

経験的グリーン関数法による福井地震の強震動再現

福井大学大学院 (株)大林組	学生会員	法村 徹也 中根 義将
福井大学大学院	学生会員	Teuku Khairuman
福井大学大学院	正会員	福井 卓雄

1. 序論

Hartzell¹⁾ によって提案された経験的グリーン関数法は、対象となる地点で適切な余震記録が得られる場合には精度良く強震動を再現することができ、小地震の足し合わせだけで大地震を表現するために、複雑な計算をする必要がないという利点がある。したがって、過去の強震動の再現に広く用いられてきた。1948年福井地震は、戦後2番目の被害を出した大地震であり、これまでの研究では入倉・釜江²⁾ などが強震動再現に取り組んでいる。本報告では、これまでの研究を参考にしながら、経験的グリーン関数法により、福井県全域における1948年福井地震の強震動再現を試みた。この方法によって福井県下の地震動の特性を知り、その防災対策に寄与することを目的としている。

2. 強振動再現法の精度検証

経験的グリーン関数法による波形合成には、入倉の提案した式³⁾ に応力降下量 $\Delta\sigma$ の補正を加えた以下の式を用いた。

$$U(x, t) = \sum_{i=1}^{nl} \sum_{j=1}^{nw} \frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_e} \frac{r_e}{r_{ij}} u(x, t - t_{\xi}) + \sum_{i=1}^{nl} \sum_{j=1}^{nw} \sum_{k=1}^{(nd-1)n'} \frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_e} \frac{r_e}{r_{ij}} \frac{1}{n'} u(x, t - t_{\xi} - t_d) \quad (1)$$

$$t_d = (k-1) \frac{\tau}{n \cdot n'}$$

式(1)による波形合成の精度を検証するために、2000年鳥取県西部地震の強震動再現を試みた。再現地点は、KiK-net観測点のTTRH04(赤崎)とし、震源モデルや経験的グリーン関数とする余震記録などは、池田・釜江ら⁴⁾ を参考に決定した。観測波形と合成波形の例を図1に示す。卓越周波数や位相に若干の違いが出たものの、合成波形の形状や振幅は観測波形を精度良く再現できている。違いの原因として

- 周波数領域演算における位相角評価の不適切さ
- フィルター処理による地震波形のゆがみ
- 断層の破壊過程の単純化による誤差

が考えられるが、式(1)による波形合成により地震強度を推定することは可能であると考えられる。

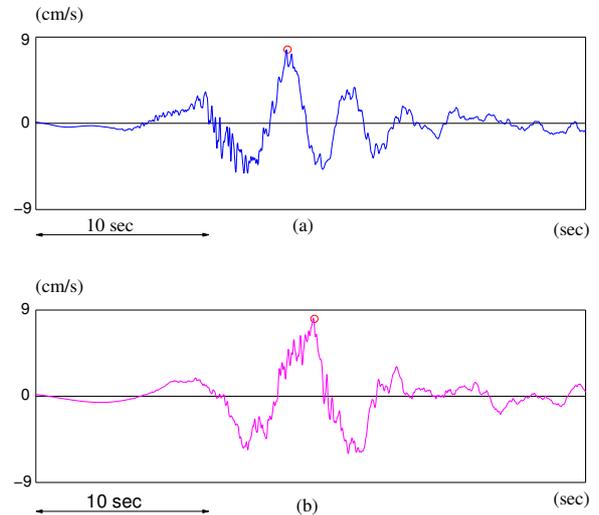


図1 合成速度波形(a)と観測速度波形(b)

3. 経験的グリーン関数とする小地震記録

経験的グリーン関数としての小地震記録は、本震の震源域内で、本震と類似する震源メカニズムで起こった余震であることが要求される。しかし、福井地震の余震記録は残されていないので、現在観測されている小地震記録を使うこととする。本研究では、推定された福井地震の断層上に震源を有し、震源メカニズムが川崎による発震機構⁵⁾ と類似するものを選び、2007年12月21日14時23分発生 of マグニチュード (M_{JMA}) 4.5 の小地震記録を経験的グリーン関数として用いる。小地震の断層面積および応力降下量は、コーナー振動数を2.0Hzとして、Bruneの式により求めた。

4. 1948年福井地震の震源モデル

福井地震の震源モデルは、入倉・釜江²⁾ のモデルを参考にし、東落ちの逆断層モデルを用い、アスペリティは小地震のパラメータを考慮して面積を調整した。破壊は、図2に示す破壊開始点から同心円状に伝播するとし、応力の解放は背景領域に関するデータが得られなかったため、アスペリティからのみとした。またアスペリティ1による破壊が始まってから7.0秒後にアスペリティ2による破壊が始まるとして、各アスペリティで求めた合成波形を時間領域で足し合わせる際に、アスペリティ2で合成した波形を7.0秒遅らせて足し合わせた。

