

瓦形ゴムシューのパラメトリックスタディによる一考察

ジェイアール東日本コンサルタンツ 正会員 ○塚原 美佳 正会員 野上 雄太
フェロー 石橋 忠良 正会員 山本 忠 正会員 大西 典昭

1. はじめに

著者らは、壁式橋脚の直角方向に作用する非常に大きな慣性力に耐えうるように、鋼角または鋼棒ストッパーと併用して、ゴムシューに水平抵抗効果を付加した瓦形ゴムシューを提案している(図1)¹⁾。これまでに、瓦形ゴムシューの基礎的特性を把握するための実験²⁾や実験結果のシミュレーション³⁾を実施してきた。本稿では、実験結果を上手くシミュレーションできるFEMモデルを用いて、水平抵抗効果に影響を与えうる軸圧縮応力、円弧高さをパラメトリックに変化させた時の水平抵抗効果の影響を把握したので報告する。

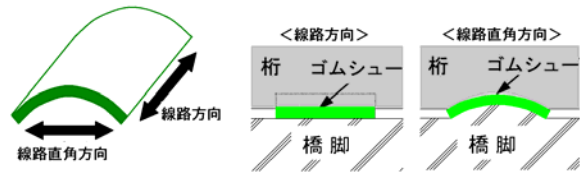


図1 瓦型ゴムシューの形状

2. 解析モデル

解析モデルを図2に示す。このモデルは、実験結果を上手くシミュレーションできたモデルである。桁および橋脚を模擬したRC部とゴムシュー(ゴムおよび鋼板)は平面ひずみ要素としてモデル化し、桁とゴムシュー間にはジョイント要素を設けて、浮き上がりおよび境界面での滑りを考慮している。各パラメータは、実験時のものを用いている(表1参照)。ゴムシューは1層と3層の2種類とし、実験的検討時と同様のゴムシューを用いた。具体的には、1層辺り(幅)200mm×(奥行)200mm×(厚さ)16mmであり、上下に2.3mmの鋼板を加硫接着し、最外縁には2mmの被覆ゴムを設けた構造である(図2)。

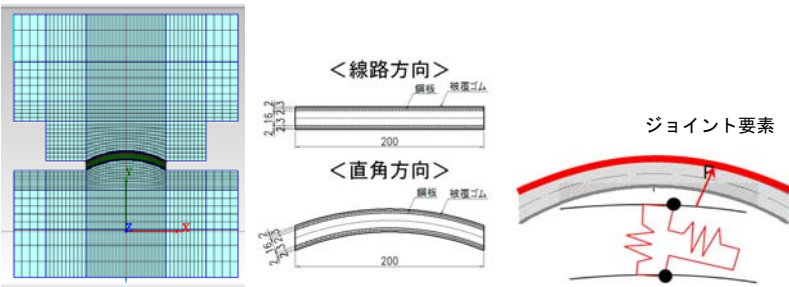


図2 解析モデル

表1 材料物性値

項目	ゴム	鋼板	コンクリート	ジョイント
ポアソン比	0.498	0.3	0.2	-
ヤング率 E (kN/m ²)	0.003	200	25	-
せん断弾性係数 (kN/m ²)	0.001	76.9	10.4	-
奥行 (mm)	200	200	1000	-
軸方向・せん断ばね (kN/mm)	-	-	-	100000
粘着力 (kN/mm ²)	-	-	-	0.0078
内部摩擦角 (°)	-	-	-	0

表2 検討ケース

円弧高 mm	h/t	層数	圧縮応力 N/mm ²
0	0	1 3	5, 7, 9, 11
5	0.3125	1 -	5, 7, 9, 11
10	0.625	1 3	5, 7, 9, 11
15	0.9375	1 -	5, 7, 9, 11
20	1.25	1 3	5, 7, 9, 11
25	1.5625	1 -	5, 7, 9, 11
30	1.875	1 -	5, 7, 9, 11
35	2.1875	1 -	5, 7, 9, 11
40	2.5	1 3	5, 7, 9, 11
50	3.125	- 3	5, 7, 9, 11
60	3.75	- 3	5, 7, 9, 11
70	4.375	- 3	5, 7, 9, 11

3. 検討ケース

変動させるパラメータは、実験的検討から明らかになっている水平抵抗効果に影響が大きいと考えられる軸圧縮応力と円弧高の2つとした。1つのゴムシューあたりに作用させる軸圧縮応力は、一般的に設計で用いられている範囲として5N/mm²~11N/mm²とした。円弧高さは、通常のフラット形ゴムシューから徐々に円弧高さを高くした。なお、円弧高さhのパラメータは、ゴムシュー厚tで正規化したh/tとして整理した。

表2に検討ケースを示す。

キーワード 瓦形, ゴムシュー, 水平抵抗, 壁式橋脚

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-5396-7249

4. 軸圧縮応力の影響

解析結果の一例として、図3に $h/t=1.25$ のときの軸圧縮応力の変化にともなう水平力-水平変位関係を示す。同じ h/t であっても軸圧縮応力の大きい方が、水平抵抗力が大きいことが分かる。瓦型ゴムシューは水平変位を与えていくと、桁がゴムシューから浮きあがって隙間が生じるといった現象が起こる。軸圧縮応力が大きい方が初期状態（死荷重状態）でゴムが大きく圧縮されることにより、隙間が生じようとしてもゴムの復元力により隙間ができにくい（図4）。そのため、桁とゴムシューとの間で抵抗できる設置面積が大きくなり、つまり、剛性低下しにくくなり水平抵抗力が大きくなっていると考えられる。

