

Seismic amplification evaluation in shallow subsurface structure for response evaluation of long period buildings constructed in the Tokyo metropolitan area

*Masayuki Nagano¹, Kenta Suzuki¹, Tomohiro Oguchi¹, Shigeki Senna²

1. Tokyo University of Science, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2011年東北地方太平洋沖地震（以下、3.11本震）の際には、震源から350km以上離れた首都圏で震度5前後の長周期長時間地震動が観測された。特に、東京湾沿岸部では周期1.5~3.5秒のやや長周期成分が卓越する地震動が観測され、超高層集合住宅の地震応答や室内被害に影響を与えた[永野, 2012]。東京湾沿岸部とその少し内側で得られた観測記録の比較では、地震動のやや長周期成分が異なっていた。このことから、周期1.5~3.5秒成分の地盤増幅は、主にS波速度400m/s以上の工学的基盤より浅部の表層地盤の非線形挙動を含む応答により発生したものと推察される。浅部表層地盤による地震動増幅に関する検討は、大地震時の地震動評価および建物の耐震設計の際にも重要であり、実設計では建設地点でのPS検層結果に基づき地盤増幅特性および入力地震動が評価されている。首都圏には800棟以上の超高層集合住宅が建設されているが、地盤データ収集は困難であり、大地震時における応答を包括的に評価することが難しい。一方、近年では膨大な地点での微動計測を通じ浅部深部統合地盤モデルが構築されつつあり[Senna et al., 2019], これを利用することにより、任意の地点で地表位置等での地震動増幅を評価することが可能となる。

本研究では関東地域で構築された浅部深部統合地盤モデルを利用し、首都圏に建つ長周期建物の応答評価に資する浅部表層地盤の地震動増幅評価を実施した。浅部深部統合地盤モデルは2020年1月時点のデータを利用する。これらは約250m間隔の4分の1地域メッシュごとでS波速度等が推定されている(図1)。このモデルを超高層集合住宅の建設位置と組み合わせることで、表層地盤による地震動増幅を含めた、地震時の超高層集合住宅の建物応答を予測することが可能となる。工学的基盤での地震動が必要なるが、本研究では3.11本震時に首都圏で観測された地震動の振幅レベルをイメージし、告示波レベル2の1/2を用いる。構築した超高層集合住宅のデータベースから建設位置の浅部表層地盤モデルを用い、模擬地震波を工学的基盤から入力した浅部表層地盤の応答を逐次非線形応答解析により算出する。浅部地盤にある土質記号を簡易的に粘性土、砂質土に分類し、それぞれに非線形特性を設定して逐次非線形解析を行う。非線形モデルにはHDモデル[古山田, 2003]を使用する。地震波として乱數位相を持つ告示波を20波用意し、全地震波による応答の平均を算出した。地表位置で評価した地震動について、20波で平均した周期2~4秒の最大 $p_s S_v(h=5\%)$ を図2に示す。得られた結果の傾向は、お台場エリアでやや過小評価気味であるが、3.11本震時の観測記録と概ね整合する。超高層集合住宅DB[鈴木・他, 2020]に基づき建物階数より汎用多質点系曲げせん断モデルを構築した。浅部表層地盤のGL-6m位置で評価した地震波を、建物モデルへの入力地震動として利用し、建物の非線形応答解析を行った。各建物の最大層間変形角の最大値から建物応答を評価した結果を図3に示す。

図の作成にGMTを利用させて頂きました。

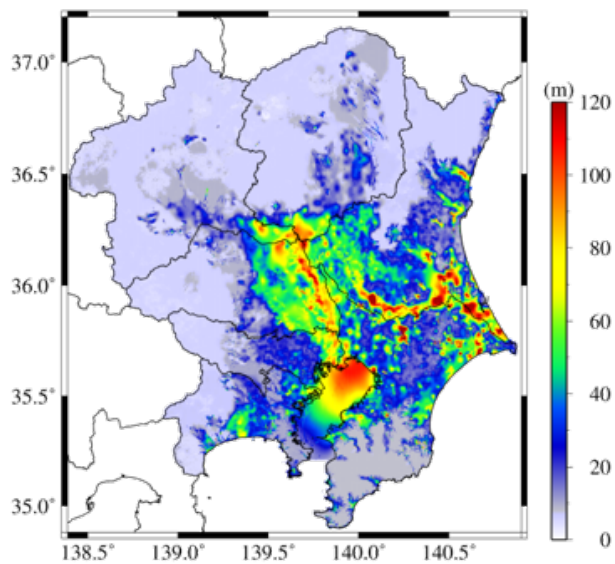


図1 工学的基盤深さ分布図

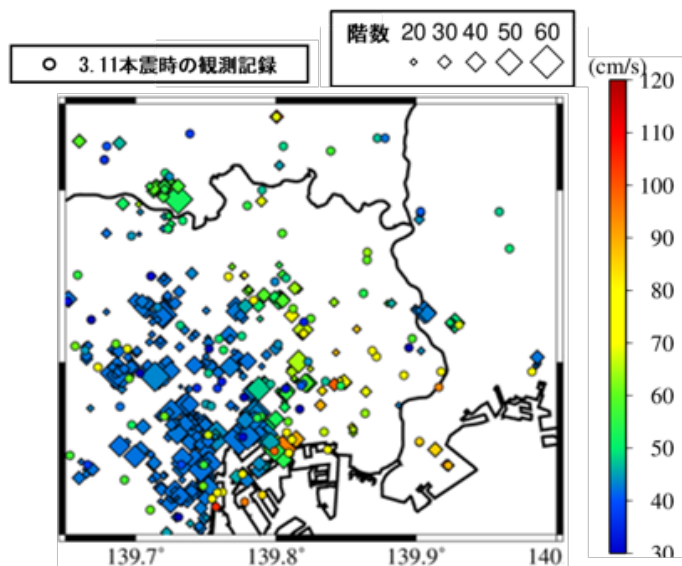


図2 告示波1/2レベル入力時の地表地震動の最大pSv分布図(周期2~4秒)

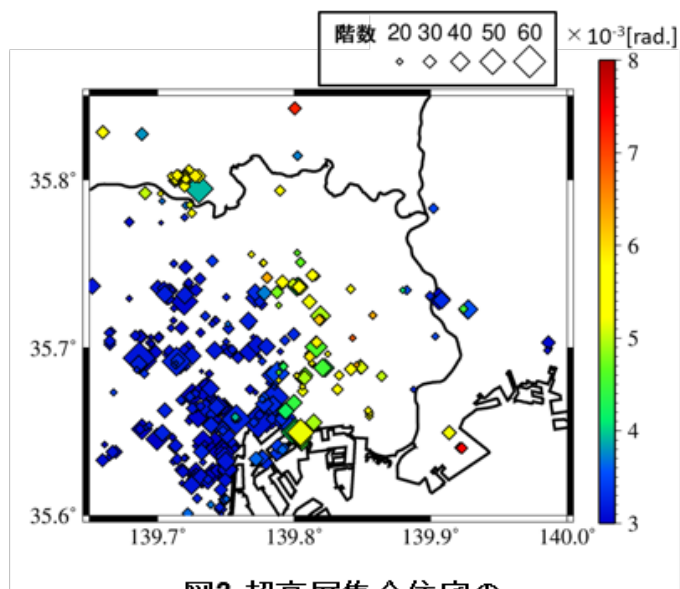


図3 超高層集合住宅の最大層間変形角の最大値分布