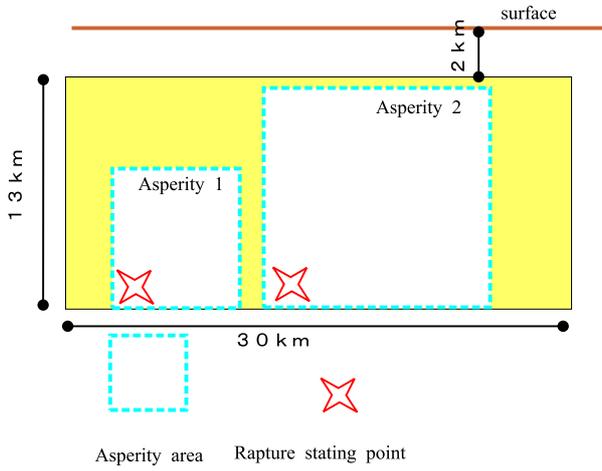


図2 福井地震の震源モデル

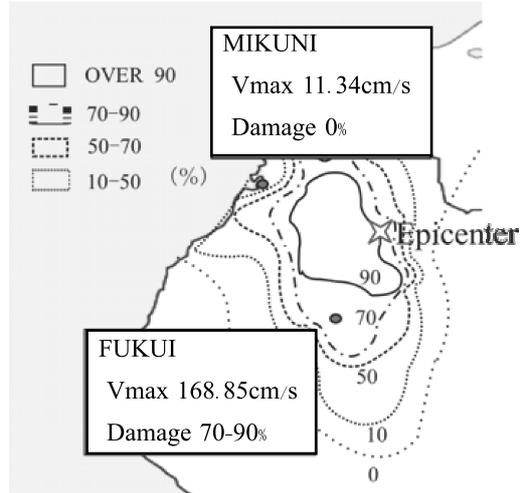


図4 家屋倒壊率⁶⁾と推定最大速度

5. 1948年福井地震の強震動再現

県内にある防災科学技術研究所強震観測網 K-net の全 11 観測点で、1948 年福井地震の強震動を再現し、合成波形の最大速度から震度分布を推定した。図 3 に当時発表された震度分布⁶⁾と全観測点で求めた最大速度から推定した震度とを示す。再現結果による震度はほぼ当時の震度分布と一致している。図 4 に家屋倒壊率の分布⁶⁾と震源からほぼ等距離にある福井と三国(坂井市)の観測点における最大速度の推定値を示す。また、図 5 に福井と三国における合成速度波形を示す。福井の最大速度に対して三国のそれが著しく小さいのは、福井の表層地盤が粘土と砂の混合層であるのに対して、三国では砂質土であり、表層の厚さもきわめて薄いためであろう。家屋倒壊は震源を中心とする坂井平野に集中しており、地盤の良い三国、および震源から離れた和泉、嶺南ではほとんどない。ここで再現した強震動分布はその状況をよく反映している。

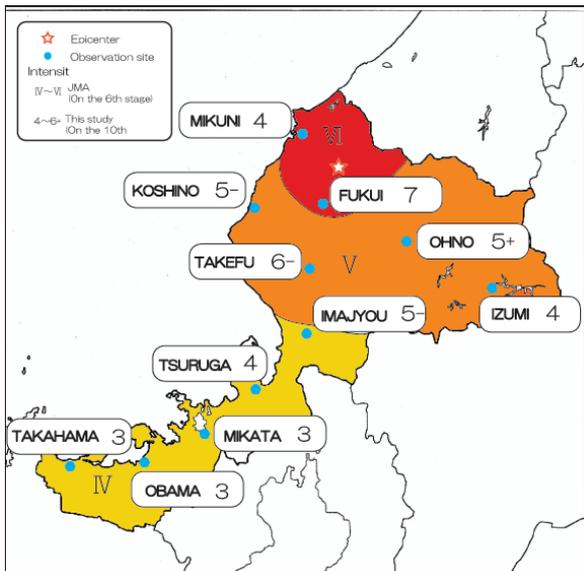


図3 震度分布の発表値⁶⁾と観測点における推定値

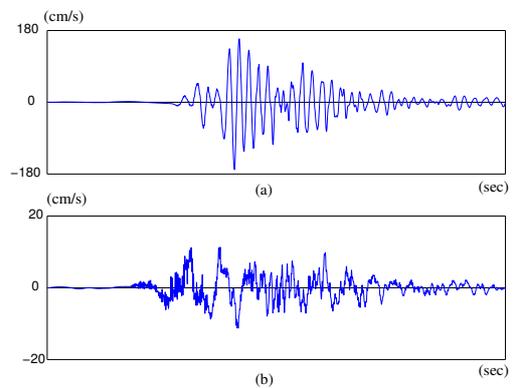


図5 合成速度波形：福井 (a) および三国 (b)

6. 結論

本研究から得た結論は以下の通りである。

1. 経験的グリーン関数法を用いて、福井県下における 1948 年福井地震の強震動を再現した。結果は、記録に残された震度分布、家屋倒壊率とよく適合する。
2. 震源からほぼ等距離にある福井と三国において、最大速度の推定値が当時の被害状況とよく対応していることを確認した。
3. 本方法によって、様々の断層により発生する地震の強震度分布を推定することが可能となり、将来の地震防災対策に利用できるものと考えられる。

参考文献

- 1) Hartzell, S. H : Earthquake aftershocks as Green's function, Geophys. Res. Lett. Vol.5, pp.1-4 (1978)
- 2) 入倉 孝次郎, 釜江 克宏 : 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, 第 2 輯, 第 52 巻, pp.129-150 (1999)
- 3) K.Irikura : Prediction of strong acceleration motion using Empirical Green's Function, Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium, pp.151-156 (1986)
- 4) 池田 隆明, 釜江 克宏, 三輪 滋, 入倉 孝次郎 : 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, 第 561 号, pp.37-45 (2002)
- 5) 川崎一朗: 北陸・飛騨地方の地震の発生機構, 月刊「地球」, Symposium 福井地震 40 周年記念, 海洋出版株式会社, Vol.11, No.2 (1989)
- 6) 谷口 仁士 編 : よみがえる福井震災, 福井県 (1998)