

2011 年東北地方太平洋沖地震における動的相互作用を考慮した建物応答評価

その 2. 地震応答解析結果とその分析

正会員 ○丹羽智是 *1 同 護 雅史 *2
同 福和伸夫 *3動的相互作用 東北地方太平洋沖地震 SR モデル
鉄骨造 鉄筋コンクリート造 建物応答評価

1. はじめに

その 2 では、その 1 で設定した建物モデルに対して、2011 年東北地方太平洋沖地震での観測記録を用いて実施した非線形地震応答解析結果について述べる。使用する波形は、地盤特性が異なる MYG006、MYG007、MYG010、MYG011、MYG015 の 5 地点とした（その 1 の図 1 参照）。

2. S 造事務所建物の地震応答解析結果

S 造 3 階事務所建物の解析結果を図 1~5 に示す。図 1 に基礎固定モデルと SR モデルの一次固有周期の比を示す。S 造では相互作用効果による周期の伸びは小さいことが分かる。図 2 に S 造 3 階事務所建物の累積塑性倍率を示す。これから、相互作用効果を考慮することでア、イ:MYG006、ウ、エ:MYG007 の EW・NS 両成分では、基礎固定モデルよりも累積塑性変形倍率の値が小さくなることが分かる。また、地盤の塑性化によってもア、イ:MYG006、ウ、エ:MYG007 の EW・NS 両成分では累積塑性変形倍率の値がより小さくなっている。しかし、それ以外の観測点では相互作用効果は明瞭には表れていない。また、図 3 に最大層間変形角を示すが、両モデルで応答に大きな違いは認められなかった。図 4 には元の加速度波形と根入れを考慮した場合の加速度波形を示す。根入れを考慮することで MYG006EW 成分については、最大値が低減しているが、MYG011 ではほとんど変化はない。また、図 5 に解析結果の一部としてア:MYG006EW 成分において、累積塑性変形倍率が大きかった S 造 3 階事務所建物の 2 階履歴ループを示す。ア:MYG006EW 成分の場合、(b)SR モデルとすることで履歴ループが小さくなっている、さらに僅かではあるが、(c)根入れ (1.5m) を考慮することで応答がさらに低減していることが分かる。

次に、弾性地震応答解析による二種地盤相当のベースシア係数と累積塑性変形倍率の関係を示した図 6 を見ると、図中の○で示すように、相互作用効果を考慮することでベースシア係数が小さくなっている。しかし、累積塑性変形倍率の値は大幅な低減は見られない。また、ベースシア係数が 1 を超えるような大きな応答を示す地点も存在し、設計を超えるような入力作用する可能性も示唆している。さらに、ベースシア係数が 1 以下でも累積塑性変形倍率が 40 以上と、大きくなっている地点もある。これは長時間繰り返し入力を受けたためであると考えられる。今回の解析で相互作用効果は累積塑性倍率に大きく表れることが分かる。

3. RC 造小学校建物の地震応答解析結果

図 1、及び図 6~図 10 に RC 造小学校モデルの解析結果を示す。図 1 からは RC 造で相互作用を考慮することで大きく固有周期が伸び、 I_s 値が大きいほど固有周期が伸びていることが分かる。図 7 に RC 造桁行方向小学校モデル (I_s 値 0.6 以上) を示す。 I_s 値は大きな開口のある一階が小さく、上階ほど大きくなる傾向がある。

図 8 の最大層間変形角の比較結果から、相互作用効果を考慮することで値が大きく変化する地点が認められる。例えば、キ、ク:MYG011EW・NS 両成分で最大層間変形角は小さくなっている。一方、ア、イ:MYG006、ウ、エ:MYG007、オ、カ:MYG010、ケ、コ:MYG015EW・NS 両成分では、最大層間変形角が基礎固定時に比べて大きくなっている。これらの地点の観測記録は、その 1 の図 5 のトリパタイトスペクトルから、長周期側にも大きな成分を持っており、これにより応答が大きくなったと推定される。これと図 9 に示した各地震動に対するベースシア係数の比較結果から、相互作用効果を考慮することにより最大層間変形角が大きくなった地点では、ベースシア係数が 1 以上になっていることが分かる。図 10、11 には、各タイプでの最大応答地の比較結果を基礎固定と SR モデルで比較している。これより、 I_s 値が大きくなると最大層間変形角の値は基礎固定系、SR モデルの両方で小さくなる傾向があった。

以上の結果から、RC 造建物では相互作用効果を考慮することで最大層間変形角に大きな違いが表れた。また、用いた地震動によっては、固有周期が伸びて入力波のピークに近づいたことにより応答が大きくなる場合もあった。

4. まとめ

S 造 3 階事務所建物では、数地点で相互作用効果により、低減効果が認められた。しかし、累積塑性変形倍率の値自体は小さくなく、大きな損傷を生じる可能性がある。東北地方太平洋沖地震では長時間繰り返し入力を受けるため、ベースシア係数が小さな地点でも、累積塑性変形倍率が大きくなった可能性が考えられる。

