

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2010～2012

課題番号：22686051

 研究課題名（和文） 鋼部材のリユースに対応した地震応答低減機能を有する  
床構造システムの開発

 研究課題名（英文） Development of new floor system to enhance the seismic performance  
as well as dismantlement

研究代表者

聲高 裕治（KOETAKA YUJI）

京都大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：80343234

研究成果の概要（和文）：本研究は、鋼構造骨組の床スラブと梁の間に粘弾性体を挿入することで、骨組の地震応答を低減する機能を付与した新たな床構造の開発を目的としている。提案する床構造を適用した1層骨組の数値解析と振動台実験によって、基本的な地震応答性状を確認した。その結果、骨組の地震応答低減には粘弾性体の形状係数を小さくした方がよいが、床と骨組のクリアランスが過大となるため適切な形状係数を選択する必要があるなど、地震応答低減に及ぼす種々のパラメータの影響を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We have developed a new floor system, which is built up by installing visco-elastic materials (VEMs) between floor slab and beam upper flange, to enhance seismic performance of a building structure. Numerical analysis and shaking table test were conducted in order to verify seismic response of single-story steel moment frame equipped with the proposed floor system. From these investigations, effects of various parameters on seismic response were revealed, for instance, story drift decreases and shear deformation of VEM increases when shape factor of VEM becomes smaller. As a result, it is clarified that the shape factor of VEM should be defined appropriately.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2012年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
総計	9,300,000	2,790,000	12,090,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：床構造，制振，粘弾性体，リユース，応答解析，振動台実験

## 1. 研究開始当初の背景

鋼構造骨組の床スラブには、防火性・遮音性・振動の抑制・施工性などの観点から、デッキプレートを用いたRC床スラブが多く採用されている。地震時に床スラブに作用する慣性力を梁に伝達するため、デッキプレートと梁の結合には頭付きスタッドや焼抜き栓溶接が用いられる。鋼構造骨組を解体する際には、施工時に結合したデッキプレートと梁

を分離する必要があるが、デッキプレートの分離作業には多くの時間とエネルギーを要し、さらに解体後の梁の損傷は避けがたいという問題点を有している。また、地球環境問題の側面からは、鋼部材のリユース・リサイクルのしくみや、そのための一連の作業性の確保は大きな課題であり、リユース・リサイクルしやすい床構工法のニーズが高まっている。

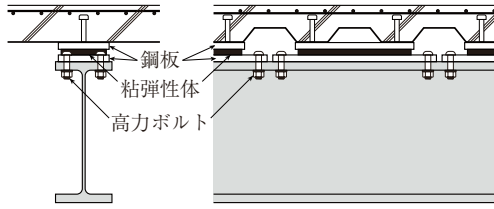


図1 地震応答低減機能を有する床構造

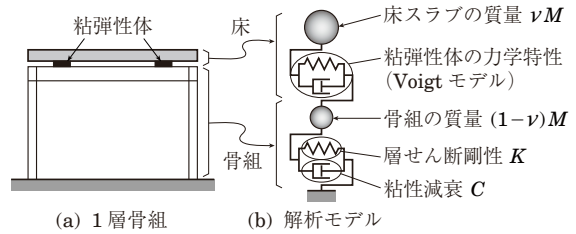


図2 対象骨組と解析モデル

他方, RC床スラブの自重と床スラブが負担する鉛直荷重の和は, 鋼構造骨組の全重量の5~7割程度と比較的大きく, 床の加速度応答を減らすことで地震時の慣性力を低減することができ, その結果として地震力に抵抗する鋼部材重量の削減が図れる。

## 2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて, 本研究では, 図1に示すように, 2枚の鋼板の間に粘弾性体を接着し, これを床スラブと梁の間に挿入する新たな床構造を提案する。この床構造は以下の特徴を有している。

- ・ 建設時には, 下側の鋼板を梁上フランジに高力ボルト接合しておき, 上側の鋼板にデッキプレート(床スラブ)を溶接した後, 配筋してコンクリートを打設するため, 従来のRC床スラブと同等の施工性を有している。
- ・ 解体時には高力ボルトを取り外すことで, 梁に損傷を与えずに床スラブを分離することができるため, 鋼部材をリユースすることが可能となる。
- ・ 地震時に, 床スラブに作用する慣性力を粘弾性体で減衰させた上で柱や梁に伝達させるので, 構造物に作用する地震力を低減できる。

