

|              |     |         |
|--------------|-----|---------|
| 清水建設(株)土木設計部 | 正会員 | ○ 田 蔵 隆 |
| 清水建設(株)土木設計部 | 正会員 | 中 桧 新   |
| 東京ガス(株)工 務 部 | 正会員 | 片 山 隆 夫 |

1. はじめに 本報は、東京ガス(株)袖ヶ浦工場内で観測された地震記録を用いて、地盤の非線形地震応答解析を行い、解析結果と観測波の対比から2, 3の考察を行ったものである。

2. 地盤概要と地震計配置 地震観測が行われている地盤の概要を図1に示す。地震計は、G.L.-1 m, G.L.-18 m, G.L.-42 mの各深さに埋設されており、G.L.-42 mは工学的にみて地震基盤と考えて良いと思われる。解析には、G.L.-1 mで193.6 gal, G.L.-18 mで79.9 gal, G.L.-42 mで63.5 galを与えた、1980年9月25日の千葉県中部地震(M=6.1)の観測記録を用いた。

3. 解析方法および解析定数 非線形地震応答解析は、土の動特性を表わす代表的関数モデルであるHardin-Drnevichモデル(H-Dモデル)とRamberg-Osgoodモデル(R-Oモデル)の両方で行った。〔1〕H-Dモデルの履歴曲線はMasing規則を適用して定めた<sup>(1)</sup>。規準ひずみ $r_r$ は、建設省土研提案の $G/G_0 \sim r$ 曲線<sup>(2), (3)</sup>において、 $G/G_0=0.5$ に対応するひずみを与えた。〔2〕R-Oモデルのスケルトン曲線を $r=1/G_0 \cdot \tau(1+\alpha|\tau|^\beta)$ と書くと、 $G/G_0=1/(1+\alpha|\tau|^\beta)$ となる。定数 $\alpha$ は、〔1〕で定めた $r_r$ により $\alpha=(2/G_0 r_r)^\beta$ とし、定数 $\beta$ は、上記 $G/G_0$ の変化が $r_r$ より小さいひずみ領域で、建設省土研の $G/G_0 \sim r$ 曲線に漸近するように定めた。解析モデルおよび解析定数を図1に示す。解析モデルはせん断型の多質点系モデルで質点数は22である。上記の手順で定めたH-Dモデル、R-Oモデルの $G/G_0 \sim r$ 曲線および $h_{eq} \sim r$ 曲線を建設省土研提案の曲線と比較した一例を図2に示す。解析方法の違いによる結果の比較を行うために、線形モデルによる地震応答解析も行った。線形解析はモード合成法で行い、減衰定数は横田ら<sup>(4)</sup>が当該地盤について求めた値から、 $h_1=0.106$ ,  $h_2=0.053$ ,  $h_3=0.020$ ,  $h_4=0.007$ ,  $h_5 \sim h_{22}=0.005$ とした。

4. 解析結果および考察 図3は各解析の結果を観測波形と比較したものである。いずれも破線が観測波、実線は計算波である。3つのモデルの解析結果において、大きな特徴がみられるのは、加速度レベルが相対的に大きくなる3秒～6秒の時刻間の応答性状であろう。G.L.-1 mの所での波形において、線形解析ではこの部分にかなりの位相ずれが生じている。一方、非線形解析の場合は両モデルとも位相特性は観測波と比較的良く対応している。しかしこの部分で、H-Dモデルの解析結果は観測波形と比較して応答の伸びが極端に押えられている。これはH-Dモデルの特質に原因があり、図2に示した例でもわかるように、ひずみが大きな領域では剛性低下が著しく、かつMasing規則を適用したH-Dモデルは、ひずみの大きい領域で過大な減衰が働く事によるものと考えられる<sup>(5)</sup>。G.L.-18 mの波形およびパワースペクトルから非線形解析は短周期成分が卓越する傾向にあることがわかる<sup>(1)</sup>。また、図5に示したせん断ひずみの最大値の分布図から、非線形解析の場合、一部の要素にひずみが集中する傾向にある事がわかる(図4参照)。

5. おわりに 非線形挙動が生じた事が十分予想される程度に大きい地震記録を用いて、各解析方法による検討を試みた。この結果、線形モデルでは十分追従できない事がわかった。また、土に対する代表的非線形関数モデルであるH-Dモデル(Masingタイプ)とR-Oモデルの解析から、前者よりも後者の方が実状に合った応答を与えるモデルであることがわかった。

6. 参考文献 (1) 大平他3名；東京で観測された地震記録に基づく自然地盤の非線形地震応答解析，第16回土質工学研究発表会，昭56。(2) 岩崎他2名；地盤の動的変形特性に関する実験的研究(II)，土研報告153号，昭55。(3) 岩崎他3名；沖積粘性土の動的変形・強度特性について，第15回土質工学研究発表会，昭55。(4) 横田他3名；東京周辺の軟弱地盤における地中地震観測，清水建設研究所報，Vol. 30，1979。(5) 大平他4名；Hardin-Drnevichモデルの定常強制振動特性，第16回土質工学研究発表会，昭56。

