

東京都ベイエリアにおける表層地盤モデルの構築と地震動特性の評価

11T0230Y 谷沢智彦

指導教員：関口徹

1. はじめに

東京都東部の地域は沖積層が厚く堆積しており、いわゆる軟弱地盤である。また、工学的基盤の深度が大きく変化する地域もあり、その表層地盤構造は複雑である。東京湾に面した地域は東京オリンピック会場の候補地であり、今後多くの構造物が建設されるため、地震時の地盤の応答を明らかにすることが求められている。

東京湾岸地域の地盤構造をモデル化し地震応答解析を行った例¹⁾があるが、表層地盤やその周期特性に着目し地震動特性を検討した例は少ない。

そこで本研究では、ボーリングデータから得られる広域な表層地盤モデルに対して地震応答解析を行い、微動や地震観測に基づき、その地震動特性を詳細に検討する。

2. 微動観測

江東区における表層地盤の周期特性を推定するため、微動一点観測を行った。図1に観測地点を丸印で示す。周期2秒の速度計により3成分の微動をサンプリング周波数200Hzで10分間測定した。記録よりノイズの少ない20秒間の記録を15個以上抽出し、H/Vスペクトルを求め卓越周期を読み取った。図1の丸印には各地点での卓越周期が色で示されており、ボーリングから推定した沖積層基底深度が等深線で示されている。辰巳から北東に延びる溺れ谷では1秒以上と長周期であり、有明から北に延びる波食台では0.5秒以下と短周期であることがわかる。

3. 表層地盤モデルの作成

本研究では527本のボーリングデータを使用し、約100mメッシュ(3282個)で分割された表層地盤モデルを作成した。地盤モデルでは、各メッシュにおいて地盤の土質、N値及びS波速度を推定した。

各ボーリングデータに対し表土層、沖積層（上部有楽町層、下部有楽町層、七号地層）、洪積層の下端深度を設定し、上下方向に5層をそれぞれ10分割した。メッシュには近傍8本のボーリングデータからメッシュ中心までの距離の逆数に応じて重みづけ計算を行う逆距離加重法によって各層に層厚、土質、N値を与えている。また、各層のN値に対し既往の経験式²⁾（以下、太田・後藤式）を用いてS波速度を推定している。太田・後藤式はN値が0のときS

波速度が0 m/sとなるが、夢の島地震観測所におけるPS検層³⁾を参考に下限値100 m/sを設定している。

4. 表層地盤モデルの検証

図1はモデルから推定された表層地盤の固有周期の分布がメッシュ単位で示してある。微動観測から得られた卓越周期と比較すると推定された表層地盤の固有周期の方が短くなる傾向があるが、東南側の地域で長周期になるなど全体の傾向はとらえている。

図2にK-NET 亀戸、辰巳、横網で観測された5つの地震についてフーリエスペクトルの比をとり灰色の細線で重ねて示す。スペクトル比には2地点間の表層地盤増幅特性が表れており、周期1秒付近の山は亀戸、辰巳の固有周期、0.7秒付近の谷は横網の固有周期と対応する。また、併せて赤線で示した同地点間における地盤モデルから推定された理論伝達関数の比によって、その周期特性を再現することができており、表層地盤モデルの妥当性が示唆される。