本研究では, 上記の特徴のうち3点目に関して, 図1の床構造を適用した鋼構造骨組の地震応答低減効果を明らかにするために, 数値解析と振動台実験を実施する。最終的には,

本床構造を適用した骨組の設計法を構築するための基礎資料を得ることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 数値解析

対象は, 図2(a)に示すように提案する床構造を適用した1層鋼構造骨組である。この骨組について図2(b)に示すように床と骨組に分解した解析モデルを構築し, 時刻歴応答解析によって基本的な地震応答性状を把握する。

解析パラメータは, 粘弾性体の形状係数  $S/d$  (1~200m), 床スラブの重量比  $\nu$  (0.5, 0.7, 0.9), 本床構造を適用しない骨組の固有周期  $T$  (0.5, 1.0, 2.0s), 骨組の塑性化の有無(骨組の復元力特性は完全弾塑性型とする), 床組の面内剛性, 各構面の層せん断剛性や粘弾性体の貼付面積の比率等である。

骨組の減衰定数は2%の初期剛性比例型とし, 粘弾性体の温度は20°Cの一定値とする。入力地震動には, El Centro NS(地動最大速度を0.5m/sに基準化したもの), BCJ L2(原波)を用いる。

### (2) 振動台実験

図2に示す数値解析モデルの妥当性を検証し, 本床構造の適用可能性を検討するために, 提案する床構造を適用した1層骨組の振動台実験を実施する。試験体は, 図3に示す3つの構面で構成される1/5スケールの骨組であ

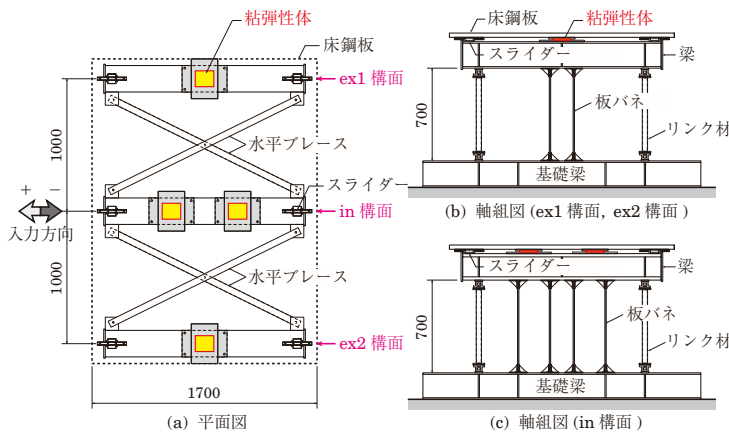


図3 試験体概要

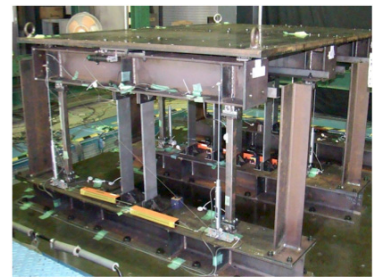


図4 試験体設置状況

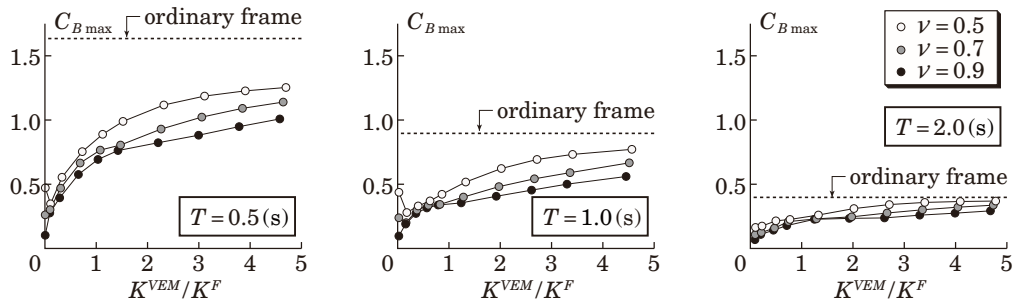


図5 骨組の最大ベースシヤール係数 (BCJ L2)

