

I - B 264

杭式栈橋の動的応答に及ぼす地盤バネの影響

早稲田大学 学生会員 井口 重信

早稲田大学 正会員 清宮 理

1. はじめに

兵庫県南部地震において、神戸港内の杭式栈橋は大きな被害を受けた。しかし、栈橋の動的特性はいまだ明らかでない部分が多い。そこで本研究ではおもに、モデル化の際の地盤と鋼管杭を結ぶバネ（以下、地盤バネと呼ぶ）の必要性和、その合理的なモデル化について調べるため、栈橋及び周辺地盤を2次元有限要素モデルでモデル化し、材料非線形性を考慮して動的応答解析を実施したので以下に報告する。

2. 解析モデル

今回、神戸港西側歩廊橋ドルフィンで、解析モデルを図-1に示す。モデルは節点数 592、要素数 704 の 2 次元有限要素モデルで、解析には有限要素法汎用プログラム SOLVIA を用いた。なお、栈橋周辺の地盤条件を表-1に示す。入力地震動には兵庫県南部地震の-82m で取得されたポートアイランド観測地震波（最大加速度 679gal）を用い、洪積砂礫層 Dsg1 の-46.2m に入力した。

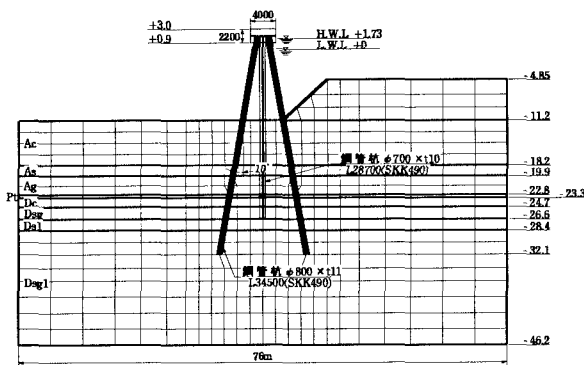


図-1 解析モデル

表-1 地盤条件

種類	標高 (m)	γ (t/m^3)	ポアソン比	N値 (kgf/cm^2)	E (kgf/cm^2)	C (kgf/cm^2)
Ac	沖積粘土層 -4.85 ~ -18.2	1.9	0.49	1.25*	35	1
As	沖積砂層 -18.2 ~ -19.9	1.9	0.49	9	252	1.4
Ag	沖積砂礫層 -19.9 ~ -22.8	1.9	0.49	25	700	3
Pt	腐植土 -22.8 ~ -23.3	1.6	0.49	20	0.56	2.5
Dc	洪積粘土 -23.3 ~ -24.7	1.7	0.49	30	840	3.5
Dsg	洪積砂礫層 -24.7 ~ -26.6	2.0	0.49	43	1204	4.8
Dsl	洪積砂層 -26.6 ~ -28.4	2.0	0.49	20	560	2.5
Dsg1	洪積砂礫層 -28.4 ~ -46.2	2.0	0.49	50	1400	5.5

* 第一層のN値は $N = q_0 / 1.6$ ($q_0 = 2.0 \text{ kgf}/\text{cm}^2$: 実測値) より推定した。

表-2 解析ケース

CASE1	地盤バネなし（杭と地盤は剛結合）
CASE2	地盤バネあり

地盤は非線形性をバイリニアールモデルで考慮した。ヤング率は N 値より $E=28N \text{ kgf}/\text{cm}^2$ （道示の式）で求め、降伏応力 C は一軸圧縮強さ q_0 （ $q_0=1+N/5$ で計算）の 1/2 とした。地盤バネは水平・鉛直方向の2方向を考えた。水平方向地盤バネは、バネ定数を大きくとり降伏を考慮しないことで、地盤と剛結合しているものと見なし、地盤のせん断変形に依存すると考えた。鉛直方向地盤バネは、鋼管杭と周辺地盤との摩擦を表現するものと考え、バネ定数は、すべり係数 C_s （ $C_s=N/15H$ で計算）とした。また、降伏力は $P_{vo}=\pi C D I \text{ kgf}$ で算定した。鋼管杭は（SKK490）、ヤング率 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 、ポアソン比 0.3、単位体積重量 $7.85 \text{ t}/\text{m}^3$ 、降伏応力 $3150 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ とした。上部工（鉄筋コンクリート）は、ヤング率 $3.2 \times 10^6 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 、ポアソン比 0.167、単位体積重量 $2.3 \text{ t}/\text{m}^3$ とし、非線形性は考慮しなかった。

以上のような条件で、地盤バネの影響を調べるため、表-2 のような2つのケースで解析を行った。

3. 解析結果

海側杭頭部の変位及び断面力の時刻歴を図-2に示す。最大軸力は CASE1 で 72.9 tf 、CASE2 で 72.1 tf であった。また、最大曲げモーメントも CASE1 で 55.9 tfm 、CASE2 で 47.4 tfm であり、いずれも CASE2 のほうが大きくなった。挙動はほとんど変わらなかったが、地盤バネを考慮したほうが断面力が大きくなった。

