

付録1 兵庫県南部地震の地震動と応答スペクトル

図-付1.1は兵庫県南部地震で観測された各地域での地盤上の地震動の最大加速度分布を示したものである。良く知られた神戸海洋気象台の水平加速度（NS成分）は818ガルで観測された記録のほぼ最大値に近い。鉛直加速度は332ガルで、水平加速度の約0.4倍である。鉛直加速度の最大値は神戸大学で観測されており、447ガルで水平動の加速度305ガルより大きい。前者は良質の地盤上、後者は岩盤上の観測値ということであるので、ⅠまたはⅡ種地盤上の値と考えられる。今回の地震は直下型ということによって上下動の大きさが強調されているが、水平加速度が400ガル以上の観測地について上下動加速度と水平加速度の比を求めてみると、0.41（神戸海洋気象台）～0.85（阪神高速道路・猪名川）となり、0.5前後が多い。これは、アメリカ西海岸で得られた活断層周辺の直下型地震の記録から求められた統計量（図-付1.2）[1]とあまり変わらない。

図-付1.3は神戸海洋気象台での加速度記録とフーリエ振幅スペクトルを示す。特徴としては、以下が挙げられる。

- (1)大きな上下動加速度は、水平動加速度の最大値あたりまで続く。
- (2)水平動の卓越周期は、0.35秒、0.68秒、0.83秒あたりにある。
- (3)上下動の卓越周期は、1秒前後にあるが、0.2秒から1秒あたりまで、同じような強さの比較的大きな加速度が続く。

上記(1)の事実は軟弱地盤上で測定された地震波（阪神高速道路・東神戸大橋）についても言え（付図1.4）、今回の地震波の大きな特徴である。

図-付1.5は神戸海洋気象台の記録波および建設省土木研究所のレベル2地震波（地盤種ⅠおよびⅢ）の応答スペクトルと比較して示す。図からわかるように、今回の地震波の応答加速度は、固有周期1.0秒以下の構造物に対しては、土木研究所の地震波の最大3倍までの大きさになる。参考までに、図-付1.6～1.8に神戸大学(EW)、港湾技術研究所・尼崎(NS)、関西地震観測研究協議会・神戸本山(EW)の応答スペクトルを示す。

図-付1.9は神戸海洋気象台の地震波(NS)に対する鋼製橋脚モデル（フランジ幅厚比パラメータ=0.7、細長比パラメータ=0.3～0.6の無補剛箱形断面）の弾塑性応答解析結果および図-付1.10に土木研究所地震波（第Ⅰ種地盤）による応答解析結果を示す。復元力は準静的結果から得られたものを使用している[2]。また、土木研究所の地震波についてはハイブリッド実験結果[3]も同時に示す。これらから分かるように、土木研究所の地震波は残留変位が残りやすい地震波であり、神戸海洋気象台の地震波は細長比が小さい橋脚にとって厳しい地震波である。

今後はこれらの観測データを基に、激震時の地震応答解析、ハイブリッド地震応答実験を積み重ねていく必要が有ろう。その際、鉛直地震動の影響も当然考慮する必要がある。

参考文献

1. 鹿島建設：平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書（第1報），1995年2月.
2. 寺田昌弘：強震時の鋼製橋脚の安全性評価法に関する研究，名古屋大学大学院修士論文，1993.
3. 才塚邦宏・伊藤義人・木曾英滋・宇佐美勉：相似則を考慮したハイブリッド地震応答実験に関する考察，土木学会論文集，No.507/I-30, pp.179-190.1995.1.