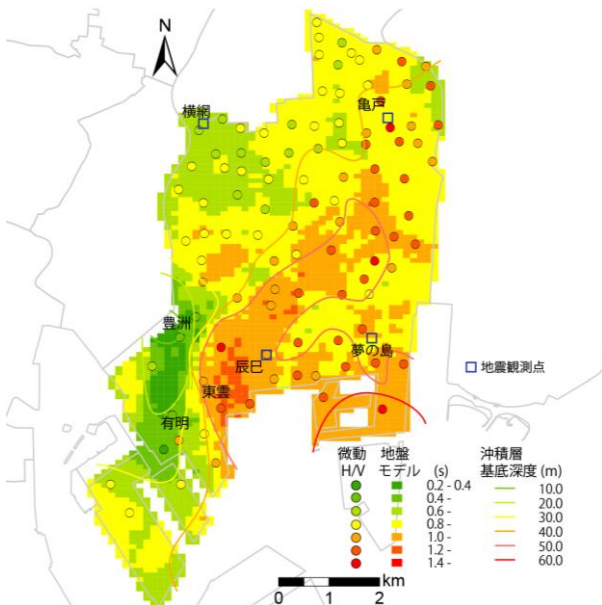


図1 地盤モデルと微動観測結果の卓越周期の分布

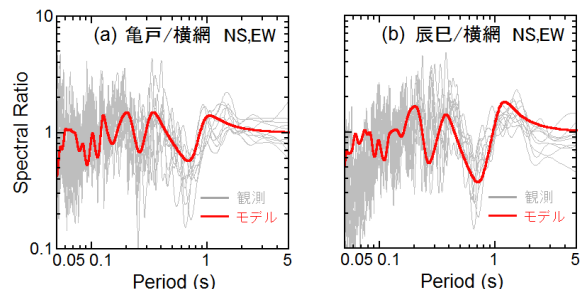


図2 2地点間における地震のスペクトル比と推定された伝達関数の比

5. 地震応答解析

作成した表層地盤モデルに対し、一次元等価線形解析(SHAKE)を行った。入力地震動は夢の島地震観測所の地下 89.48 m で観測された東北地方太平洋沖地震の本震記録を、地盤モデルの基盤上端における地震動（基盤露頭波）に変換したものを使用した。

図 3 に K-NET 亀戸、辰巳の地震記録と地盤モデルから推定された加速度時刻歴を重ねて示す。また、積分して得られた速度時刻歴も併せて示す。(c),(d)の速度時刻歴について、時刻 50 秒付近から観測記録と解析結果の波形が一致しないことがわかるが、これは複雑な伝播経路による表面波の影響と考えられる。しかし概ね主要動は再現できている。

図 4 に K-NET の 3 地点で観測された地震動のスペクトル比を図 2 と同様に示す。スペクトル比には東北地方太平洋沖地震時の表層地盤の周期特性が表れており、図 2 と比較して卓越周期が約 1.5 倍伸びていることから地盤が非線形化したことが推測される。また、併せて示した理論伝達関数の比によって、非線形化した地盤の周期特性が概ね再現できていることがわかる。

図 5 に解析から得られた東北地方太平洋沖地震時における NS 方向の最大地動速度分布を示す。豊洲、有明付近の沖積層基底深度の浅い地域では 0.24 m/s 程度であるのに対し、江東区北側、南側では約 1.5 倍大きい値を示す。沖積層の最も厚い中央付近では、K-NET の観測記録と比べると、やや小さな値を示すが、これは地盤が非線形化したことから減衰が大きくなったためと考えられる。

