クロロプレンゴムの応力ーひずみ曲線に関する研究

群馬工業高等専門学校　学生会員　○神戸大地
群馬工業高等専門学校　正会員　田中英紀

1. 研究背景

土木構造物のさまざまなところでゴムが使われている．橋梁の支承や緩衝材，建物の免震装置，港湾構造物の岸壁に設置されている防舷材など幅広い．適用例を，図ー1 および図ー2 に示す．

図ー1　免震装置

図ー2　防舷材

ゴム製品の設計においては，応力ーひずみ曲線が重要なデータである[1)]．通常，JIS K 6254 で規定されている載荷速度に従って，応力ーひずみ曲線が求められている．規定では，10±1 ㎜/分である．

ゴムは，図-3 に示すような変形をする特徴がある．これは，受圧面における摩擦で横方向変位が拘束されることによるものである．テフロンシートは接着面との摩擦係数が極めて小さいため，摩擦軽減効果が期待できると考えられる．このことから，テフロンシートを用いることによって，受圧面との摩擦軽減効果を検討することにした．

理想的な変形　　ゴムの変形

図-3　変形状態

2. 研究目的

本研究では，ゴム製品の設計のため，以下の 2 つの項目を調べることを目的とする．

(1) 載荷速度が真応力ー真ひずみ曲線に与える影響を調べ，ひずみ速度依存性を検討する．

(2) テフロンシートによる摩擦軽減効果が真応力ー真ひずみ曲線に与える影響を調べる．

3. 供試体

供試体は，φ80ｍｍ×80ｍｍの円柱供試体である．材質は，クロロプレンゴムとした．

4. 試験方法

4.1 テフロンシートによる摩擦軽減効果

圧縮試験は，圧縮速度 10.0ｍｍ/分で荷重 90kN まで行った．変位速度は，JIS K 6254 に基づいている．図-4 は試験方法(テフロンシートを挿入しない場合)，図-5 は試験方法(テフロンシートを挿入した場合)である．テフロンシートの厚さは 1.0ｍｍとし，供試体上下の両面に挿入した．枚数が両面 1 枚，両面 2 枚，両面 4 枚の場合で検討を行った．

図-4 試験方法(テフロンシートを挿入しない場合)

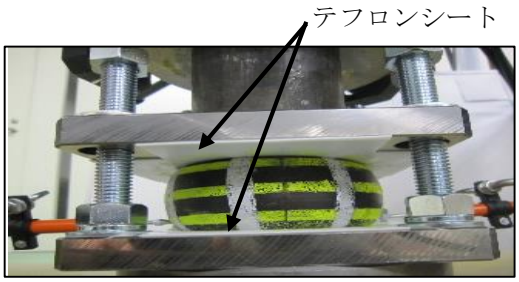

図-5　試験方法(テフロンシートを挿入した場合)

4.2 ひずみ速度依存性

圧縮試験は，荷重 90kN まで行った．変位速度は，5ｍｍ/分と 10ｍｍ/分で検討を行う．ただし，テフロンシートは挿入しないことにする．

5. 結果

5.1 テフロンシートに関する実験

ゴムのような大変形では，真応力と真ひずみで評価する必要がある．真応力ー真ひずみ曲線を，図-6 に示す．真応力と真ひずみの定義を(2)式に示す[2)]．

キーワード　クロロプレンゴム，応力ーひずみ曲線,テフロンシート,摩擦軽減効果,ひずみ速度依存性
連絡先　〒371-0845　群馬県前橋市鳥羽町 580　群馬工業高等専門学校　TEL:027-254-9184 E-mail: htanaka@cvl.gunma-ct.ac.jp

$$\sigma_t = \frac{Fi}{Ai} \quad , \varepsilon_t = \ln\left(\frac{D}{Do}\right) \qquad \cdots(2)$$

ここで，σ_tは真応力，Fiは荷重，Aiは真断面積，ε_tは真ひずみ，Do は初期における供試体の直径，Dは供試体の直径である．Ai および Dは，受圧面との摩擦による変位の拘束が最も小さいと考えられる供試体中央部付近の測定値を適用した．

