

I - 458

組杭式栈橋の地震応答解析

大成建設（株） 正員 松井俊二・村山一啓
立石 章・坂下克之

1. はじめに

港湾構造物の中でも杭式構造物は、重力式等の他の構造物に比べ可撓性の大きい構造物である。このため、地震力のような動的な外力に対する設計には、本来動力学的な配慮がなされる必要がある。特に、杭式構造物上に可撓性の大きな構造物が設置される場合には、全体の振動特性が個々の構造物の動的相互作用に依存する場合が考えられ、震度法で想定したものとは異なった状況になる場合も考えられる。杭式構造物の動的応答解析に関する文献¹⁾²⁾はいくつかみられるがその数は少なく、この種の構造物の動的応答特性が解明されたとはいえない。

そこで、組杭形式のLNG栈橋を対象に地震応答解析を行って組杭式栈橋の地震時応答特性に関する検討を行ったので報告する。

2. 解析方法

解析対象となる荷役栈橋はデッキ形状が27×28mの組杭式で、上部構造物はローディングアーム、同架台、配管架台および管理室である。地震応答解析はばね-質点系モデルを用いた多入力応答解析をモード合成法により行なった。図-1に構造図および解析モデル図を、表-1に地盤条件を示す。以下に解析方法の概要を示す。

- (1) 上部構造物はそれぞれ構造物の特性別に集中質量と梁で、杭は下端をピン支承の多質点部材で、杭周辺地盤は地盤ばねでモデル化する。
- (2) 地震入力は、等価線形化法を用いた重複反射解析により求めた自由地盤の応答を、地盤ばねを介して深さ方向に多点異入力する。想定地震波は基盤面（-35,000）最大加速度300gal、波形はEL CENTRO（NS）および八戸波（NS）を用いる。
- (3) モデルは二次元とし、係船法線方向、係船法線直角方向2方向に別々に水平地震動を作用させる。鉛直地震動は考えない。地震応答解析法としてはモード合成法を用い、減衰はひずみエネルギー比例型モード減衰を用いた。

3. 解析結果

係船法線直角方向について一連の解析結果を示す。図-2に1～3次固有モードを、図-3に最大応答加速度分布を、表-2に代表位置における応答加速度を示す。応答加速度は全体的には地表面から上部に行くにつれて増大しているが、杭では地盤面とデッキ部の中間付近で最大値が現れている。これは杭自身が振動する3次固有モードの影響を受けているためと考えられる。各部の地表面加速度に対する応答倍率は、杭中間付近で約1.8～2.3倍、デッキ部分で約1.0～1.3倍、ローディングアーム部分で約3.9～4.2倍となっているが、各部の同時刻性はない。

表-3に各ケースにおける杭の最大応力度および降伏応力に対する応力度比を示す。地震応答解析における杭の安全性を評価する場合、その許容値をどう設定するかは明確ではないが、地震時応力度は瞬間的に作用するため降伏応力度を超えなければ構造的に十分安全であると考えられる。表を見ると、最大となるのはEL CENTROの場合で直杭0.46、斜杭0.88となっており、本解析の結果では杭の地震時応力度は降伏応力度内に入っており、問題はないと考えられる。

なお、係船法線方向もほぼ同様な解析結果であった。

4. おわりに

今回の解析はELCENTRO(NS)波、八戸波(NS)を対象に動的応答解析を行い、応答加速度、杭の応力、組杭式栈橋としての加速度増幅特性等の知見を得た。解析結果は構造物の形式および地盤の性質に大きく影響を受けるものではあるが、同種の構造物に対する地震時応答特性を考える一助となれば幸いである。

なお、本解析を行なうにあたり、東燃テクノロジー（株）大森弘一氏、佐藤峰幸氏に貴重な栈橋に関する資料を御提供頂いた。末筆ながら深甚の謝意を表す次第である。

参考文献

1)上田茂、白石悟：組杭式プラットホームの地震応答観測と応答計算、港湾技術研究所報告、第20巻、第3号、pp.169-215,1981. 2)井合進、土田肇：浮遊式構造物の地震応答解析、港湾技術資料、No.337、1980-6、pp.3-37

