

(I - 71) ゴムと繊維の複合材料によるトンネル用止水ゴムの有限要素法解析

早稲田大学理工学部 学生会員 中野 圭崇
早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理
住友ゴム工業株式会社 林 信治

1. まえがき

不等沈下、地震等の変形を吸収する目的でトンネル、共同溝、擁壁等には柔継手が用いられる。今回対象とする柔継手では断面力を吸収することと止水性が重要である。この柔継手はゴムと繊維による複合材料で構成されているが、外力による変形でどの程度の変形量やひずみ量が生じるか、現在計測技術の制約から実験的な評価が難しい。今回材料非線形性と幾何学非線形性を考慮した大変形有限要素法によりこの複合材料のひずみ量の評価を行ったので報告する。またゴム製の柔継手の荷重変位関係に関して、実験値と計算値との比較を行なった。

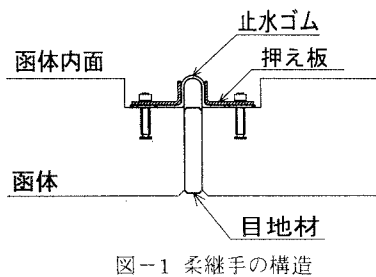


図-1 柔継手の構造

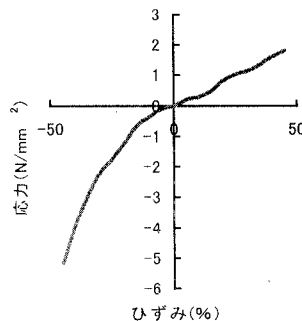


図-2 ゴム材の材料特性

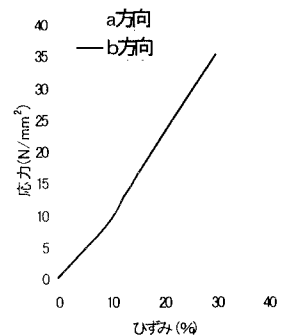


図-3 繊維の材料特性

2. 止水ゴムの構造と材料特性

図-1 にトンネルの柔継手の構造を示す。この継手はゴムと繊維の複合部材で止水性と可とう性を確保する。今回使用するゴム材と繊維の物性試験から得られた応力とひずみの関係を図-2、図-3 に示す。このときの硬度は 60 ± 5 、Mooney-Rivlin の定数 C_{10} 、 C_{01} はそれぞれ 0.46 N/mm 、 0 N/mm とした。またゴムは、変形中に体積がほとんど変わらないのでポアソン比は 0.49 とした。ゴムの中に配置されている繊維はポリエステルで、直交異方性を示し、図-4 の a、b それぞれ方向に対する弾性率は、 60 N/mm^2 、 115 N/mm^2 とした。

3. 有限要素法のモデル化

今回計算の対象とする止水ゴムの形状を図-4 に示す。止水ゴムの厚さは 14 mm とし、長さは 1000 mm とした。繊維の厚さは、 0.5 mm とした。解析モデルの要素数は 5400 、節点数は 5661 である。片方の函体との接触面は完全に拘束して、もう一方の接触面は強制変位量を与える方向のみを自由にして、その他の方向には拘束した。以上の条件で、一方の接触面に軸引張、軸方向のせん断の 2 方向にそれぞれ強制変位量を与えた。強制変位量は解が発散するまで、静的に軸引張では 1 mm 、軸方向のせん断で 1 mm ごと段階的に与えた。

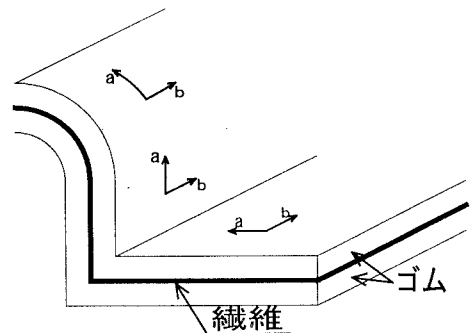


図-4 柔継手の断面の構成

キーワード：有限要素法、柔継手、止水ゴム、複合部材、トンネル

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16F-01 TEL, FAX : 03-5286-3852

4. 計算結果

図-5に止水ゴム断面の軸引張76mmの強制変位量に対する変形状況を示す。図-6にせん断50mmの強制変位に対する変形状況を示す。軸引張では、U字形の付け根の上側の点でひずみが0.834で最大となった。せん断では、U字部が波打つように変形しU字形の付け根の上側の点でひずみが1.264で最大となった。この強制変位量で解が発散した。

