

地震応答低減機能を有する床構造を適用した 1 層鋼構造骨組の振動台実験

その 2 振動台実験結果と時刻歴応答解析結果の比較・考察

正会員 ○矢野 康*1 同 松本 圭太*2 同 聲高 裕治*3 同 吹田 啓一郎*3

2. 構造—2. 振動

床スラブ 粘弾性体 地震応答 振動台実験 時刻歴応答解析

1. はじめに

本報では、その 1 で検討した骨組の振動特性および粘弾性体の物性値の同定結果を用いた時刻歴応答解析結果と振動台実験結果を比較・考察する。

2. 床組が剛な場合の実験と解析の比較・考察

本節では、水平ブレースを設置し、床組が剛な場合（その 1 の表 1 中のケース A）の実験と数値解析の結果を比較・考察する。

図 1 (a) に骨組の最大層間変位 $\delta_{\max}^F$ を、同図 (b) に粘弾性体の最大せん断変形 $\delta_{\max}^{VEM}$ を、実験結果と解析結果で比較して示す。横軸は粘弾性体の等価剛性 K^{VEM} を骨組の層せん断剛性 K^F で除した値であり、図中のプロットの K^{VEM}/K^F が小さいものから順に形状係数 S/d が 1m, 5m, 20m に対応している。

図 1 (a), (b) より、 K^{VEM}/K^F が小さくなるに伴って骨組の最大層間変位 $\delta_{\max}^F$ は減少し、粘弾性体の最大せん断変形 $\delta_{\max}^{VEM}$ は増加していることが確認できる。これは、文献 1) で得られた解析的知見と合致している。また、実験と解析の結果を比較すると、実験と解析はほぼ一致していることがわかる。

図 2 に床組が剛な場合の BCJ L2 加振より得られ

た層間変位 δ^F と粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} の実験の時刻歴波形を解析結果と比較して示す。ただし、層間変位 δ^F と粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} の値には各構面の実験結果の平均値を用いている。図 2 では、実験と解析の結果の各応答の最大値（図中のプロット）が含まれるように横軸の範囲を決定している。

図 2 (a) より、形状係数 S/d がいずれの場合においても実験と解析の時刻歴波形はほぼ一致していることがわかる。ただし、形状係数 S/d が 1m の場合、層間変位 δ^F と粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} の時刻歴波形には実験結果と解析結果で応答がわずかに異なっていることがわかる。その 1 で示した粘弾性体の物性値の同定は粘弾性体のせん断歪が 50% の実験結果に基づいている。一方で、図 1 (b) に示す粘弾性体の最大せん断変形 $\delta_{\max}^{VEM}$ はせん断歪 50% (δ^{VEM} が 5mm) を大きく上回る値をとっており、このようなせん断歪の増加に伴って、粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} と層間変位 δ^F には実験と解析の結果にわずかに差が生じたと考えられる。

また、図 2 (a) の形状係数 S/d が 20m の場合をみると、時刻歴波形はほぼ一致しているものの、応答が最大値を示す時刻が、解析と実験の結果で異なっていることがわかる。これは、その 1 で示した骨組の同定結果に基づく評価（図 7 参照）と同様、時刻 t が 25(s) 付近において、実験と解析の時刻歴波形の周期に差が生じていることに起因すると考えられる。

図 3 に BCJ L2 加振より得られた粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} と粘弾性体のせん断力 Q^{VEM} の関係を実験と解析で比較して示す。ただし、せん断力 Q^{VEM} は床スラブの絶対加速度と重量の積によって算出している。