一方、RC 造低層建物では相互作用効果を考慮することで応答が低減した地点も見られたが、地盤—建物連成系の固有周期の伸びにより、入力地震動の持つ周波数成分のピークに近づくことがあり、基礎固定時より応答が大

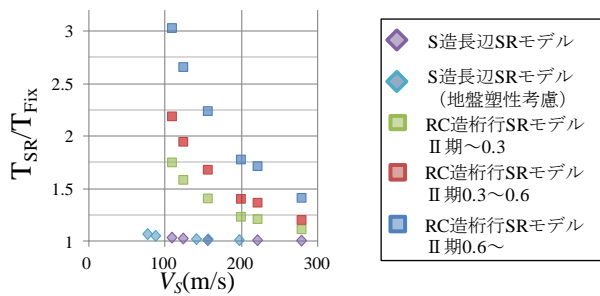


図1 モデル別の固有周期の伸び率とせん断波速度の関係

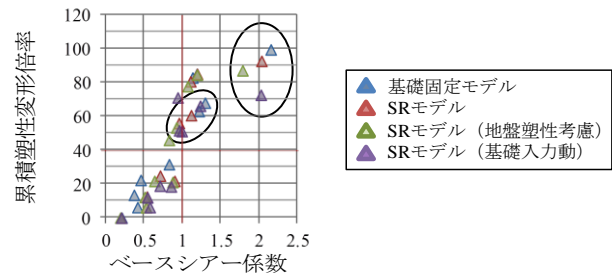


図6 ベースシア係数と累積塑性変形倍率の関係 (事務所3階モデル(長辺))

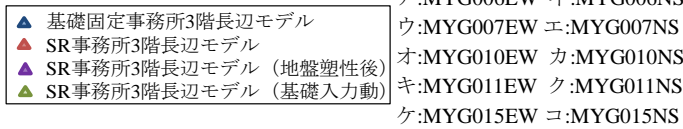


図2 事務所3階モデル(長辺)の累積塑性変形倍率の比較

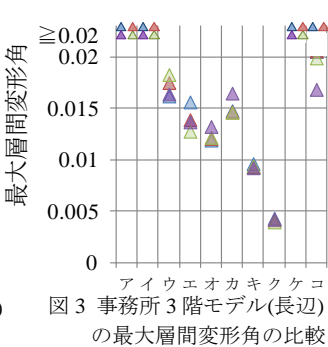


図3 事務所3階モデル(長辺)の最大層間変形角の比較

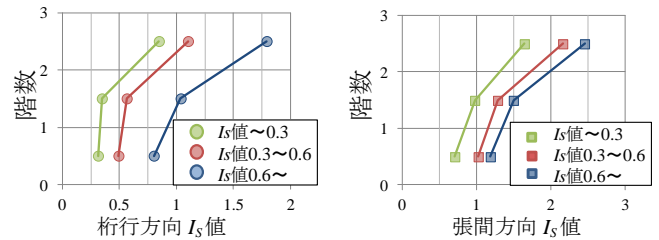


図7 RC造小学校(II期)建物縦方向のI_s値分布

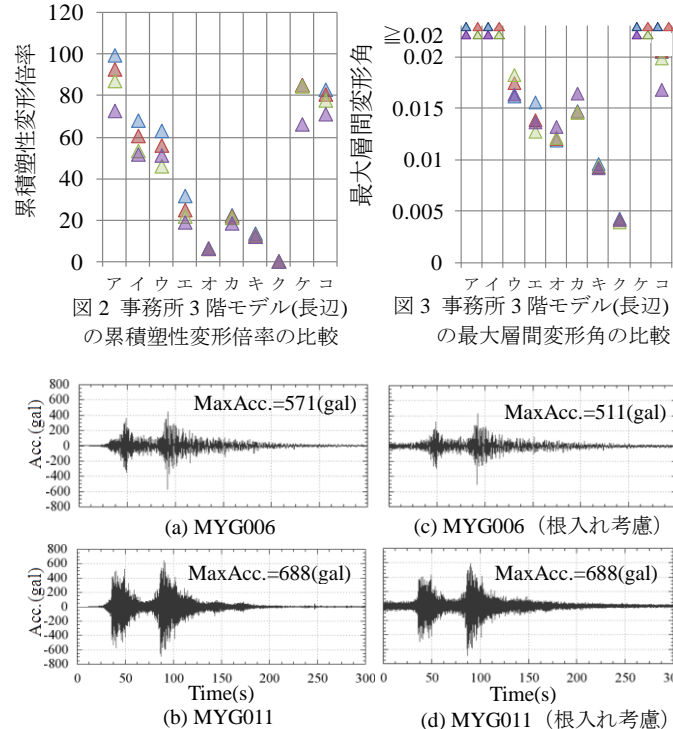


図4 MYG006、MYG011の加速度波形(EW成分)

