

I-511

沈埋トンネルの可撓性継手の変形特性に関する実物大実験

(社)建設機械化研究所 正会員 竹之内博行
 首都高速道路公団 正会員 高津和義
 首都高速道路公団 正会員 山田 淳

1. まえがき

首都高速道路公団が計画している多摩川および川崎航路トンネルの沈埋トンネル部は、沈埋区間長が1520mおよび1156.5m(昭和61年3月現在での計画)で、世界でも最大規模のものである。これらのトンネルの継手には、温度変化、地盤沈下および地震等に対処するため、図-1に示すようなばね式可撓性継手が用いられる。沈埋トンネルの設計、特に耐震設計においては、この可撓性継手の変形定数(ばね定数)の設定が重要な要因となる。通常、ばね定数は継手を構成している各部材の変形特性より算定しているが、既往の沈埋トンネルでの計測結果では、算定値と実測値が一致しない例も見られる。また、継手に関するこれまでの実験でも、各部材ごとの変形特性については縮尺模型および実物大での実験が行われているが、これらを組合せた継手構造全体としての挙動は確認されていない。本実験は、ばね式可撓性継手の静的および動的な変形特性を実物大の模型により把握することを目的として実施したものである。

2. 供試体および実験方法

この実験では、継手の圧縮部材(ゴムガスケット)および引張部材(PCケーブル)を対象として、これらの部材で構成されている継手の軸方向の変形挙動および各部材間の相互作用を把握した。供試体は図-2に示すように、額縁状のゴムガスケット、4本のPCケーブルおよびこれらを取付けて載荷するための2つの鋼製枠体で構成される。この供試体は、実構造では92.6mの継手延長を3mに縮小した部分模型であるが、各構成部材は実物と同等の大きさで力学的特性を有する。載荷には静的最大荷重±600tf、動的最大荷重振幅400tfの載荷能力を有する大型疲労試験機を用いた。載荷状況を写真-1に示す。実施した試験は、①ゴムガスケットの圧縮試験、②PCケーブルの引張試験、③継手の静的圧縮引張試験および④継手の動的圧縮引張試験の4種類である。①、②では、それぞれ単独での変形曲線を把握した。③、④では、ゴムガスケットとPCケーブル

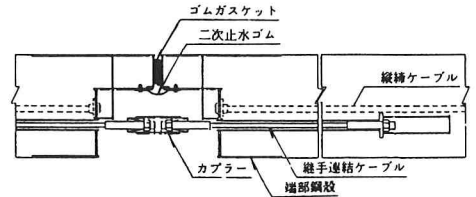


図-1 ばね式可撓性継手の構造

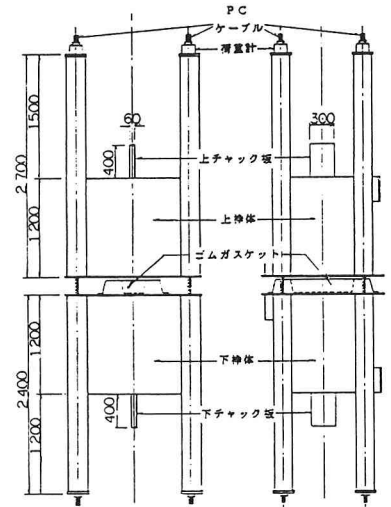


図-2 継手模型供試体

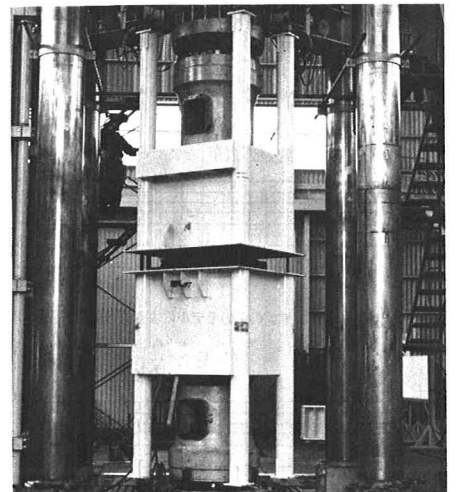


写真-1 載荷状況

ルを実際の沈設作業とほぼ同じ条件で結合するため、まず水圧による初期圧縮状態に相当する荷重200tf(67tf/m)を加えてゴムガasketを圧縮した後、PCケーブルを締結した。この状態を中心にして、引張方向には継手最大伸び30mm、圧縮方向には最大圧縮荷重300tf(100tf/m)の範囲で载荷を行った。④では、载荷速度0.25~1.0Hz、継手変位全振幅5~30mmの正弦波荷重を载荷した。