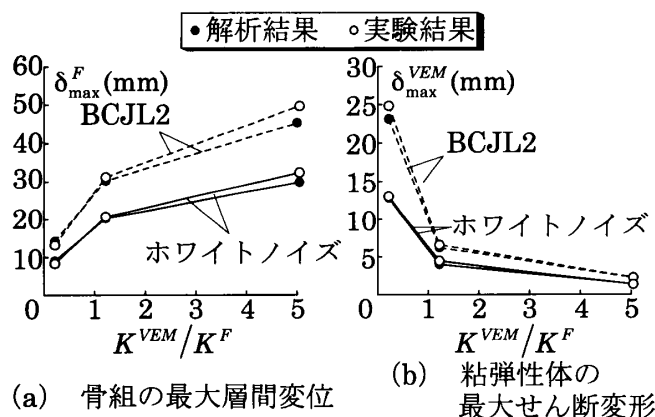


図 1 床組の面内剛性が剛な場合

Shaking table test of single-story steel structure with isolated floor system

Part2 Comparison of shaking table test results and time history analysis results

YANO Yasushi, MATSUMOTO Keita, KOETAKA Yuji and SUITA Keiichiro

図3より、粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} とせん断力 Q^{VEM} の関係は、前述したせん断歪の影響により、形状係数 S/d が1mの場合では若干の差異はみることができるものの、大略的には実験結果と解析結果はほぼ一致していることがわかる。

図4に、床組が剛な場合の粘弾性体の温度変化を示す。横軸は時刻 $t(s)$ である。図4より、形状係数 S/d が1mの場合が最も温度上昇が大きいが高々 $2^{\circ}C$ 程度に収まっていることがわかる。本報の数値解析では、粘弾性体の温度を加振中の平均値を一定値と

