

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

床スラブ
地震応答

粘弾性体
時刻歴応答解析

面内変形

正会員
同

○矢野 康*¹
聲高 裕治*²

1. はじめに

本研究は、図 1 に示す地震応答低減機能を有する床構造¹⁾を提案するものである。文献 1)では、床組の面内変形を無視した 1 層鋼構造骨組を対象として、床スラブと骨組から成る 2 自由度系解析モデルの地震応答解析結果から、本床構造を適用することによって骨組の最大ベースシヤー係数を 2~3 割低減できることを示している。

他方、本床構造を適用した骨組は剛床仮定が成立しないため、各構面が負担する質量の比と各構面の層せん断剛性の比が異なると床組の面内変形が生じる場合がある²⁾。本論では、図 1 の床構造を適用した 1 層 2 スパン鋼構造骨組を対象として、文献 2)の考え方に基づいて床組の面内変形を考慮した解析モデルを構築し、この解析モデルを用いた地震応答解析結果と、床組の面内変形を無視した場合の解析結果¹⁾を比較・考察する。

2. 対象と解析モデル

対象は、図 1 の床構造を適用した 1 層 2 スパン鋼構造骨組 (図 2 参照)であり、弾性応答を示す場合を取り扱う。偏心の影響を排除するため、各構面が負担する質量、各構面の層せん断剛性、各構面の粘弾性体の形状係数 S/d (S :粘弾性体の貼付面積、 d :粘弾性体の厚さ)は内側構面に関して対称とする。

図 2 の対象骨組を床スラブと骨組に分解し、図 3 に示す 6 自由度系の解析モデルを構築する。ただし、解析骨組の全重量は床スラブ上に一様に分布するものとし、各構面における質点は床組および床スラブで連結されているものとする。図中の M は各構面の質量、 v は全重量に対する床の重量の割合 (重量比)、 K_f は床スラブの面内剛性、 K_b は床組の面内剛性、 K^F は骨組の層せん断剛性、 C^F は骨組の減衰係数、 K_{eq} は粘弾性体の等価剛性、 C_{eq} は粘弾性体の等価減衰係数である。

3. 解析パラメータと解析条件

表 1 に解析パラメータを示す。骨組全体の層せん断剛性は、本床構造を適用しない場合の固有周期 T (表 1 参

照)と骨組の全重量(1400kN)より算出し、外側構面の層せん断剛性 $_{ex}K^F$ と内側構面の層せん断剛性 $_{in}K^F$ を表 1 中の $_{ex}K^F / _{in}K^F$ で与えている。また、各構面で形状係数が異なる場合の応答を確認するために、骨組全体の形状係数 S/d を定めた上で、外側構面の粘弾性体の貼付量 $_{ex}S$ と内側構面の粘弾性体の貼付量 $_{in}S$ を、表 1 中の $_{ex}S / _{in}S$ で与えている。なお、層せん断剛性比 $_{ex}K^F / _{in}K^F$ が 1/2、かつ粘弾性体の貼付面積比 $_{ex}S / _{in}S$ が 1/2 の場合の解析結果は、文献 1)における床組の面内変形を無視した場合の解析結果と一致する。

床スラブの面内剛性 K_f は剛床とみなせる程度に大きな値 (骨組全体の層せん断剛性の 100 倍) を与えており、床組の面内剛性 K_b は無視している。骨組の減衰は 2% の初期剛性比例型とし、粘弾性体の温度は 20℃ (一定) としている。入力地震動は表 2 に示す 2 波とし、El Centro NS は地動最大速度を 0.5(m/s) に規準化したものを、BCJ L2 は原波を用いる。

4. 解析結果

図 4 に粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} を、図 5 に各構面の最大層間変位 δ_{max}^F を、図 6 に最大ベースシヤー係数 C_{Bmax} をそれぞれ示す。図中の横軸は粘弾性体の貼付面積

表 1 解析パラメータ

解析パラメータ	範囲
層せん断剛性比 $_{ex}K^F / _{in}K^F$	1/2, 1, 2, 5
粘弾性体の貼付面積比 $_{ex}S / _{in}S$	0.2~10
粘弾性体の形状係数 S/d (m)	1~200
重量比 v	0.5, 0.7, 0.9
固有周期 T (s)	0.5, 1.0

