

軟弱地盤におけるジャケット式防波堤の耐震安定性に関する解析

NKK 正会員 納見 昭広 正会員 長山 秀昭 正会員 関口 宏二
NKK 正会員 南部 俊彦 正会員 植村 俊郎 正会員 入間 信道

1. はじめに ジャケット式防波堤は、ジャケット（立体骨組）側面に防波板を設け、杭基礎で支持した軽量の海中構造物である。軟弱地盤におけるジャケット式防波堤の強震時の安定性について、等価線形化手法¹⁾（プログラム SuperFLUSH/2D）による水-地盤-構造物系の地震応答解析により検討を行っているのでその結果の一部について報告する。

2. 解析モデルと解析条件 図1に今回解析対象とした構造物の断面図を示す。ジャケットは港外側φ1000×t12mm（A杭）、港内側φ600×t12mm（B杭）の杭で幅、奥行き方向に5m間隔で支持されている。図2に解析モデルを示す。ジャケットおよび杭はビーム要素、地盤はソリッド要素、海水は流体要素でモデル化し、解析は平面ひずみ状態を仮定して行った。基盤および側方は粘性境界を用いた。表1に解析に用いた定数を示す。地盤の剛性および減衰定数のひずみ依存性曲線は、拘束圧の変化を考慮したHardin-Drnevich(1972)による提案曲線²⁾を用いた。水平方向入力地震動は、八戸波（S-252 NS Base, 1968年十勝沖地震）³⁾とし、0.15～10.0Hzのバンドパスフィルターをかけ、最大加速度を300galとした。

表1 解析に用いる材料定数

区分	材料名	初期せん断弾性係数 G ₀ (tf/m ²)	ポアソン比 ν	単位質量 γ (tf/m ³)
①	浮泥土層	170	0.48	1.3
②	砂質土	5720	0.45	2.0
③	粘性土	1880	0.48	1.65
④	砂質土	8020	0.45	2.0
⑤	粘性土	3740	0.48	1.65
⑥	礫層	20600	0.40	2.0
⑦	置換砂	4300	0.45	1.8
区分	材料名	単位質量 γ (tf/m ³)	断面二次 モーメント I (m ⁴ /m)	断面積 A (m ² /m)
⑧	A杭	0.058	0.91×10 ⁻³	0.008
⑨	B杭	0.035	0.19×10 ⁻³	0.004

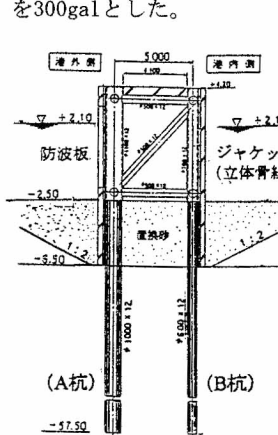


図1 ジャケット防波堤

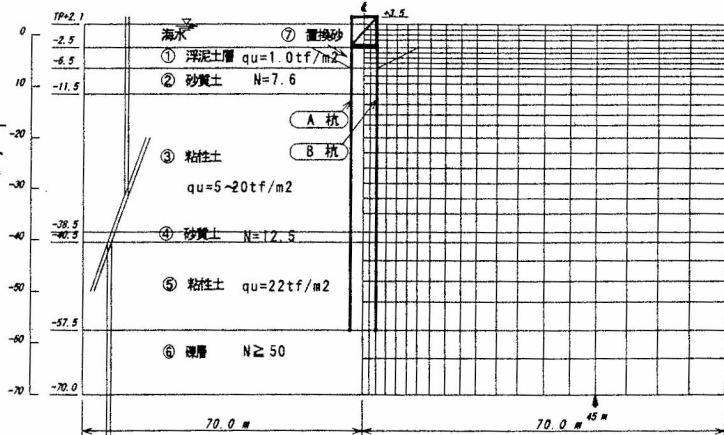


図2 解析モデル

3. 解析結果 図3に杭の加速度、変位、動水圧および曲げモーメントの時刻歴をまとめて示す。図3(a)(b)より、海底面（TP.-2.5m）では時刻 $t=7.2\text{sec}$ で最大加速度、最大変位を生じており、卓越周期は約2.7secである。図3(c)は防波板に作用する動水圧であり、内部水の動水圧は周期約1.1secで振動しており、これは内部水の自由振動周期にほぼ対応している。外側の動水圧は周期約3secで正弦波状に変動しており、杭（防波板）の海底面における地盤変位の卓越周期に比較的近い。図3(d)はA杭の海底面および地中部（TP.-20m）の曲げモーメントである。海底面では $t=7.2\text{sec}$ で最大値を生じている。図4にはこの時刻における杭および地盤（構造物中心から45m離れた位置）の深度方向の加速度、変位、曲げモーメント分布を示す。

図4(a)より杭と地盤の加速度は、TP.-15～-45mの範囲では、比較的良く一致しているが、TP.-5mで浅（浮泥土層）では杭（ジャケット部も含む）の応答が地盤よりもかなり小さくなっている。一方、図4(b)に示すように地盤と杭の変位分布は比較的良く一致している。

