

ハイブリッド法を用いた2000年鳥取県西部地震の強震動シミュレーション

飛鳥建設 正会員 池田 隆明 京都大学 釜江 克宏
飛鳥建設 正会員 三輪 滋 京都大学 入倉孝次郎

1. はじめに

地震動予測では、短周期から長周期までの広周期帯域の地震動を精度良く評価することが重要である。ハイブリッド法[入倉・釜江(1999)]¹⁾は、理論的方法と半経験的方法を組み合わせた地震動合成手法であり、それぞれの特長を活かすことにより、広周期帯域の地震動評価が可能である。また、適切な三次元の地盤構造を与えることにより、深部地盤構造に起因する堆積層表面波の影響も考慮できる等の特徴を有することから、数値解析技術の発達とともに広く行われるようになった。

2000年鳥取県西部地震では、震源ごく近傍を含む多くの地点での強震動記録が得られていることから^{2),3)}、ハイブリッド法により地震観測地点の強震動シミュレーションを行い、観測波形と合成波形を比較することによりその有効性について検討を実施した。

2. 波形合成法

本検討では、1秒以上の長周期地震動は一次元波数積分法を用いた理論計算により求めた。一方、1秒以下の短周期地震動は、震源スペクトルが²モデルに基づく統計的シミュレーション法[Boore(1983)]⁴⁾により小地震動を求め、地震のスケーリング則により断層面においてそれらを重ね合わせる統計的グリーン関数法[釜江・他(1991)]⁵⁾により求めた。短周期地震動は検討対象地点における表層地盤の増幅特性を考慮した。また、地震規模に依存するとした高周波遮断周波数を経験式[Faccioli(1986)]⁶⁾より求めて補正した。このように求めた長周期地震動と短周期地震動を、お互い有効なフィルター処理を施した後、時間領域において足しあわせて広周期帯域の強震動を作成した。

3. 震源モデル

精度の高い強震動評価を行うためには、適切な震源モデルが必要である。本検討では、経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより決定された最適震源モデル[池田・他(2002)]⁷⁾を使用した。このモデルは、震源の南東側の浅い部分と深い部分の二カ所にアスペリティを設置した不均質震源モデルであり、震源周辺の観測記録をうまく再現できることが報告されている⁷⁾。アスペリティの位置は、関口・岩田(2001)⁸⁾が波形インバージョンから求めたすべり量の大きい領域と整合している。波形合成では、アスペリティから生成される強震動のみ考慮し、背景領域(アスペリティ以外の領域)は考慮していない。図-1に震源モデルを、表-1に震源パラメータを示す。

4. 波形合成結果

震源周辺には防災科学技術研究所が設置したK-Net²⁾およびKik-Net³⁾の観測地点があり、これらを対象に、ハイブリッド法を用いた強震動シミュレーションを実施した。図-2に震央位置と検討対象地点を示す。

表-1 震源パラメータ

		Asperity 1	Asperity 2
面積	(S) km ²	28.8	28.8
上端深さ	(Z) km	5.6	0.8
地震モーメント	(Mo) Nm	1.99 × 10 ¹⁸	0.99 × 10 ¹⁸
応力降下量	() MPa	28.0	14.0
破壊伝播速度	(Vrup) km/s	2.5	3.0
せん断波速度	(Vs) km/s	3.5	3.5
ライズタイム	() s	0.6	0.6

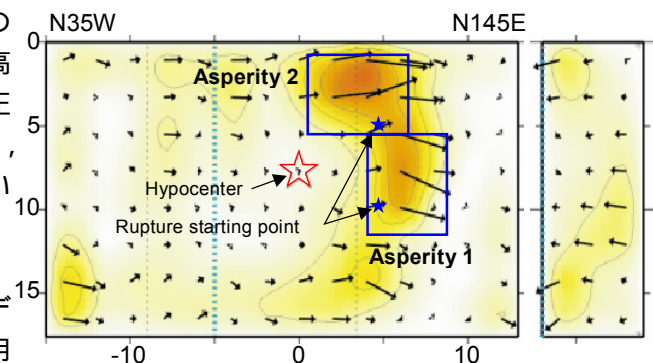
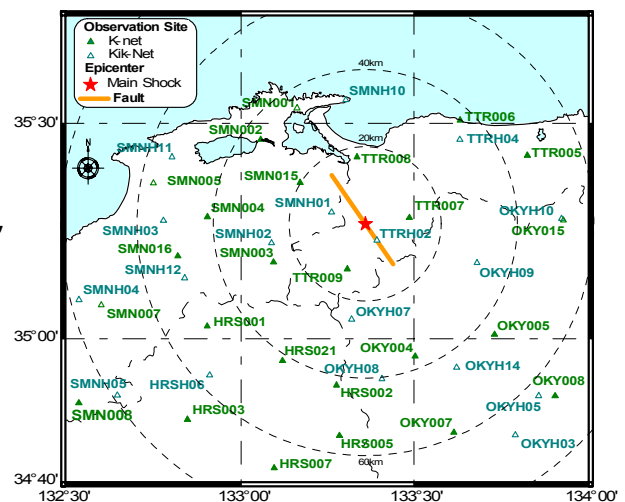
図-1 鳥取県西部地震の最適震源モデル⁴⁾