3. 実験結果

(1) 静的変形特性 図-3に本実験で得られたゴムガasketとPCケーブルの変形曲線およびゴムガasketの圧縮力とPCケーブルの引張力の内力の合計が外力に等しいという単純な重ね合せにより、それらの曲線から推定した継手の変形曲線を実測による変形曲線と比較して示す。これらがよく一致していることから、ゴムガasketおよびPCケーブルそれぞれの変形曲線が得られていれば、それらを組合せた構造のばね式可撓性継手の変形曲線も、重ね合せにより容易に求められることが確認された。

(2) 動的変形特性 測定結果の一例を図-4に示す。どの条件でも継手模型供試体の変形波形は入力波形とほとんど変らない正弦波であり、変動速度が試験条件程度であれば、継手変形の動的な応答性には問題がないことが確認された。ただし、初期圧縮状態よりもさらに大きな圧縮荷重が作用すると、PCケーブルにゆるみと緊張が繰返されて振動するので注意を要する。本実験で対象とした沈埋トンネルの耐震設計では、継手が水圧による初期圧縮状態から引張方向へ30mm変位するときのばね定数を用いて解析を行っている。これを基本ばね定数と呼ぶ。一方、動的ばね定数は動的変形曲線の割線勾配として定義される。動的ばね定数については、1)初期圧縮荷重と継手の変形量によって変化し、変動の範囲が高圧縮側になるほど大きくなる、2)変動の範囲がPCケーブルにゆるみが生じる領域にまで達すると逆に小さくなる。3)周波数の影響はほとんど受けない、などの傾向が確認された。また、基本ばね定数に対する動的ばね定数の比は1.03~1.54で、両者には大差はなかった。

4. まとめ

実物大の継手模型供試体によりばね式可撓性継手の静的および動的な変形特性を把握し、これまでの耐震設計で用いてきたばね定数の算定方法が妥当であることを確認した。

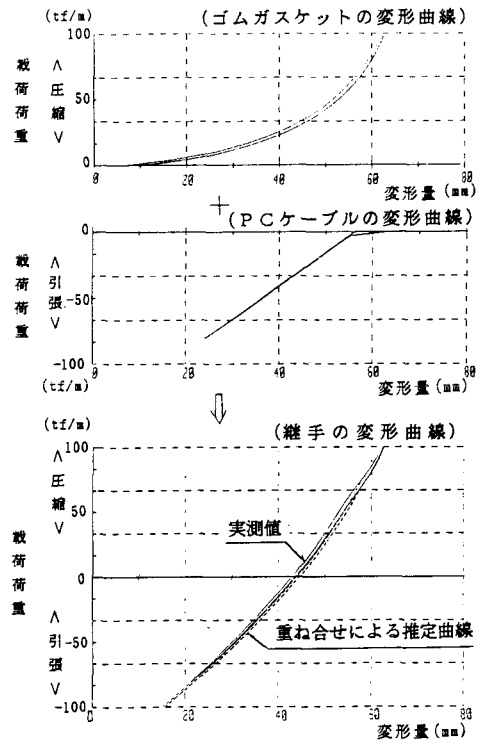


図-3 継手の静的変形特性

試験条件 周 波 数: 0.25 Hz

変 位 全 振 幅: 30 mm

荷重範囲(実測値): -37.7~100.2tf

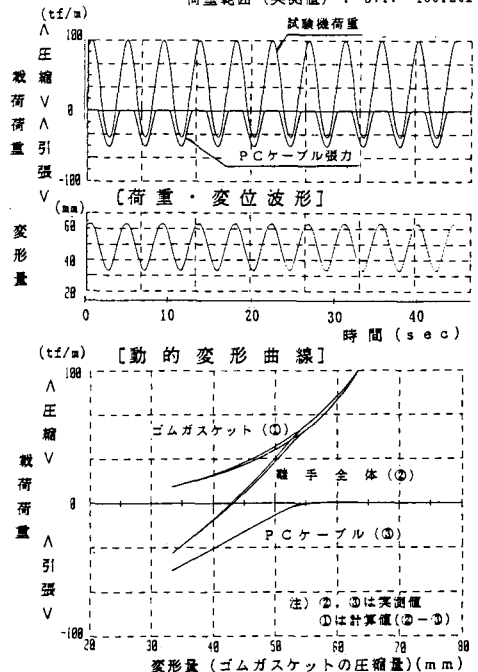


図-4 継手の動的変形特性