

VI-30

沈埋トンネル接合部の新形式ゴムガスケットの耐久性試験

運輸省港湾技術研究所 正会員 ○ 清宮 理
同 上 田邊 源吾

1. まえがき

地震や地盤の不等沈下により沈埋トンネル函体に生じる大きな断面力を低減するために図-1に示す柔継手が設置される。柔継手にはゴムガスケットとPCケーブルが使用されるが、ゴムガスケットは主に圧縮力に対して抵抗する構造部材である。また止水機能も保持している。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。このため長期間にわたる力学的性質の変化に関する検討も不可欠である。今回従来より水深が深くかつ地震力も大きな地点に建設される沈埋トンネルを対象に、耐荷力と変形性能に優れたゴムガスケットを開発する目的で3種類のゴムガスケットを選定して耐久性試験¹⁾を行ったので報告する。

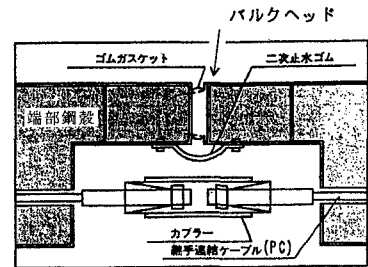


図-1 沈埋トンネルの継手

2. ゴムガスケットの形状と材質

従来ジーナ型のゴムガスケットが広く沈埋トンネルに使用されてきた。この形式よりさらに変形性能を得るために開発されたのが図-2に示す3種類のゴムガスケットである。今回試験に用いたガスケットは、縮尺1/2、長さ50cmの供試体である。改良ジーナ型とホルン型は天然ゴム、シュテルン型は合成ゴムである。

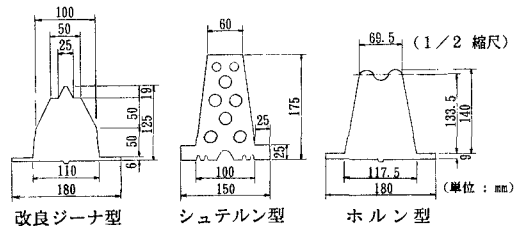


図-2 新形式ゴムガスケット

3. 応力緩和試験

ゴム材は、長期間にわたり持続荷重を受けると初期の接触圧力が低減する。これはゴム材の酸化作用などによる劣化によるものである。アレニウスの化学反応速度論的な考え方によると、温度が高いほど劣化が促進される。ゴム材を各種温度にある一定期間放置し、近似的に温度と劣化速度の関係を求め、ゴムガスケットの使用温度での劣化寿命を推定する。使用温度として20度、劣化寿命として100年を設定する。水压接合時の初期荷重に相当する圧縮量をゴムガスケットに導入する。試験最初の導入荷重は、25tfである。長さ50cm、幅30cm、板厚2.4cmの2枚の鋼板の間に模型のゴムガスケットを置き、PC鋼棒6本を用いて油圧ジャッキにより載荷を行う。所定の圧縮量の位置でPC鋼棒のナットを固定する。鋼板に取り付けたロードセルと鋼板とゴムガスケット間に設置した圧力変換器(1台)で接触圧力の変化を計測する。圧縮量を導入した状態で恒温室の中に放置し、この荷重と圧力の変化を計測する。設定した環境温度は、60度、70度及び80度である。試験体の総数は15体である。

4. 永久変形量試験

永久変形量試験の方法は、応力緩和試験とほぼ同様である。一定圧縮量の基に劣化促進させある期間ごとに荷重を取り除きゴムガスケットの高さの変化から100年後の永久変位量を推定するものである。ゴムガスケットに与えた初期荷重は25tfでこの圧縮量で固定する。この状態で恒温室に放置する。設定した環境温度は70度である。測定項目はノギスによるゴムガスケットの高さのみである。測定時に載荷治具を取り外し、測定後もとの圧縮量に戻す。

5. 試験結果 応力緩和率(ρ)の定義は、次式で示される。

$$\rho = P_i/P_o \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここで P_i : 経過日数後のロードセルの荷重値

