

質点系モデルによる鋼直杭式栈橋の地震時保有耐力の適合性に関する研究

鳥取大学大学院 学生員 ○山崎 陽一郎
鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂
鳥取大学大学院 学生員 橋本 淳

1. はじめに

栈橋の設計は、震度法により求められた地震力が作用する各部材の応力が、許容応力度以下になるように行われていた。しかし、設計震度以上の地震力が栈橋に作用し、鋼管杭の応力が許容応力度を越えても、鋼管の全面降伏、鉄筋コンクリート上部工の鉄筋の降伏などの破壊過程を経て終局に至ると考えられており、直ちに倒壊することはない。よって、このような栈橋式構造物の特性を取り入れるため、地震時保有耐力法が取り入れられた。本研究では鋼直杭式栈橋を一自由度系の質点モデルとして扱い、地震時保有耐力の適合性の検証を行う。

2. エネルギー一定則に基づく地震時保有耐力法

構造物の耐震性を向上させるためには、ただ単に部材強度を大きくするだけでは限界がある。地震時保有耐力法の基本的な考え方は、構造物の部材に適度な粘り強さを持たせ、荷重変位関係が非線形領域に入っても許容できる損傷レベルの範囲内において構造物の変形を容認し、地震エネルギーをできるだけ多く吸収して構造物の崩壊を防止しようとするものである。

3. 解析

本研究では、鋼直杭式栈橋を一自由度系の質点モデルに置き換え、エネルギー一定則に基づく地震時保有耐力法によって求められた変位 δ_p を求めるためにエネルギー一定則に基づく地震時保有耐力法と応答スペクトル法を用いた静的解析を行った。線形系の最大応答変位 δ_{se} を求めるために時刻歴応答解析(直接積分法)を用いた動的解析を行い、求めた最大応答変位からエネルギー一定則に基づき非線形応答変位 δ_{pe} を求めた。また、履歴特性を有する非線形系の最大応答変位 δ_d を求めるために時刻歴応答解析(動的応答解析プログラム TDAPⅢ)を用いた動的解析を行った。これらの解析から得られた結果を用い、線形系の非線形応答変位 δ_{pe} および履歴特性を有する非線形系の最大応答変位 δ_d とエネルギー一定則に基づく地震時保有耐力による非線形応答変位 δ_p を比較して、適合性の検証を行った。解析に用いた栈橋のモデルを図1に示す。また、解析モデルの諸元は、1 ラーメン当たりの栈橋の断面二次モーメントの総和と等しい断面二次モーメントを持つ杭を仮定して解析を行った。また、解析モデルの諸元を表1に示し、解析モデルに作用させた最大地動加速度は約 900gal の大きさである。図2に履歴特性を示す。図3に各変位を表す図を示す。

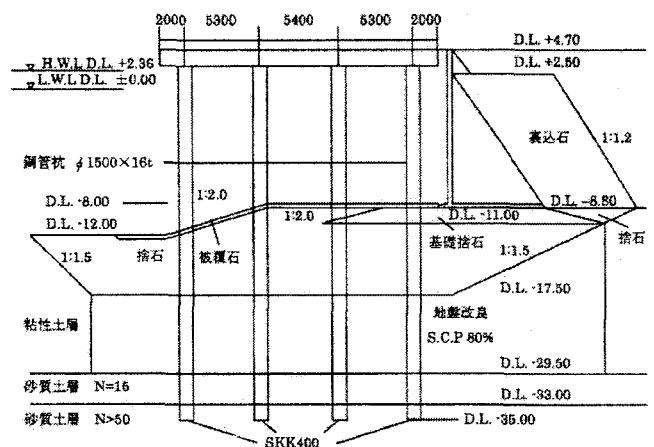


図1 栈橋のモデル

表1 解析モデルの諸元

鋼管杭の全長 l (m)	12.00
鋼管杭の外径、肉厚 (mm)	$\phi 2370 \times t16$
質量 m (kg)	306122
バネ定数 K (kN/m)	28500
鋼管杭の保証降伏点強度 f_y (N/mm ²)	235
減衰定数 h	0.1、0.2、0.3
鋼管杭のヤング係数 E (N/mm ²)	2.0×10^5
鋼管杭のせん断弾性係数 G (N/mm ²)	7.7×10^4
鋼管杭の断面積 A (cm ²)	1180
鋼管杭の断面係数 Z (cm ³)	69200
鋼管杭の断面二次モーメント I (cm ⁴)	8.2×10^6

