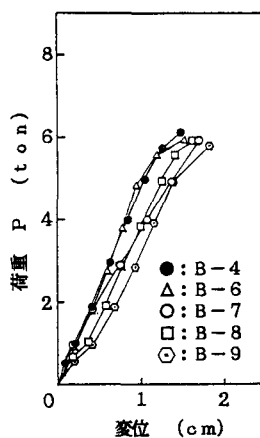


図-4 荷重-変位曲線 (2)

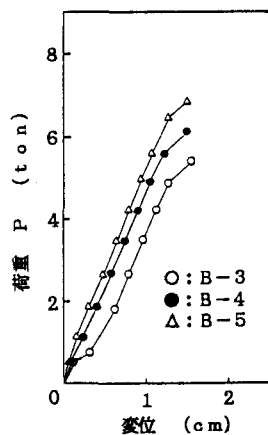


図-5 荷重-変位曲線 (3)

(2) 曲げ変形 図-3にB-1 (一体RC)、B-2 (ゴム無し)、B-4 (ゴム有りの基準) 供試体の荷重-変位曲線を示す。B-4 供試体の荷重-変位曲線を見ると、ゴムが非線形的材料特性を持っているにも拘らず、たわみはほぼ一定の剛性の傾きを示している。これは、ゴムが載荷前の初期圧縮力によりある程度の剛性のレベルにあること、供試体のスパン長に対するゴム部分の占める長さが非常に短いことによるものである。変形量は一体RC供試体のB-1に比べておよそ7倍を示しているが、この値は連結部とRCはり部との曲げ剛性およびコンクリート部分とゴム部分との長さの比から求まる値とほぼ対応している。B-2 供試体の荷重-変位曲線を見ると1.5ton付近で剛性が急激に変化しているが、これは、この時点で連結部が開いたためである。図-4にゴムの高さをそれぞれ1cmと1.5cmとにしたB-8、B-9 供試体の荷重-変位曲線を示す。2体とも連結部に開きが生じない低荷重レベル下では、B-4 供試体に比べてゴムの材料特性の影響を大きく受け剛性が小さく撓みやすくなっている。図-4に示すB-6、B-7 供試体は、連結鋼棒の連結長をそれぞれ25cm、100cmとしたものである。低荷重レベル下では連結部の剛性にあまり影響を及ぼさないが、B-7 供試体に見られるように高荷重レベル下で連結部が開き出すとPC鋼棒の剛性が連結部の剛性に占める割合が大きくなるので、連結長の影響が顕著となる。図-5は初期圧縮力の影響を比較したものである。B-3 供試体の場合、低荷重レベル下においては、軸圧縮力とゴム自体のヤング率がともに小さいので大きな変形を示している。

(3) せん断変形 せん断試験の結果よりゴムは非常にせん断変形しやすいことが確認された。一体RC供試体のS-1がせん断ずれを生じ始めたのが約20tonであるのに対して、S-3、S-4 供試体はおよそ0.2tonと1/100の値でせん断ずれが生じた。

(4) 準動的載荷試験 柱のつけ根部にゴムを配置した供試体に地震波を作用させて応答挙動を求めたが、ゴムのような非線形の材料特性を持つ部材の地震時挙動を把握するには、準動的載荷試験は極めて有効であることが認められた。

4. まとめ (1) 可撓性継手部を配置することにより沈埋トンネル函体の曲げ変形能力を著しく高めることができる。しかし、継手部の強度が函体部より小さくならないように配慮することが必要である。(2) 継手部はせん断変形しやすいので強固なせん断キーを配置することが必要である。

(3) 可撓性継手部を有する沈埋トンネル函体の挙動には影響要因が多いが、本研究で提案したモデルにより解析的に耐震性の検討を行うことが可能である¹⁾。

謝辞：本研究に対して昭和61年度吉田研究奨励金を授与されたことを付記し、謝意を表します。また、本研究は横浜国立大学に委託して行ったものであり関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) 池田、山口、萩原：可撓性連結部を有する部材の連結部剛性の評価に関する研究、第42回JSCE年講、vol. V、1987年