図-2 震源位置と強震動シミュレーションの対象地点

ハイブリッド法、広周期帯域、2000年鳥取県西部地震、強震動、シミュレーション、最適震源モデル

千葉県東葛飾郡閏宿町木間ヶ瀬 5472 Phone 04-7198-7553 e-mail takaaki_ikeda@tobishima.co.jp

図-3 に震源に近い K-Net 日南(TTR009)における観測波形を合成波形と比較して示す．同様に図-4 にやや離れた K-Net 倉吉(TTR005)における比較を示す．長周期側の有効周期は，観測記録の精度から 5 秒とした．

震源に近い TTR009 では，速度時刻歴にみられる断層破壊の指向性効果によるパルス状の波形が再現できている．加速度時刻歴では，背景領域から生成される地震動を考慮していないことから，TTR009 および TTR005 とともに波形全体の継続時間は合成波形の方が短いものの，主要動部分に限れば継続時間や包絡形状は観測波形と良く一致している．最大値については TTR009 の加速度は良く再現できているものの，それ以外についてはばらつきが見られる．長周期波形の計算に用いた深部地盤構造と短周期波形の計算に用いた表層地盤の増幅特性の推定精度が十分ではなかったことが要因と考えられる．図-5 に観測記録と合成結果の変位フーリエスペクトルを比較して示す．短周期から長周期までの広周期帯域において良く一致していることがわかる．

5. おわりに

ハイブリッド法により 2000 年鳥取県西部地震の強震動シミュレーションを実施した．震源モデルは最適震源モデルを使用した．その結果，最大値についてはややばらつきが見られたものの，時刻歴波形の主要部の継続時間や包絡形状はほぼ再現され，ハイブリッド法の有用性を確認できた．高精度な強震動予測のためには，適切な深部地盤構造と表層地盤の増幅特性の設定が不可欠であることがわかった．強震動予測の高精度化のためには，震源のモデル化手法[入倉・他(2002)]⁹⁾が重要であり，今後ハイブリッド法によりその適用性を検討する予定である．

【謝辞】本検討では，防災科学技術研究所の K-Net および 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)入倉，釜江:1948 年福井地震の強震動，- ハイブリッド法による広周期帯域強震動の再現 -，地震 2，No.52, pp.129-150,1999.,2)防災科学技術研究所:K-Net, 強震観測網，<http://www.k-net.bosai.go.jp/>, 3)防災科学技術研究所:Kik-Net, 基盤地震観測網，<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>, 4)Boore,D.M.:Stochastic simulation of high-frequency ground motion based on seismological models of the radiated spectra, BSSA,Vol.73, No.6, pp.1865-1894, 1983.,5)釜江，入倉,福知:地震のスケーリング則に基づいた大地震時の地震動予測,統計的波形合成法による予測,日本建築学会構造系論文報告集, 第 430 号,pp.1-9,1991.,6)Faccioli, Ezio:A study of strong motions from Italy and Yugoslavia in terms of gross source properties, Geophys. Monograph, 37, Maurice Ewing, AGU, 6, pp.297-309, 1986.,7)池田，釜江,三輪,入倉:経験的グリーン関数法を用いた 2000 年鳥取県西部地震の震源のモデル化と強震動シミュレーション,日本建築学会構造系論文集(投稿中),8)関口，岩田:震源過程が支配する震源近傍強震動 - 2000 年鳥取県西部地震 -，日本地震学会講演予稿集 2001 年度秋季大会,A73,2001., 9)入倉,三宅,岩田,釜江:周期帯域に応じた強震動評価手法の高精度化,地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究,第 1 回シンポジウム論文集,pp.89-96,2002.