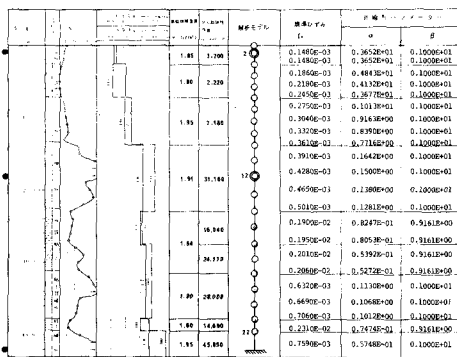


図1 地盤概要および解析モデル, 解析定数

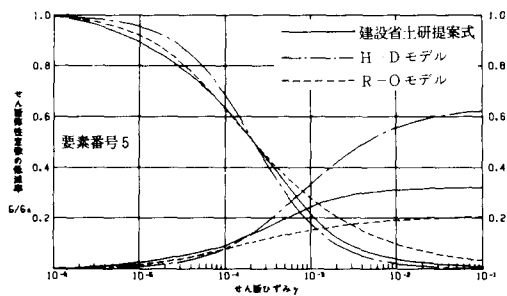


図2  $G/G_0 \sim \gamma$  曲線および  $h_{eq} \sim \gamma$  曲線

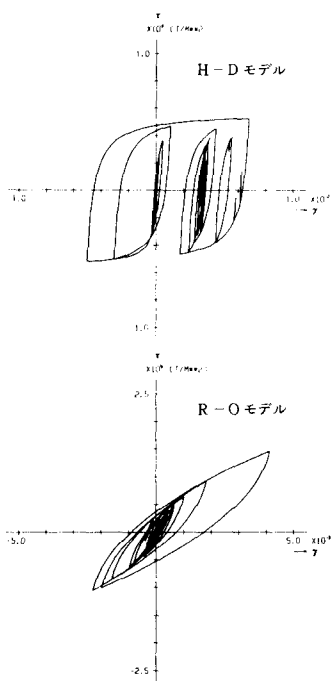


図4 履歴ループの比較  
(最大ひずみを与えた要素番号5について)

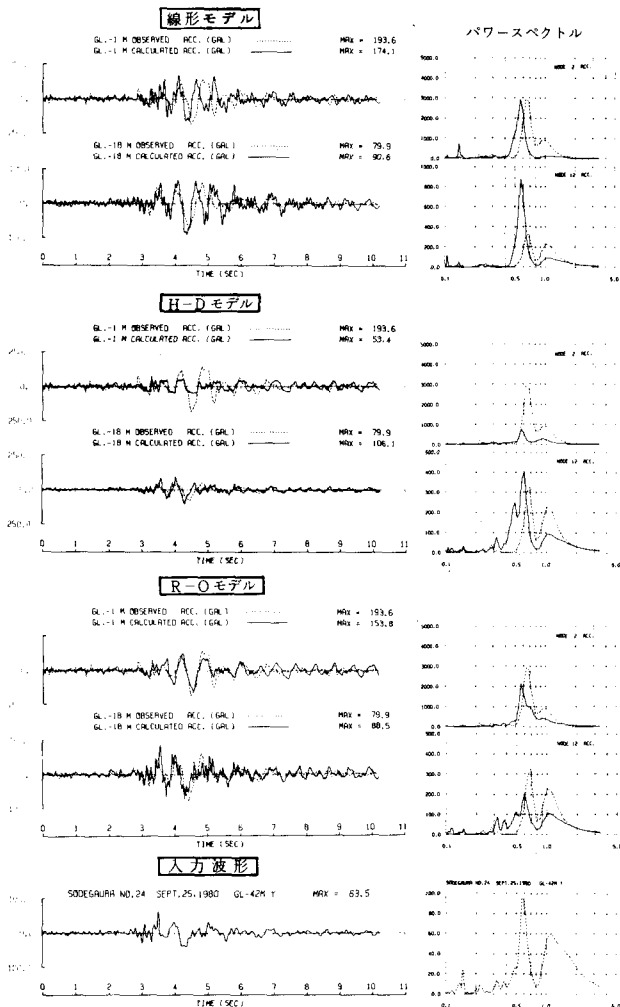


図3 地震応答解析結果と観測波形の比較

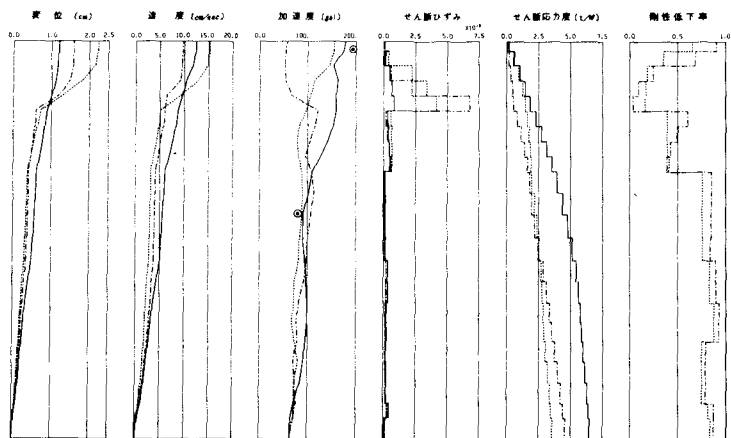


図5 応答の最大値分布図

— 線形モデル  
 - - - H-Dモデル  
 --- R-Oモデル  
 ⊙ 観測記録