

I-400

Loma Prieta地震における工学的基盤の地震動距離減衰特性

熊谷組技術研究所 正会員 田中 港

熊谷組技術研究所 正会員 鈴木 猛康

1. まえがき

表層地盤における地震動の増幅特性は地盤構成により様々であるため、いわゆる第三種地盤（ $T > 0.6$ 秒）において平均的な地震動増幅特性を設定することは難しい。 $V_s = 600 \sim 700 \text{m/sec}$ の工学的基盤における地震動の距離減衰特性のばらつきがある範囲に収まるのなら、この距離減衰式によって与えられる工学的基盤の地震動に表層地盤の増幅特性を表す係数を乗じ¹⁾、あるいは表層地盤をモデル化して地震応答を評価するのが妥当な方法であろう。ここでは、このような考え方を検証する目的で、Loma Prieta地震における地震観測記録を用いて工学的基盤の最大加速度の距離減衰特性について検討した結果について報告する。

2. 解析対象記録

USGS及びCDMGよりデジタル値として公表されている強震記録のうち、Free Field上で観測されたものを選定した。次に、各サイトの地震動を代表するものとして、加速度記録の水平成分に関して振幅の平均パワーの共分散が最大となる方向を振動主軸とし²⁾、この主軸方向成分を求めた。以下の解析はすべてこの成分を用いて実施した。選定した観測サイト数は、USGSより27地点、CDMGより47地点、計74地点であり、岩盤もしくはそれに近い硬質地盤上の観測点（以下Rock Site）が27地点、沖積および洪積表層地盤上の観測点（以下Soil Site）が47地点である。図-1に震央及び観測サイトの分布を示した。

3. 地震応答解析

USGSでは、いくつかの観測サイトでPS検層を実施し公している³⁾。これによれば、USGS及びCDMGによってRock Siteと分類されている観測サイトのセン断波速度 V_s は、 $600 \sim 700 \text{m/sec}$ と推測される。ここではまず表-1に示す断層最短距離が比較的近接するRock SiteとSoil Site 4組について以下の検討を行った。まず、Soil Siteの地盤構造をモデル化する。次に観測により得られた加速度波形を地表から入射した時の工学的基盤上（ $V_s = 600 \sim 700 \text{m/sec}$ 程度）の加速度波形を重複反射理論による地震応答解析（SHAKE）によって求める。最後にこのSoil Siteと近接するRock Siteの観測波形との比較を行う。ただし、セン断定数と減衰定数のひずみ依存性についてはClay, Sandともに平均的なものを用いた。一例として図-2に解析に用いた"Treasure Island"（Soil Site）の地盤モデルを、図-3に、この解析の入力波形である"Treasure Island"の観測波形、解析により得られた工学的基盤と考えられる9層目の波形、及びこれと比較するRock Siteである"Yerba Buena Island"の観測波形を示す。下の2つの加速度波形は、振幅、位相ともほぼ一致していることがわかる。他の3ケースについて行った解析についても同様の結果を示すことから、CaliforniaにおいてRock Siteと分類されている観測サイトは工学的基盤と同等と見なした。

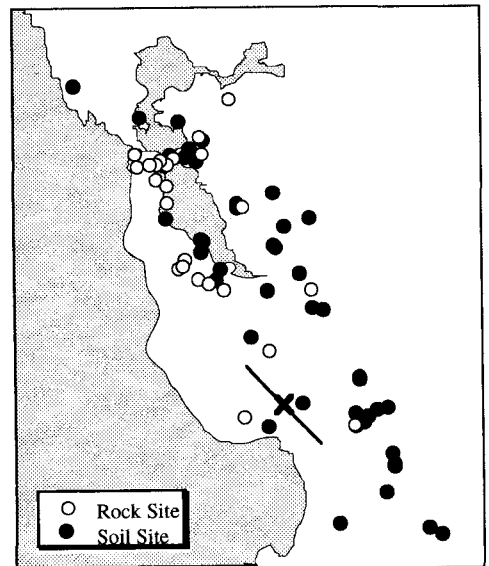


図-1 観測サイト

表-1 最大加速度値の地震応答解析とRock Siteの観測記録との比較

Case	Soil Site	Max.Acc.(gal)	Simurated	Rock Site	Max.Acc.(gal)
1	Treasure Island	148.81	69.60	Yerba Buena Island	68.78
2	San Francisco Int. Airport	376.51	110.19	So. San Francisco-Sierra Pt.	105.78
3	Oakland-Outer Harbor Wharf	319.15	113.51	Piedmont-Piedmont Jr. High School	96.75
4	Stanford Parking Garage, Grnd Leve	320.46	128.78	Woodside-Fire Station	104.32

