

第 I 部門

栈橋の耐震信頼性の簡易評価法に関する基礎的研究

神戸大学 学生会員 ○陸 ハンハン

神戸大学 正会員 長尾 毅

1. はじめに

港湾構造物の主要な構造物である栈橋のレベル 1 地震動に対する性能照査は信頼性設計が採用されているが、地震応答解析をもとにした地震動のばらつきを考慮した設計法とはなっていない。地震応答解析による信頼性評価法について、重力式岸壁の残留変形量の確率的評価についての研究事例<sup>1)</sup>は存在するが、栈橋については研究事例がない。栈橋については杭の断面力以外に変形量の評価も必要であると考えられる。本研究では、栈橋を対象として、残留変形量と杭の曲げモーメントに関する信頼性を簡易に評価する方法を検討することを目的としている。

2. 検討条件

設計地震動は地点毎のサイト増幅特性を考慮して設定されているが、サイト増幅特性はばらつきを持っている。本研究では複数の地点の同時観測記録<sup>2)</sup>をもとにしてサイト増幅特性のばらつきを評価し、136 ケースの

入力地震動を作成した<sup>3)</sup>。検討対象は図 1 に示す栈橋とし、地震応答解析コード FLIP を用いて多数回の地震応答解析を行った。栈橋上部工の残量変形量や杭の曲げモーメント最大値を説明する指標として最大加速度、最大速度、速度 PSI 値など様々な指標を検討した結果として、入力地震動のフーリエスペクトルの 0.5~5Hz の区間合計値を指標にすることが最も適切であると考えられた。次に、簡易に残量変形量や最大曲げモーメントの信頼性を評価する方法として、図 2 に示す 136 の地震動の平均 (赤太線)、平均±標準偏差 (以下  $\sigma$ , 青太線) の地震動を用いた 3 回の地震応答解析結果によって、多数回の地震応答解析により得られる信頼性を合理的に評価できるかどうかを検討した。