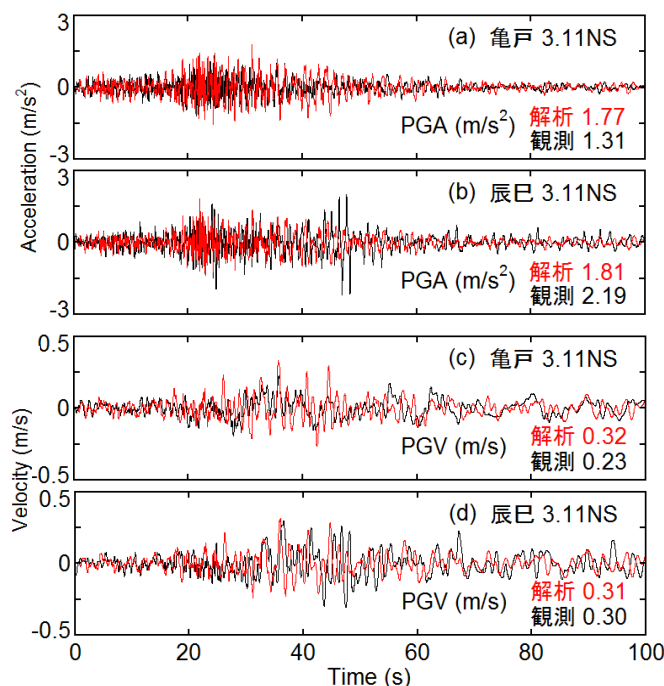


図 3 K-NET 観測点における時刻歴（加速度、速度）

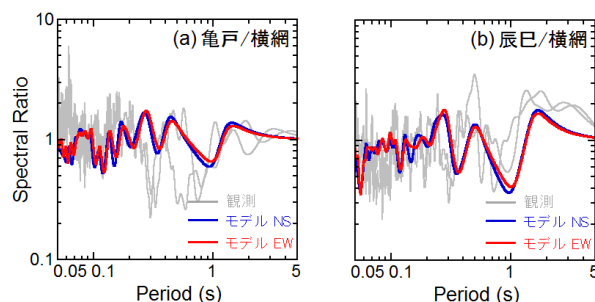


図 4 2 地点間における東北地方太平洋沖地震のスペクトル比と推定された理論伝達関数の比

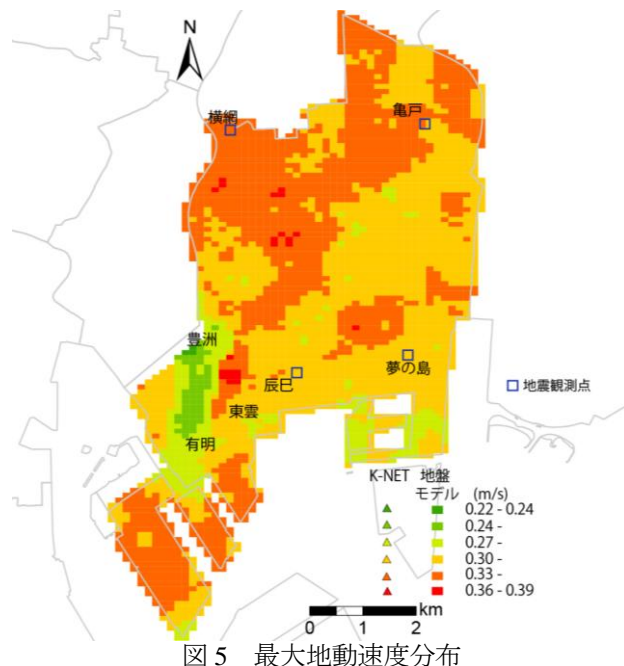


図 5 最大地動速度分布

6. まとめ

表層地盤の周期特性に着目し地震応答解析を行った結果以下の知見を得た。

- ・表層地盤モデルから推定された周期特性は、地震動、微動の周期特性と調和的な結果となった。
- ・同じ低地地盤でも固有周期が異なり、最大地動速度では 1.5 倍程度異なる可能性がある。
- ・沖積層の最も厚い地域では、東北地方太平洋沖地震などの大きな地震について、観測記録よりも解析結果の PGV が小さくなる傾向がみられた。

本研究に際し、防災科学技術研究所より地震記録を貸与いただきました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 福武毅芳, 濁川直寛, 田地陽一: 東京ベイエリアにおける広域地盤震動解析, 第 14 回日本地震工学シンポジウム, 2014
- 2) 太田裕, 後藤典俊: S 波速度を他の土質的諸指標から推定する試み, 物理探査, 第 29 巻, 第 4 号, 1976
- 3) 國生剛治, 加納麻央, 佐藤雄太: 東京夢の島における鉛直アレー記録を用いた応答解析, 第 40 回土木学会関東支部技術研究発表会, 第 3 部門, 2013