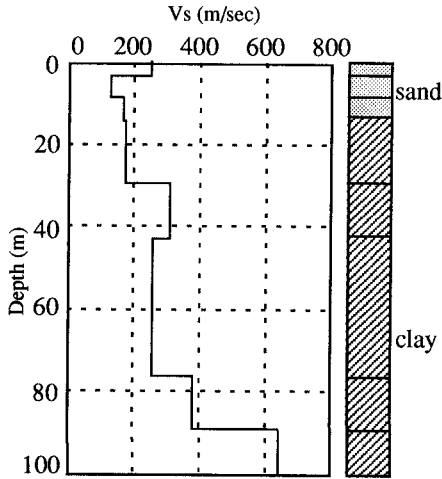


図-2 地盤モデル

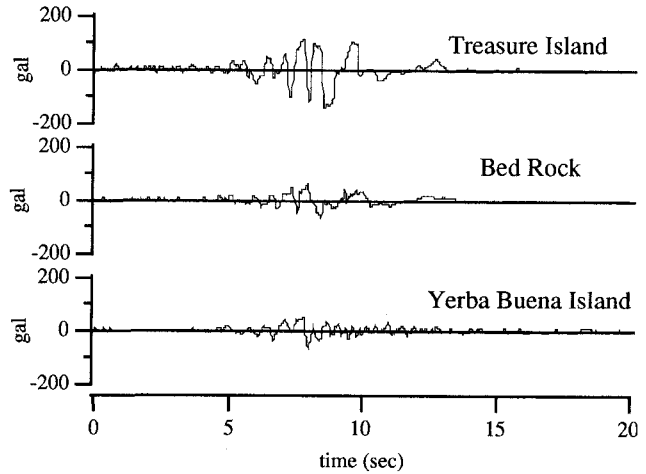


図-3 地震応答解析とRock Siteの観測記録との比較例

4. 工学的基盤の最大加速度

断層最短距離を横軸として最大加速度の距離減衰について図-4にまとめた。図中には、Joyner & Boore 式を破線で、同式の係数を変更して図-4のRock Siteについて作成した近似式を実線で示してある。図より、Soil Siteでの距離減衰特性には大きなばらつきがあるのに対して、Rock Site即ちここで工学的基盤と見なした観測サイトでは、ばらつきが比較的小さいことがわかる。

5. まとめ

以上の解析及び検討の結果をまとめると、以下のようになる。(1) 地震応答解析の結果、Californiaにおいて、Rock Siteと分類されている観測サイトは、工学的基盤と同等と見なせる。(2) Soil Siteの観測サイトでは、距離減衰特性に大きなばらつきがあるのに対して、Rock Siteでは比較的ばらつきが小さくなる。(3) 工学的基盤の最大加速度距離減衰の近似式を与えた。

以上より、いわゆる第三種地盤 ($T > 0.6 \text{ sec}$) においては工学的基盤上の距離減衰式より与えられる地震動に表層地盤の増幅特性を表す係数を乗じ、あるいは表層地盤をモデル化して地震応答を評価するのが有効と考えられる。

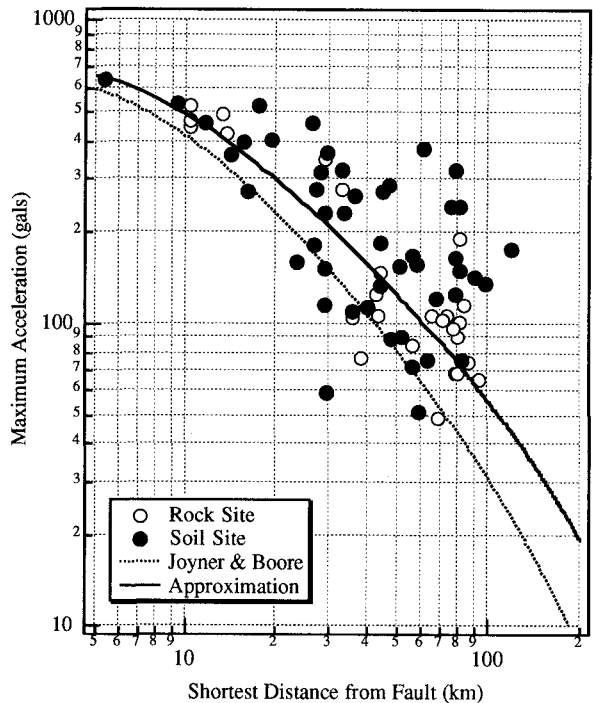


図-4 最大加速度の距離減衰特性

6. 参考文献

- 1) Sugito, M. et al. : Nonlinear Site-dependent Ground Motion Amplification Factor Based on Strong Motion Record, Proc. Int. Symp. The Effect of Surface Ground on Seismic Motion, Odawara, 1992, pp.293-298.
- 2) 松島 豊 : 水平地震動の特性の方向による変動、日本建築学会論文報告集、No.226, 1974, pp.39-44.
- 3) Gibbs, J. F. et al. : Seismic Velocities and Geologic Logs from Borehole Measurements at Seven Strong-Motion Stations