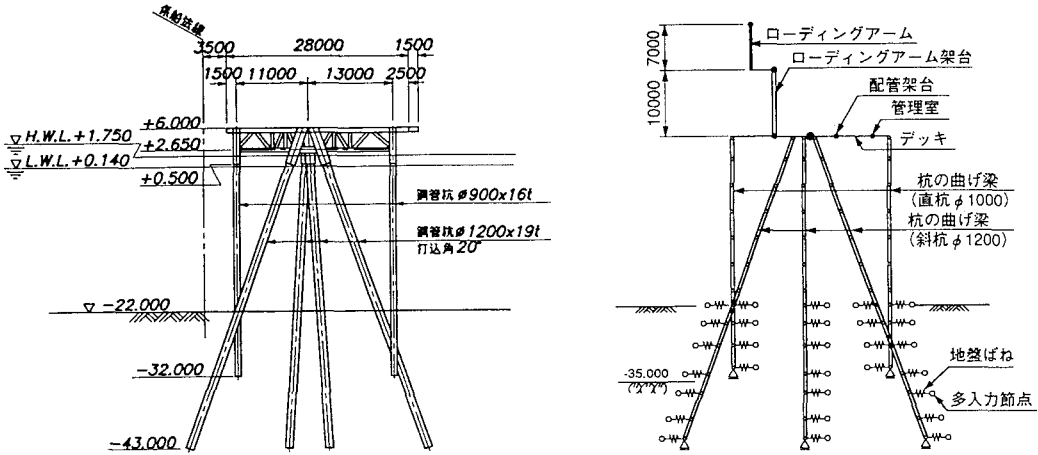


図-1 構造図および解析モデル図（係船法線直角方向）

表-1 地盤条件

(m)	γt (tf/m ³)	V_s (m/s)
-22.000		
砂質シルト -27.100	1.95	240
砂質シルト -35.000	1.90	360
砂質シルト	2.10	675

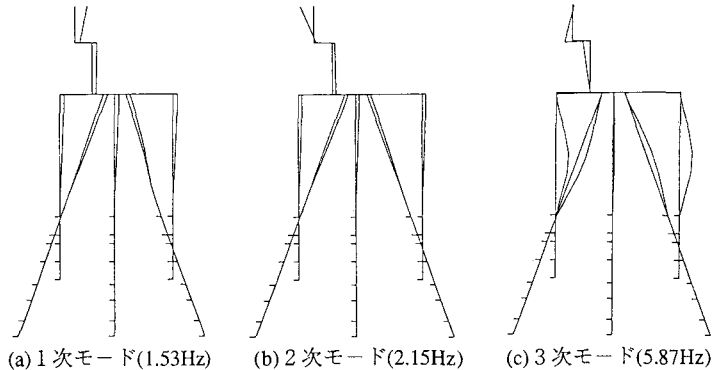


図-2 固有モード

表-2 応答加速度

入力地震波	応答加速度 発生点*)	係船法線直角方向モデル		
		応答加速度	応答倍率	発生時刻
ELCENTRO	A	486gal	1.00	2.12 sec
	B	1138gal	2.34	3.52 sec
	C	643gal	1.32	5.18 sec
	D	1030gal	2.12	5.24 sec
	E	2054gal	4.23	2.60 sec
八戸	A	440gal	1.00	4.16 sec
	B	797gal	1.81	4.16 sec
	C	442gal	1.00	5.80 sec
	D	582gal	1.32	5.81 sec
	E	1694gal	3.85	6.72 sec

*) 記号は図-3の記号に対応する

表-3 杭の最大応力度

入力地震波	杭種	断面力		応力度(kgf/cm ²)				応力度比
		N(tf)	M(tfm)	σ_c	σ_b	σ_{cy}	σ_{by}	
EL CENTRO	直杭	-158.4	88.1	286	662	1559	2400	0.46
	斜杭	-718.8	-178.3	926	796	1677	2400	0.88
八戸	直杭	-121.1	71.6	219	539	1559	2400	0.36
	斜杭	-527.5	124.8	679	557	1677	2400	0.64

図-3 最大応答加速度分布