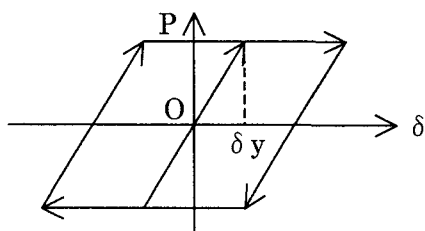


図 2 履歴特性

4. 結果

線形系による適合性の結果を表 2 に示し、履歴特性を有する非線形系による適合性の結果を表 3 に示す。適合性の定義は、線形系による場合を式(1)に示し、履歴特性を有する非線形系による場合を式(2)に示す。

$$\text{適合性}(\%) = \frac{\delta_{pe}}{\delta_p} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{適合性}(\%) = \frac{\delta_d}{\delta_p} \times 100 \quad (2)$$

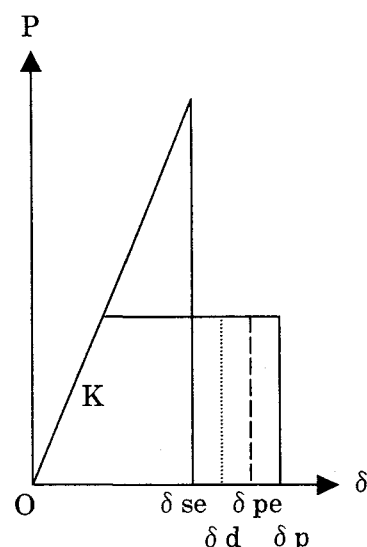


図 3 各変位を表す図

表 2 線形系による適合性の結果

地震波	減衰定数	線形系の応答変位 δ_{se} から求めた非線形応答変位 $\delta_{pe}(\text{cm})$	エネルギー一定則に基づく地震時保有耐力法によって求めた変位 $\delta_p(\text{cm})$	適合性(%)
1968年,十勝沖地震,八戸港 (八戸基盤面入射波形)	0.1	20.521	20.853	98.4
	0.2	13.870	14.895	93.1
	0.3	10.692	12.499	85.5
1978年,宮城県沖地震,大船渡港 (大船渡基盤面入射波形)	0.1	10.473	11.061	94.7
	0.2	6.156	6.806	90.4
	0.3	5.091	6.195	82.2
1995年,兵庫県南部地震, ポートアイランド (ポートアイランド基盤面入射波形)	0.1	16.285	16.732	97.3
	0.2	11.255	12.658	88.9
	0.3	8.643	11.203	77.1

表 3 履歴特性を有する非線形系による適合性の結果

地震波	減衰定数	履歴特性を有する非線形系の最大応答変位 $\delta_d(\text{cm})$	エネルギー一定則に基づく地震時保有耐力法によって求めた変位 $\delta_p(\text{cm})$	適合性(%)
1968年,十勝沖地震,八戸港 (八戸基盤面入射波形)	0.1	11.800	20.853	56.6
	0.2	9.800	14.895	65.8
	0.3	8.460	12.499	67.7
1978年,宮城県沖地震,大船渡港 (大船渡基盤面入射波形)	0.1	7.300	11.061	66.0
	0.2	5.890	6.806	86.5
	0.3	5.070	6.195	81.8
1995年,兵庫県南部地震, ポートアイランド (ポートアイランド基盤面入射波形)	0.1	10.600	16.732	63.4
	0.2	8.340	12.658	65.9
	0.3	7.320	11.203	65.3

5. まとめ

本研究での適合性の検証の結果は、次のような結果が得られた。

- ①線形系による適合性の検証した結果、適合性が確認された。
- ②履歴特性を有する非線形系によって適合性を検証した結果、解析を行った結果をみると、保有耐力法で得られる変位は安全側である。