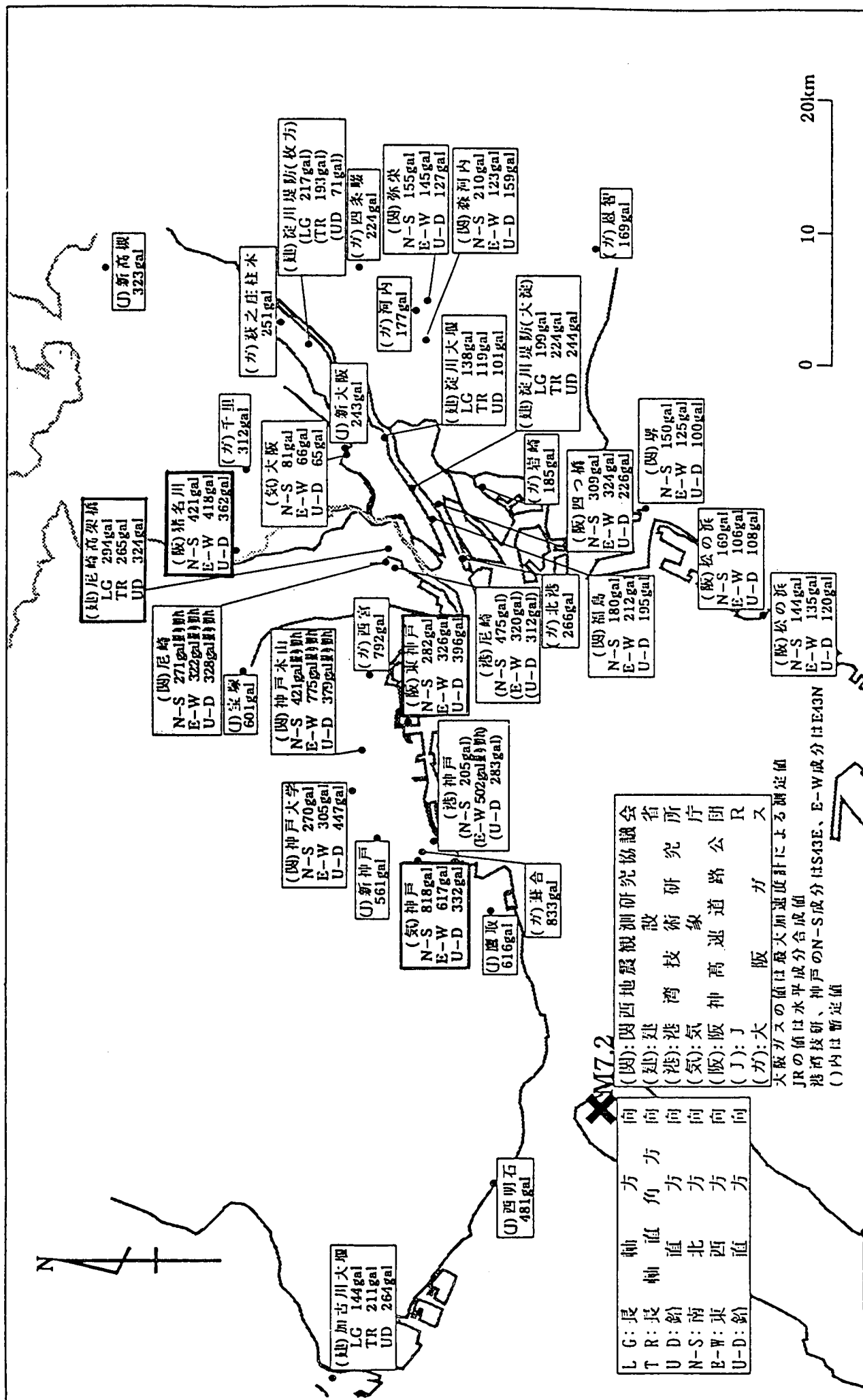


図-付 1.1 最大加速度分布図

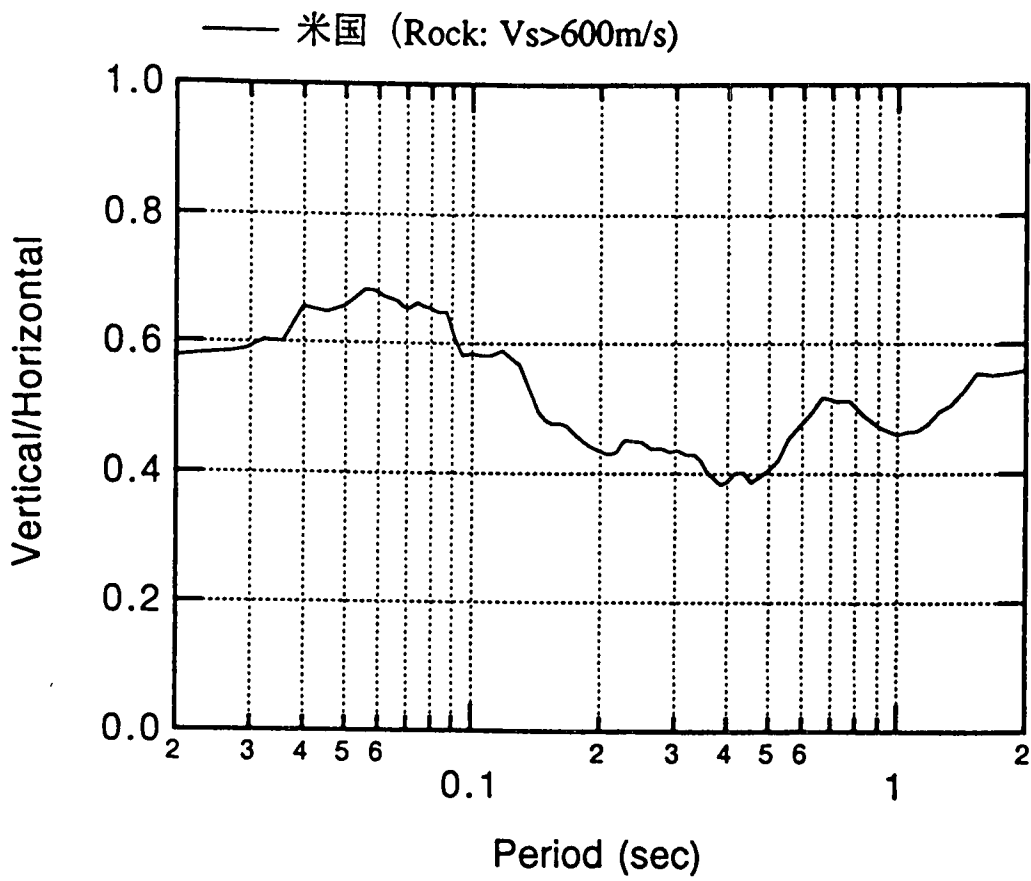


図-付 1.2 活断層周辺での上下動と水平動の比[1]

●神戸海洋気象台の記録

(ガル)

