

VI-314

沈埋トンネルの柔継手部のゴムガスケットの設計方法

横浜ゴム㈱(港湾技研研修生) ○ 島ノ江 哲
運輸省港湾技術研究所 清宮 理

1. はじめに

地震や地盤の不等沈下により沈埋トンネルの函体に生じる大きな断面力を低減するために、沈埋函間に柔継手が設置される。また周囲が水底下にあることから止水性の確保も求められる。柔継手の構成要素であるゴムガスケットは50~100年と使用されかつ設置後は取り替えも容易でない。このためゴムガスケットの設計では、大きな断面力に対して強度と変形性能を照査するとともに、長期間にわたる力学的性質の変化を考慮する必要がある。今回は軟弱な地盤で水深が比較的浅く地震力が大きな地点に建設される沈埋トンネルを対象にゴムガスケットの試設計を行いゴムガスケットの問題とその解決方法について考察を行う。

2. 沈埋トンネルの柔継手部の構造

沈埋トンネルの柔継手部の構造を図-1に示す。柔継手はゴムガスケットとP Cケーブルにより構成される。ゴムガスケットは主に圧縮力に対し、P Cケーブルは引張力に対して抵抗する部材である。またゴムガスケットは止水機能も求められているが、万が一を想定してオメガ型の二次止水ゴムが取り付けられている。

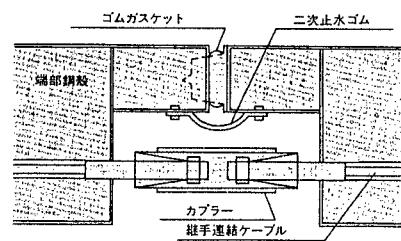


図-1 継手部の構造

3. 柔継手部に作用する荷重と変形

柔継手部には主に水圧接合時、地震時に生じる軸力、曲げモーメントにより変形が生じる。この他にも地盤の沈下、偏土圧、温度変化および乾燥収縮による函体の伸縮により荷重が作用し変形が生じる。加えてゴムガスケットは周囲より水深に比例した静水圧を受ける。ただし一般的には地震時の断面力が支配的となる。今回の試設計において、この断面力を多質点系モデルによる動的応答計算法より得た。柔継手のばね定数と地震時の柔継手の変形量および軸力の関係を図-2、3に示す。今回の検討によるとゴムガスケットには過去の事例より大きな変位量と軸力が与えられる。ただし、ばね定数の値がこれら諸量に与える影響度は小さい。

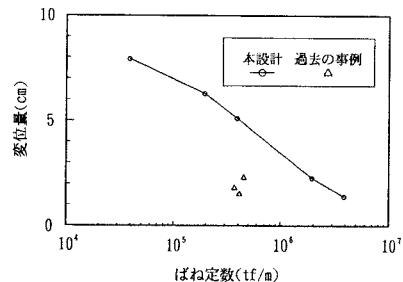


図-2 ばね定数と変形量の関係

4. ゴムガスケットの耐荷力と変形

一般に沈埋トンネルでは施工時に $100\text{ t f}/\text{m}$ 、地震時に $300\text{ t f}/\text{m}$ 程度の圧縮荷重が与えられる。ゴムガスケットの耐荷力は特に規定されてはいないが、この荷重で破壊しないものとする。載荷試験によると最大で $1000\text{ t f}/\text{m}$ の耐荷力が確認されている。今回検討に用いた改良ジーナ型のゴムガスケットを図-4に示す。従来のゴムガスケットより背を高くし肩を削っている。このゴムガスケットの載荷試験から得られた荷重変位曲線を図-5に示す。

