

地震基盤波形データベースに基づく設計地震動評価の有効性

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂井 公俊, 田中 浩平

1. はじめに

土木構造物の設計地震動評価を、強震動予測手法に基づき実施するケースが近年増加している。これらの評価において、特に内陸活断層型の地震では、震源域が特定されている場合にも、破壊開始点やアスペリティの位置といった微視的震源特性を確定的に与えることは難しい。よって、これらの特性を網羅的に変化させた評価が行われることが一般的である。こうした場合に最終的に評価される地震基盤の波形群の地震動特性は、地震規模や断層長さといった巨視的震源特性が同一であれば、大きな違いがないと考えられる。

そこで、筆者らは震源特性と評価地点を網羅的に設定した強震動予測により地震基盤位置の地震動波形データベースを予め構築し、地震規模、断層最短距離ごとに地震基盤位置の標準的な地震動波形を設定しておく手法を提案している¹⁾。これを用いることで、各地点の設計地震動を評価する際には、①対象地震の規模と距離に応じた波形をデータベースから抽出する、②対象地点のサイト増幅特性（これには表層地盤の非線形挙動の影響も含む）を乗じる、のみの作業で効率的に設計地震動を評価することが可能となる。本検討では、この地震基盤波形データベースを用いた設計地震動評価の有効性を2016年4月14日の熊本地震本震を対象に確認した。

2. 計算条件

計算地点は、K-NET, KiK-net 観測点のうち、地震基盤～地表面までのサイト増幅特性が評価、公開²⁾されていて、断層最短距離が70km以下の全67地点である(図1)。熊本地震本震の地震規模(M_w 7.0)に一致する波形群を、地震基盤波形データベースから抽出する。さらに、波形群の特性を表現する代表的な地震動として、波形群の所要降伏震度スペクトルの平均値と平均+標準偏差のそれぞれに適合させた2ケースを作成した。この波形は図2に示すように断層までの距離に対して離散的に作成した(図3)。各計算地点の地震基盤波形は、この中から最も距離が最も近い波形を抽出し、その波形に対して応答スペクトルの距離減衰式³⁾によって相対的な距離の補正を行っている。地表面位置の設計地震動は、この地震基盤波形にサイト増幅特性を考慮して評価する。なお、一般的な設計地震動評価における各地点のサイト増幅特性は、地震基盤～工学的基盤の増幅は地盤線形とし、表層地盤の影響は逐次非線形解析等の塑性化の影響を考慮可能な手法を用いて別個に評価している⁴⁾。本検討では表層地盤の非線形挙動の影響は無視し、地震基盤～地表面までのサイト増幅特性評価結果²⁾をそのまま用いることとした。

3. 波形評価結果

上述した手順に従って各地点の時刻歴波形を評価した。得られた結果の一例として、K-NET熊本(KMM006)、K-NET矢部(KMM009)における時刻歴波形(図4)、弾性加速度応答スペクトル(図5)を観測記録と比較して示す。最大加速度の値は、観測記録よりも大きく評価しているものの、波形の大まかな形状や継続時間等は類似した結果が得られている。また応答スペクトルは、実観測記録による応答レベルや特徴を適切に捉えており、例えば熊本における周期0.5秒以上の応答の卓越や矢部における短周期成分の卓越などの傾向を良好に再現している。

また、各観測記録の最大速度を断層最短距離との関係でプロットした結果を図6に、各地点の評価結果と観測記録の応答スペクトルの比率を図7に示す。最大速度は距離減衰の傾向としては観測記録と概ね同等であるが、値は多少大きくなっている。応答スペクトルの比率は、観測点ごとに大きくばらつくが、平均波形を用いた場合の全地点の平均値は全ての周期帯において0.5~2倍の範囲に収まっており、一定の精度を有していることが分かる。ここで、短周期領域では比率が1.0よりも大きく、長周期領域では1.0よりも小さくなっている原因として、表層地盤の非線形性の影響を無視していることが考えられる。また、シミュレーション波形群の平均+標準偏差を用いた結果では、概ね全周期帯において1.0以上となっており、これを設計地震動として用いることの有効性が確認される。

