

## 長周期地震動による高減衰ゴム系積層ゴムの地震応答特性に関する研究

## その2. リアルタイムオンライン応答試験結果

## Study on Seismic Response Characteristic of High Damping Rubber Bearings by Long Period Ground Motions

## Part 2. Real-time on-line test results

秦一平<sup>1</sup>, 阿久戸信宏<sup>1</sup>, 山田健太<sup>2</sup>, ○藤生浩純<sup>2</sup>  
 Ippei Hata<sup>1</sup>, Nobuhiro Akuto<sup>1</sup>, Kenta Yamada<sup>2</sup>, \*Hirozumi Fujiu<sup>2</sup>

Abstract: In this paper, we comparison with the results of real-time on-line tests and numerical analysis is made. As a result, the simple method that is one of the suggested response analysis method was found to be a slightly excessive response result in the big range of the accumulation absorption amount of energy for the unit volume. It was concluded that it would be better to revise the simple method evaluation in the future.

## 2-1. はじめに

本報では、高減衰ゴム系積層ゴムの履歴則をモデル化した解析モデルと、リアルタイムオンライン応答試験結果を比較し、モデルの妥当性について検討を行う。

## 2-2. リアルタイムオンライン応答試験概要

Table1 に各試験ケースを示す。前報までに示した数値解析モデルより、各せん断ひずみとなる入力地震波倍率を決定して、本試験を行う。そして、本試験結果より数値解析結果との差異を考察する。なお、Case1 および Case2 については、Elcentro-NS\_1940 を入力し、非線形特性および試験システムの精度について考察する。Case3 については、長周期地震動 CH1 を連続で 10 回入力することで、繰り返し依存性による地震応答特性の変化を考察する。なお、Case1, Case2 についてはひずみ依存式のみを考慮した詳細法（凡例：Analysis）による結果のみを示す。さらに、Case3 については、繰り返し依存性による水平性能特性の低下および応答変位の増大が予想されたため、ハードニング特性を考慮した解析モデルの詳細法による結果も含め検討する。

Table1 Real-time on-line test conditions

No.	Shear strain	Seismic wave
Case1	1.0	Elcentro-NS
Case2	2.0	
Case3	2.0	CH1

## 2-3. リアルタイムオンライン応答試験結果

Fig.1 と Fig.2 に Case1 と Case2 の試験結果を示す。(a)にリアルタイムオンライン応答試験結果と解析結果の比較、(b)に面圧変動、(c)にせん断ひずみ、(d)に目標変位と計測変位の比較を示す。結果より、リアルタイムオンライン応答試験結果は非線形特性を考慮しており複雑な挙動を示すが、最大せん断ひずみは概ね解析

結果と対応していることが分かる。ここで、本試験システムの精度について定量的に評価するために相関係数  $\rho$  と RMS 比を用いる。RMS 比については、目標変位に対する計測変位の RMS 値の比を取る。いずれの値も 1.0 に近似するほど 2 つの波形が近似していることを示す。(d)のグラフに併記している算出結果より、本試験システムの精度が高いことが分かる。

Fig.3 と Fig.4 に Case3 のまとめを示し、Fig.5 に 1 回目と 10 回目の各履歴特性の比較、フーリエ振幅スペクトルを示す。なお、簡略法が Model- I, 詳細法が Model- II, ハードニング特性を考慮した詳細法が Model-III となっている。試験結果より、繰り返し依存性による応答変位の増大と、高ひずみ領域におけるハードニングが顕著に表れていることが確認できる。また、Model-III が試験結果に概ね近似することが確認できる。さらに、簡略法による応答評価は、解析結果を安全側に見積もることが可能だが累積吸収エネルギー量が過大になる場合においては過剰な評価となってしまうことに留意する必要がある。

$$\rho = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (A_i - \mu_A)(B_i - \mu_B)}{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (A_i - \mu_A)^2} \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (B_i - \mu_B)^2}} \quad (1)$$

$$RMS[X] = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2} \quad (X = A, B) \quad (2)$$