キーワード: 杭式栈橋, F.E.M, 動的解析

連絡先: 〒169 新宿区大久保 3-4-1 (早稲田大学大学院理工学研究科清宮研究室) TEL/FAX 03-5286-3852

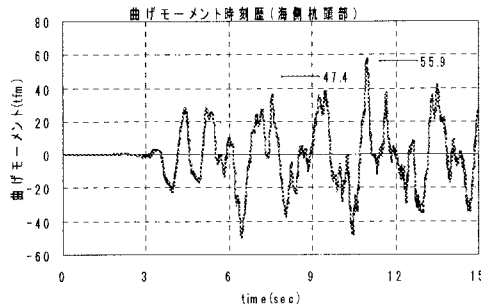
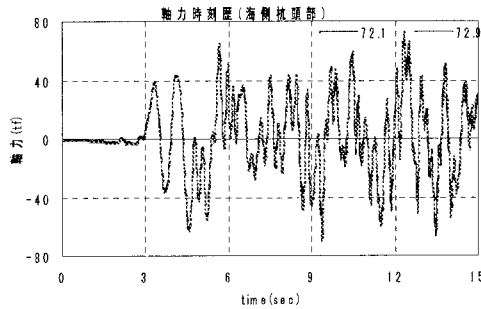
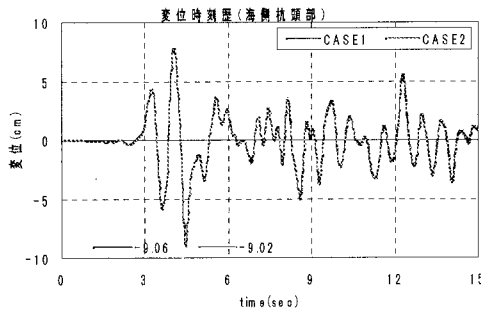


図-2 変位、断面力時刻歴

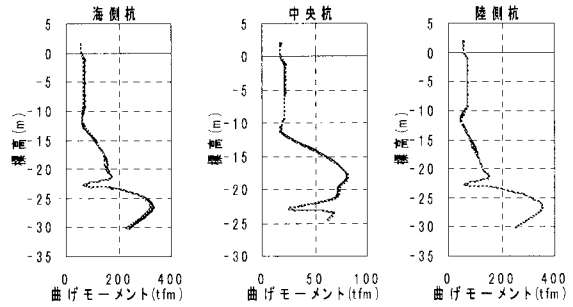
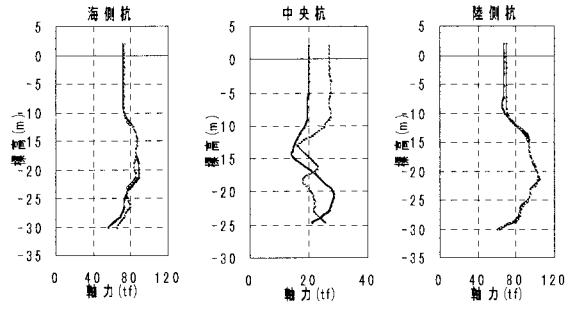
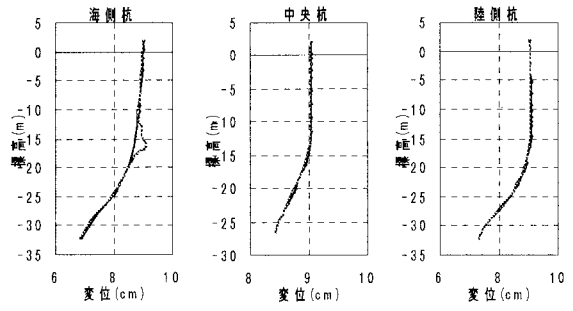


図-3 最大変位、最大断面力深度分布

最大変位及び最大断面力の深度分布を図-3 に示す。最大変位は、いずれも CASE1 の方が大きくほとんど同じ分布を示しているが、海側杭の-17m 付近で CASE1 のほうが極端に大きな変位になっている。最大軸力は、どのケースも CASE1 のほうが大きな値を示しており、中央杭では 7tf(10%)、陸側杭では 4tf(7%)ほど、地盤バネを考慮したほうが大きくなっている。最大曲げモーメントは CASE1 も 2 もほとんど同じ結果となった。ここで、陸側、海側杭の-22.7m で曲げモーメントが急激に小さくなっているのは、この位置に薄い腐植土層をはさみ急激に地盤条件が変化しているためだと思われる。オライの座屈条件によれば陸側杭の場合、軸力 432tf、曲げモーメント 85tfm で杭は降伏するので、今回の解析結果では曲げによって杭が降伏すると思われる。

4. まとめ

今回の検討より、地盤と杭の間にバネをモデル化することで変位及び軸力が増加することが分かった。これは、杭式栈橋と周辺地盤を有限要素モデルでモデル化して解析する場合にも、鋼管杭と周辺地盤の相互作用の役割をになう地盤バネを考えることが重要であることを示唆していると思われる。しかし、その地盤バネのバネ定数、降伏力などの決定方法は検討の余地があるので、これから検討していきたい。

（参考文献）1) 清宮理，清水由貴夫，南兼一郎：杭式係船岸の地震被害の要因に関する一考察，第 24 回地震工学研究発表会，pp.909 ～ 912，1997.7 2) (財)沿岸開発技術研究センター：保安庁ドルフィンの静的弾塑性解析(その 2)，鋼構造岸壁検討部会（第 3 回）資料-4-1，1997.2 3) (社)日本道路協会：杭基礎設計便覧，1994.8