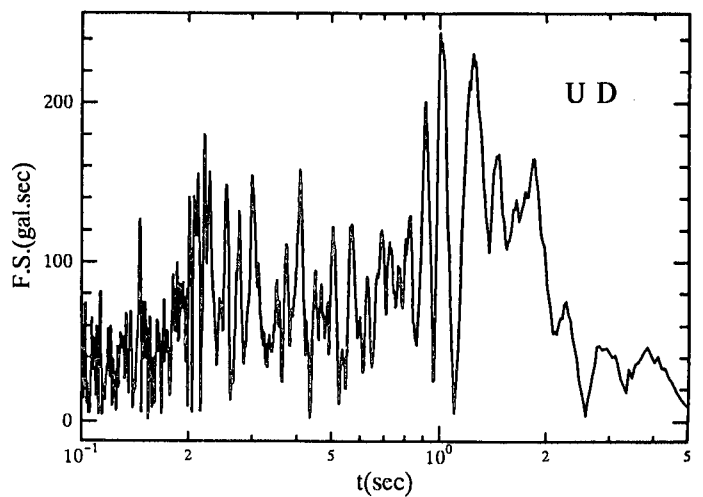
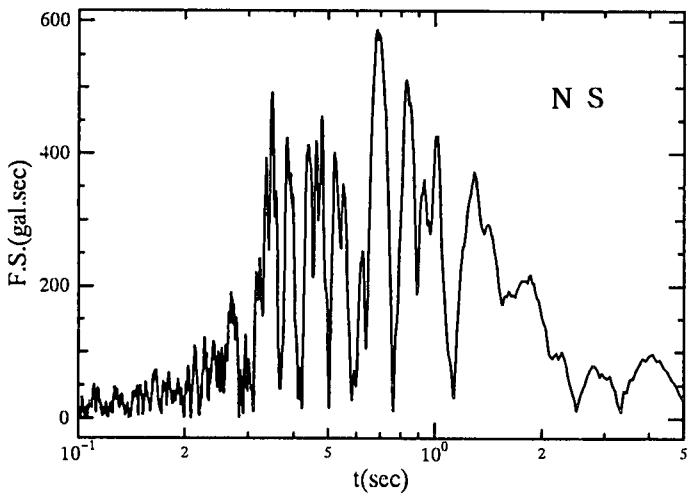
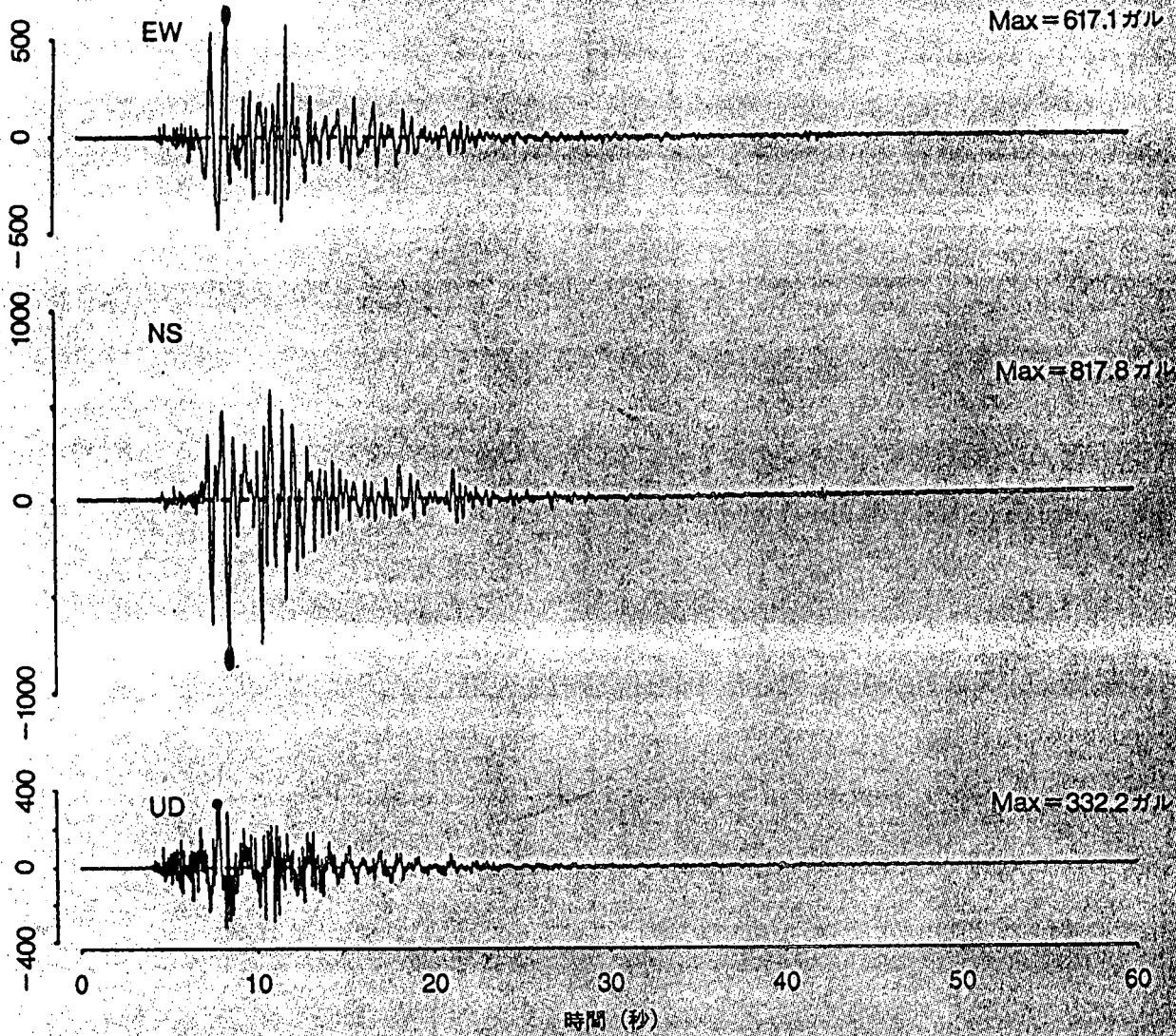
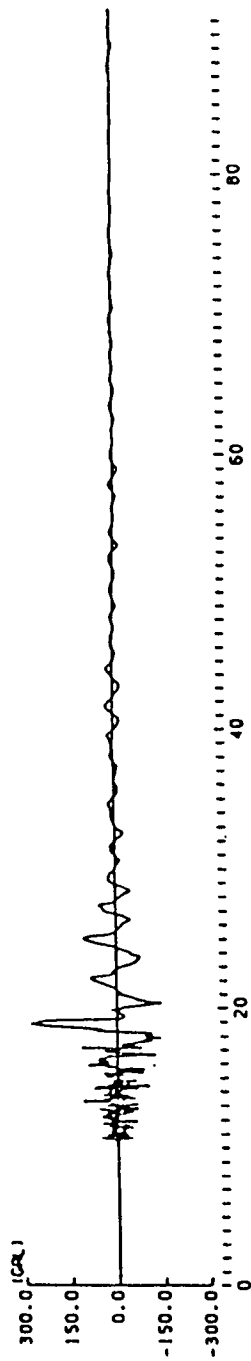
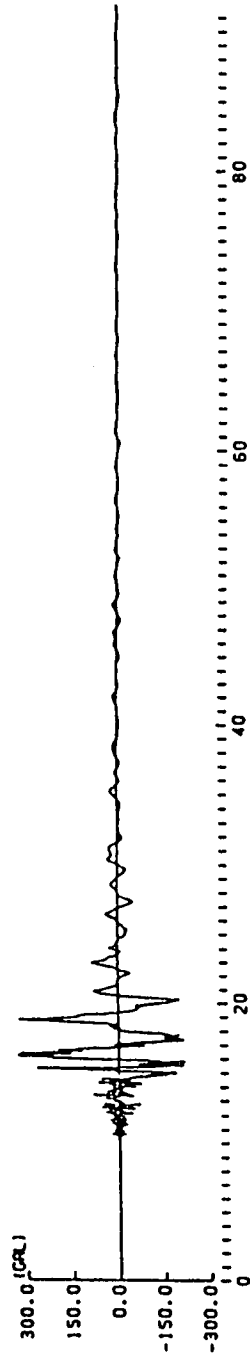


