

1923 年関東地震を想定した東京での地震動評価

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

1. はじめに

首都圏において構造物の耐震設計を行う場合、レベル 2 地震動として 1923 年関東地震(M7.9)相当の地震動を考慮する必要がある。地震動評価を精度よく行うためには、震源特性や伝播経路特性、そしてサイト特性を適切に評価する必要がある。本検討では、これらの特性を総合的に考慮することができる入倉・釜江の経験的グリーン関数を用いた地震動評価手法¹⁾²⁾により、東京都千代田区で観測された実地震動記録を用いて関東地震を想定した場合の地震動を評価し、妥当性を検討する。

2. 検討条件

関東地震の断層モデルについては Matsu'ura et al³⁾のモデルを基本とした。Wald and Somerville⁴⁾が地殻変動データと遠地実体波データのインバージョンから求めた最終すべり量分布に基づき、最終すべり量の大きい二つの領域に均一なアスペリティを設けた比較的簡易なモデルを設定した。アスペリティの応力降下量は、最終すべり量から両方とも 200bar とし、それ以外の部分の応力降下量は断層全体の地震モーメントを満足するように設定した。破壊開始地点は震央位置⁵⁾とし、破壊は放射状に伝播することとした。図-1 および表-1 に関東地震の断層モデルを示す。

経験的グリーン関数として用いる要素地震は、1989 年 10 月 14 日に伊豆半島近海で発生した地震である(M5.7、震源深さ 21km)⁶⁾。図-1 に震央位置を、表-1 に断層パラメータを示す。断層パラメータは基本的にマグニチュードから推定した。震央は予測対象断層上にはないが、検討地点からの方向は一致しており、伝播経路はほぼ一致していると考えられる。なお、この記録は地上 8 階、地下 1 階の S 造構造物の地下 1 階で観測されたものであるため⁷⁾、構造物の影響が含まれている可能性があるが、今後の課題とし本検討では考慮しない。

関東地震を想定した場合、表層地盤の増幅特性は大きな非線形性を示すと考えられるため、要素地震動を $V_s=700\text{m/s}$ の工学的基盤(GL-30m)に引き戻し、地震動評価は表層地盤の増幅特性の影響がない工学的基盤で行う。本検討では EW 成分の地震動評価結果を示す。図-2 に工学的基盤での要素地震動を示す。予測対象断層が大きいので、波形合成時には要素地震動に対して幾何減衰と媒質の Q 値による減衰の補正を行う。

3. 地震動評価結果

図-3 に関東地震を想定した検討対象地点の工学的基盤での地震動を示す。対象とする周期帯は要素地震のフリーエスペクトルから 0.05 秒～10 秒と設定

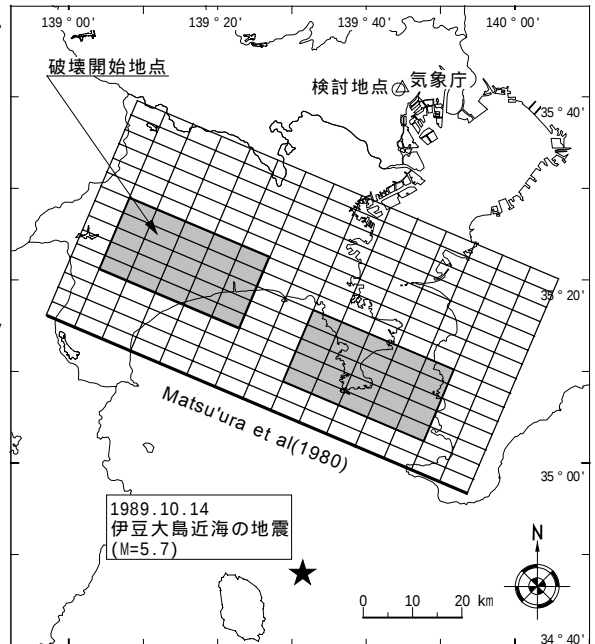


図-1 検討地点と関東地震の地震断層および要素地震の震源位置

表-1 関東地震と要素地震の震源パラメータ

	関東地震 [1923.9.1]	伊豆大島近海の地震 [1989.10.14]
断层面基準点 (震央)	北緯 34.92 度 東経 139.89 度	(北緯 34.82 度) (東経 139.50 度)
断層の長さ	95km	24.7km ²
断層の幅	54km	(断层面積)
傾斜	25 度	-
すべり角	140 度	-
走行	294 度	-
すべり量	480cm	-
地震 モーメント	8.4×10^{27} dyne・cm	2.45×10^{24} dyne・cm
マグニチュード	7.9	5.7
破壊伝播速度	2.0km/s	-
ライズタイム	5.0s	-
応力降下量	55bar	50bar
せん断波速度	2.5km/s	-