P_o : 初期荷重 25 t f のときのロードセルの荷重値

図-3に改良ジーナ型での応力緩和率の経日変化を示す。時間が経つとともに応力緩和率は、小さい値となった。環境温度が高いほど応力緩和率の低減は、大きくなった。また硬度が応力緩和率に及ぼす影響は顕著ではないが硬度が大きいほど応力緩和率は低下した。ゴムガasketの設計では、100年後の応力緩和率が80%になったときに劣化が進行したと定義している。このときの経過日数と環境温度との関係を整理したものを図-4に示す。沈埋トンネル内の温度を20度と仮定してこのときの応力緩和率が80%での経過時間を60度、70度及び80度の3点から外捜して求めると約 e^{15} 時間(373年)となる。

永久変形量は、ゴムガasketの長さの変化から求め、次式により永久圧縮変形率を定義した。

$$\text{永久圧縮変形率} = (\text{初期の高さ} - \text{経過後の高さ}) / (\text{初期の高さ}) \times 100\% \quad (2)$$

図-5に3本の改良ジーナ型ゴムガasketの長さの経日変化を示す。劣化促進初期に大きな変形を示しその後ほぼ一定の高さの変化状態となった。57日経過した時点で各種のゴムガasketで20mmほどの高さが減少した。この高さの変化から得られた永久圧縮変形率と経日変化の状況を図-6に示す。測定を行った1日、14日などの値を外捜して100年後の永久圧縮変形率を求めた。改良ジーナ型では15.5-20%、シュテルン型では5-10%、ホルン型では約15.5%であった。JISに定められている方法での永久圧縮変形率は、ジーナ型とシュテルン型で約8%、ホルン型で10%であった。従って小さな試験片による値よりも今回の試験体の方が大きな永久圧縮変形率を示したことになる。またゴムガasketの設計では、100年後の永久圧縮変形率を15%と設定しているがこの値よりもジーナ型とホルン型に関して試験値の方がやや大きかった。

6. 結論

(1) 環境温度60度、70度及び80度での加熱による促進試験の結果から100年後の応力緩和率は、いずれの試験体でも80%以上あった。寿命として約300年が推定された。

(2) 環境温度60度、70度及び80度での加熱による促進試験の結果から、永久圧縮変形率は、改良ジーナ型で15.5-20%、シュテルン型で5-10%、ホルン型で約15.5%であった。小さな試験片による値よりも今回の試験体の方が大きな永久圧縮変形率を示した。

参考文献) 清宮理、佐藤正一：沈埋トンネル柔継手部の新形式ゴムガasketの基本的な力学試験、構造工学論文集, Vol. 41A, pp. 103-111, 1995, 3.

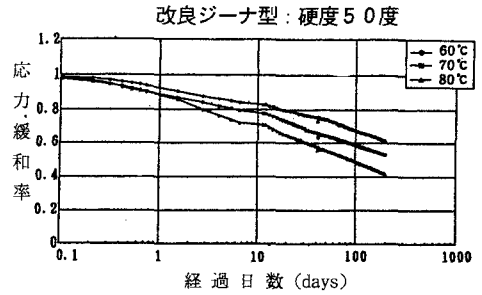


図-3 改良ジーナ型の応力緩和率の経日変化

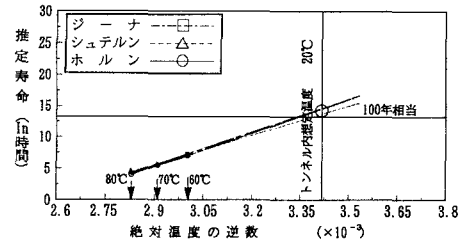


図-4 経過日数と環境温度との関係

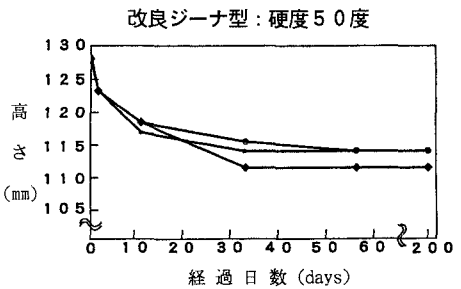


図-5 ゴムガasketの高さの経日変化

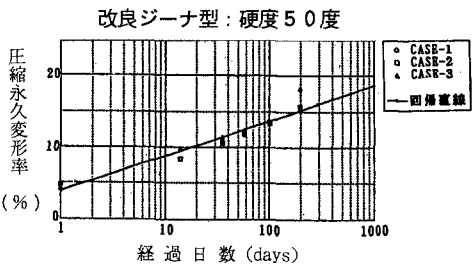


図-6 永久圧縮変形率の経日変化