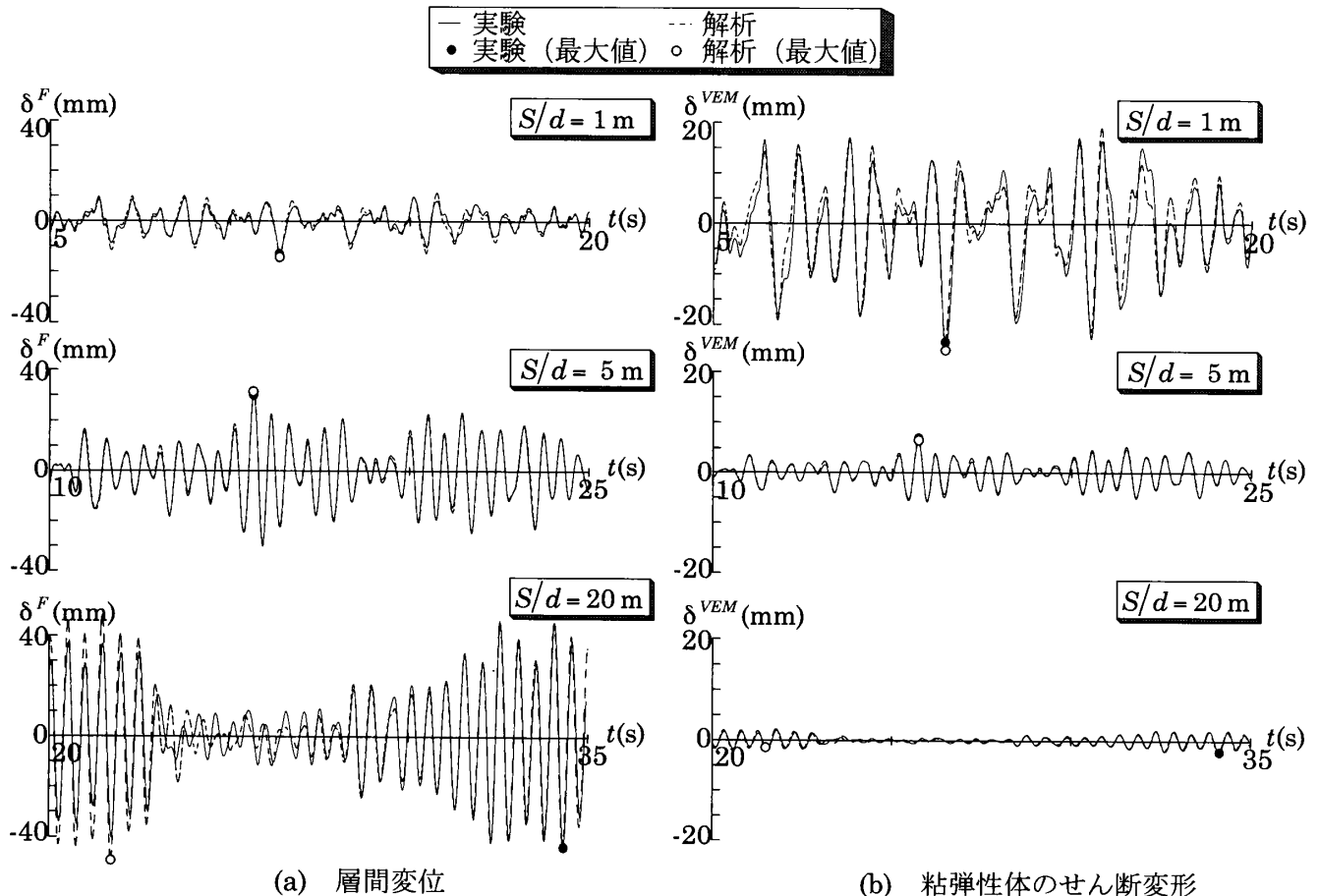


図2 床組が剛な場合の時刻歴波形の比較 (BCJ L2)

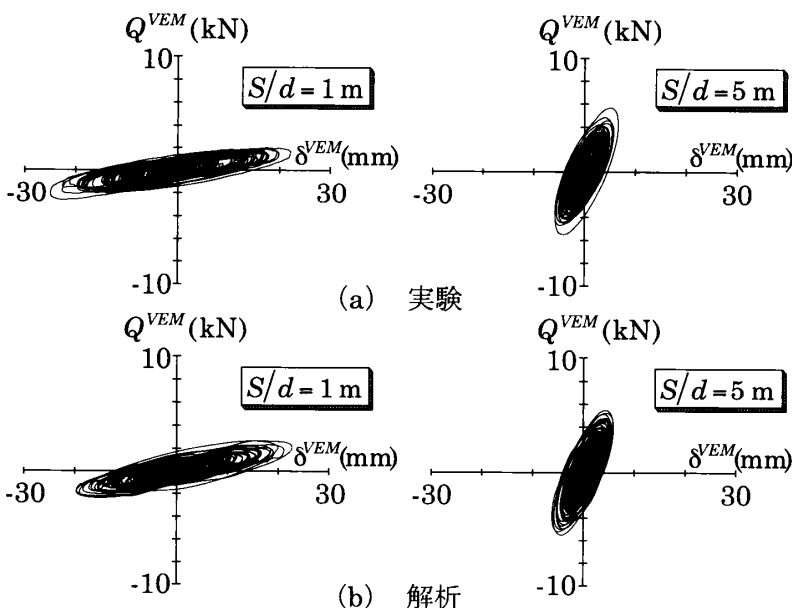


図3 粘弾性体のせん断力-せん断変形関係

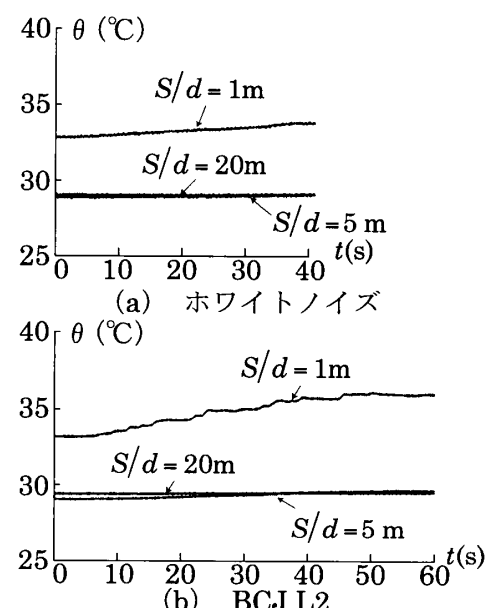


図4 粘弾性体の温度変化

して与えており、図 2、図 3 の結果より、このような簡略的なモデル化で実験結果を捉えることができると考えられる。

3. 床組が柔な場合の実験と解析の比較・考察

本節では、床ブレースを除去し、床組が柔な場合（その 1 の表 1 中のケース B）の実験と数値解析の結果を比較・考察する。

3.1 層せん断剛性比の影響

まず、粘弾性体の貼付面積比 $_{in}S/_{ex}S$ を 2（前節と同じ）とし、層せん断剛性比 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ を変化させた場合の実験結果について考察する。