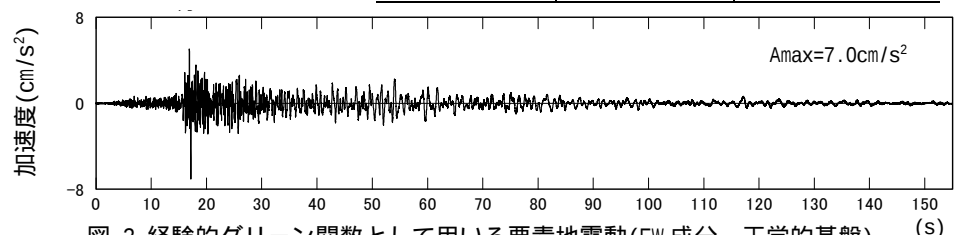


図-2 経験的グリーン関数として用いる要素地震動(EW 成分、工学的基盤)

1923 年関東地震、断層モデル、アスペリティ、経験的グリーン関数、強震動

千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472 Tel 0471-98-7553, fax 0471-98-7586, takaaki_ikeda@tobishima.co.jp

した．最大加速度は 351cm/s^2 ，最大速度は 42.9cm/s である．速度時刻歴の後半にはやや長周期成分が卓越した波形が見られ，関東地方の堆積盆地構造の影響が表れたと考えられる．観測記録を用いた距離減衰式である福島・田中の式⁸⁾と翠川の式⁹⁾を用いて最大加速度と最大速度を計算すると 315cm/s^2 と 37cm/s となり，本検討の方がやや大きいもののほぼ同程度の評価と考えられる．

表層地盤の地震応答解析により求めた地表での地震動を図-4に示す．最大加速度は 473cm/s^2 ，最大速度は 53.5cm/s である．図-5 に擬似速度応答スペクトル($h=5\%$)を示す． $0.5\sim 3.0$ 秒程度の周期領域で擬似速度が $100\sim 200\text{cm/s}$ のレベルにあり，設計入力地震動作成手法技術指針(案)¹⁰⁾でのレベル 2 地震動の応答スペクトルに比べて同程度もしくはやや大きめの評価となっている．

壇ら¹¹⁾は，要素地震は異なるが本検討に用いた Wald and Somerville⁴⁾の最終すべり量分布と最大すべり速度を忠実に再現した詳細な不均質断層モデルを用いて，検討地点から約 1.5km の至近距離にある気象庁(図-1)での地震動評価を実施している．EW 成分の最大加速度は 494cm/s^2 ，最大速度は 33.2cm/s であり，本検討の方が最大速度は大きいですが最大加速度は同程度である．図-5 に擬似速度応答スペクトルを本検討結果と比較して示す． 5 秒程度までの周期領域では，二つの応答スペクトルは整合しており，特に 0.5 秒まではほとんど一致している．これらのことから，本検討で用いた最終すべり量の大きい領域を均一なアスペリティとして設定した比較的簡易な断層モデルでも，アスペリティの大きさと位置および応力降下量を適切に設定することにより，壇らが用いた不均質断層モデルと同程度の地震動を評価することが可能であると考えられる．

4．まとめ

1923 年関東地震を想定し，検討地点で観測された地震動記録を経験的グリーン関数に用いて，入倉・釜江の方法により地震動評価を行った．最終すべり量の非一様性は最終すべり量の大きい二つの場所に均一なアスペリティを設定することにより比較的簡易に考慮した．その結果，工学的基盤の地震動を用いて計算された地表の地震動は，壇らの不均質断層モデルを用いた地震動評価結果と概ね一致した．また，工学的基盤で評価された地震動は，距離減衰式から得られる最大加速度および最大速度と同程度であった．

参考文献：1)Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Symp., pp.151-156, 1986, 2)釜江克宏,入倉孝次郎:1946 年南海地震($M_w=8.1$)時の震源近傍および周辺地域における強震動評価,日本建築学会構造系論文報告集,第 455 号,pp.61-71,1990, 3)Matsu'ura, M. et al: Static and dynamical study of faulting mechanism of the 1923 Kanto earthquake, J. Phys. Earth, 28, pp.119-143, 1980, 4)Wald, D. J., and P. G. Somerville: Variable-slip rupture model of the great 1923 Kanto, Japan, Earthquake: Geodetic and body-waveform analysis, B.S.S.A., 85, pp.159-177, 1995, 5)浜田信生:日本列島の内陸部に発生した被害地震に伴う地震活動の再調査とその地震学的意義,気象研究所報告,第 38 号,第 2 号,pp.77-156,1987, 6)気象庁:震源データ(1926~1996.7),1996, 7)池田隆明,三輪滋他:中層 S 造構造物の地震観測と地震時の挙動特性,日本建築学会関東支部研究報告集, pp.29-32, 1992, 8)福島美光,田中貞二:新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂,地震学会講演予稿集,2,p.116,1992, 9)翠川三郎:1985 年チリ地震及び 1983 年日本海中部地震の地震動最大加速度・最大速度振幅の距離減衰,日本建築学会構造系論文集,第 422 号,pp.37-44,1991, 10)建設省建築研究所, (財)日本建築センター:設計入力地震動作成手法技術指針(案),1992, 11)壇一男他:1923 年関東地震による首都圏の広域強震動評価(その 3),日本建築学会大会学術講演梗概集 構造, pp.115-116,1999