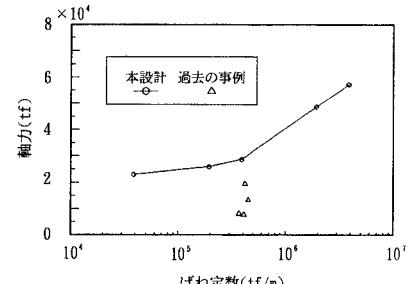


図-3 ばね定数と軸力の関係

5. 止水性

止水に対するゴムガスケットの設計圧縮量は次式により求める。

$$\text{設計圧縮量} = \text{初期変形量} - \text{沈下による変形量}$$

　　- ばらつき量 - 偏土圧による変形量

　　- 温度変化・乾燥収縮による変形量 - 地震時変形量

ここで、初期変形量：水圧接合時のゴムガスケットの変形量

ばらつき量：ゴム材料の硬度および温度に関するばらつき量と函体端部鋼殻の製作精度の合計

この設計圧縮量のときのガスケットの上端における接面応力を求め、止水性を次式により照査する。

$$\text{作用水圧} \leq \text{接面応力} / \text{安全率} (= 1, 2)$$

止水性の評価方法の概念図を図-6に示す。ここで図中の設計量が止水の確保のための許容変位量である。施工時の止水性は載荷曲線を地震時の止水性は除荷曲線を用いる。接面応力は圧縮力を接面断面積で除して求める。この際ゴムガスケットの劣化を考慮した補正曲線を使用する。劣化項目は永久変形量と応力緩和率で100年相当を考える。永久変形量とはゴムガスケットが圧縮を受けた状態で劣化により生じる圧縮量の戻りの低減量であり、ゴムガスケット本体の高さの15%を用いている。また応力緩和率は20%を用いている。

6. 試設計の結果

試設計に用いたばね定数およびその結果を表-1に示す。この設計圧縮量に対する補正曲線より得られる接面応力では止水の照査式を満たさない。本体高さにして約60mm止水の確保の上から不足している。試設計の条件において、従来のガスケットのタイプは不適切である。このため背が高く柔らかい新形式のゴムガスケットが求められる。

7. 結論

ゴムガスケットの設計法を提示したが、地震外力が大きく、水深が浅く、かつ完成後の地盤変形が大きい場合には従来のゴムガスケットでは設計が難しい場合がある。大変形用のゴムガスケットや止水性能と強度特性を分離した新形式の柔軟手の開発が必要である。

(参考文献) 清宮理、田邊源吾：沈埋トンネル接合部のゴムガスケットの基本的な力学試験と有限要素法解析、港湾技研資料、No. 798, 199

5, March, 25p

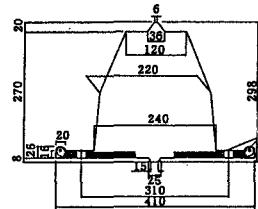


図-4 ゴムガスケット

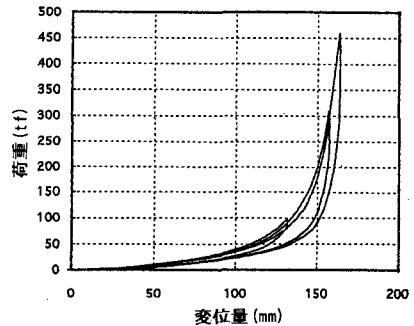


図-5 荷重変位曲線

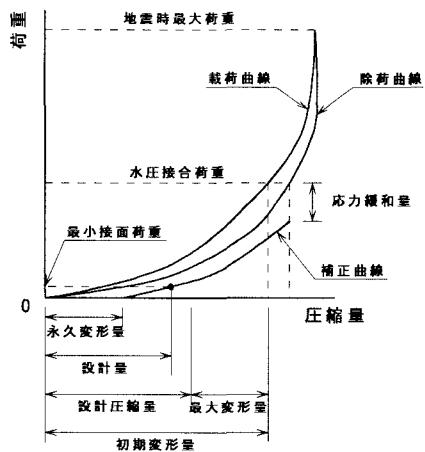


図-6 止水性評価方法の概念図

表-1 試設計の結果

項目		設計値
ばね定数	引張	$3.5 \times 10^8 \text{ tf/m}$
	圧縮	$3.5 \times 10^8 \text{ tf/m}$
	回転	$4.9 \times 10^7 \text{ tf\cdot m/rad}$
水圧接合荷重		38 tf/m
最大変形量		97 mm
初期圧縮量		99 mm
輪力	引張	$2.81 \times 10^4 \text{ tf}$
	圧縮	$2.54 \times 10^4 \text{ tf}$
曲げモーメント		$6.73 \times 10^6 \text{ tf\cdot m}$
永久変形量		41 mm
設計量		58 mm
接面応力		0 tf/mm^2