

ウレタンゴムを用いた支承の開発

東海ゴム工業 株式会社 正会員 ○竹ノ内 浩祐・山田 博

中村 保之

株式会社 川金コアテック

姫野 岳彦・本間 慶一

比志島 康久

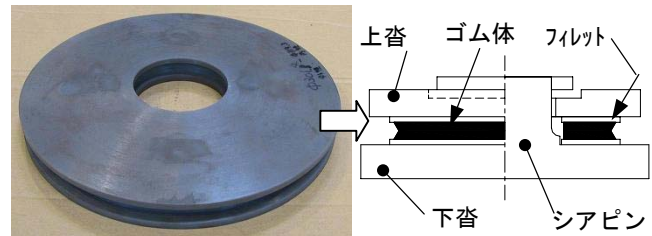
1. はじめに

国内の橋梁建設は、過去50年に急速に増加し、とくに1970年代以降に建設が集中した。2020年には橋齢50年を超える橋梁は、20000橋を超えることが予想されている。このような老朽化した橋梁の延命化においては、支承部では既設支承からゴム沓への取替えが主となると考えられる。しかし、一般的にゴム支承の支承高さが既設支承より大きい為、限られた桁下空間には、設計上・施工上では設置できないという問題がある。そこで高弾性、高硬度の特徴をもつウレタンをゴム材料として用いることにより高荷重支持を可能とし、従来ゴム支承と比較し大幅な小型化を実現した製品を考案した（以下高面圧支承と呼称）。また、新設橋においても、機能分離型の鉛直支承や可動固定支承としても使用することができる。しかし、上下部工をつなぐ重要デバイスとしての国内実績はない為、その実用化に向けての安定性評価、性能特性評価を行った。本稿ではその一部について紹介する。

2. 高面圧支承の構造

開発した支承構造を図1に示す。本製品は、回転変位の方向性を無くす為に円形とし、ウレタンゴムを上下鋼板で拘束したシンプルな構造である。以下に、高面圧支承の特徴を列記すると

- 1) ウレタンゴムは材料自身の剛性が高く、耐荷性能に優れているため、積層構造を取らずに許容面圧を大きくでき、支承形状を小型化できる。（従来のゴム支承は8MPa程度を許容支圧応力度としているのに対して、高面圧支承は25MPaの高面圧化が可能であることを各種の実験的検討により確認している）
- 2) ウレタンゴムを生成するイソシアネート基が他の物質との化学反応を起こしにくい性質を持つため、耐候性に非常に優れている。



(a) ゴム体外観

(b) 設置図

図1 ウレタンゴム支承（固定タイプ）の構造

- 3) 機械加工による切削性に優れることなどから、任意の形状に精度良く成型することができる。（この性質を生かし、ゴム端部に回転挙動に追従しやすくするためのフィレット部を設けており（図1）、単層構造でありながら橋梁用支承として必要な回転性能を確保している）
- 4) 支承構造を構成する部品点数を極力少なくすることで、コスト縮減および施工性の向上を実現している。

3. ウレタンゴムの材料特性

ウレタンゴムは、ポリグリコールとイソシアネート化合物の反応により得られるゴム状弾性体の総称である。冒頭で述べた様に、一般的に高弾性・高硬度を有し、機械的強度や耐摩耗性に優れているが、これは共有結合の一種であるウレタン結合によるものである（図2参照）。本製品のウレタンゴムは、せん断弾性係数Gが $G=8.0\text{N/mm}^2$ と従来ゴムのそれより10倍程度であり、さらにエーテル系材料を使用している為、加水分解しない特徴を持つ。表1に示すとおり、ゴ

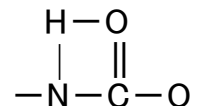


図2 ウレタン結合

ム支承材料に求められる物理特性においても規格値を満足している。（H16支承便覧に記載される規格値）

キーワード：ウレタンゴム、高面圧支承、

連絡先：〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目1番地 東海ゴム工業(株) TEL:0568-77-1318 Fax:0568-73-4160

表1 ウレタンゴムの材料特性

項目	単位	規格	実測値	判定	試験方法
引張強さ	N/mm ²	15以上	46.8	○	JIS K6251
25%伸長応力	%	-10~+100	5	○	JIS K6257
伸び変化率	%	-50以下	-3	○	
圧縮永久歪み率	%	35以下	30	○	JIS K6262
耐オゾン性	%	キレツ無きこと	異常なし	○	JIS K6259
耐水性	%	10以下	1.3	○	JIS K6258
耐寒性	℃	-30以下	-70	○	JIS K6261
接着強さ	N/mm	7以上	20	○	JIS K6256

