

ロマリエタ地震の強震記録に基づく  
地震動スペクトル強度の非線形増幅特性のモデル化

京都大学工学部 学生員 ○ 傍島史宗  
京都大学工学部 正員 杉戸真太

はじめに： 堆積地盤における地震動の非線形増幅は地震工学上重要な検討課題である。そこで本研究では1989年ロマリエタ地震における強震記録とサンフランシスコ湾岸地域の局所的な地盤条件を基に加速度応答スペクトルの堆積地盤での非線形増幅特性を検証した。また文献1)で提案された地震動変換係数 $\beta_s$ の妥当性を検証した。

加速度応答スペクトルの増幅特性： CDMG(カリフォルニア州鉱山地質局)、USGS(米国地質調査所)併せて64の観測地点のデータのうち基盤までの深さ $d_p$ の判明した14地点についてそれぞれの堆積地盤とそれに対応する解放基盤上での記録について、それぞれ20の固有周期、減衰5%加速度応答スペクトルを求めた。観測記録の方向が0度(NS)、90度(EW)でないものについては全てその方向を座標変換し、堆積地盤上での観測点の近傍に解放基盤上での記録がない場合、最も近い地点での記録を基にJoyner & Boore式(1989)に従って距離減衰すると仮定した値を検討の対象とした。

図-1は上記14地点の中から非線形増幅特性が顕著に表れた地点のスペクトル図である。同図において太い実線が解放基盤でのスペクトル値、細い実線が堆積地盤上でのスペクトル値である。また破線は解放基盤での応答スペクトル値から文献1)での地震動変換係数 $\beta_s$ を用いて推定された堆積地盤でのスペクトル値である。

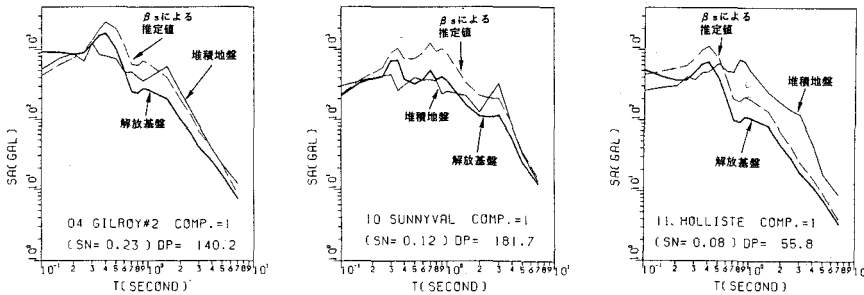


図-1 解放基盤と堆積地盤における応答スペクトルの比較、及び $\beta_s$ による推定値(EW成分)

文献1)で地震動変換係数 $\beta_s$ は地盤パラメータとして $S_n$ 、 $d_p$ を用いてモデル化されている。ここに $S_n$ はボーリング調査で得られるN値を深さ方向で重み付きで積分した軟弱さを示す指標である。

すなわち加速度応答スペクトル変換係数 $\beta_s$ は固有周期 $T$ として

$$\beta_s = \beta_s(S_n, d_p, T)$$

と表される。しかし、今回対象としたほとんどの地点でボーリング資料が揃っていないため、直接 $S_n$ を算出できないため表層のせん断波速度により $S_n$ 値を推定することとした<sup>2)</sup>。

図-2は固有周期別に14地点の加速度応答スペクトル水平2成分について横軸に基盤までの深さ $d_p$ 、縦軸にその地点に入射される加速度応答スペクトル $S_r$ と地表での加速度応答スペクトル $S_s$ との比 $S_s/S_r$ すなわち増幅率をとったものである。

しかし、入力地動による増幅率への影響がかなり大きいと判断できるため、プロットする点を入力地動の

大きさによって3種類に分けて入力地動の点からも考察できるグラフとした。すなわち、V印、×印、□印の順に基盤への入力強度の大きい順に3分の1ずつ分けてある。同図より増幅率は入力地動にかなり影響を受けることが分かる。