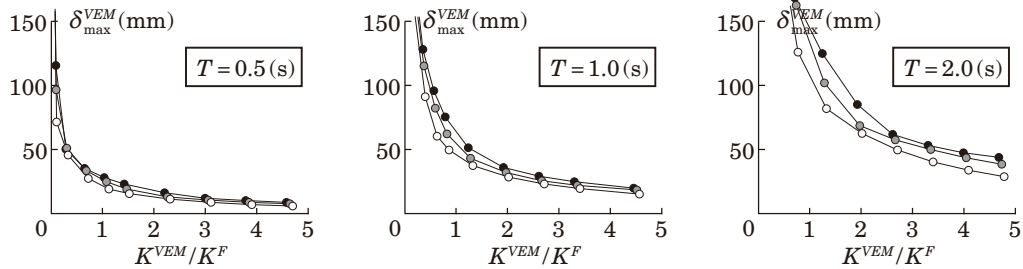


図6 粘弾性体の最大せん断変形 (BCJ L2)

る。実験パラメータは、数値解析の場合と同様に、粘弾性体の形状係数  $S/d$ 、床組の面内剛性、各構面の層せん断剛性や粘弾性体の貼付面積の比率などである。

固有周期が 0.5 秒程度となるように、骨組全体の重量と層せん断剛性を決定し、板バネによって層せん断剛性を付与している。床と梁の間に厚さ 10mm のアクリル系粘弾性体を挿入し、床重量を支持するために、スライダを設置している。また、水平ブレースの脱着により、各構面の挙動が同一とみなせる場合と、各構面がそれぞれ独立して挙動する場合について実験を行う。

入力地震動には、BCJ L2 と有域帯ホワイトノイズを用い、層間変形角が  $1/10\text{rad}$  以下となるように入力レベルを調整している。

#### 4. 研究成果

##### (1) 数値解析

図 5、図 6 に、骨組が弾性範囲の数値解析結果を例示する。図 5 の縦軸は骨組の最大ベースシヤール係数で、図 6 の縦軸は粘弾性体の最大せん断変形である。いずれの図も横軸は、粘弾性体の等価剛性  $K^{VEM}$  と骨組の層せん断剛性  $K^F$  の比である。

これらの図より、粘弾性体の等価剛性  $K^{VEM}$  (形状係数  $S/d$ ) が小さいほど骨組の最大ベースシヤール係数が減少するが、一方で粘弾性体の最大せん断変形が増大することが確認できる。これらの知見より、骨組と粘弾性体の応答をともに許容できる範囲に収めるためには、粘弾性体の形状係数を適切に設定する必要があることが指摘できる。

また、床スラブの重量比  $n$  が大きいほど、骨組の固有周期  $T$  が短いほど、応答低減効果が大きいことがわかる。上記の知見は、骨組が塑性化した場合でも定性的には同様の傾向を示すことを確認しているが、定量的な評価法の構築は今後の課題である。

##### (2) 振動台実験

図 7、図 8 に振動台実験結果と解析結果の比較を例示する。解析には、振動台実験結果に基づく骨組の固有周期と減衰定数の同定結果を用いている。各図の (a) は骨組の層間変形を、(b) は粘弾性体のせん断変形を表している。図 7 より、実験結果と解析結果はいずれのケースにおいてもよく一致しており、振動台実験により、図 2 の解析モデルの妥当性を確認することができた。

また図 8 より、図 5、図 6 と同様に、粘弾性体の形状係数が小さいほど骨組の最大ベースシヤール係数が減少し、粘弾性体の最大せん断変形が増大することが確認できる。なお、図 5、図 8(a) に示す水平ラインは、従来の床構造を適用した骨組の最大ベースシヤール係数を表している。これらの図より、当初想定したとおり、図 1 の床構造を適用することにより、骨組の地震応答を低減できることを確認した。以上より、骨組が塑性化する場合を含めて、応答低減効果に関する定量的な評価法を構築するための有益な基礎資料を得ることができた。