本手法を用いた設計地震動評価は、地震基盤波形データベースを予め整備しておけば、対象とする震源域の地震規模、距離に応じてデータベースから対象波形を抽出し、サイト増幅特性を乗じるだけである。そのため、非常に単純な手続きで評価が可能であり、鉄道構造物のような延長の長い構造を対象とした場合の実用的な設計地震動評価手法として活用が期待される。

謝辞 本検討では、防災科学技術研究所のK-NET, KiK-netの観測記録を使用させていただきました。

参考文献 1) 田中, 坂井: 鉄道工学論文集, 2017. 2) 野津, 長尾, 山田: 日本地震工学会論文集, 2007. 3) 内山, 翠川: 日本建築学会構造系論文集, 2006. 4) 坂井, 室野, 川野: 土木学会論文集A1, 2014.

キーワード 地震基盤波形データベース, 設計地震動, 熊本地震

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 地震動力学 TEL042-573-7394

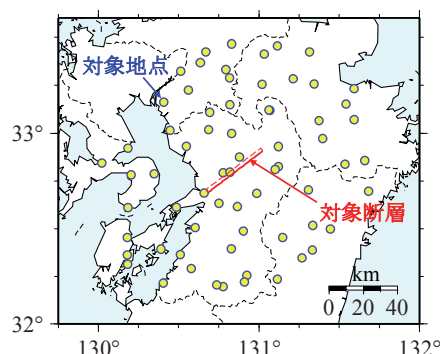


図1 対象とした震源域、評価地点の分布

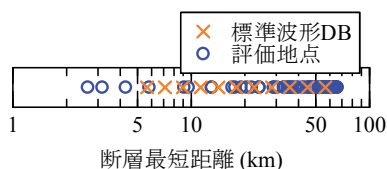


図2 波形DBの構築状況(断層最短距離)

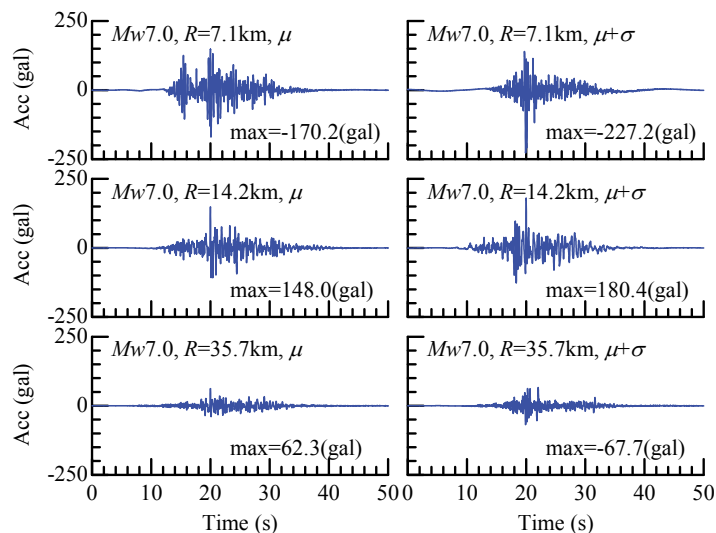
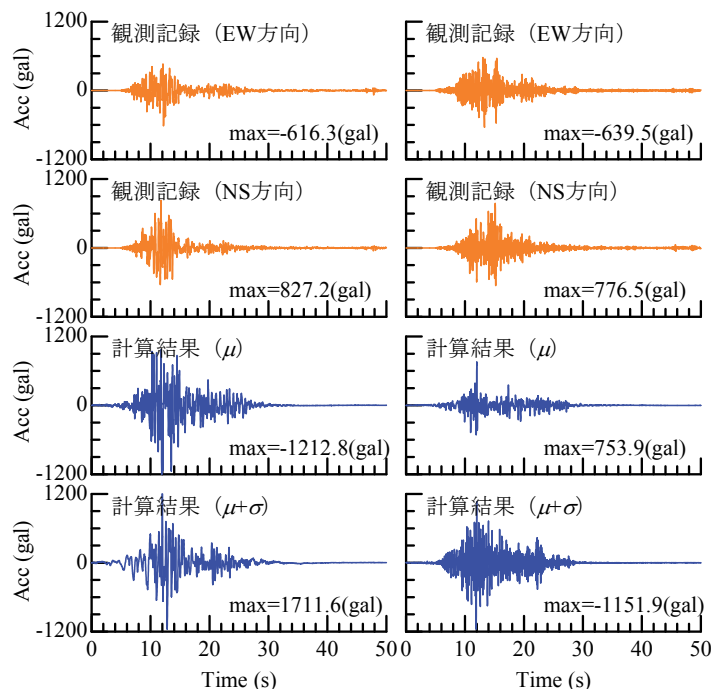


