

筑波大学 理工学研究科 学 ○栗崎義弘
筑波大学 構造工学系 正 藤野陽三

1. まえがき

大地震時の地震動の予測は、その断層震源関数及び伝播構造の複雑さ故、非常に困難である。そこで、“大地震は小地震の集まりである”という近年の地震学の成果に基づいて、大地震を構成する個々の地震波形として実記録を用いることにより地震動の予測を行なった。

実際には、周期数秒～10秒の表面波地震動を対象とした金森の方法¹⁾を拡張し、工学的により重要である周期1秒前後の地震動予測方法を提示し、1857年California, San Andreas断層で起きたFort Tejon地震に応用した。

2. 方法

断層モデルについては金森と同じモデルを用いた。すなわち、Fort Tejon地震における各点震源の位置と地震モーメントの分布は図1の通りである。また、断層破壊の方向についても金森と同じ4つのモデルを用いた。各点震源のグリーン関数 $g_i(t)$ は、1968年Borrego Mt地震におけるEl Centro, San Diego, Colton, San Geronimo, Long Beachの5地点での観測記録を用いて、それぞれの地震モーメントを基準にして加え合わせて求める。その加え合わせ方には、Borrego Mt地震の観測記録を時間的にランダムに加える(Rモデル)という方法を用いる。また、加え合わせる際の方位特性、減衰特性に対する補正については、金森は、Fort Tejon地震では震源が浅く、数秒～10秒のやや長周期帯域では実体波よりも表面波の方が卓越するので、これらの補正は表面波の理論解によって行なえると考えて予測地震動を作成した。しかし、周期1秒前後の短周期帯域では表面波よりもむしろ実体波への寄与が大きくなり、方位特性に関しては、このような短周期帯域では波動の伝播媒質の不均質性や波動の散乱等の影響が大きく、理論解は成り立たないと考えられる。また、減衰特性に関しても不確実性が高い。そこで、本研究においては、方位特性については無視し、減衰特性についてはローカルマグニチュードを求める際に用いるRichterの補正式を用いた。Richterの補正式を用いた理由は次の通りである。1)

Richterの補正式は深さ15km以内の地震しか起こらないSouth-Californiaにおける地震から求めたものである。2) Richterの補正式は周期0.8秒の地震計の振幅に対するもので、地震動の短周期成分の減衰性をよく表わしている。さらに、金森の方法では、Fort Tejon地震の平均的応答を求める際に $g_i(t)$ としてBorrego Mt.地震の各記録波を時間軸上で平均化して得た波(AVR波)を用いたが、このAVR波には、観測波が相当数あった場合には平均に近づいてしまうという本質的欠陥が含まれている。そこで、ここではこのAVR波は用いずに個々の記録波についてFort Tejon地震の応答を求めることにする。

次に、具体的に $g_i(t)$ を求める。Richterの補正式を用いるとRモデルの $g_i(t)$ は、

$$g_i(t) = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{R_i}{R_0} g_0(t - \tau_j)$$

と表わされる。ここで、 N_i は加え合わせる個数、 R_0 はBorrego Mt.地震の各記録におけるRichterの補正值、 R_i はFort Tejon地震の各点震源におけるRichterの補

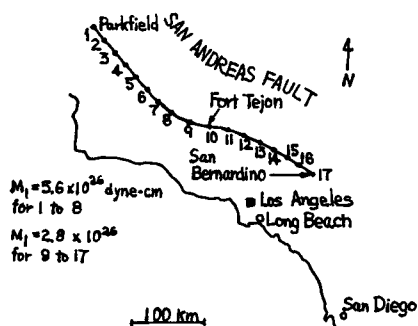


図1 San Andreas断層

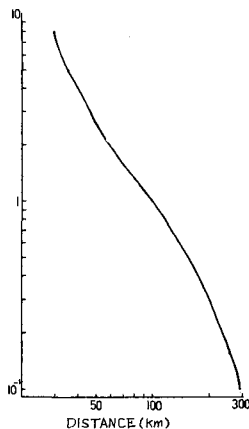


図2 Richterの補正式

正值, $g_0(t)$ は Borrego Mt. 地震の各記録, T_i は 0 から $N\tau$ までのランダムな時間遅れである。なお, τ は 2 秒とした。さらに, この $g_i(t)$ を用いると, Fort Tejon 地震動 $G(t)$ は,

$$G(t) = \sum_{i=1}^N g_i(t - \frac{\Delta L}{C}i - \frac{\Delta t_i}{C})$$

と表わされる。ここで, N は点震源の数, ΔL は各点震源間の距離, C は断層の破壊伝播速度, Δt_i は各点震源と観測点間の距離, v は地震波の伝播速度であり, ここでは ΔL は 23 km, C は 2 km/sec, v は 3 km/sec とする。以上のような過程に沿って Fort Tejon 地震における Los Angeles での地震動を模擬する。

