

大水深に適用する沈埋トンネル継手の破壊実験

大成建設○正会員 金子研一 フェロー 平野逸雄
大成建設 正会員 土屋正彦 木村政俊

1. はじめに

昨年度の報告（参考文献1）で、水深 60m の沈埋トンネルを設計するにあたり、函体の端部に設置するゴムガスケットは水压接合にだけ利用し、函体間は剛結合にすることを推奨した。地震あるいは地盤の変形に対しては、別途、可撓性継手を設ける。これにより、高さ 148mm と背の低いガスケットを採用でき、横倒れの危険性を小さくできる。しかし、水深 60m での施工例が無いため、1992 年 8 月の川崎航路トンネルでのゴムガスケット（本体部の硬度 40 度、ノーズ部 33 度、高さ 200mm）の破損事故の記憶から耐久性に対し、不安視する声があった。これを払拭するために、実大規模の試験体を用いて破壊荷重を確認する実験を行ったのでここに報告する。

2. 実験の目的

実験の目的は、事故以後、国内において生産されているゴムガスケットの耐力を確認することである。当時と異なり、ノーズ部を本体部より柔らかくする構造はやめ、ジョイント部のゴム成分はイオウ分を 2.0% から 1.33% に減らして製造している。

破壊の形態として以下の 2 点が予測され、試験方法に反映させた。

本体部あるいは継手部が圧縮荷重に起因して破壊する。

本体部あるいは継手部が圧縮と同時に横荷重を受けて倒れ、さらなる圧縮荷重で破壊する。

3. ガスケットの耐久性実験

(1) 試験体

形状：高さ 148mm、幅 190mm、ノーズ高さ 50mm、ジーナ型

試験体の長さ：1000mm

材質：天然ゴム 硬度 50 度（本体、ノーズ共）、ビード付き、フランジ部をナイロン布で補強

種類と数量：本体部（接続のないもの）1 体（番号；NJ1）、継手部（加硫による接続をしたもの）3 体（AJ1～AJ3）

(2) 試験装置と試験方法

圧縮荷重 20,000kN、水平荷重 5,000kN が同時に載荷できる大型二軸試験機（写真-1）を使用した。

単純圧縮試験：載荷速度 20kN/sec、最大 18,000kN/m（水压接合荷重 1,640kN/m の 10 倍以上）まで載荷。

圧縮せん断試験：せん断変位量（20mm）を与えた状態で圧縮荷重を載荷する。せん断変位量は、位置修正時の内外水压差 0.9MPa（実施工での水压差 0.6MPa×1.5）がかかった状態を FEM 解析によって求めた値 13.5mm から決めた。（図-1）



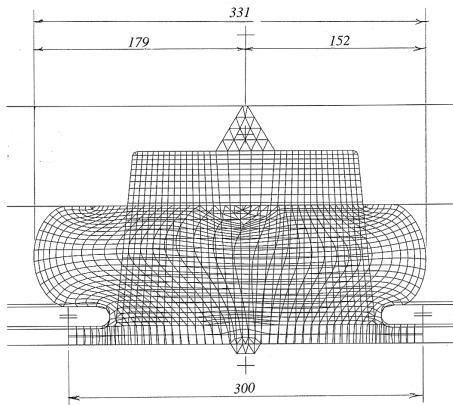
写真—1 20,000kN 圧縮試験機



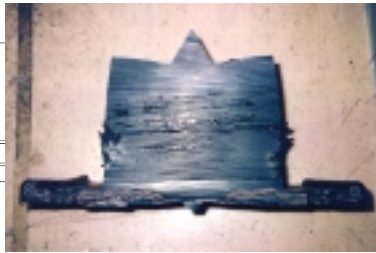
写真—2 圧縮荷重 18,000kN/m、せん断 20mm 載荷時

Key words：沈埋トンネル、ゴムガスケット、高水压

大成建設技術センター土木技術開発部 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL045-814-7218, FAX045-814-7252



図—1 位置修正時の状態*



写真—3 試験後の切断片

(*荷重 16,300kN / mで圧縮後 17.1mm解放, 側圧差 0.9MPa)