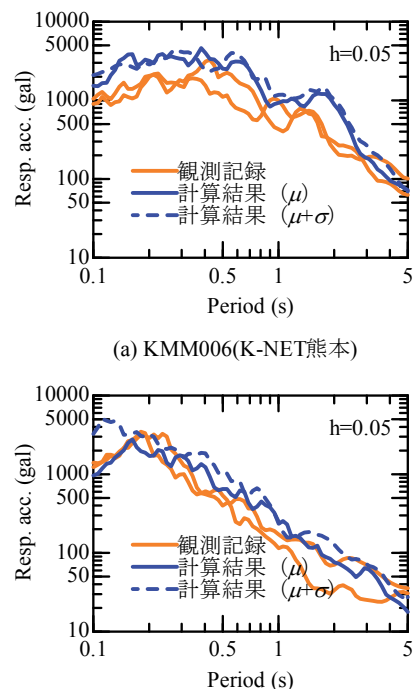
図3 標準地震基盤波形の評価例



(a) KMM006(K-NET熊本)

(b) KMM009(K-NET矢部)

図4 評価結果(時刻歴波形)



(a) KMM006(K-NET熊本)

(b) KMM009(K-NET矢部)

図5 評価結果(応答スペクトル)

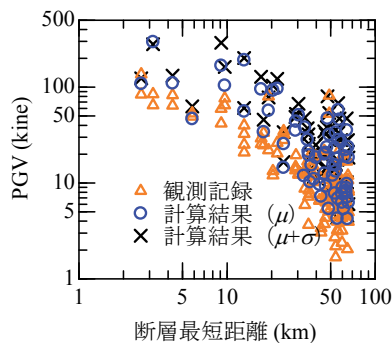
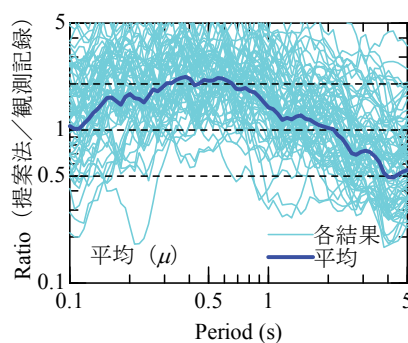
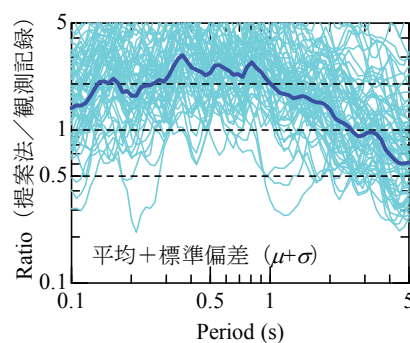


図6 距離減衰の傾向



(a) 平均波形を用いた場合



(b) 平均+標準偏差波形を用いた場合

図7 応答スペクトルの比率