

I-B 441

沈埋トンネル用の鋼製柔継手の力学特性

神戸製鋼

正 浜崎義弘

運輸省港湾技術研究所 正 清宮 理

運輸省第三港湾建設局 正 中島由貴

新日本製鐵

正 木村秀雄

1. まえがき

地震や地盤の不等沈下により沈埋トンネル本体に生じる断面力を低減するために、沈埋トンネルの接合部には柔継手が用いられる¹⁾。柔継手として従来から、ゴムガスケットとPCケーブルからなる構造が一般的に用いられている。接合部には、水圧接合時や地震時などに大きな圧縮力が作用するため、ゴム材を使用する際には、耐荷力や動的な安全性に十分な検討が必要とされる。また、50～100年と使用されるため、長期間にわたる力学的かつ化学的性質の変化に関する検討も不可欠である。

そこで、強度が高く材質への信頼性の高い材料の一つとして、図-1に示す鋼製の板ばねを用いた圧縮方向に対する柔継手を開発した。今回、この板ばねの基本的な力学試験を行ったので報告する。

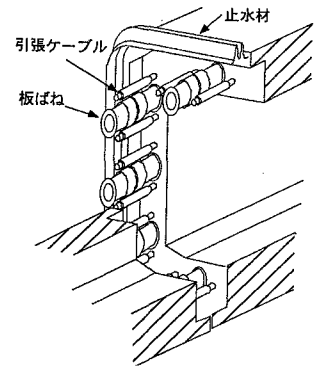


図-1 沈埋トンネルの接合部

2. 鋼製柔継手の構造

板ばねによる柔継手には、十分な耐荷力と所定の变形性能が求められる。設計荷重に対して板ばねが弾性域内にあり、かつ变形性能を確保するために図-2及び図-3に示すような、凹板、凸板及び平板で構成される板ばねを開発した。板ばねは、周辺単純支持の状態ですべて中央部分で荷重を受ける。荷重が小さい状態では凸板と平板との接触面積が小さいため、全体剛性が低く圧縮変形量が多い。荷重の増加に従い、凸板と平板との接触面積が徐々に大きくなり、最終的には平板の变形形状が凹板、凸板の形状と一致する。今回は、従来用いられているゴムガスケットの初期接合時のつりあい点以降の特性と、同じ性能を目標にして構造を設定した。

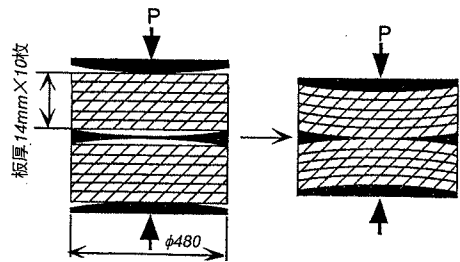


図-2 板ばね継手の構造(B-type)

3. 実験および解析方法

①静的載荷実験、②繰り返し載荷実験及び③偏心載荷実験を行い、基本的な履歴性状、耐震性能及び偏心荷重の影響について検討を行った。容量500tonfの油圧ジャッキを用いて鉛直方向に静的載荷を行った。計測項目は載荷荷重および継手全体の変位、円板内のひずみである。供試体は実物大とし、

A-type:板厚 $t=14\text{mm}$ 、枚数 $n=14$ 、目標最大圧縮変形量 $\delta_{\max}=13\text{mm}$ (ゴムガスケットと同等)

B-type:板厚 $t=14\text{mm}$ 、枚数 $n=10$ 、目標最大圧縮変形量 $\delta_{\max}=20\text{mm}$ (ゴムガスケットの約1.5倍)の2種類製作した。材料は、HT80($\sigma_y=70\text{kgf/mm}^2$)を用いている。

また、板ばねの応力と変形状態を調べるために、有限要素解析を行った。材料は線形とし、凹、凸板と平板との間の接触領域の変化を考慮する必要があるため、接触問題として解析を行っている。

4. 結果と考察

静的載荷実験の結果を図-4に示す。また、図-5ではゴムガスケットの特性と比較している。なお、縦軸は

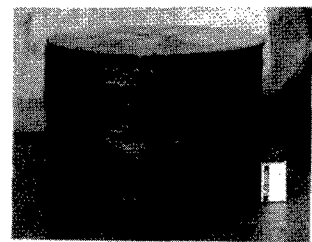


図-3 板ばね継手(B-type)