4. 試験結果

(1) 荷重と変位量の関係

単純圧縮と 圧縮せん断の試験を同一試験体で行った。まず、水圧接合荷重相当の 1,600kN / mまで圧縮し、除荷後、15,000kN / mまで載荷した。3回目に水圧接合時の外水圧によるせん断変形を考慮して、50mm圧縮後に幅方向に 20mmの変位を与えてから 18,000kN / mまで載荷した。これでも破壊に至らないため、最後の試験体 (A J 3) には3回目に変位を与えずに、18,000kN / mまで3回の繰り返し荷重をかけた。

いずれの試験も、荷重と変位の関係は安定した曲線形状を示し、

ばらつきは少なく、水圧接合荷重 1,600kN / mでの変位量は 111mm~117mmであった。図—2に試験体A J 3の荷重と変位量の関係を示す。ただし、試験体には写真3に示すように、断面中央部で高さにして1cm程度の大きな残留ひずみが生じている。

(2) 外観およびX線試験

圧縮試験後、ゴムガasket表面に取付け金具の接触面および圧縮面板エッジ接触面で表層ゴムが擦り傷や表層亀裂が認められた。これらの傷の深さは、最大 20mmに留まっていた、圧縮により亀裂が成長するような破壊現象はなかった。さらに、継手部3体 (A J 1 ~ A J 3) について、試験前後に X 線検査を行ったが、撮影した全ての接合面で、エアの混入、はく離等の異常はなかった。表—1は平均値であるため、ゴム硬さに変化はみられないが、1度低くなるものもあった。

(3) ゴム物性試験

圧縮試験後、試験体中央部より3方向に3号試験片 (JIS K6301) を切り出し、引張り強さ、破断時の伸び、ゴムの硬さの変化を測定した。試験結果を表—1に示す。本体部分については顕著な変化はみられないが、接合部の引張り強さが24%程度低下し、伸びが2%大きくなっていることがわかる。これは天然ゴム固有の性質でもあり、国内の実施例における規格値 (参考文献2; 接合部の引張り強さおよび伸びは本体部の2/3とする) を満たしている。

5. おわりに

実物大の試験体を破壊する目的で、水圧接合時の10倍以上の荷重で圧縮実験を行ったが、破壊に至らなかった。さらに、くり返し載荷するという過酷な条件においても現在国内で製造されているゴムガasketが耐力を有することを確認し、実工事ににおいても安心して利用できることを確認した。本実験は単に製品検査のために行ったものではなく、過去に、実規模の試験体でこままでの荷重をかけたことのない貴重な記録であることを付けくわえておく。

ゴムガasketは横浜ゴム (株) で製作し、同社の試験装置を借りて実験した 20,000kN 試験機として利用範囲を超えた 18,000kN まで、無理をお願いして載荷していただいたことに感謝する。

参考文献1 大水深・大変形に追従する沈埋管継手に関する考察; 平野ほか, 第57回年次講演会第3部門284

参考文献2 大阪湾咲洲トンネル工事誌; 運輸省第3港湾建設局, 大阪市港湾局監修, 1999年3月, pp -22

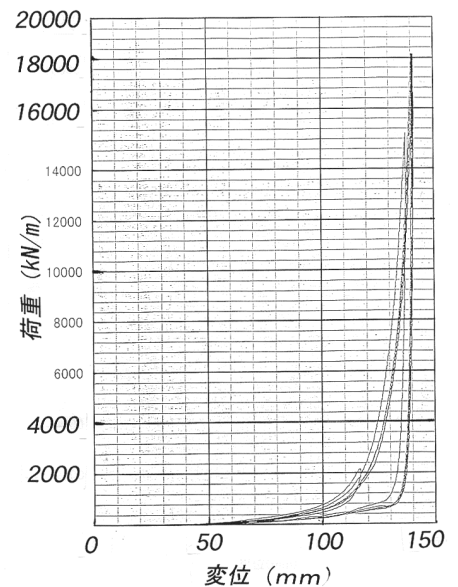


図 - 2 荷重と変位量の関係 (A J 3)

表 - 1 ゴム物性試験結果

	単位	圧縮後 圧縮前	本体部 NJ1	本体部 AJ1 ~ AJ3	接合部
引張強さ	MPa	23.5	24.5	23.0	17.9
伸び	%	596	609	583	608
ゴム硬さ	Hs	47	47	47	47