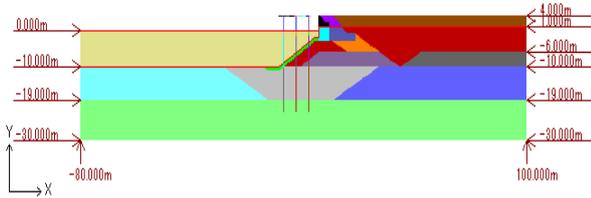


図 1 検討対象栈橋

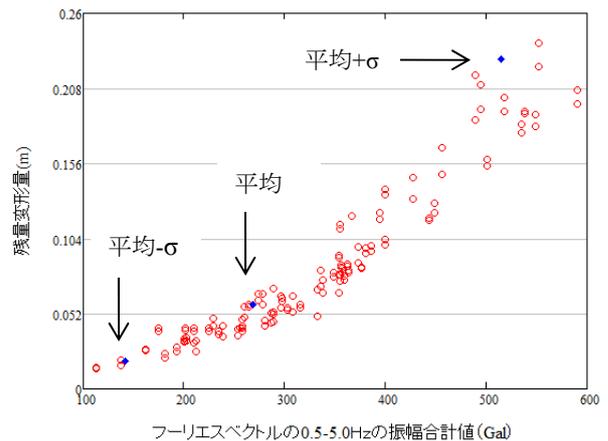


図 3-1 地震動のフーリエスペクトルの大きさと残留変形量の関係

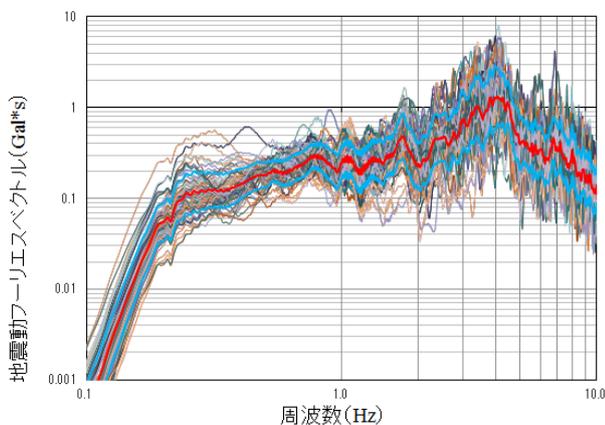


図 2 地震動のばらつき

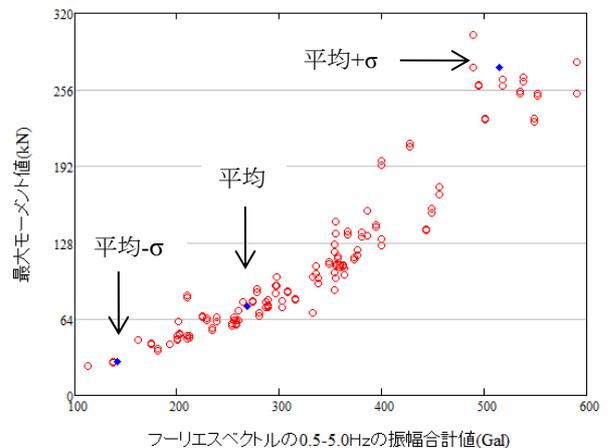


図 3-2 地震動のフーリエスペクトルの大きさと最大モーメントの関係

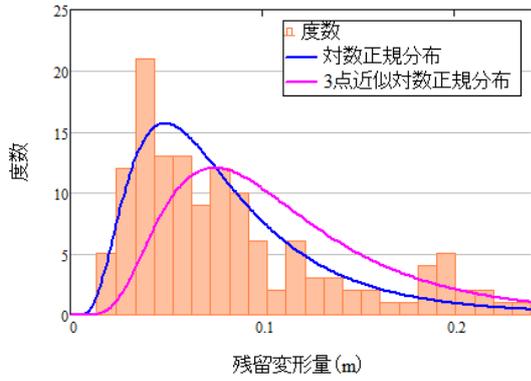


図 4-1 残留変形量の頻度分布

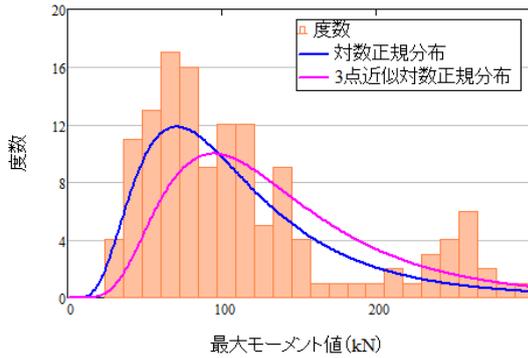


図 4-2 最大モーメントの頻度分布  
(3点近似：平均と平均±σ)

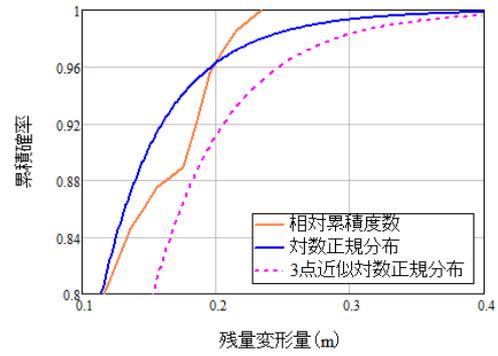


図 5-1 残留変形量の累積確率の比較

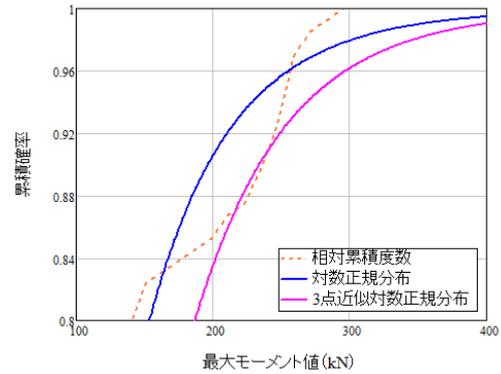


図 5-2 最大モーメントの累積確率の比較

### 3. 検討結果

① 栈橋の変形に寄与するのは概ね地震動の 0.5~5Hz 区間の振幅である。この区間のフーリエスペクトル振幅合計値と残量変形量との関係を図 3-1 に、最大曲げモーメントとの関係を図 3-2 示す。両者は正の相関関係を有し、ばらつきは比較的少ないことが分かる。サイト増幅特性の平均、平均±σの3ケースの地震動応答解析結果は青点で示した。解析結果全体の90%以上が平均±σの2ケースの応答解析結果の範囲にある。平均、平均±σのフーリエスペクトルは、全周波数について平均、平均±σの値を持つ。一方、個々の波形のフーリエスペクトルは周波数毎に振幅の変動がある。このためフーリエスペクトルの0.5~5Hzの区間合計値について、平均、平均±標準偏差の地震波の値はそれぞれ平均、平均±σとはならず、それぞれ平均-0.5σ、平均±1.7σに相当することが分かった。

② 残量変形量と最大モーメント値の頻度分布を図 4 に、累積確率の比較を図 5 に示す。図中の青線は 136 ケースの結果をもとに対数正規分布をあてはめた結果である。一方、平均、平均±σの3ケースの地震動応答解析結果について、上記①の結果より求められた平

均±nσのnと残量変形量間に線形関係を仮定することにより、残量変形量や曲げモーメント最大値の平均値および標準偏差を算出し、それより対数正規分布を求めた結果を赤線で示す。構造物の信頼性評価においては、残量変形量と最大曲げモーメント値の大きい側の裾の評価が重要である。3ケースの地震動応答解析結果をもとにした簡易評価法では累積確率で約 0.96 以上では相対累積値より大きな結果を与え、残量変形量と最大曲げモーメントを安全側に評価できると考えられる。

### 4. おわりに

平均、平均±σの3ケースの地震動応答解析結果によって、残量変形量と杭の曲げモーメントに関する信頼性を合理的に評価する可能性を示した。今後は、他の地震動を用いた、栈橋の地震信頼性を簡易に評価する方法を検討する。

#### 参考文献

- 1) 長尾毅：岸壁の残量変形量に関する地震時信頼性指標の簡易評価法，構造工学論文 Vol.53A，pp.351-359,2007.
- 2) <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net>.
- 3) 野津厚，長尾毅：スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト増幅特性，港湾空港技術研究所資料，No.1112,2005