周長81.2mに36個の板ばねを配置するとしたときの単位長さ当たりの荷重を、横軸は本板ばねを2個直列に使用するとして変形量を修正している。両供試体とも、接触面積の変化に伴う非線形挙動を示している。ゴムガスケットの荷重-変位曲線に対して、A-type はよく対応しており、B-type は変形能が大きい結果となっている。板間の摩擦などの影響によりヒステリシスを描いており、地震時のエネルギー吸収も期待できる。また、円板の中央部（最も応力の高い部位）の応力を図-6 に示す。最大値は 62 kgf/mm^2 であり、 σ_y を下回っており、材料が弾性範囲であることが分かる。さらに、有限要素法による解析結果と比較すると、非線形挙動や応力値など非常に良い対応を示しており、解析により十分な特性の推定が可能であることが分かった。

供試体 A-type の繰り返し載荷試験の結果を図-7 に示す。100回の繰り返し載荷を行っているが、挙動にはほとんど変化がみられない。また、最大荷重に対する疲労寿命を S-N 曲線から推定すると、約 7×10^4 回であり、十分な耐震性と疲労性能を持っていることが分かる。

供試体 A-type の偏心載荷実験の結果を図-8 に示す。偏心量は30mm および 60mm である。偏心量が増え、ばね定数が若干大きくなる傾向があるもののその量はごくわずかで、全体の挙動に与える影響はほとんどないと言える。

5. 結論

今回、ゴムガスケットと同様な荷重-変位曲線を持つ板ばね構造の継手を開発した。設計荷重に対して鋼材料は弾性域内にあり、また繰り返し荷重に対しても安定したヒステリシスカーブを描いた。偏心荷重の検討結果を含め、十分沈埋トンネルの柔継手に適用が可能と判断された。今後、実際の沈埋トンネルに適用する際の施工性、耐錆対策などを検討する予定である。

[参考文献]

- 1) 清宮ほか3名: 沈埋トンネル柔継ぎ手の載荷試験, 構造工学論文集, Vol.39A, 1447-1456, 1993.

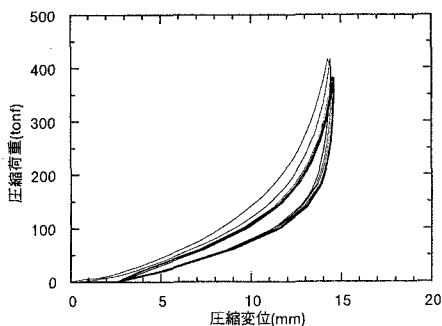


図-7 繰り返し載荷試験結果

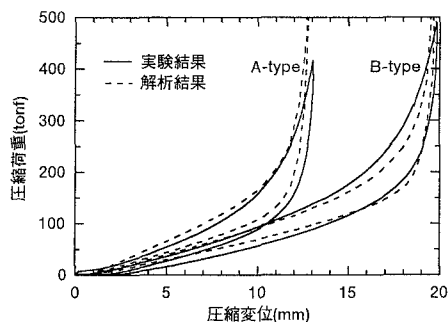


図-4 静的載荷実験結果

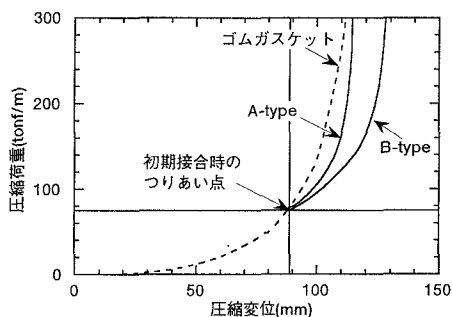


図-5 ゴムガスケットとの特性比較

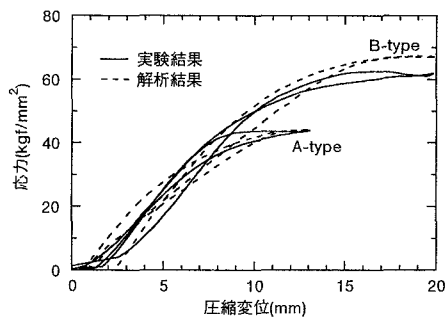


図-6 円板中央部の応力

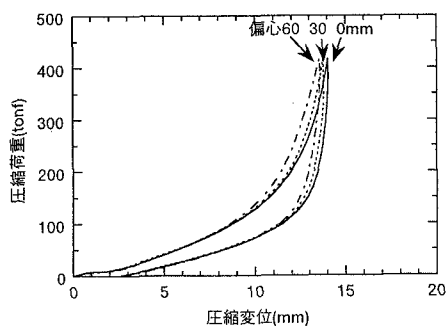


図-8 偏心載荷試験結果