## 2-4. まとめ

本報では、リアルタイムオンライン応答試験結果について示した。応答評価手法や解析モデルによって応答結果に差異が生じることを確認した。

## 2-5. 参考文献

[1] 吉田昇平, 藤谷秀雄, 向井洋一, 伊藤麻衣: 振動台を用いたセミアクティブ制御のリアルタイム・ハイブリッド実験 中間階免震構造を対象とした実験手法の提案と検証, 日本建築学会構造系論文集, 第 81 巻, 第 729 号, pp.1821-1829, 2016.11

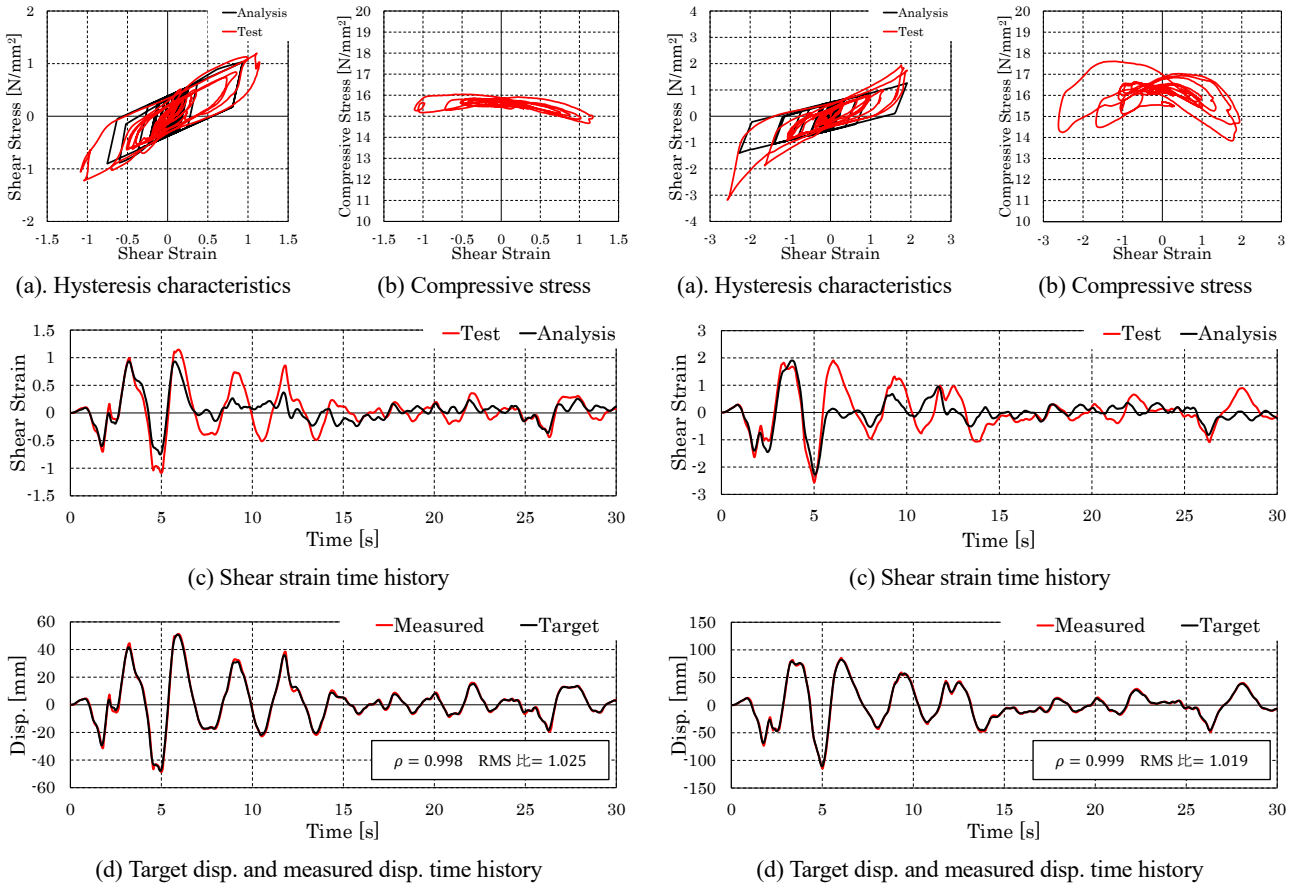


Fig.1 Test results of Case1

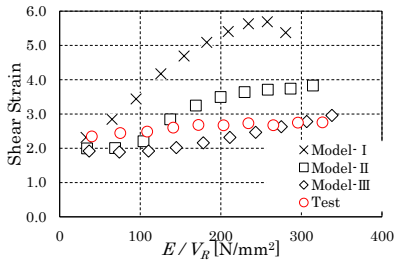


Fig.2 Test results of Case2

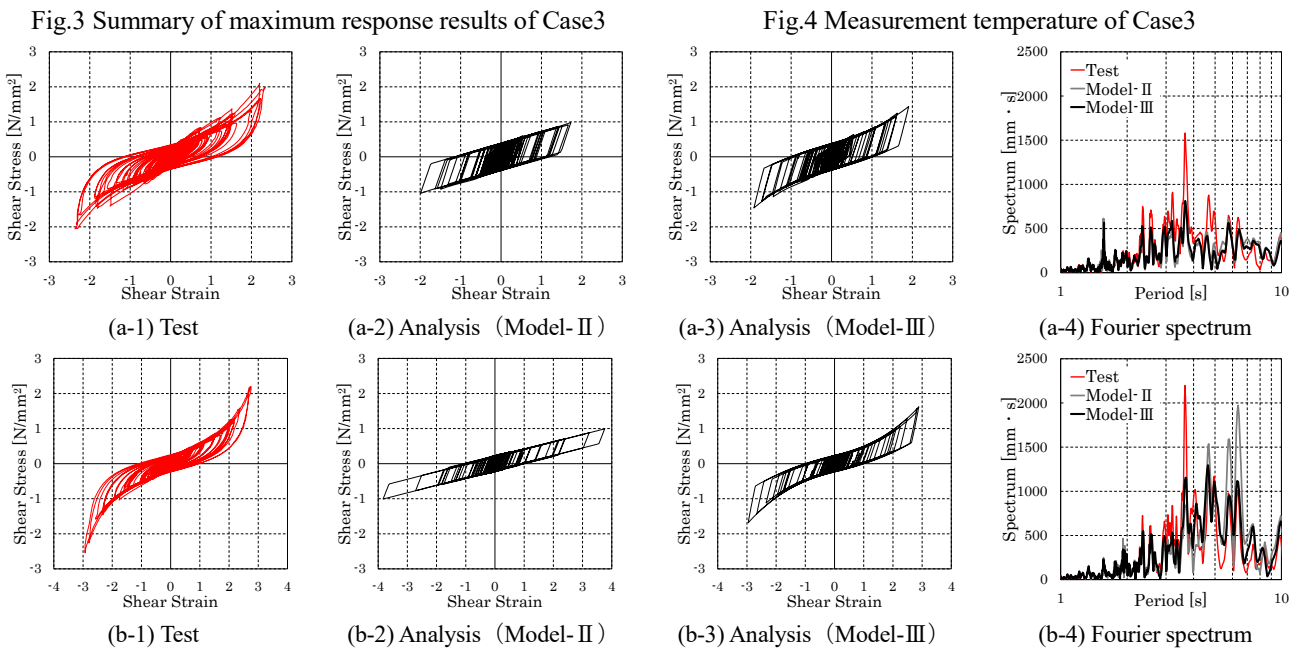
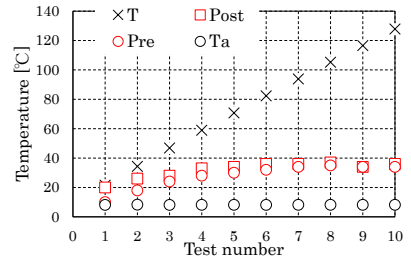


Fig.5 Test results of Case3