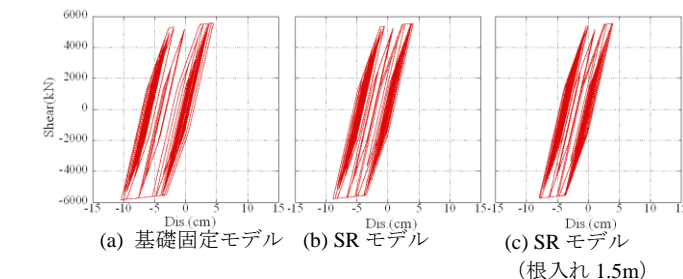


図5 事務所3階モデルにおける相互作用の有無を考慮した2階履歴ループの比較(MYG006EW成分)

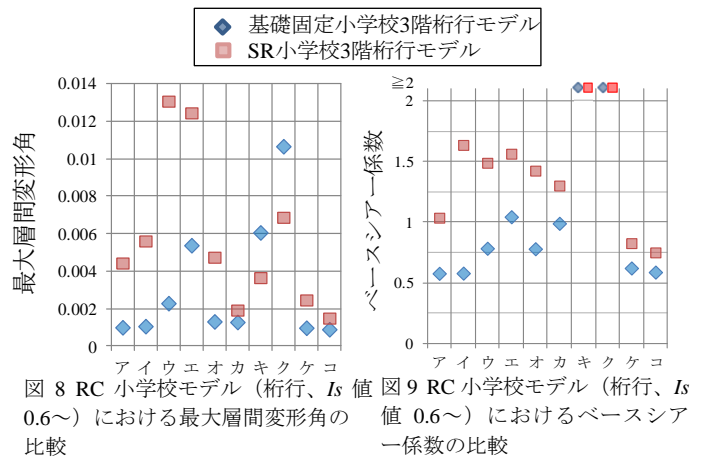


図8 RC小学校モデル(桁行、I_s値0.6~)における最大層間変形角の比較

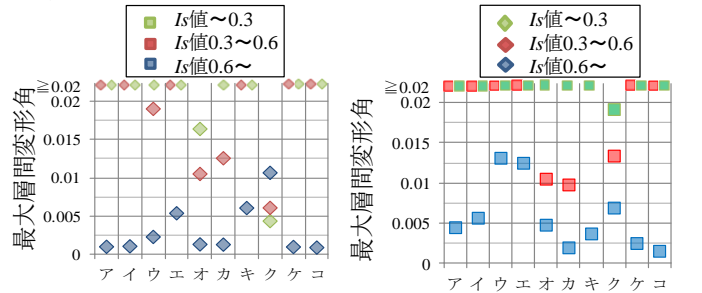


図9 RC小学校モデル(桁行、I_s値0.6~)におけるベースシア係数の比較

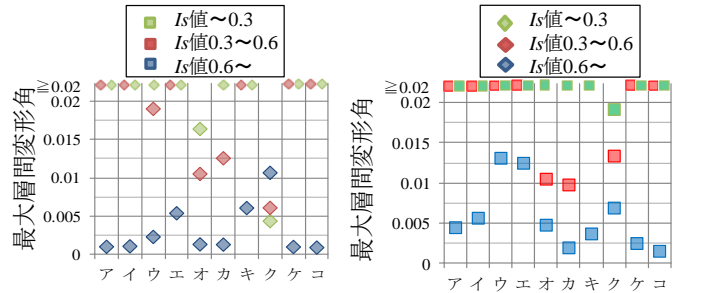


図10 RC小学校基礎固定モデル(桁行)におけるI_s値による最大層間変形角の比較

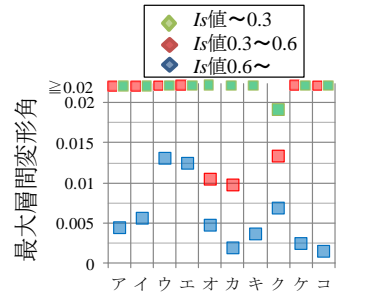


図11 RC小学校SRモデル(桁行)におけるI_s値による最大層間変形角の比較

きくなる地点もあった。南海トラフでの巨大地震でも継続時間が長い地震動となることが想定されているため、十分な検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 内閣府中央防災会議：南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について、南海トラフの巨大地震モデル検討会（第15回）資料、2012.3
- 2) 彦坂智基、菅我裕ほか：高機能社会における既存建物の耐震性能評価（その2）地震応答解析結果、日本建築学会大会論文、2010
- 3) 白瀬陽一ほか：耐震診断結果に基づく低層鉄筋コンクリート造学校建物の地震被害率の予測に関する研究、日本建築学会構造系論文集 607号 pp.63-71、2006
- 4) 竹生修治：既存RC造学校建築物の耐震性能に関する研究、名古屋大学修士論文、2004

*1 名古屋大学環境学研究科・大学院生

*2 名古屋大学減災連携研究センター・准教授・博士(工学)

*3 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Assoc. Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.