4. 圧縮特性試験と設計式の確立

本製品が目指す圧縮性能を確認する為に、供試体（φ400mm，ゴム厚み $t=20\sim30\text{mm}$ ）を製作し圧縮バネ測定を行った。評価は、従来のゴム支承と同じ測定荷重範囲である $1.5\sim6.0\text{N/mm}^2$ （ $1.5\sim0.75\sigma$ ， $\sigma=8.0\text{N/mm}^2$ ）にならない， $1.5\sim18.75\text{N/mm}^2$ （ $18.75\text{N/mm}^2=0.75\sigma$ ， $\sigma=25\text{N/mm}^2$ ）と設定した。高面圧支承の撓み曲線図が図3である。これより低荷重領域（50kN以下）では多少の非線形性が見られるものの、荷重範囲内においては線形的な荷重-撓み線図となっていることが分かる。

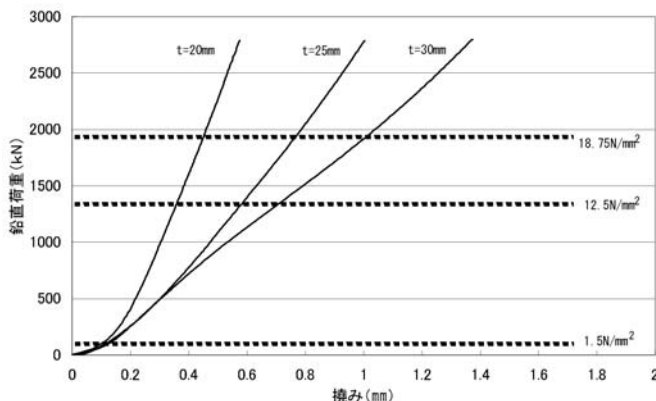


図3 高面圧支承の荷重-撓み線図

従来の圧縮バネ設計式は一次形状係数（ $S1$ ）により“服部・武井式の理論式”（以下理論式）と“実測結果からの算出式”（以下実測式）の2つが提唱されているが、高面圧支承の圧縮バネ設計式は、実測式から算定することをはじめとした。また、高面圧支承は単層構造の為、一次形状係数が5未満となるものが多い。H16道路橋支承便覧に記載されている“ $S1<5$ の場合は理論式を用いてよい”に対し、 $S1<5$ の場合も実測式を用いることが妥当であるのかも検証した。

実測式を確立する際に課題であったのが、式(1)内の“種類による係数 α ”の決定である。

$$E = \alpha \cdot \beta \cdot S1 \cdot G \quad (\text{式1})$$

α ：種類による係数，

β ：平面形状による係数=0.75（円形）

この係数 α を適切に決定する為に、 $n=20$ 以上の様々な形状で試験・評価をおこなった。 α をパラメータとし、“設計式による圧縮バネ”－“実測による圧縮バネ”の差が現状圧縮バネの管理幅である“設計値 $\pm 30\%$ 以内”となるように α を算定した。結果、ウレタンゴムを用いた高面圧支承の α は“ $\alpha=30$ ”とするのが管理幅内となる適切な値であることが確認できた。よって高面圧支承の圧縮バネ設計式は実測式から α の値のみを変えた式(2)で表すことができた。尚、せん断弾性係数 G は25%低伸長応力の値とした。

$$K_v = E \cdot A / t \quad (\text{式2})$$

$$E = \alpha \cdot \beta \cdot S1 \cdot G$$

$$\alpha=30, \beta=0.75, G=8.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

一次形状係数（ $S1$ ）と縦弾性係数（ E ），せん断弾性係数（ G ）により無次元化したものが図4である。図4より、“ $\alpha=30$ ”とした設計値に対し、 $S1<5$ の場合でも、実測結果がほぼ同直線上にあることが確認でき、今回提唱した設計式が妥当であることが分かる。

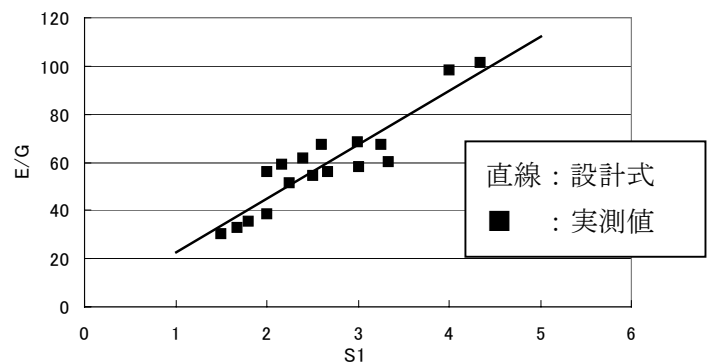


図4 実測値の分布

5. まとめと今後

橋梁分野において新規材料であるウレタンゴムを用いた高面圧支承は、各種性能において従来ゴム支承と比較しても遜色なく、その形状は非常に小型である為、新設橋梁においても経済性のある製品として期待できる。今後は、回転疲労試験を満足し、更なる耐久性の向上を目標とする。