

水平ねじり回転が免震建物用積層ゴムの水平性能に与える影響

Performance Test of Natural Rubber Bearing for Seismic Isolation Building under Torsional Deformation

佐藤 敬昇
Takanori SATO

加藤 直樹
Naoki KATO

中島 徹*
Toru NAKAJIMA

中村 俊之*
Toshiyuki NAKAMURA

近年、免震工事の施工の簡易化や工期短縮を目的とした取組が増えてきている。そのなかの事例として、免震装置の上部基礎のプレキャスト化や鉄骨造での鉄骨柱を直接免震装置に設置するメタルタッチ工法がある。これらの施工方法は強制的に免震装置に変形を与える可能性がある。今回、免震装置に負荷されると考えられるねじり回転を模擬して実験を行った。これにより水平剛性の変化が小さいことと限界変形でも大きな影響がないことを確認した。

In recent years, there has been an increasing number of initiatives for the purpose of simplifying and shortening the construction period of base isolation work. As an example of among them, there is a metal touch method to be installed directly to the seismic isolation device steel columns in precast reduction and steel frame of the upper base of the seismic isolation system. These methods of construction is likely to give forced deformation in seismic isolation devices. This time, an experiment was conducted to simulate the torsional rotation is believed to be a load to the seismic isolation device. As a result it was confirmed that there is no major impact in and limit deformation that the change in horizontal stiffness is small.

1. はじめに

免震工事の施工の簡易化や工期短縮を目的とした免震上部基礎のプレキャスト化や鉄骨造の場合、鉄骨柱を直接免震装置に設置するメタルタッチ工法が採用されるケースが増えてきている。

しかし、これらの場合、梁ブラケットも一体で設置されるため、設置後の梁の誤差吸収が困難となる。

一方、設置精度は水平位置及び高さについては管理基準値が定められているが、水平面のねじり回転角度は管理値が定められていないため、異なる製作工場で作られた積層ゴム、鉄骨、基礎を組み立てた際にそれぞれの製作寸法誤差が重なって生じるずれが積層ゴムにねじれを生じさせる。

そこで、天然ゴム系積層ゴム支承の水平面にねじり回転を与えた状態で水平性能を測定して、天然ゴム系積層ゴム支承の水平基本性能に与える影響を調査した。

2. 試験体

試験体は表1に示す天然ゴム系積層ゴム φ600を用いた。

表1 試験体

項目	仕様
ゴム外径 [mm]	600
フランジ外径 [mm]	1000
せん断弾性率 [N/mm ²]	0.39
ゴム構成	4.5 mm×26層
形状係数 S_1/S_2	31.7/5.1
割線剛性 [$\times 10^3$ kN/mm]	0.95
数量	3

3. 試験条件

3体の試験体を表2に示すとおり、せん断ひずみ2水準、ねじり回転角度3水準で水平剛性を評価した。ねじり回転の角度は実際の施工精度で想定される回転角度を参考に設定した。ねじり回転時の限界変形試験は、加振履歴の蓄積を考慮して試験体を分けて実施した。限界変形性能を確認するため、最大3.3°（フランジ側面で約28 mm）の更に大きな回転を与えて実施した。

* 大成建設株式会社

表2 試験条件

試験順序	試験体			ねじり回転角度	評価項目			評価項目		
	No. 1	No. 2	No. 3		水平剛性		限界変形			
					鉛直面圧 (鉛直荷重)	せん断ひずみ ×3 サイクル (水平変位)	せん断ひずみ ×1 サイクル (水平変位)			
1	○		○	0°	15 N/mm ² (4231 kN)	±100% (±117.0 mm)	-	基本性能		
2		○				±250% (±292.5 mm)				
3	○					±100% (±117.0 mm)			回転角度による水平剛性の変化	
4		○				±250% (±292.5 mm)				
5		○				2.0°				
6	○					2.6°		-	±400% (±468.0 mm)	限界変形による外観・履歴曲線の異常の有無
7		○				3.3°				
8	○					0°		±100% (±117.0 mm)	-	試験1～7を経験後の水平剛性の変化
9		○						±250% (±292.5 mm)		

4. 試験方法

試験は当社保有 35 MN 圧縮せん断試験機を用いて実施した。まず試験機上部加圧板に取付けプレート、積層ゴムの上フランジをボルトで締結した。次に下側取付けプレートに取付けた反力プレートと下フランジに取付けた回転負荷プレートとの間に挟んだ油圧シリンダー2台でねじり回転を与えたあとに、鉛直荷重を負荷して、ボルトで締結した。なお適正にねじり回転を与え、かつその状態を保持する各種プレートやスペーサー及び設置箇所を図1に示す。