5. 円弧高さの影響

解析結果の一例として、図5に軸圧縮応力 7N/mm^2 の各変位における水平力- h/t 関係を示す。グラフより h/t の増加に伴い水平抵抗力が大きくなっており、特に $h/t > 1$ の範囲で水平抵抗力の増加率が大きくなっていることが分かる。これは $h/t < 1$ では、ゴムシューが純せん断に近い挙動を示すのに対し、 $h/t > 1$ では、円弧に対して軸圧縮による抵抗分が付加されるためであると考えられる（図6）。このことから、瓦形の効果を十分発揮させるには、最低でも $h/t > 1$ となる円弧高さを選定する必要があることが明らかになった。

6. おわりに

本稿では、提案している瓦形ゴムシューの軸圧縮応力および円弧高さをパラメータとしたプッシュオーバー解析を実施し、水平抵抗効果の影響を把握した。その結果、軸圧縮応力が大きいほど、円弧高さと板厚の比 h/t として h/t が 1.0 より大きければ大きいほど、水平抵抗効果が大きいことが明らかになった。本検討は、ゴムシューの平面的なサイズを固定しているため、今後は平面サイズの影響を把握する必要があると考えている。また、紙面の都合上本検討では1層の結果について報告したが、3層の水平抵抗力については1層と似たような結果が得られていることを確認している。

参考文献

- 1) 野上ほか: 壁式橋脚における地震時水平抵抗を期待した瓦型ゴムシューの開発 (その1), 第69回土木学会年次学術講演会, V-091, 2014.
- 2) 青山ほか: 圧縮応力をパラメータとした瓦形ゴムシューの挙動把握のための実験的検討, 第70回土木学会年次学術講演会, I-134, 2015.
- 3) 塚原ほか: 復元力を向上させた瓦型ゴムシューの実験結果のシミュレーション, 第71回土木学会年次学術講演会, I-233, 2016.

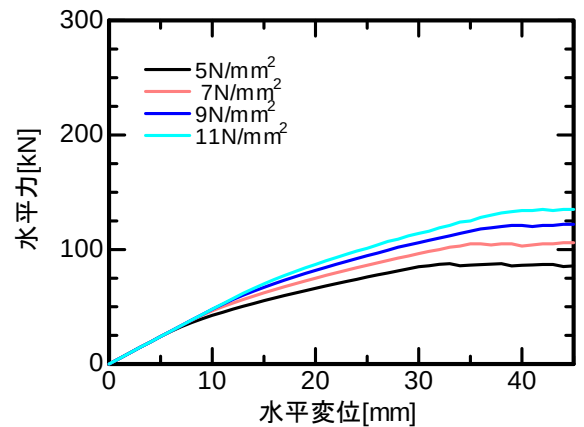


図3 軸圧縮力の変化による水平力-変位関係

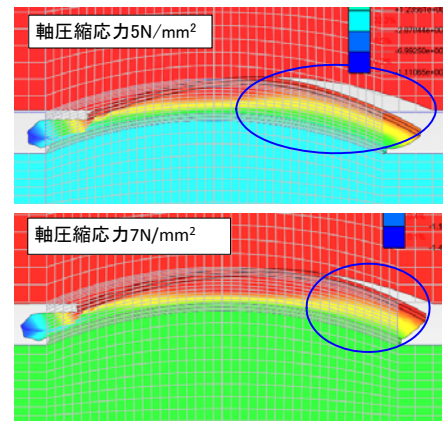


図4 ゴムシューの浮き上がりについて

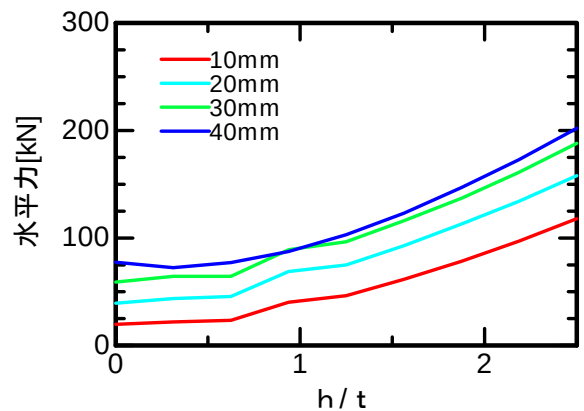


図5 h/t の変化による水平力- h/t 関係

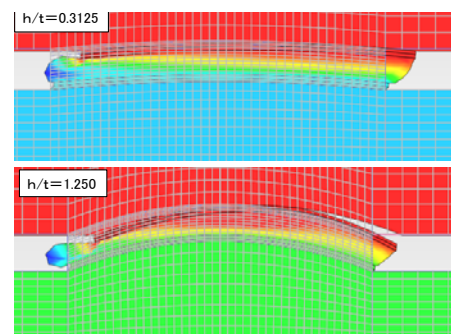


図6 h/t の差によるゴムシューの挙動の変化