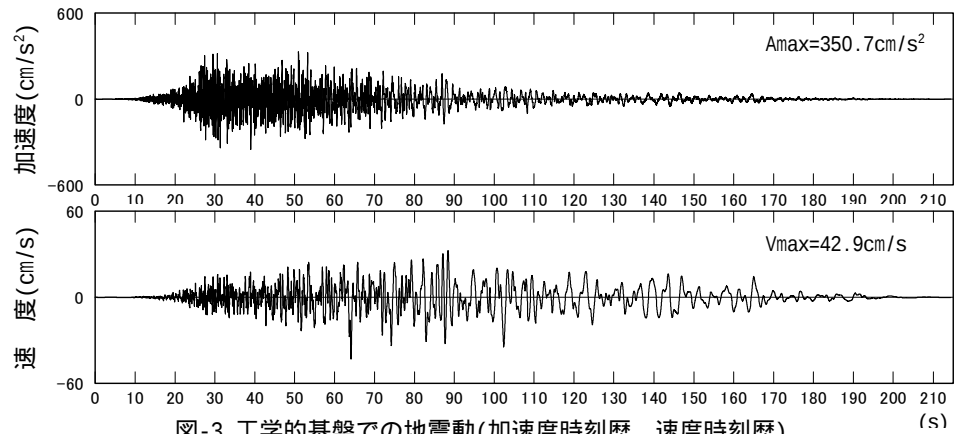


図-3 工学的基盤での地震動(加速度時刻歴, 速度時刻歴)

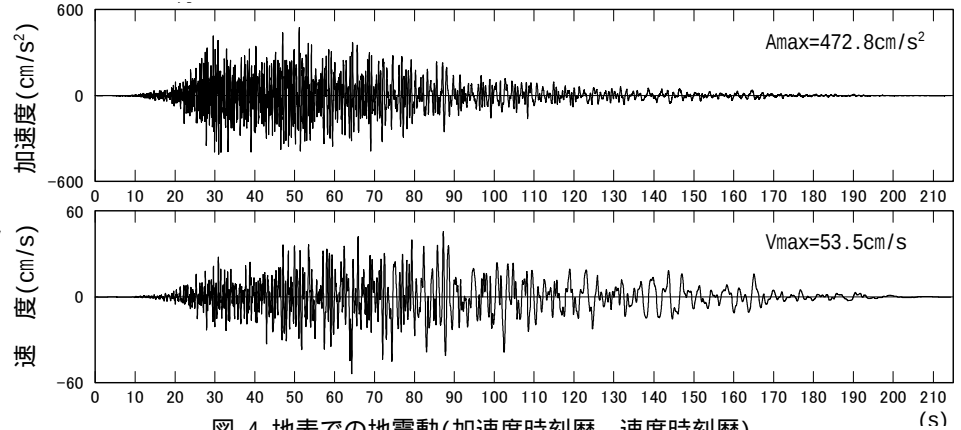


図-4 地表での地震動(加速度時刻歴, 速度時刻歴)

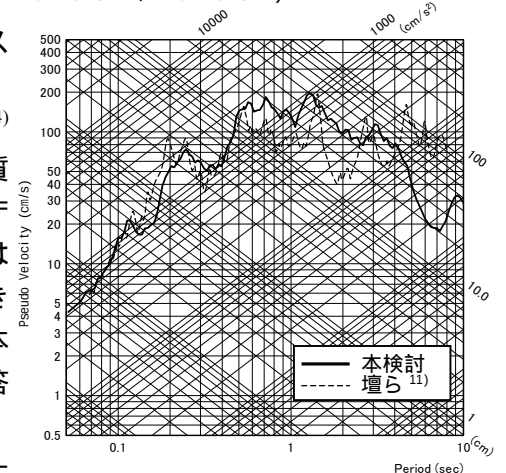


図-5 擬似速度応答スペクトルの比較($h=5\%$)