上記とは別に、地震動の入力レベルが過大になると、粘弾性のせん断変形に対するクリアランスが不足し、床と梁が衝突して一時的

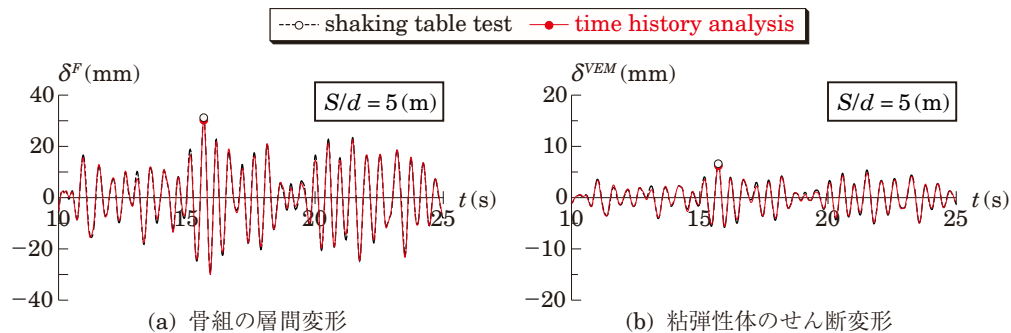


図7 時刻歴応答の比較 (BCJ L2)

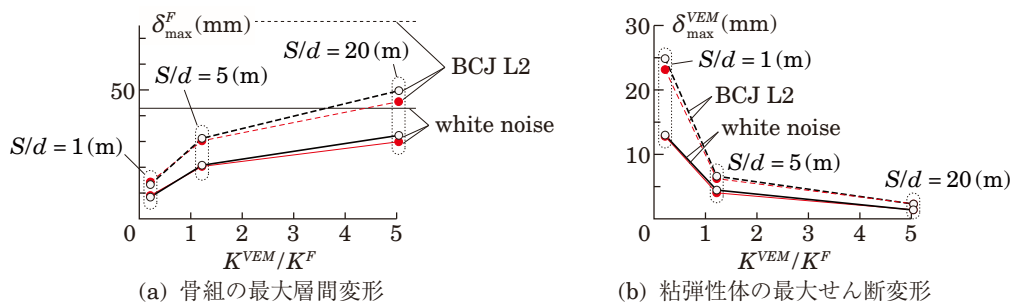


図8 最大応答の比較

に極めて大きな加速度が作用すること、ならびに粘弾性体に床スラブの鉛直荷重を支持させると、応答低減効果が十分に得られないことが振動台実験によって明らかになり、本床構造の設置に関する詳細な検討を要することが明らかになった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 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, 日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集, 第19巻, pp.475-480, 2011.11 (査読あり)
- ② 矢野 康, 聲高裕治: 地震応答低減機能を有する床構造システムを適用した1層鋼構造骨組の応答予測, 第13回日本地震工学シンポジウム, pp.2167-2174, 2010.11 (査読あり)

[学会発表] (計6件)

- ① 松本圭太, 聲高裕治, 吹田啓一郎: 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 (骨組の弾塑性挙動と粘弾性体の設置位置に関する考察), 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2013.6.15, 大阪 (日本)
- ② Koetaka, Y., Matsumoto, K., and Yano, Y.: Seismic response of single-story steel moment frame with isolated floor

system, 15th World Conference on Earthquake Engineering, 2012.9.28, Lisbon (Portugal)

- ③ 聲高裕治, 矢野 康, 松本圭太, 吹田啓一郎: 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, 日本建築学会大会学術講演会, 2012.9.12, 名古屋 (日本)
- ④ 矢野 康, 松本圭太, 聲高裕治, 吹田啓一郎: 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, 日本建築学会近畿支部研究発表会, 2012.6.17, 大阪 (日本)
- ⑤ 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, 日本建築学会大会学術講演会, 2011.8.23, 東京 (日本)
- ⑥ 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発表会, 2011.6.18, 大阪 (日本)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

聲高 裕治 (KOETAKA YUJI)

京都大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 80343234