表 2 入力地震動

入力地震動	地動最大加速度 (m/s ²)	解析時間 (s)
El Centro NS	5.11	53.7
BCJ L2	3.56	120.0

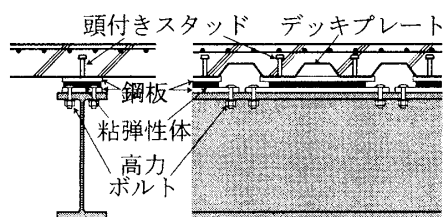


図1 地震応答低減機能を有する床構造

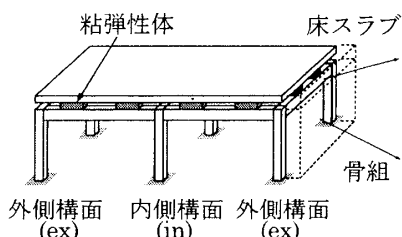


図2 対象骨組

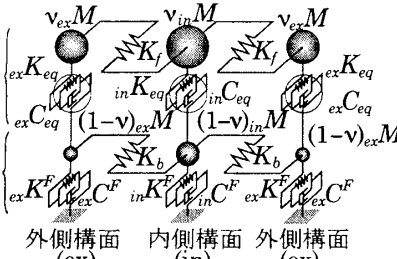


図3 解析モデル

Effect of in-plane deformation of floor flammg on seismic response of single-story steel structure with isolated floor system

YANO Yasushi and KOETAKA Yuji

比 exS/inS である。また、横軸に平行な点線は面内変形を無視できる場合 ($exK^F/inK^F=1/2, inS/exS=1/2$) の解析結果であり、プロットは面内変形を考慮した場合の解析結果を表している。入力地震動、固有周期 T 、床スラブの重量比 ν 、形状係数 S/d を変化させた場合において同様の傾向が確認されたため、以下では El Centro NS, $T=0.5(s)$, $\nu=0.7$, $S/d=100(m)$ の場合について考察する。

図 4 より、各構面の粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} は、床組の面内変形を考慮したときの解析結果と、床組の面内変形を無視したときの解析結果とが概ね合致する exS/inS が存在することがわかる。また図 5 より、 exK^F/inK^F が 1 または 2 の場合、両解析結果の各構面における最大層間変位 δ_{max}^F が、概ね合致する exS/inS が存在するが、 exK^F/inK^F が 5 の場合は、 exS/inS の増加に伴って各構面の δ_{max}^F が増加しており、各構面の δ_{max}^F が床組の面内変形を無視したときの解析結果と一致する exS/inS が存在しないことがわかる。

図 7 に、粘弾性体のせん断変形 δ^{VEM} と各構面の層間変位 δ^F の時刻歴応答を示す。図中のプロットは各応答の最大値を表している。 exK^F/inK^F が 5 の場合、図 7(c) に示すように粘弾性体の変位応答に位相差が生じ、各構面の骨組の層間変位がほぼ同時刻に最大値を示すときに内側構面の粘弾性体のせん断変形は逆の符号をとっている。本論で対象としている骨組の場合、各構面の δ^F と δ^{VEM} の和は常に等しく、上述した各構面の粘弾性体のせん断変形の位相差によって、図 5 に示すように内側構面の δ_{max}^F が増加したと考えられる。また、図 6 より、最大ベース

シヤール係数 C_{Bmax} は exS/inS を変化させても床組の面内変形を無視した結果を上回らないことがわかる。

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 スパン鋼構造弾性骨組を対象に、地震応答に及ぼす床組の面内変形の影響を考察した。その結果、各構面の層せん断剛性が異なる場合、粘弾性体の貼付面積を各構面で適切に与えることで、粘弾性体の最大せん断変形 δ_{max}^{VEM} と最大ベースシヤール係数 C_{Bmax} は床組の面内変形を無視した場合と同様の地震応答を示すことが明らかになった。また、各構面の層せん断剛性の差が大きくなると、各構面における粘弾性体のせん断変形に位相差が生じ、床組の面内変形を無視することができない場合が存在することを示した。