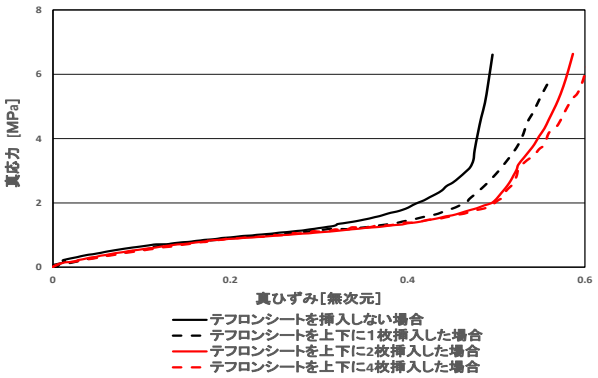

図-6　真応力－真ひずみ曲線（テフロンシートによる摩擦軽減効果）

5.2　ひずみ速度依存性に関する実験

真応力－真ひずみ曲線を，図-7 に示す．

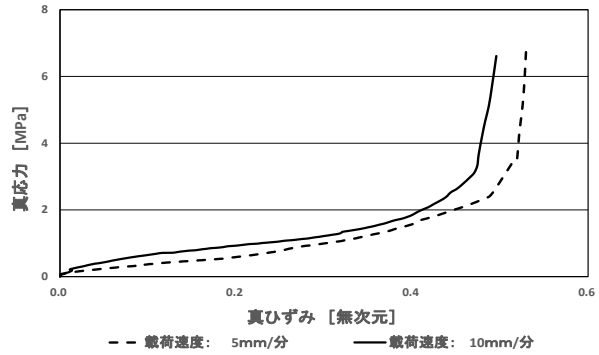

図-7　真応力－真ひずみ曲線（ひずみ速度依存性）

6.　考察

6.1　テフロンシートによる摩擦軽減効果が真応力-真ひずみ曲線に与える影響

テフロンシートの挿入による摩擦軽減効果を検討する．　図-6 から，以下の 2 つのことが判断できる．

(1) 真ひずみが 0.3 より大きくなると，テフロンシートを挿入した場合の応力は挿入しない場合と比較して小さくなる．

このことから，真ひずみが 0.3 より大きくなると，テフロンシートの挿入による摩擦軽減効果が生じることが分かる．テフロンシートの挿入で，受圧面との摩擦による変位の拘束が小さくなり，図-8 から分かるように真断面積 Ai が大きくなることによって，　真応力が小さくなったと考えられる．

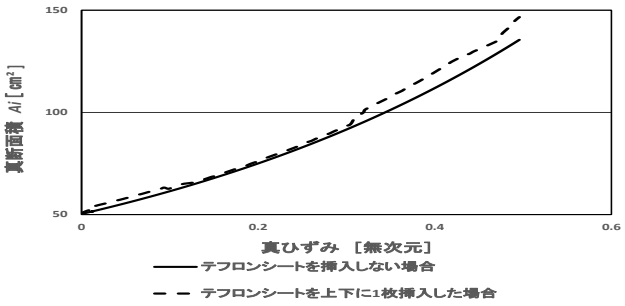

図-8　真断面積-真ひずみ曲線

(2) テフロンシートの枚数が増加するにつれて，同一ひずみに対する応力が小さくなる．

このことから，テフロンシートの枚数が増加するにつれて，　摩擦軽減効果が上昇すると判断できる．

6.2　ゴムのひずみ速度依存性

図-7 から，載荷速度が小さくなると，同一ひずみに対する応力は小さくなると判断できる．その要因として，　以下の 2 つが考えられる．

(1)　弾性領域においては，載荷速度が大きいほど，応力の増分が大きくなるため．

弾性領域では，応力－ひずみ曲線は直線になる．このとき，(3)式が成り立つ．この関係は，フックの法則として知られている．

$$\sigma_t = E * \varepsilon_t \quad (E：\text{弾性係数}) \qquad \cdots(3)$$

両辺を微分すると，　(4)式が成り立つ．

$$\frac{\sigma_t}{dt} = E * \frac{\varepsilon_t}{dt} \quad \left(\frac{\sigma_t}{dt}：\text{応力増分、} \frac{\varepsilon_t}{dt}：\text{ひずみ増分}\right) \cdots(4)$$

ここで，載荷速度が大きいほど，ひずみ速度は大きくなる．すなわち，載荷速度が大きいほど，応力増分は大きくなると考えられる．

(2)　載荷速度が小さくなるにつれて，クリープによる影響で変形が大きくなる．

クロロプレンゴムには，コンクリートや鉄筋のようにひずみ速度依存性があると考えられる．

7.　参考文献

1) 河野学：ゴムの応力ひずみ曲線の Mooney-livlin 式による検討，武蔵工業大学，2007.3.

2) 中野淳仁：カーボンブラックがゴムのエネルギー吸収性に及ぼす影響，武蔵工業大学，2009.3