

I-B467

杭式栈橋の動的応答解析とpush-over解析との比較

早稲田大学大学院 学生会員 井口 重信

早稲田大学 フェロー会員 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。その後レベル2の地震を対象とした設計手法が提案されている。この設計法では、静的解析と動的解析の両者を責任技術者の判断で選択できる。しかし、栈橋の動的特性はいまだ明らかな部分が多く、かつ耐震設計法も十分に吟味されていない。そこで本研究では栈橋および周辺地盤を2次元有限要素でモデル化し、静的解析(push-over解析)と動的応答解析を行い栈橋の動的応答について比較したのでこの結果について述べる。

2. 解析モデル 今回、解析の対象としたのは図-1に示す直杭式の栈橋である。周辺地盤を平面ひずみ要素に栈橋を梁要素に置換した。総節点数は1100、総要素数は1072とした。梁要素とひずみ要素とは共通節点とし杭表面の剥離やずれなどは考慮しなかった。栈橋周辺の地盤条件は表-1に示すように軟弱な沖積層が約20mの深さまで存在する。地盤応答計算プログラムSHAKEにより表層地盤の各層の等価せん断剛性Gと減衰係数hを算出した。鋼管杭(SKK490)は、直径800mm、板厚11mm、降伏応力3150kgf/cm²で、-32.1mの洪積層まで打設されている。また鋼材の材料特性には、バイリニヤー型の非線形性を考慮した。鋼管杭の降伏曲げモーメントは167tf・mで塑性曲げモーメント216tf・mである。上部工は鉄筋コンクリート製で、25ton/mの質量で、上部工の質量が鋼管杭のそれよりかなり大きい。なお、鉄筋コンクリート製の上部工の材料非線形性は、今回考慮しなかった。

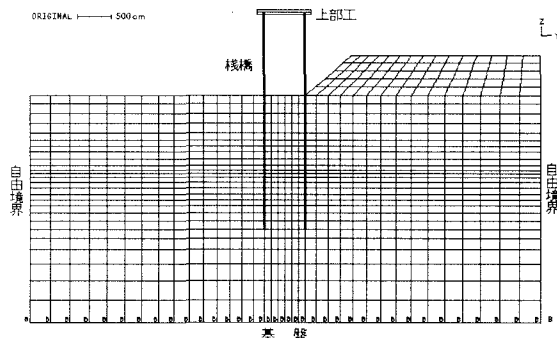


図-1 解析モデル

表-1 地盤条件

LAYER	土質	層厚 (m)	上面深度 (m)	N値	γ (tf/m ³)	V_s (m/sec)	G_0 (tf/m ²)
1	沖積粘土(Ac)	1.5	-11.2	2	1.5	112	1913
2		1.5	-12.7	2	1.5	112	1913
3		1.4	-14.2	2	1.5	123	2304
4		1.35	-15.6	2	1.5	123	2304
5		1.25	-16.95	2	1.5	123	2304
6	沖積砂(As)	0.85	-18.2	9	2	190	7367
7		0.85	-19.05	9	2	190	7367
8	沖積砂礫(Ag)	1	-19.9	25	2	269	14779
9		1	-20.9	25	2	269	14779
10	腐食土(Pt)	0.9	-21.9	25	2	269	14779
11		0.5	-22.8	20	2	249	12694
12	洪積粘土(Dc)	0.7	-23.3	30	2	286	16740
13		0.7	-24	30	2	286	16740
14	洪積砂礫(Dsg)	0.95	-24.7	43	2	324	21397
15		0.95	-25.65	43	2	324	21397
16	洪積砂(Ds1)	0.9	-26.6	20	2	249	12694
17		0.9	-27.5	20	2	249	12694
18	洪積砂(Ds1)	1	-28.4	50	2	341	23717
19		1	-29.4	50	2	341	23717
20(BASE)	洪積砂礫(Dsg1)	*****	*****	50	2	341	23717

3. 解析方法 解析は静的解析(push-over解析)と動的解析の2種類を行った。入力地震波はポートアイランド観測地震波とし、加速度波形の最大値(α)を50, 100, 200, 300, 400, 500及び679Galとした。この加速度波形を-46.2mの洪積砂礫層Dsg1位置に入力して動的解析を行った。この動的解析で得られた上床版の最大加速度より水平震度 K_h を求め、これより作用荷重 P を $P=K_h \times W$ (W :床版質量)により算定した。この際 $K_h=1/3 \cdot (\alpha/g)^{1/3}$ と低減した場合と $K_h=\alpha/g$ と低減しなかった場合の2種類を考えた。この水平震度を上床版に水平方向に静的に作用させpush-over解析を行った。有限要素モデルは、静的解析と動的解析で同じである。

4. 解析結果 図-2に入力加速度が200Galの場合の鋼管杭の水平変位、軸力および曲げモーメントの分布を示す。動的、静的解析とも杭頭部で最大変位と最大曲げモーメントが計算された。軸力は、静的解析では杭頭部が最大であるのに対し、動的解析では地中部(海底付近)で最大となった。入力加速度200Galの場合では静的解析と動的解析の結果を比較すると、杭頭部最大変位で1.64倍、最大軸力で1.55倍、曲げモーメントで1.59倍といずれも静的解析の方が大きくなった。このとき鋼管杭は降伏していなかった。