3. 予測地震動の特性

上記の方法によって求められた Fort Tejon 地震模擬波とその応答スペクトルの例を図 3, 4 に示す。これらによると, 模擬地震動の継続時間は約 120 秒であり, 周期 1 秒前後での応答速度はおよそ 30 ~ 60 カインである。また, 模擬地震動の最大加速度はおよそ 90 ~ 140 ガルであった。なお, Agnew と Sieh²⁾ による 1857 年 Fort Tejon 地震時の調査結果によると, 建物に対する被害では, 崩壊に致ったものではなく, ひび割れが入った程度であり, この地震を修正メルカリ震度にするると 6 から 7 であると推定している。これを加速度にするとおよそ 50 ~ 100 ガルに対応する。また, 地震動の継続時間は 120 秒前後であったと言われている。これらの調査結果と比べると, ここで求めた Fort Tejon 地震動はやや大きいけれども矛盾するものではないと考えられる。

次に, 図 5 に比較のために Fort Tejon 模擬地震動の応答結果の代表的な Long Beach での記録を用いた 1 例, 1940 年 Imperial Valley 地震による El Centro における地震動記録に対する速度応答スペクトル, そして California で発生が予想されるマグニチュード 8 クラスの地震を対象に Jennings³⁾ が開発した設計用入力地震動 A-1 に対する速度応答スペクトルを示した。なお, 現在 Los Angeles の高層ビルの耐震設計には, この A-1 地震動の 2/3 が用いられている。図 5 によると, ここで求めた Fort Tejon 模擬地震動に対する応答は, 周期が 1 秒以下において El Centro, A-1 に対する応答よりもかなり下回っている。しかし, A-1 に対する応答の 2/3 の値と比べるとそれほど大差はないと考えられる。

4. あとがき

金森の方法を拡張して短周期地震動予測を行なった。地震動記録がないので決定的なことはいえないが, 比較的真実な数値が得られた。しかし, 減衰特性の入力方, 断層破壊のモデル化等なお検討すべき点が多く残っていると考えている。なお, 本研究に関し, 茂城大, 井上孝介氏より貴重な助言を頂いた。

(参考文献)

- 1) Kanamori, H, BSSA, 69, 6, (1979)
- 2) Agnew, Sieh, BSSA, 68, 6, (1978)
- 3) Jennings, EERL report, CIT, (1968)

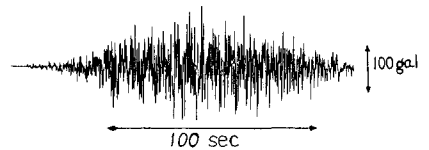


図 3 Fort Tejon 模擬地震動の例

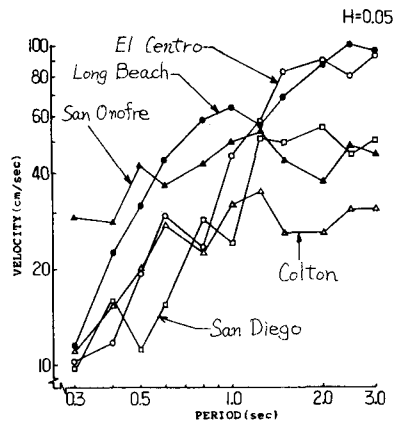


図 4 速度応答スペクトルの例

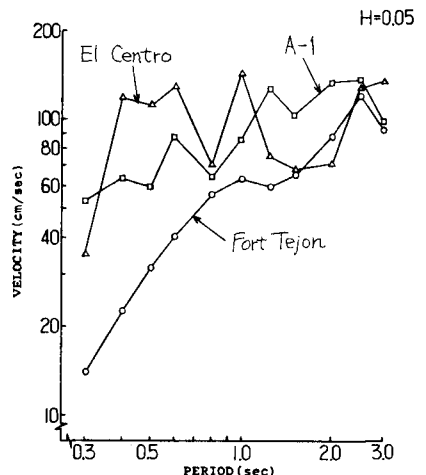


図 5 応答スペクトルの比較