

○ 富士通エフ・アイ・ピー (株) 正員 浅田博司
建設省土木研究所 正員 川島一彦
建設省土木研究所 正員 岩崎敏男

1. まえがき

地震時の地盤の応答を求めるには土の応力～ひずみ関係を適確に表現することが重要である。土の剛性及び減衰定数のひずみ依存性を表わす方法として“等価線形法”，“バイリニア法”，“ランバルグ・オズグッド・モデル”，“ハーディン・ドルネビッチ・モデル”などがある。本報告ではこれらのうちハーディン・ドルネビッチ・モデル（H-Dモデル）で表現した力学モデルを用いて地盤の地震応答解析を行ない，ランバルグ・オズグッド・モデル（R- $\bar{\sigma}$ モデル）による応答結果²⁾と比較検討した。

2. 地盤モデル

解析に使用した地盤モデルを図-1に示す。土のせん断剛性率及び減衰定数のひずみ依存性は，原位置試料（粘性土）を用いた共振法土質試験及び振動三軸試験結果から求め，また，砂質土に関しては原位置試料が採取されていないので既往の研究結果から求めた。H-Dモデルによる骨格曲線及び履歴曲線を図-2に示す。ここで，パラメータ G_{max} 及び γ_r は龍岡ら¹⁾の提案により求めた。即ち， G_{max} は $\gamma = 0$ の時のせん断剛性， γ_r は $G/G_{max} = 0.5$ の時のせん断ひずみを用いる。H-Dモデルによって表現される $G/G_{max} \sim \gamma$ ， $\gamma \sim \gamma_r$ の関係がR- $\bar{\sigma}$ モデル及び実験値とどのような関係にあるかを図-3に示す。R- $\bar{\sigma}$ モデルは低ひずみ領域を除いて実験値と比較的よく一致しているが，H-Dモデルの場合は全領域において必ずしも実験値との対応はよくない。

3. 入力地震動

入力地震動としては比較的長周期成分の卓越する地震波として伊豆半島沖地震（1974年， $M=7.0$ ）による観音崎地下80^m（E-W成分）の記録，短周期成分の卓越する地震波として豊後水道沖地震（1968年， $M=6.6$ ）による板島橋地表橋軸方向の記録を基盤地震動に変換した記録の2種類（図-4）とし，基盤での最大加速度をそれぞれ100 gal，200 gal，300 gal の3レベルとした。

4. 解析方法

解析には土の応力～ひずみ関係をH-DモデルあるいはR- $\bar{\sigma}$ モデルで表現した地盤の非線形地震応答解析プログラム“NONSOIL”を使用した。ここでは，地盤を一次元の離散型バネ・マス系モデルに置換し，運動方程式の解は増分法によるニューマー7 β 法を用いた直接積分で求めている。また，非線形性のために生じる誤差はニュートン・ラプソン法による反復計算にて消去している。

5. 解析結果

計算によって求められた最大応答値の分布を図-5に，応答加速度波形を図-6に，それぞれR- $\bar{\sigma}$ モデルによる結果と比較して示す。地表下23^m以深ではR- $\bar{\sigma}$ モデルとよく一致した応答を示しているが，地表付近のやわらかい地盤では両者にかんがりの差がみられ，H-Dモデルの応答加速度は非常に小さい値となっている。これは解析に仮定した剛性が図-3に示したようにひずみが 10^3 のオーダーになると急激に低下しているためと考えられる。従って，この意味ではここで対象とした地盤ではこのような現象は実際には有り得ないと考えられるが，剛性のひずみ依存性が大きいと試算例のように地表面付近の地盤の加速度応答はほとんど生じなくなる（ただし，変位は非常に大きくなる）ことが興味深い。