図 5 に、BCJ L2 を用いた場合の各構面の時刻歴波形を示す。図中のプロットは各構面の最大値を表している。図 5 より、層せん断剛性比 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ が小さくなるに伴って、層せん断剛性の大きい構面（外側構面）における骨組の層間変位が小さくなり、層せん断剛性の小さい構面（内側構面）の層間変位が大きくなることが確認できる。また、 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ が 0 の場合、粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} は各構面で位相差が生じており、各構面の粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} は逆の符号をとる。これらの知見は文献 2) で示されている解析的知見と合致している。

図 6 に粘弾性体の貼付面積比 $_{in}S/_{ex}S$ が 2 で、層せん断剛性比 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ を変化させた場合の最大層間変位 δ_{max}^F と粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} を、実験結果（実線）と解析結果（点線）で比較して示す。横軸は $_{in}K^F/_{ex}K^F$ である。 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ が小さくなるに伴って、層せん断剛性の大きい構面（外側構面）における骨組の最大層間変位 δ_{max}^F が減少し、粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} が増加していることがわかる。

3.2 粘弾性体の貼付面積比の影響

次に、各構面の層せん断剛性比 $_{in}K^F/_{ex}K^F$ を 2/3 とし、粘弾性体の貼付面積比 $_{in}S/_{ex}S$ を変化させた場合の実験結果について考察する。

図 7 (a) に各構面の骨組の最大層間変位 δ_{max}^F を、同図 (b) に各構面の粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} を実験結果（実線）と解析結果（点線）で比較して示す。横軸は $_{in}S/_{ex}S$ である。

図 7 より、 $_{in}S/_{ex}S$ の減少に伴って粘弾性体の貼付面積を大きくした構面（外側構面）の最大層間変位 δ_{max}^F は増加し、同構面における粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} が減少することがわかる。また、骨組の最大層間変位 δ_{max}^F や粘弾性体の最大せん断変形