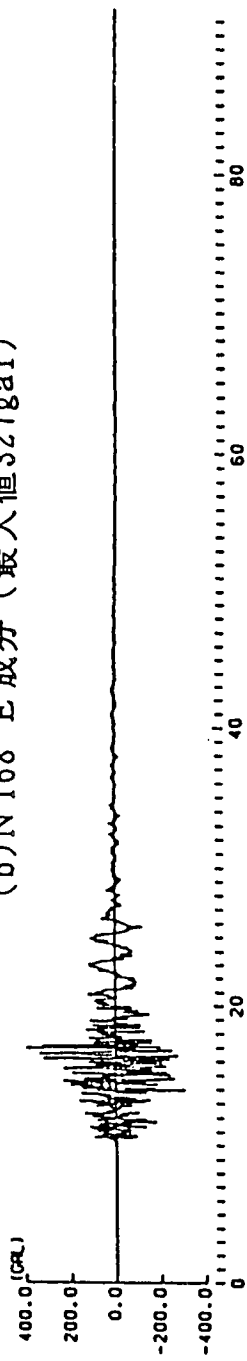
図-付 1.3 神戸海洋気象台の記録とフーリエ振幅スペクトル



(a) N 78° E 成分 (最大値281gal)



(b) N 168° E 成分 (最大値327gal)



(c) U D 成分 (最大値395gal)

図-付 1.4 東神戸大橋地区の記録波

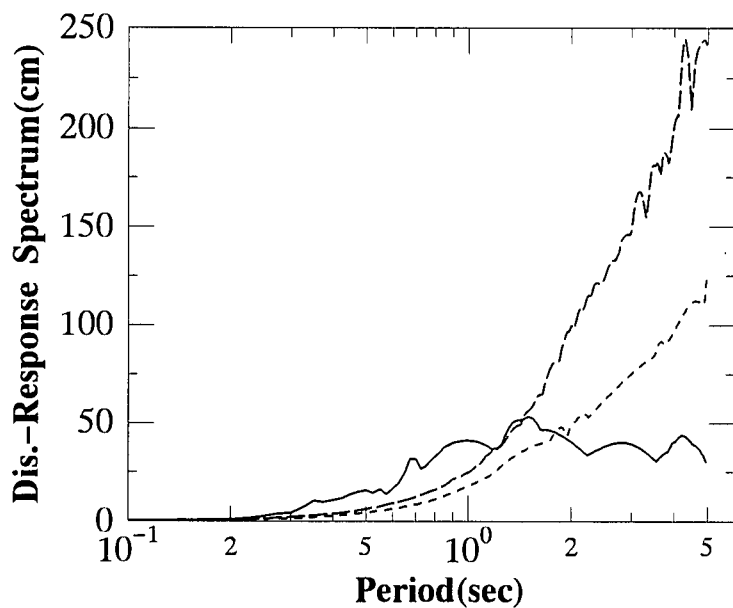
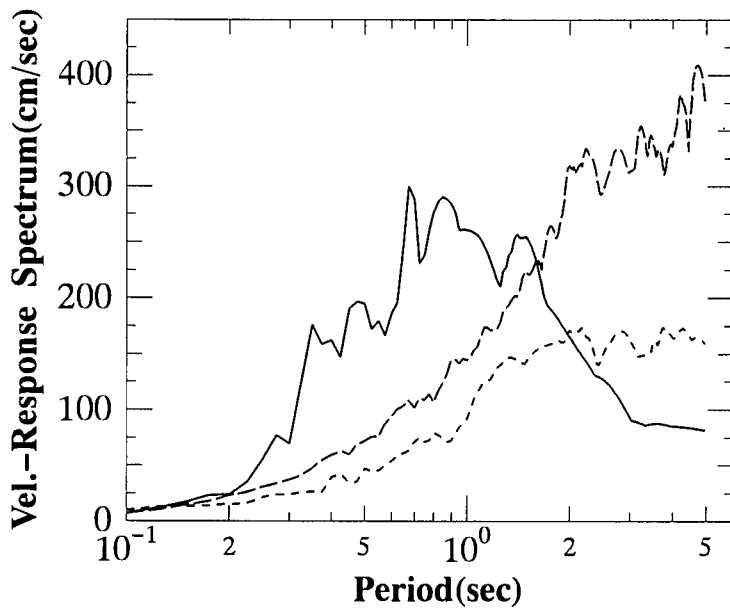
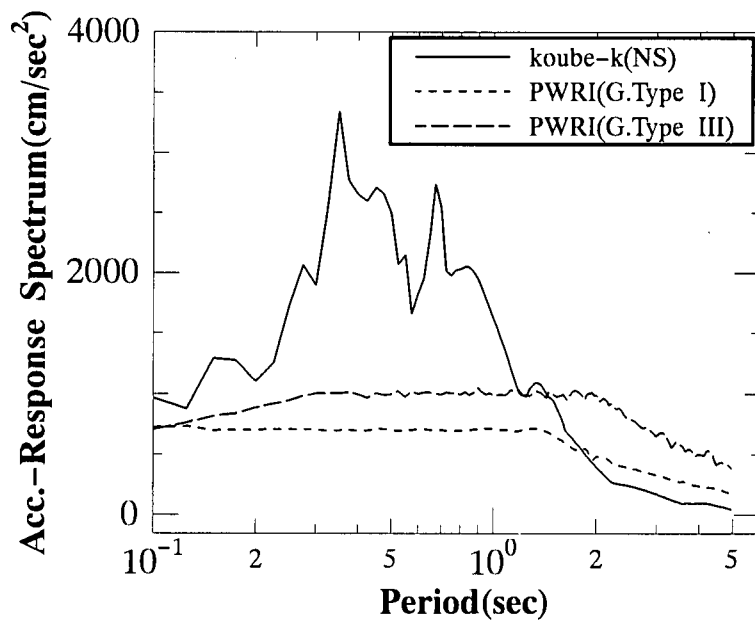