謝辞

本研究は平成 22 年度科学研究費補助金・若手研究 (A) (課題番号: 22686051)、ならびに平成 22 年度鋼構造研究助成事業の助成を受けた。また、本論で示した解析結果の一部は、吉村允志君 (大阪工業大学) の御助力によるものである。付記して謝意を表す。

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) 聲高 裕治, 中村 敦夫, 井上一朗, 内田 直樹: 1 層鋼構造骨組の床スラブに作用する最大面内せん断力, 日本建築学会構造系論文集, 第 75 巻, 第 653 号, pp.1377~1384, 2010.7

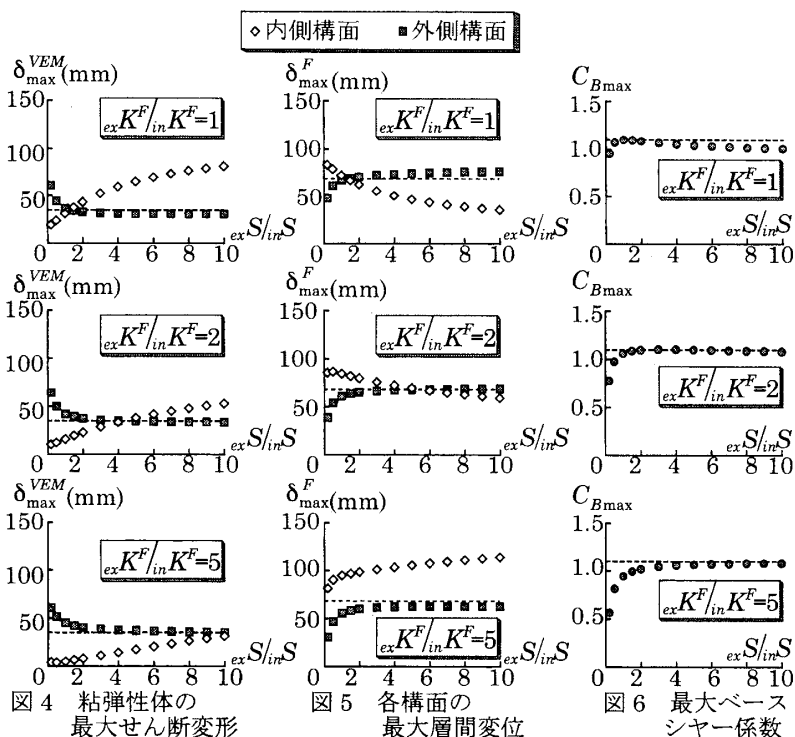


図 4 粘弾性体の最大せん断変形

図 5 各構面の最大層間変位

図 6 最大ベースシヤール係数

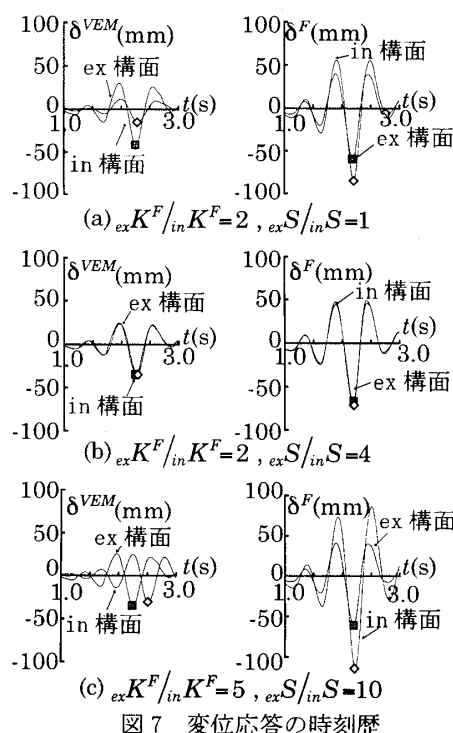


図 7 変位応答の時刻歴

*1 大阪工業大学大学院工学研究科建築学専攻

*2 京都大学大学院工学研究科建築学専攻

Major in Architecture, Osaka Institute of Technology

Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Kyoto University