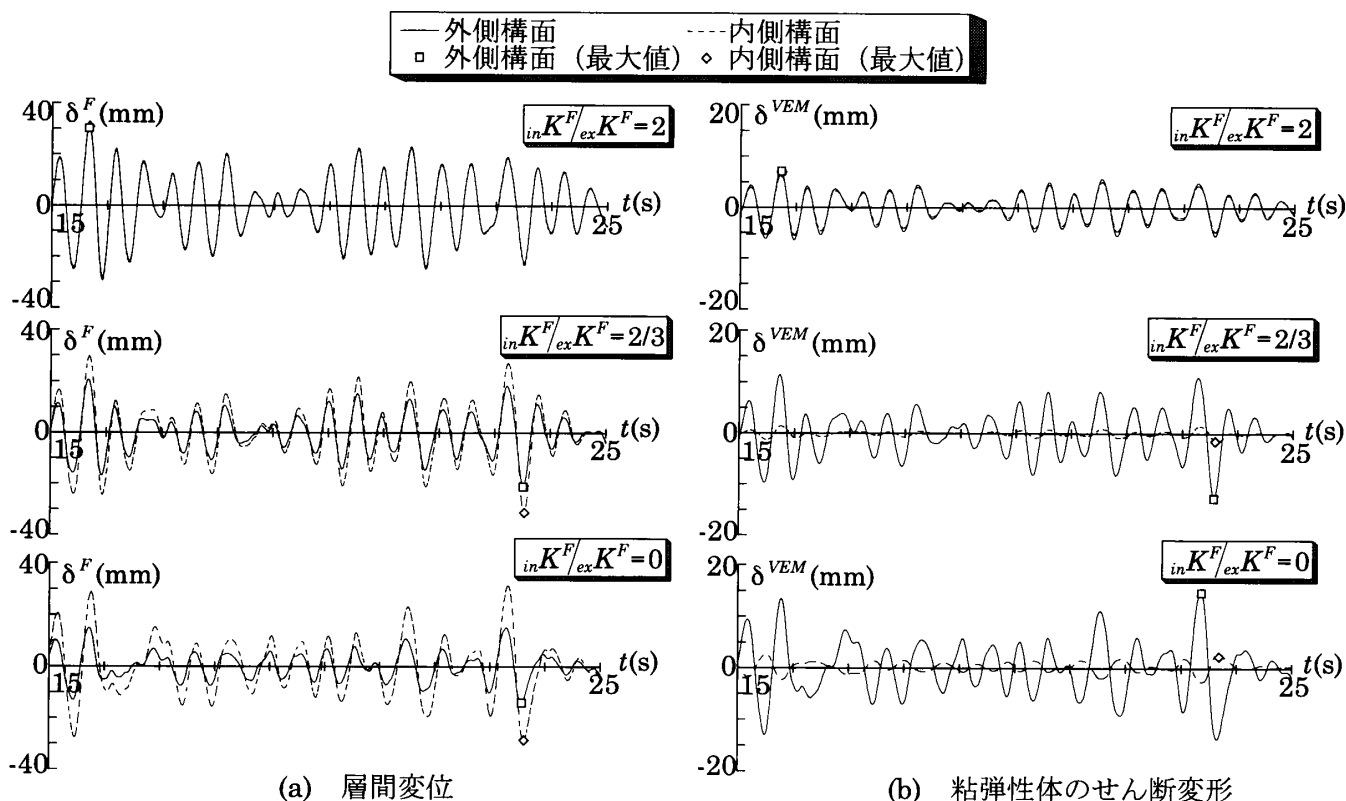


図 5 床組が柔な場合の各構面の時刻歴波形の比較 (BCJ L2)

$\delta_{\max}^{VEM}$ が各構面で一致する $in S/ex S$ が存在することがわかる。これらの知見は文献 2) で示されている解析的知見と合致している。また、実験結果と解析結果を比較すると、本報 2 章で前述した粘弾性体の履歴特性や骨組の固有周期などの差に起因する若干の応答の差を含んでいるものの、両者は概ねよい対応を示していることがわかる。

まとめ

本論では、地震応答低減機能を有する床構造を適用した 1 層 2 スパン鋼構造骨組の地震応答を、振動台実験結果に基づいて検討した。得られた知見を以下にまとめる。

- ・床組が剛な場合、 K^{VEM}/K^F が小さいほど、最大層間変位 $\delta_{\max}^F$ は減少し、粘弾性体の最大せん断変形 $\delta_{\max}^{VEM}$ は大きくなる。
- ・床組の剛性が小さい場合、層せん断剛性の大きい構面における最大層間変位 $\delta_{\max}^F$ は減少し、粘弾性体の最大せん断変形 $\delta_{\max}^{VEM}$ は増加する。
- ・上記の知見は、振動台実験結果と時刻歴応答解析結果とで一致している。また、実験結果と解析結果は概ね良い対応を示しており、解析モデ

ルの妥当性を確認した。

謝辞

本研究は平成 23 年度科学研究費補助金・若手研究 (A) (課題番号: 22686051) の助成を受けた。また、住友スリーエム (株) より、試験体に使用した粘弾性体とその素材試験データをご提供いただいた。本研究を推進するにあたって、堀家正則教授 (大阪工業大学) より有益なご指導をいただいた。

付記して深甚なる感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 聲高 裕治: 鋼構造骨組における床スラブの解体性を考慮した簡易床免震構造システムの開発, その 1 1 層骨組の地震応答, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第 49 号, 構造系, pp325-328, 2009.6
- 2) 矢野 康, 聲高 裕治: 地震応答低減機能を有する床構造を適用した 1 層鋼構造骨組の地震応答に及ぼす床組の面内変形の影響, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 第 51 号, 構造系, pp105-106, 2011.6
- 3) 大崎 順彦, 金久保 利之: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.5
- 4) 日本建築学会: 建築物の減衰, 2010.10
- 5) 笠井 和彦, 寺本 道彦, 大熊 潔, 所 健: 粘弾性体の温度・振動数・振幅依存を考慮した構成則 (その 1 線形領域における温度・振動数依存のモデル化), 日本建築学会構造系論文集, 第 543 号, pp.77-86, 2001.5