図-付1.5 神戸海洋気象台の記録波形と土木研究所のレベル2地震波の応答スペクトル

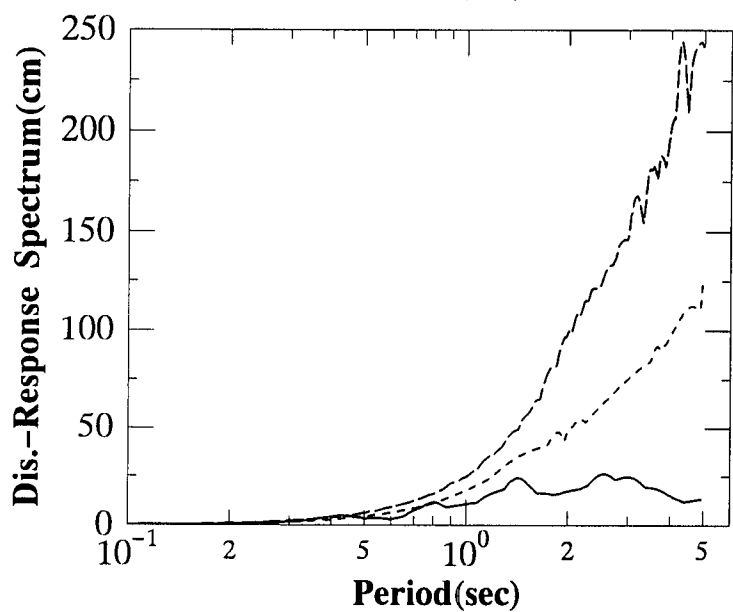
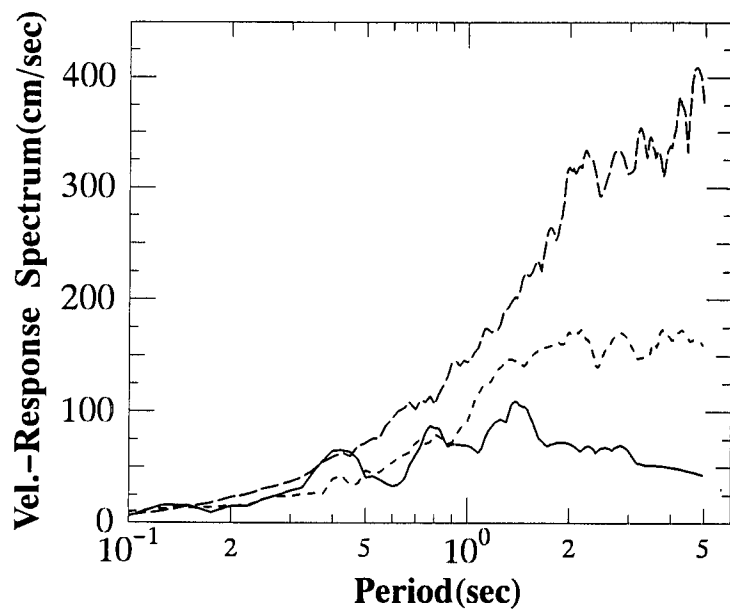
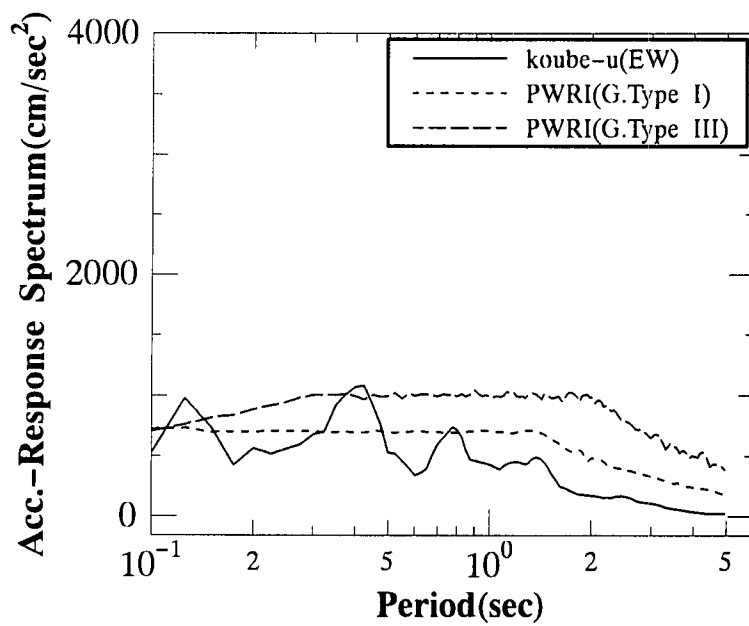


図-付1.6 応答スペクトル(神戸大学+土木研究所)