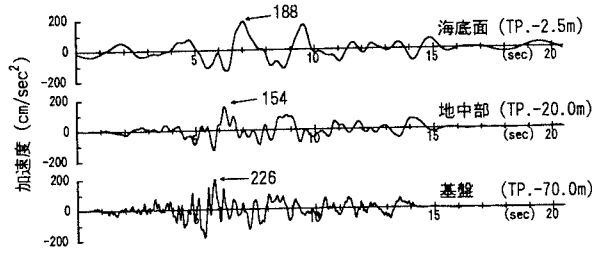
図4(c)は、A、B杭の曲げモーメント（奥行き1mあたり）を示したものである。海底面（TP.-2.5m）

およびTP. -15.0mで大きな曲げモーメントを生じている。前者はジャケットによる回転拘束の影響、後者はさらに地盤変形の曲率の急変の影響も受けているものと考えられる。A杭とB杭の最大曲げモーメントの比は、ほぼ杭の剛性比と対応しているがこれは両杭の変形状態がほぼ同様であり、曲率分布もよく一致しているためである。この曲げモーメントより算出される曲げ応力は特に過大な値ではなく杭サイズの適切化や高張力鋼材の採用などで許容応力度設計が可能なレベルの値である。

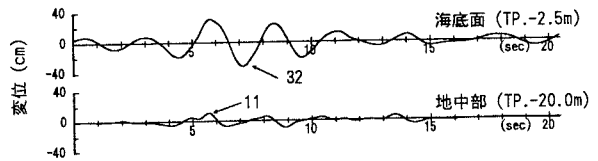
4. おわりに 厚い軟弱地盤におけるジャケット式防波堤の耐震安全性を2次元等価線形地震応答解析により検討した。今回は水平強震動を対象とした検討を行ったが、今後鉛直地震動や液状化の影響も考慮してさらに検討を加える予定である。

<参考文献>

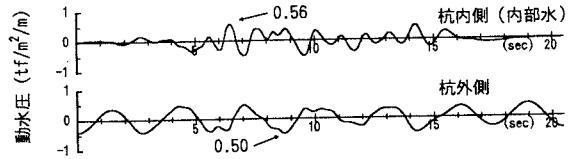
1) Lysmer, J. et al. (1975): FLUSH, EE RC75-30. 2) Hardin, B. O. and Drnevich, V. P. (1972): Shear modulus and damping in soils, Proc. of ASCE, Vol. 98, SM 6 and SM 7. 3) 沿岸開発技術研究センター(1993): 埋立地の液状化対策ハンドブック。



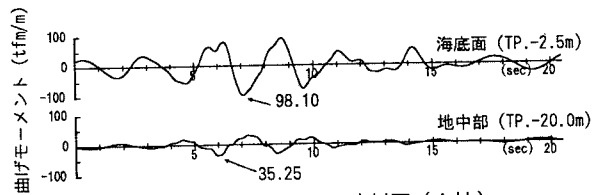
(a) 加速度時刻歴（A杭および基盤）



(b) 変位時刻歴（A杭）



(c) 動水圧時刻歴（A杭）



(d) 曲げモーメント時刻歴（A杭）

図 3 時刻歴応答

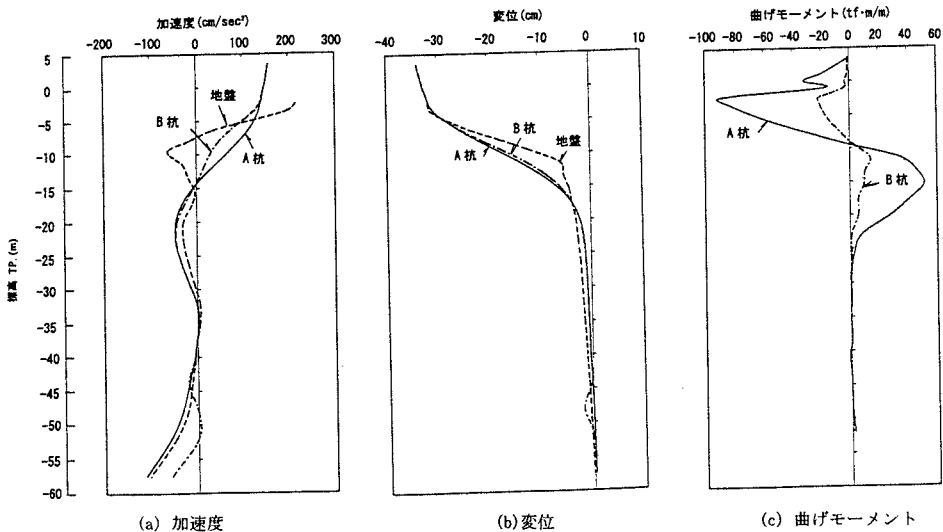


図 4 加速度、変位、曲げモーメント分布図(t=7.2sec)