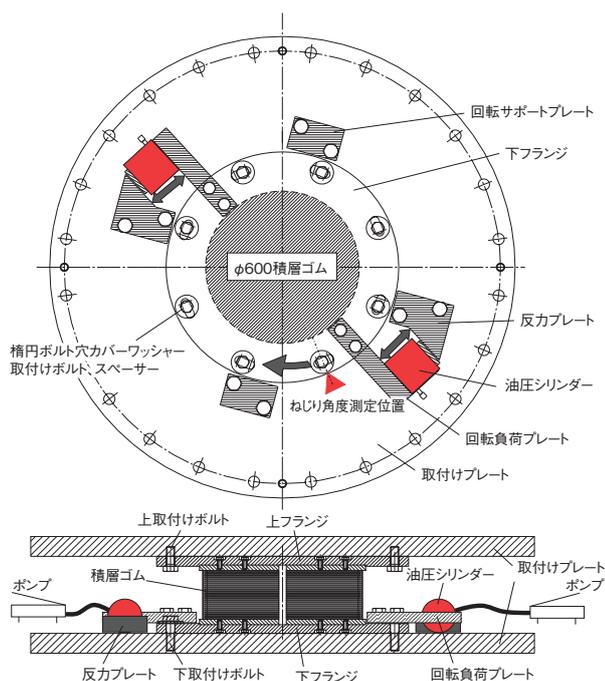


図1 積層ゴム回転負荷方法

ねじり回転角度目標値に対する実際のねじり回転角度を表3に示す。ほぼ目標とするねじり回転を与えた状態で加振試験ができることを確認した。

表3 ねじり回転角度管理結果

評価項目	ねじり回転角度目標値	回転変位 [mm]	ねじり回転角度測定値*
剛性確認	0.3°	4.0	0.46°
	0.7°	5.5	0.63°
	1.4°	11.0	1.26°
限界変形	2.0°	18.0	2.06°
	2.6°	20.5	2.35°
	3.3°	28.0	3.21°

*ねじり回転角度 = \tan^{-1} (回転変位/フランジ半径 (500 mm)) より算出した。

5. 試験結果

(1) 水平剛性

水平剛性測定結果を表4、履歴曲線を図2、図3に示す。水平剛性は履歴曲線の3サイクル目から求め、せん断ひずみ100%加振時は荷重・変位の最大～最小値間の傾き(割線剛性)、せん断ひずみ250%加振時はせん断ひずみ100%間傾き(接線剛性)の正・負平均値から算出して、初期値との変化率を示している。

ねじり回転角度0.3°～1.4°では初期値との変化率は最大3.7%と小さいものであった。なお、最終の水平剛性が初期

表4 水平剛性測定結果 (せん断ひずみ 100%, 250%)

試験内容	せん断ひずみ 100%			せん断ひずみ 250%		
	回転角度	温度補正後水平剛性 [$\times 10^3$ kN/m]	対初期値 [%]	回転角度	温度補正後水平剛性 [$\times 10^3$ kN/m]	対初期値 [%]
基本	0.0°	0.845	-	0.0°	0.699	-
	0.3°	0.876	3.7	0.3°	0.708	1.3
回転試験	0.7°	0.854	1.1	0.7°	0.699	0.0
	1.4°	0.858	1.5	1.4°	0.698	-0.1
	2.6°	限界変形 (400% 1サイクル)		2.0°	限界変形 (400% 1サイクル)	
	基本	0.0°	0.794	-6.0	0.0°	0.616