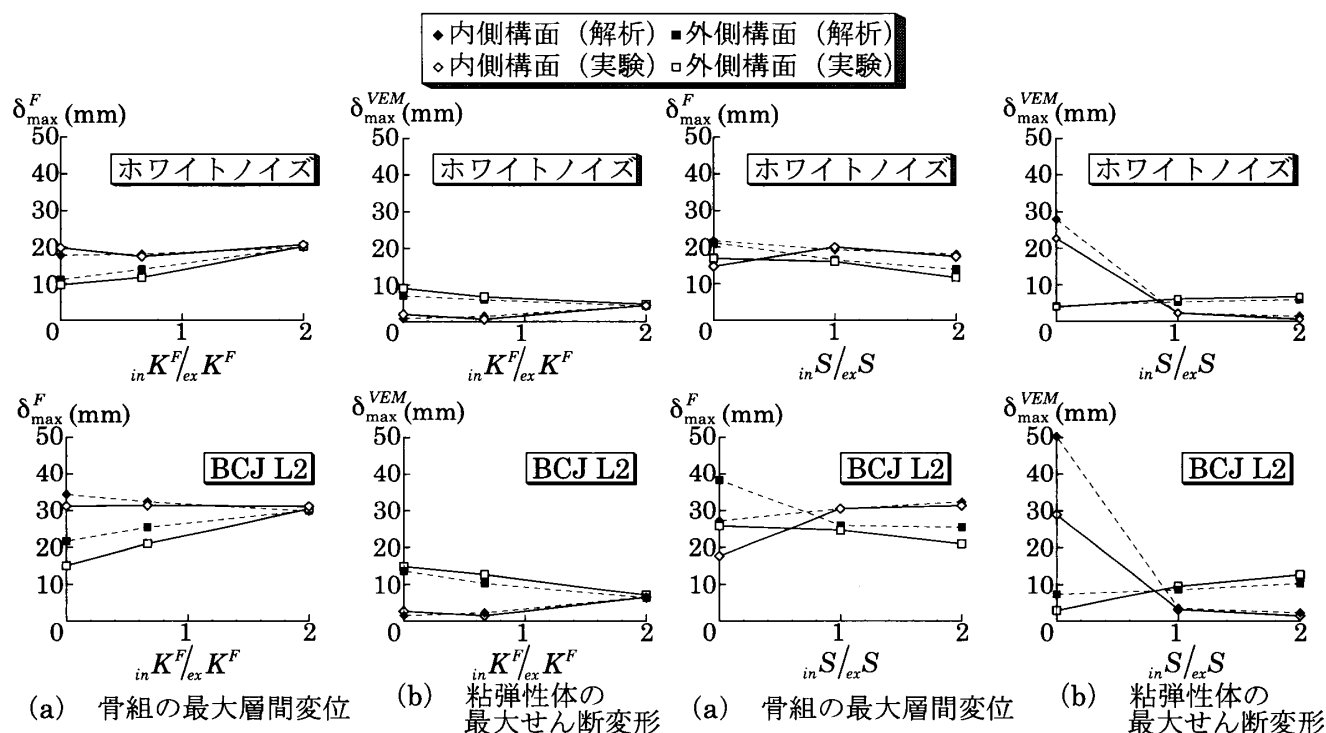


図 6 層せん断剛性比と応答の関係

図 7 粘弾性体の貼付面積比と応答の関係

*1 大阪工業大学大学院工学研究科建築学専攻

*2 京都大学工学部建築学科

*3 京都大学大学院工学研究科建築学専攻

Major in Architecture, Osaka Institute of Technology

Undergraduate School of Architecture, Kyoto Univ.

Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Kyoto Univ.