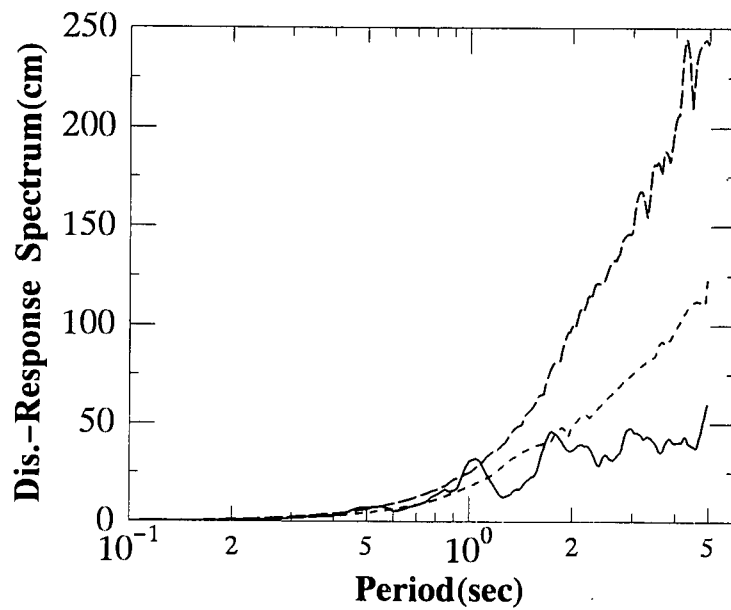
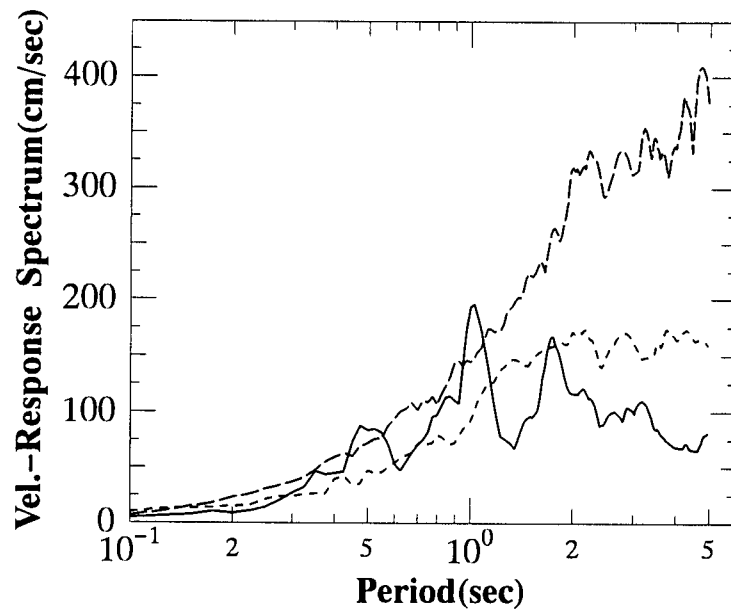
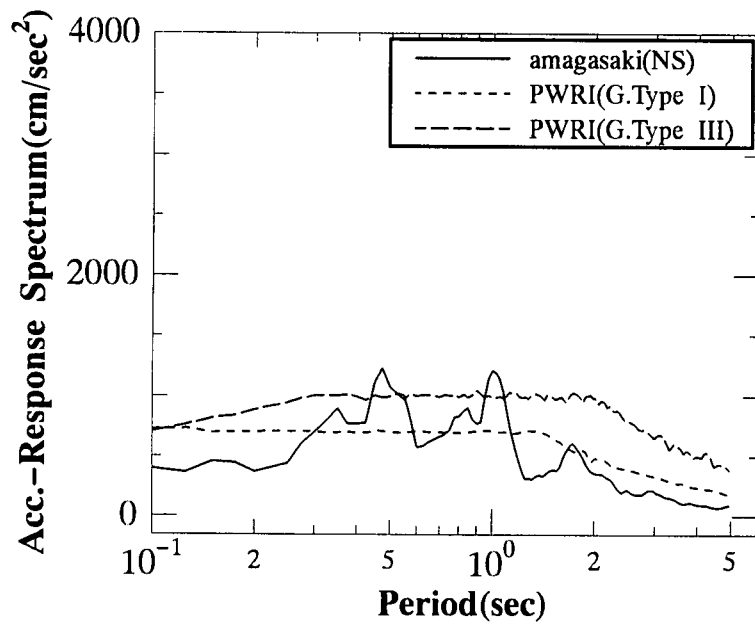


図-付1.7 応答スペクトル(港湾技術研究所・尼崎+土木研究所)