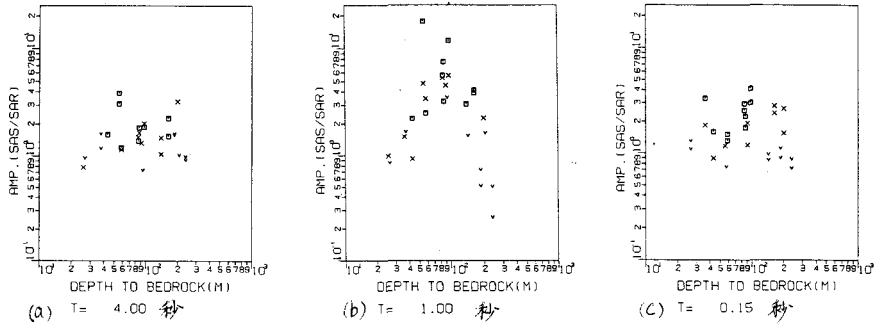


図-2  $d_p$ に対する加速度応答スペクトルの増幅率

(V、×、□の順に基盤面での加速度応答スペクトルが小さくなる。)

$\beta$ と実データによる増幅率の比較： 図-3に固有周期3.0, 0.8, 0.15秒における増幅特性を示した。横軸は解放基盤におけるスペクトル値、縦軸が増幅率である。同図にある点が、加速度応答スペクトルの増幅率をプロットしたものである。細い実線と太い実線は文献1)でモデル化された地震動変換係数 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ である。それぞれは、14地点の地盤条件の内もっともしっかりした堆積層の地盤条件すなわち $S_n$ 、 $d_p$ 共に最小な場合 ( $S_n = -0.085$ 、 $d_p = 25.9m$ ) ともっとも軟弱な堆積層の地盤条件すなわち $S_n$ 、 $d_p$ が共に最大 ( $S_n = 0.92$ 、 $d_p = 231.6$ ) の場合の2通りの条件で作られた $\beta_s$ による2本の線である。従って、図-3において14地点での文献1)による $\beta_s$ の推定値は概ねこの2本の線の間に入るものと考えてよい。

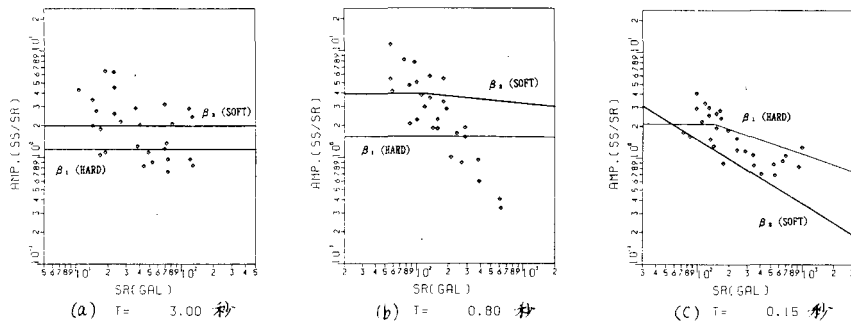


図-3 加速度応答スペクトルの増幅特性と $\beta_s$ との比較

今回の周期範囲で検討した結果、図-3に代表されるように3通りに増幅特性が分けられる。

- (1) 長周期部分 (7.0秒~2.0秒) では非線形性の影響が表れておらず、データの増幅率にばらつきが大きいものの $\beta_s$ はデータの平均的特性をよく表している。
- (2) 中周期領域 (1.5秒~0.5秒) では $\beta_s$ はデータをよく説明していない。
- (3) 短周期領域 (0.4秒以下) では整合性がとれている。

おわりに： 変換係数 $\beta_s$ について中周期領域において修正の必要があると言える。この領域は地震動のパワーが集中すると共に、土の動的特性が変化する境界の部分であり、その評価においては注意を要する。

(参考文献) 1) 杉戸・亀田・後藤・広瀬： 京都大学防災研究所年報，第29号，B-2

2) 久下・杉戸： 土木学会関西支部年次学術講演会概要 H3. 6