キーワード: 杭式栈橋, F.E.M, 動的応答解析, push over解析

連絡先: 〒169-8555 新宿区大久保3-4-1(早稲田大学理工学部土木工学清宮研究室) TEL/FAX 03-5286-3852

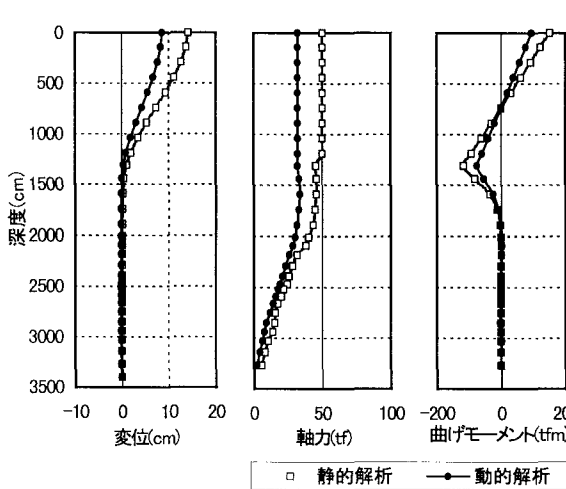


図-2 鋼管杭の変位・軸力・曲げモーメント
（入力加速度 200Gal）

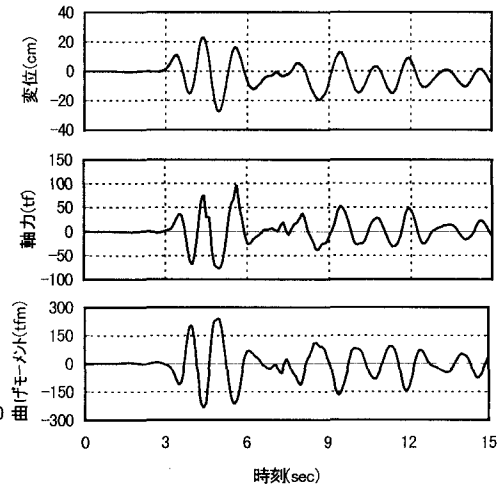


図-3 杭頭部の変位・軸力・曲げモーメントの時刻歴
（入力加速度 679Gal）

図-3 に入力加速度 679Gal のときの鋼管杭の応答値を示す。塑性モーメントを超える曲げモーメントが鋼管杭の杭頭部に、降伏モーメントを超える曲げモーメントが海底面付近に計算された。図-4 に最大入力加速度と杭頭部での最大変位、最大軸力および最大曲げモーメントの関係を示す。杭頭部の最大変位は、加速度と水平震度が比例している場合、入力加速度が 400Gal 付近で急激に増加した。これは、この荷重で鋼管杭が降伏したためである。また、断面力はいずれも、400Gal 付近から動的解析の値の断面力の増加は小さくなった。一方静的解析で水平震度が加速度と比例している場合、断面力は加速度の増加とともにほぼ比例し動的解析より大きな断面力を計算した。水平震度が加速度の増加に伴って低減する場合は、加速度が大きくなると、断面力は逆に静的解析の方が動的解析よりも小さくなった。

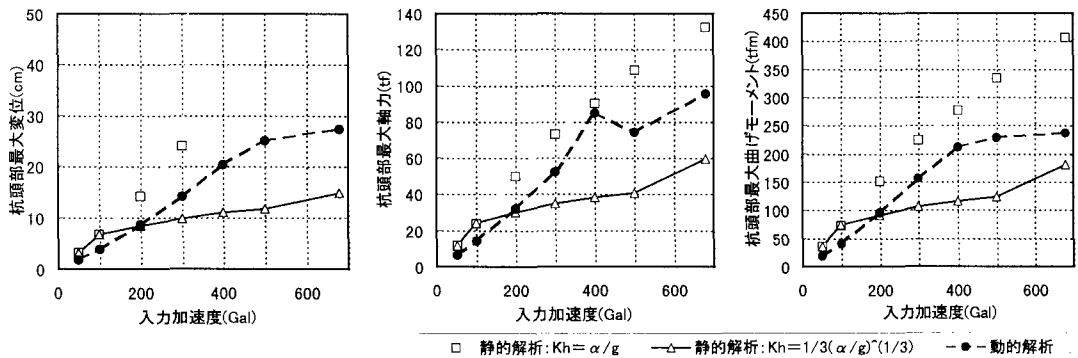


図-4 入力加速度と杭頭部最大変位・軸力・曲げモーメントの関係

5. 結論 今回、入力加速度をパラメーターに静的解析と動的解析を比較したが、入力加速度が 200Gal 以内では静的解析の方が動的解析よりも大きな断面力を示した。入力加速度が 200Gal を超えた場合、水平震度の考え方により静的解析では大きく解が異なった。水平震度が加速度と比例する場合は、静的解析は動的解析よりも鋼管杭にかなり大きな断面力を計算した。逆に水平震度が加速度の 1/3 に比例する場合には、静的解析は動的解析よりも小さな断面力を計算した。

〈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：保安庁ドルフィン等の静的弾塑性解析(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