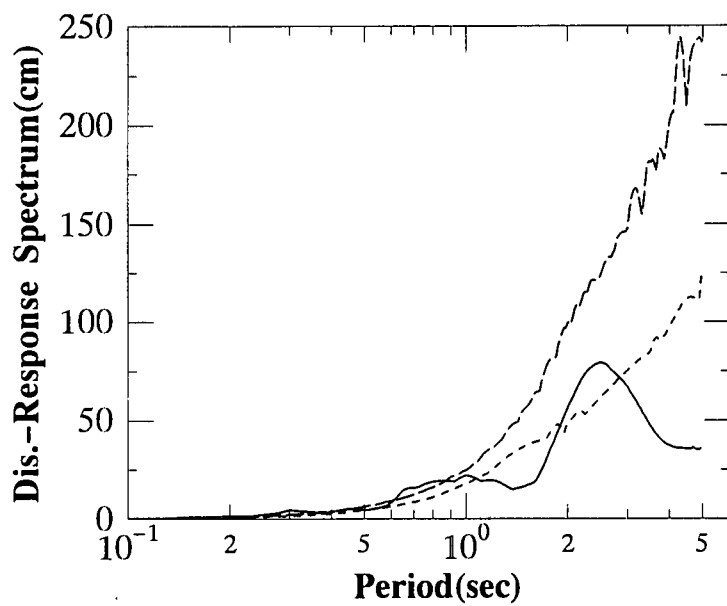
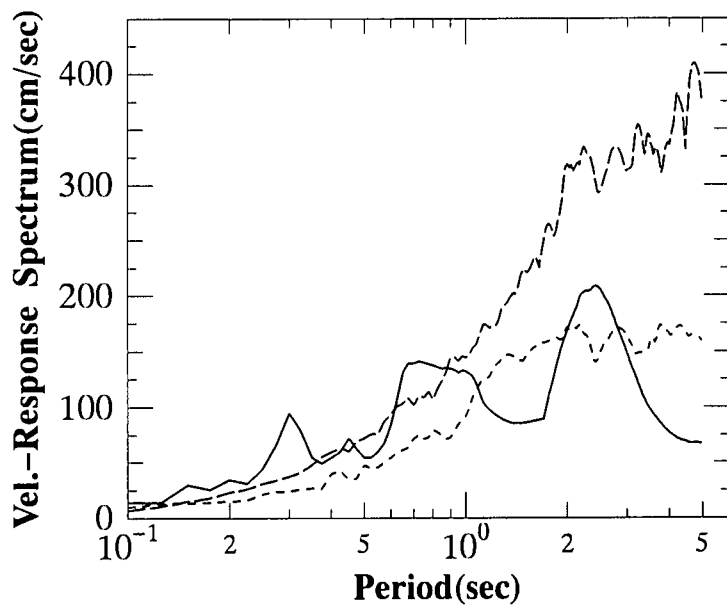
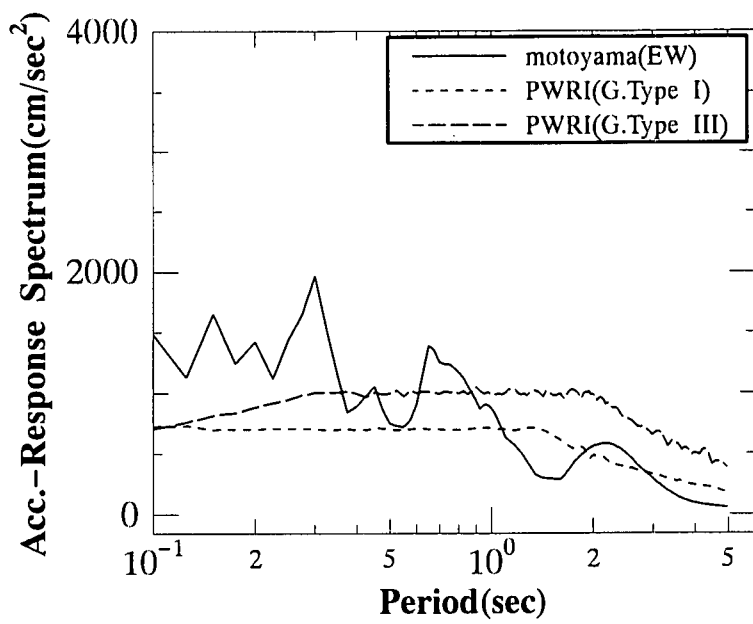
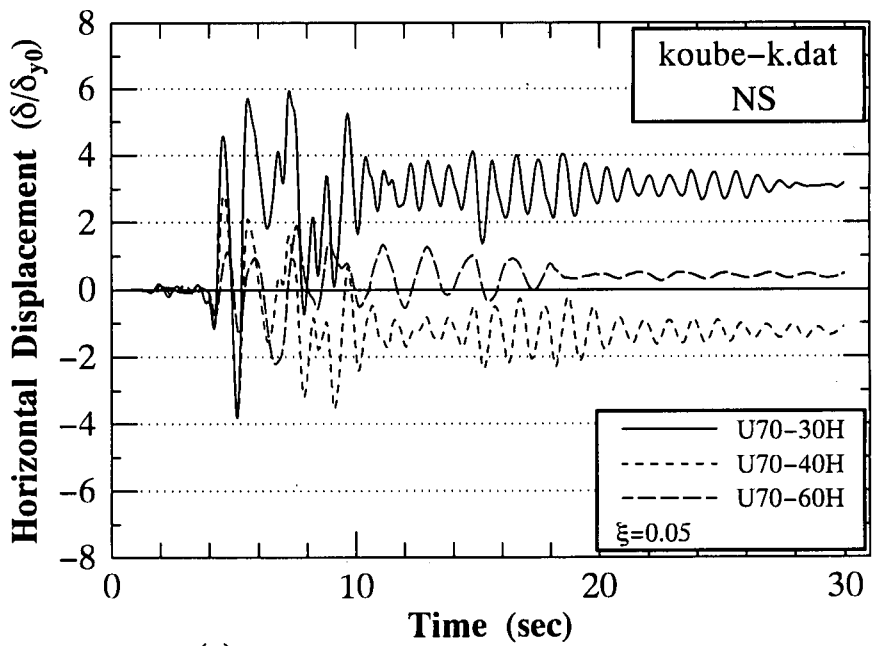
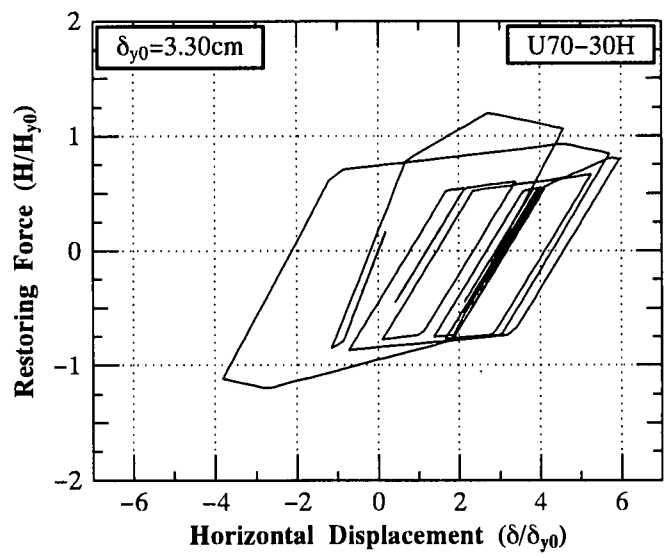


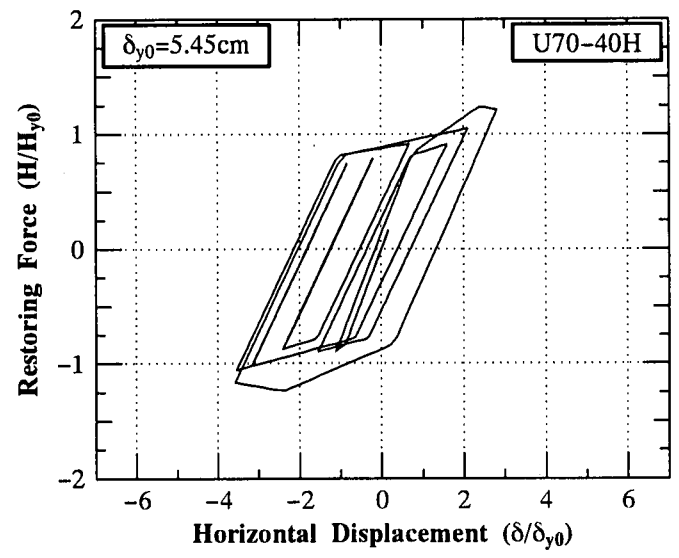
図-付1.8 応答スペクトル(神戸本山+土木研究所)



