

ゴム支承が有する水平方向支持機能のばらつきに関する分析

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○余野 智哉, 江口 康平, 大住 道生

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震以降に広く普及した地震時水平力分散型ゴム支承や免震支承等の弾性支持型のゴム支承は、ゴム材料の弾性によって地震による上部構造の慣性力を複数の下部構造に分担させる機能を有している。加えて、免震支承の場合は、振動による運動エネルギーを熱エネルギーに変換して減衰させる機能も有している。また近年、ゴム支承とダンパーを組み合わせる耐震性を向上させる構造も見受けられるが、性能のばらつきを適切に考慮し、信頼性のある設計を行うためには、ゴム支承の性能のばらつき、及びダンパーの性能のばらつきを正確に把握する必要がある。ゴム支承の場合、水平方向支持機能が設計で想定した通りに発揮されることを実際の製品で確認するための試験方法及び指標は、平成16年の道路橋支承便覧¹⁾（以下、H16便覧と呼称）に示された方法が広く認知され、一般的には、これに則して管理が行われてきた。その中では、温度、周期及び面圧の各種依存性は考慮されていないが、平成30年に改訂された道路橋支承便覧²⁾においてその方法が新たに示され、今後はより統一的なデータが得られると予想される。そこで本研究では、一つの区切りとしてH16便覧に則って製作及び管理され、実際の橋梁に用いられたゴム支承の水平方向支持機能を確認するための試験結果³⁾を用いて、現在の国内製ゴム支承の性能（実力値）の整理及び分析を行った。

2. ゴム支承の諸元

データとして用いたゴム支承は、幅広いデータを取得するため、国内支承メーカー9社によって平成16年以降で平成23年迄に製作、出荷された地震時水平力分散型ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承及び高減衰積層ゴム支承で計2,132体分のデータとした。ゴム支承の種類とゴム材料の硬さを示す静的せん断弾性係数（G 値）別の内訳を表-1に、製品の平面寸法と二次形状係数（S2：側面被覆ゴムを除く平面寸法と本体ゴムの厚さの比）の関係を図-1に示す。対象としたゴム支承は、全て矩形のものであるが、長方形のタイプもあった。本研究では橋軸方向（試験の際の加振方向）の平面寸法と二次形状係数で整理した。

3. 試験方法及び指標

試験は、二軸載荷試験機を用いて図-2に示すように鉛直力として死荷重相当を載荷した状態で、水平方向に総ゴム厚の175%の水平変位を正負交番で繰返し与えた。これは、レベル2地震動による設計変位が250%の場合の有効設計変位（設計変位×0.7）に相当する。加振速度は8～10mm/sec、温度は雰囲気温度とした。水平方向支持機能の指標は、図-3に示すように得られた変位－荷重関係の履歴より求めた等価剛性及び等価減衰定数によって代表させている。地震時水平力分散型ゴム支承は3回加振した際の3回目の等価剛性を、免震支承は11回加振した際の2～11回目

表-1 試験データ内訳(せん断弾性係数別)

	静的せん断弾性係数の呼び				合計
	G8	G10	G12	G14	
地震時水平力分散型 ゴム支承	122	212	337	130	801
鉛プラグ入り 積層ゴム支承	200	319	215	-	734
高減衰積層 ゴム支承	108	133	356	-	597