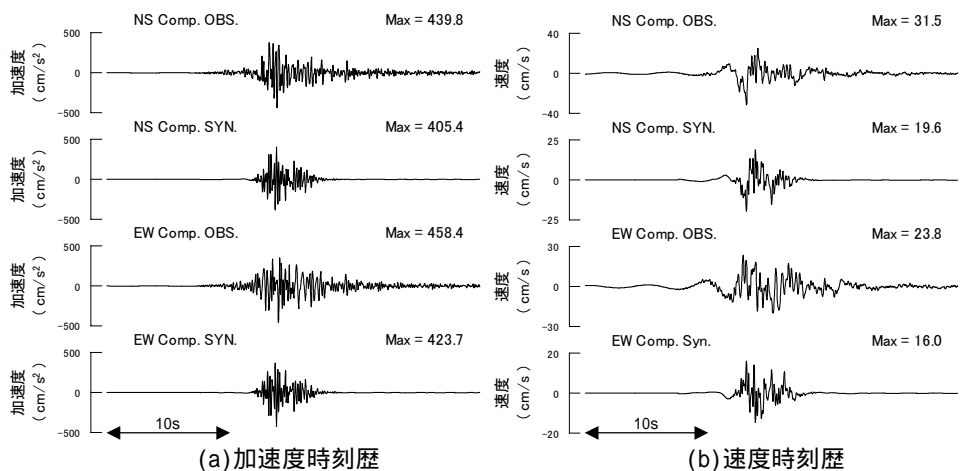


図 3 K-Net 日南(TTR009)における観測波形と合成波形の比較

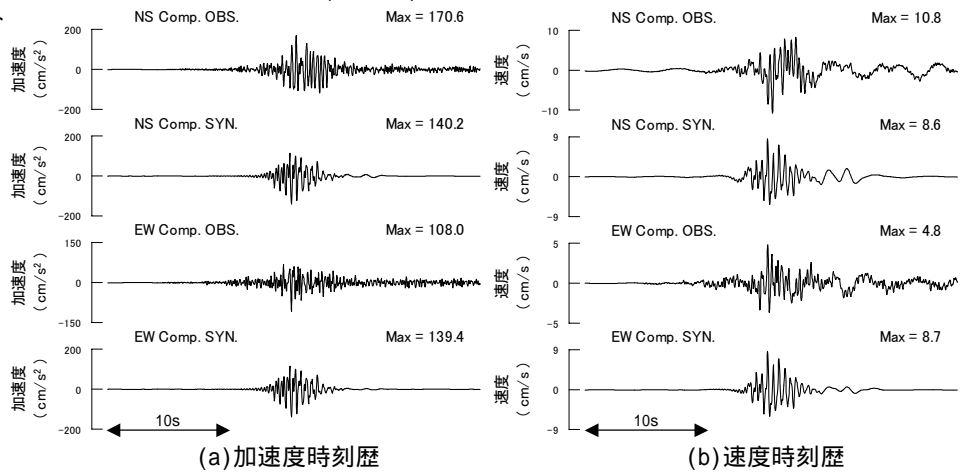


図-4 K-Net 倉吉(TTR005)における観測波形と合成波形の比較

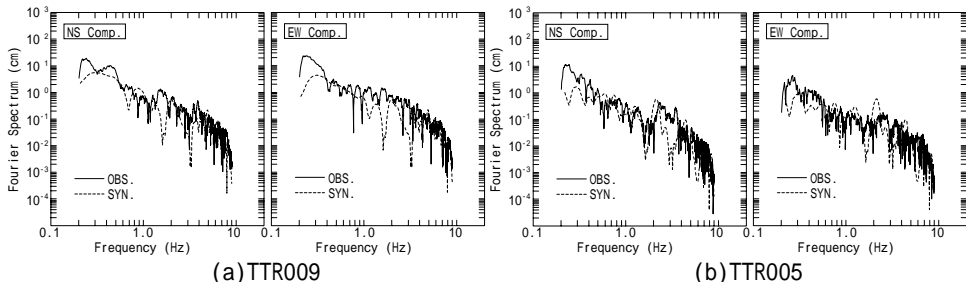


図-5 観測波形と合成波形の変位フーリエスペクトルの比較