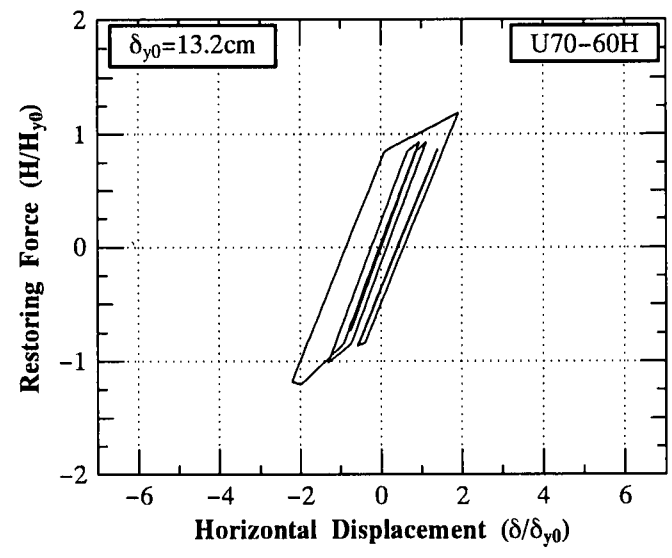
(a)



(b) $R_f=0.7$, $\bar{\lambda}=0.3$, $T=0.685\text{sec}$

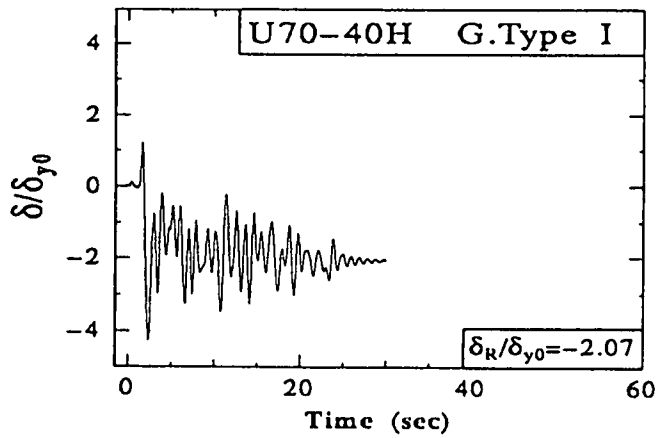


(c) $R_f=0.7$, $\bar{\lambda}=0.4$, $T=0.888\text{sec}$

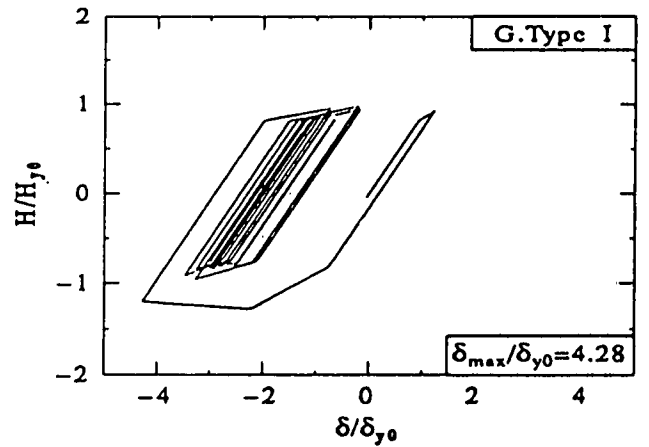


(d) $R_f=0.7$, $\bar{\lambda}=0.6$, $T=1.614\text{sec}$

図-付1.9 神戸海洋気象台の観測地震波による鋼製橋脚の弾塑性応答

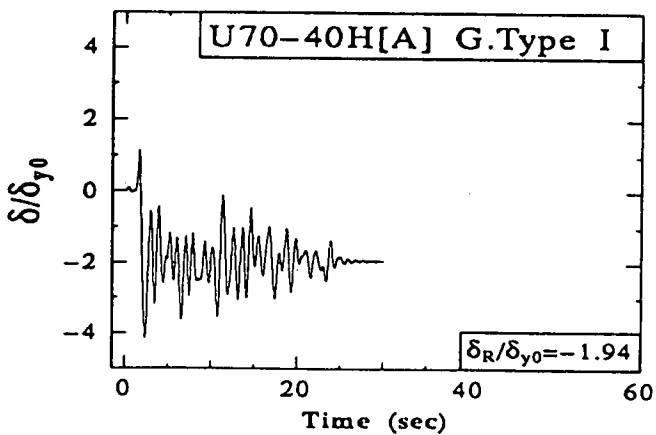


(a) 応答変位(I種地盤)

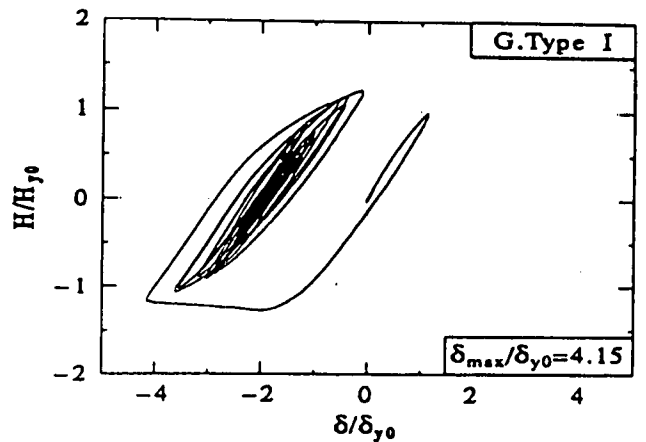


(b) 復元力履歴ループ(I種地盤)

(a) シミュレーション



(a) 応答変位(I種地盤)



(b) 復元力履歴ループ(I種地盤)

(b) ハイブリッド実験

図-付 1.10 土木研究所の地震波による鋼製橋脚の弾塑性応答 (解析+実験)