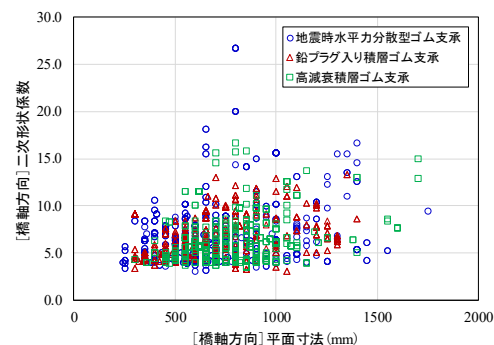


図-1 平面寸法と二次形状係数の関係

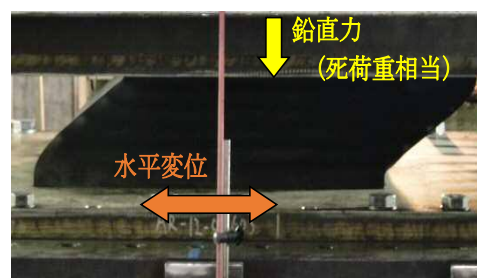


図-2 試験状況

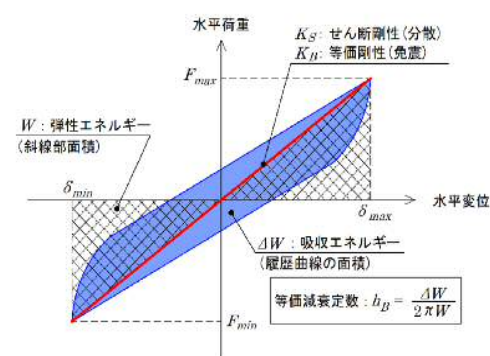


図-3 変位－荷重関係及び求める指標

キーワード ゴム支承, 等価剛性, 等価減衰定数, 耐荷性能

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

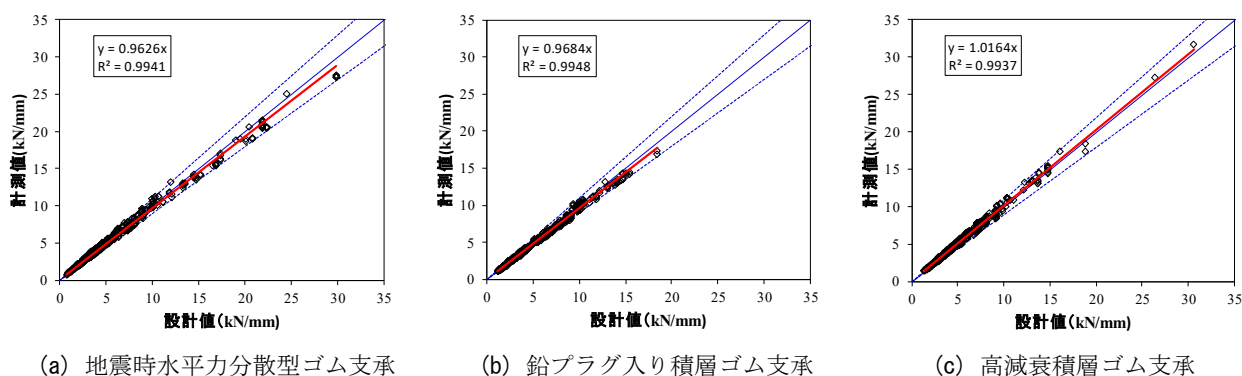


図-4 等価剛性の設計値と計測値のばらつき（点線は±10%を示す）

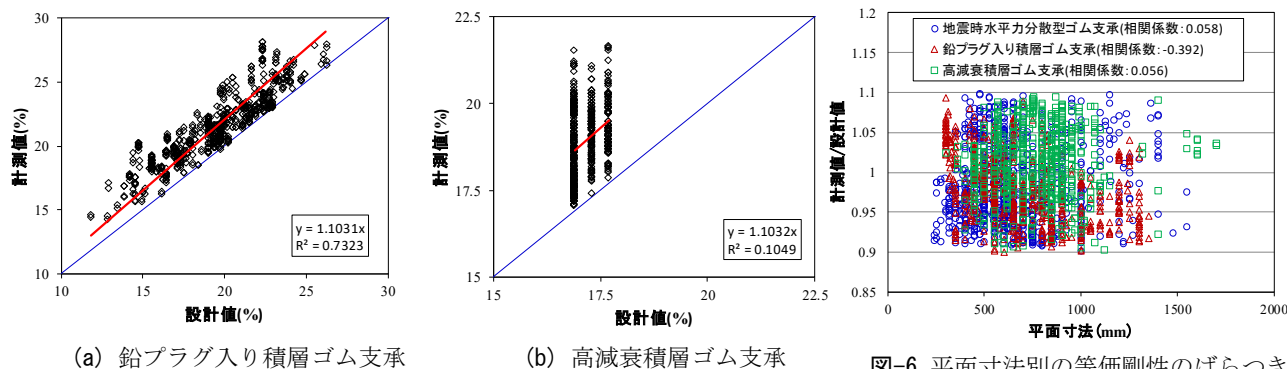


図-5 等価減衰定数の設計値と計測値のばらつき

の平均値で等価剛性及び等価減衰定数を評価している。H16便覧による指標の許容値は、等価剛性が設計値に対して±10%以内、等価減衰定数が設計値以上と示されている。

4. 試験結果の整理及び分析

等価剛性の設計値と計測値のばらつきを図-4に示す。赤で示した線は、データをY切片ゼロで線形近似させたものであるが、決定係数は限りなく1に近い値であり、計測値は精度よく設計値に近い値が得られていることがわかる。等価減衰定数の設計値と計測値のばらつきを図-5に示す。等価減衰定数は、かなり計測値と設計値のばらつきが大きい。これは、等価剛性の計測値は設計値に近い値が得られていることから、図-3に示す吸収エネルギーが設計で想定しているより大きいことが原因と考えられる。等価減衰定数は、減衰能力を示す指標であり、一般的には設計値より大きい場合は安全側であると考えられる。また、静的せん断弾性係数の違いによる傾向の差は見られなかった。図-6に、ゴム支承の平面寸法の違いによる等価剛性の設計値と計測値のばらつきを示す。ゴム支承の種類を問わず、相関係数は小さく、計測値に対する設計値のばらつきは、平面形状による依存性はないと考えられる。これは、二次形状係数の違いによる場合も同様であった。

5. まとめ

H16 便覧に示される方法によって品質管理されたゴム支承の水平力支持機能を担保する指標となっている等価剛性及び等価減衰定数の計測値と設計値のばらつきについて分析を行った。結果、等価剛性は設計値±10%の範囲で広くばらついているが、設計で想定される状況に対する性能は担保されていると考えられる。またばらつきの要因は、形状に依存するものではなく、材料段階のばらつきや加硫工程における温度及び圧力等の影響が考えられる。但し、これはゴム支承のみとした場合のばらつきであるため、ダンパー等と組み合わせて使用する場合は、ダンパーのばらつきとゴム支承のばらつきを適切に設計に反映する必要があると考える。

参考文献 1) 社団法人日本道路協会：道路橋支承便覧，2004。2) 公益社団法人日本道路協会：道路橋支承便覧，2018。3) (国研)土木研究所他：ゴム支承の地震時の性能の検証方法に関する共同研究報告書，2020。

謝辞 本検討の実施にあたっては、共同研究「ゴム支承の地震時の性能の検証方法に関する共同研究」メンバーに多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。