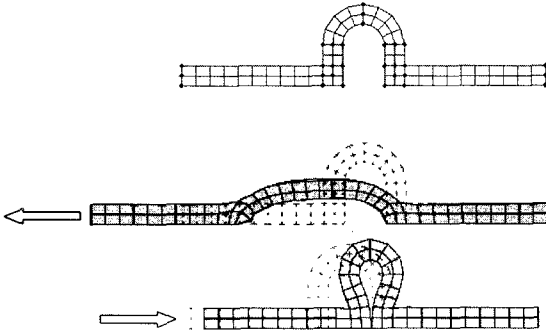


図-6 軸引張圧縮変形状況図

5. 実験との比較

図-7に軸引張の荷重実験と計算から得られた荷重変位関係を示す。トンネルの耐震設計ではトンネルを弾性支承上の梁として仮定するので柔継手をばねで置換する。このためばね定数の評価が重要となる。荷重変位関係の傾きから0~60mm間のばね定数を求めると、実験値で15.7N/mm、計算値で59.6N/mmとなった。図-8に軸せん断の実験と計算から得られた荷重変位関係を示す。荷重変位関係の傾きから0~100mm間のばね定数を求めると、実験値で74.6N/mm、計算値で135.4N/mmとなった。

6. 結論

ゴムと繊維の複合部材は有限要素法で、ひずみが1.264までの解析が可能だった。軸引張では、実験と計算の荷重変位関係があまり一致しなかった。せん断では、変位量が小さい範囲で実験と計算の変位荷重関係がほぼ一致した。ゴム材料の材料試験からの、応力とひずみの関係に多軸性の効果などの影響を今後検討したい。

参考文献：(1)清宮 理、他4名；沈埋トンネル用ゴムガスケットの有限要素法解析、構造工学論文集 PP. 113~121、1989年(2)埋設構造物用柔継手の荷重試験業務報告書、1992年

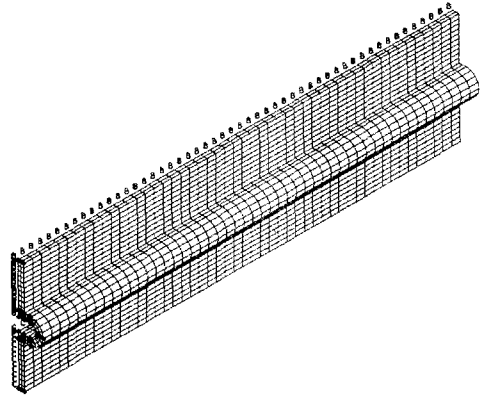


図-5 有限要素法解析モデル図

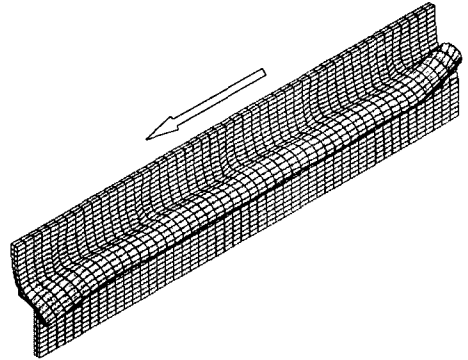


図-7 せん断変形状況図

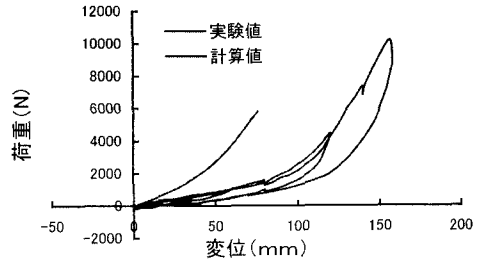


図-8 軸引張変位荷重曲線

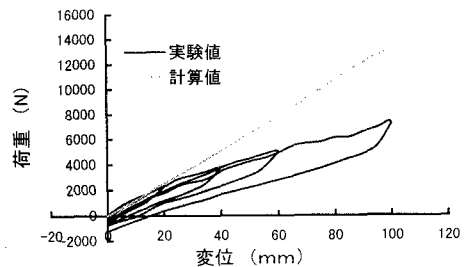


図-9 せん断変位荷重曲線