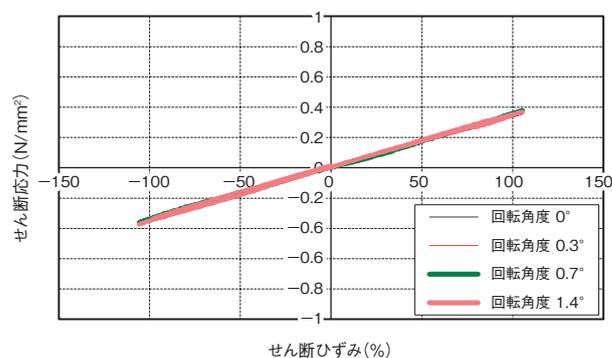


図2 せん断ひずみ 100% 履歴曲線

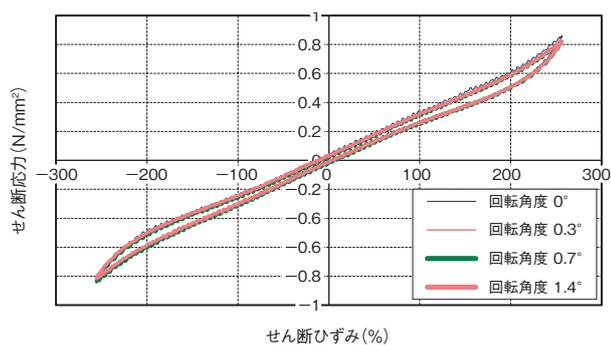


図3 せん断ひずみ 250% 履歴曲線

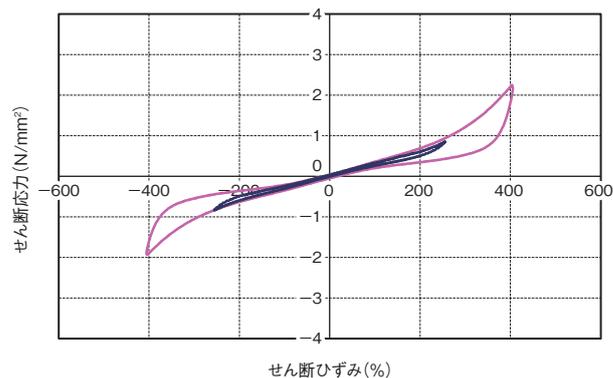


図6 せん断ひずみ 400%履歴曲線 (回転角度 3.3°)

と比較し - 11.9% と低下しているのは、せん断ひずみ 400% 変形を経験した影響と考えられる。

(2) 限界変形

限界変形試験の履歴曲線を図4～図6、試験状態を図7、図8に示す。なお、図4～図6には参考にせん断ひずみ 250% (回転角度 0°) の履歴を重ねている。ねじり回転角度 2.0°～3.3°を与えた状態でせん断ひずみ 400%を加振し、外観及び履歴曲線に異常は認められなかった。



(a) 回転角度0°

(b) 回転角度3.3°

図7 ねじり回転状態

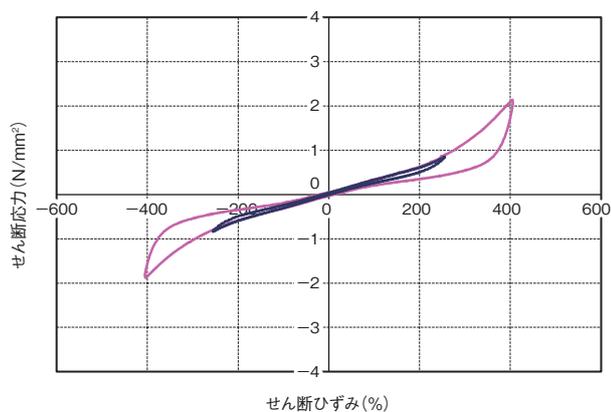


図4 せん断ひずみ 400%履歴曲線 (回転角度 2.0°)

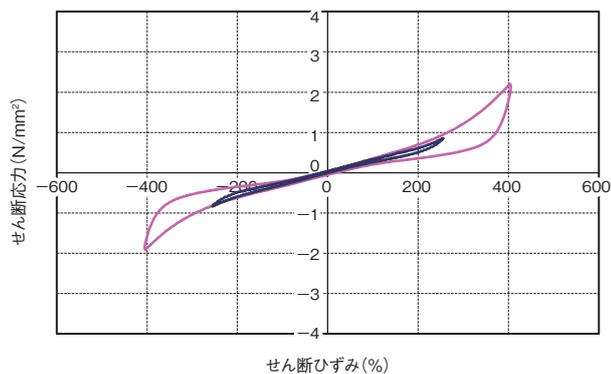


図5 せん断ひずみ 400%履歴曲線 (回転角度 2.6°)



図8 限界変形試験 (回転角度 3.3° せん断ひずみ 400%)

6. まとめ

積層ゴムの水平面にねじり回転を与えた状態で水平性能を測定した。その結果、ねじり回転角度 0.0°～1.4° (実測 1.26°) の範囲における水平剛性の変化は小さかった。また更に大きな回転を与えて実施した限界変形でも大きな影響を与えないことが確認された。

本実験が免震構造のさらなる普及に寄与することを期待する。

昭和電線デバイステクノロジー(株)
佐藤 敬昇 (さとう たかのり)
免制震制音事業部 免制震部
技術・品質保証課

昭和電線デバイステクノロジー(株)
加藤 直樹 (かとう なおき)
免制震制音事業部長

大成建設株式会社
中島 徹 (なかじま とおる)
設計本部 構造設計第三部設計室 (服部)
シニア・エンジニア

大成建設株式会社
中村 俊之 (なかむら としゆき)
建築本部 技術部建築技術室 課長