参考文献

- 1). 龍岡，福島（1978）砂のランダム線返し入力に対する応力～歪関係のモデル化について（II）”生産研究30-10

2). 森本, 川島 (1980) "土の非線形性が地盤の地震応答に及ぼす影響について" 土木学会第35回年次学術講演会

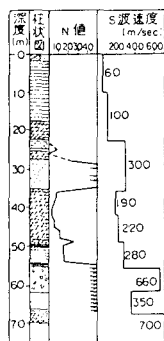


図-1 対象地盤

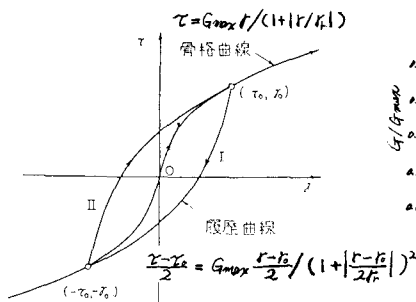
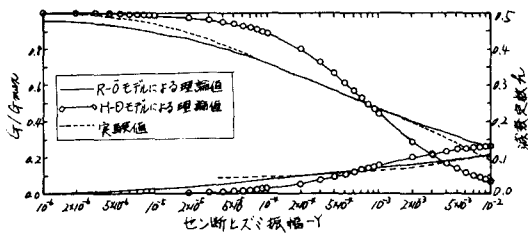
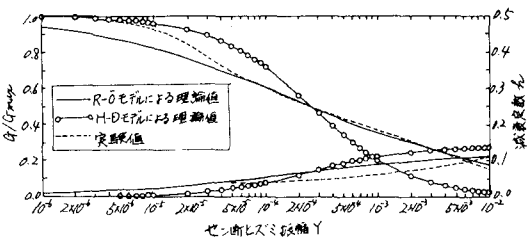


図-2 H-Dモデル



(a) 地表面下 5.5m



(b) 地表面下 11.5m

図-3 $G-\gamma$, $h-\gamma$ の関係

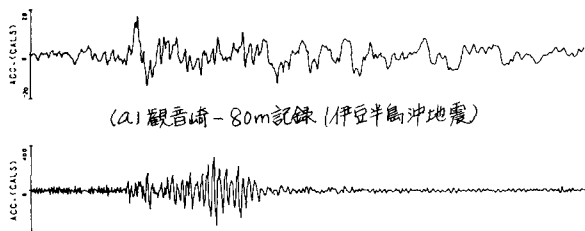
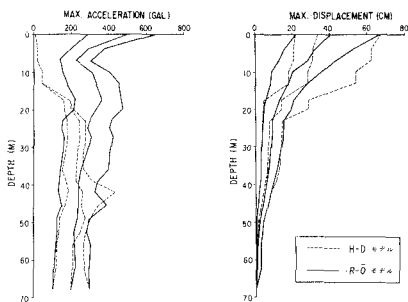
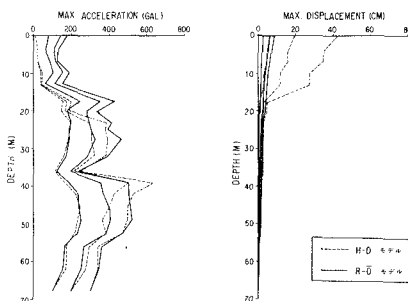


図-4 入力地震動記録



(a) 観音崎記録と作用させた場合



(b) 板島橋記録と作用させた場合

図-5 最大応答値の地中内分布

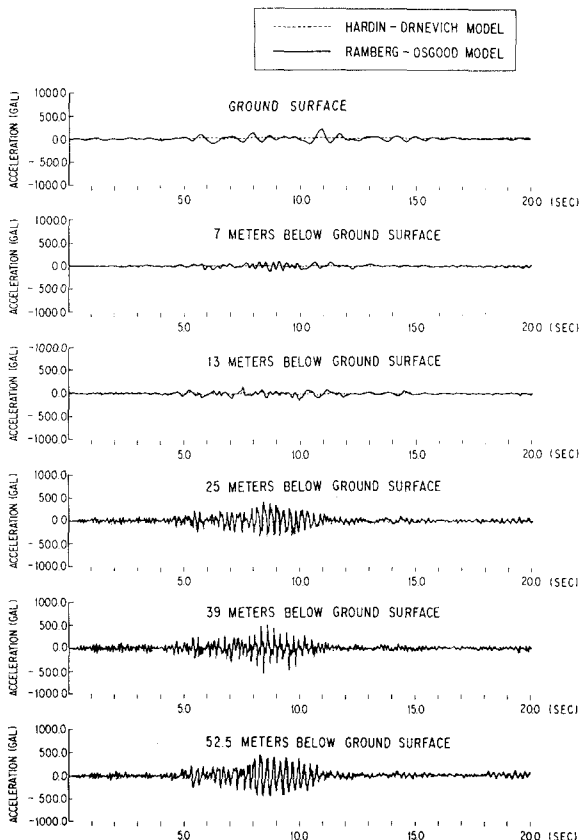


図-6 応答加速度波形の比較(板島橋記録と作用させた場合)