

鋼管式栈橋の地震時の挙動と耐震補強対策に関する解析的研究

早稲田大学 学生会員 ○瀬戸口 亮
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに 鋼管式栈橋は、わが国の港湾における係船施設の代表的な構造様式の一つで、特に水深の大きなバースなどで多く用いられる。この構造は、海底地盤内に打設された複数の鋼管杭によってコンクリート上部工を支持するもので、栈橋直下の基礎地盤は石材で被覆された斜面部を有している。栈橋は、ケーソン式係船岸などに比べて構造自体が軽量であり、耐震性も優れている。鋼管式栈橋が地震によって顕著な被害を受けた事例は少なかったが、1995 年に発生した兵庫県南部地震により神戸港において栈橋が大規模に被災した。この震災を契機に耐震設計が全面的に見直され、大震災に対する構造物の安全性を確保すること、特に構造物の地震時の変形性能の確保が要求されるようになった。本研究では、有限要素法解析により鋼管式栈橋の地震時動的挙動を検討するとともに、グラウンドアンカー工法を用い栈橋に耐震補強工事をした場合の応答を計算し、アンカーなしの場合と比較する。さらに今回は、グラウンドアンカーの設置する角度を変化させ応答の違いを検討する。

2. モデル・設計概要 今回解析に用いる栈橋構造を図-1 に示す。構造全体が縦 45m(地下 40 m, 地上 5m)横 220mであるモデルを用い、より広範囲の挙動を検証する。海水面は L.W.L とし、残留水位は L.W.L から L.W.L と H.L.L の潮位差の 1/3 上に取り、設計水深は-12.1m とする。床版の上載荷重として 10kN/m²を考慮し、線形はり要素でモデル化する。梁は高さ 2m、幅 1.5m、鉄筋コンクリート弾性係数 2.8GN/m² とする。-12.0m~-27.0m は N 値 5、水中重量密度 7kN/m³、一軸圧縮強度 60kN/m² の粘性土、-27.0m~-32.0m は N 値 20、水中重量密度 11kN/m³ の砂質土層、-32.0m~は N 値 50、水中重量密度 11kN/m³ の基盤層とする。また、グラウンドアンカーの解析定数を表-1 に示す。モデルの背後の護岸より 2.5m 間隔のアンカーを 45° で支持層に定着させる。なお、今回はポー

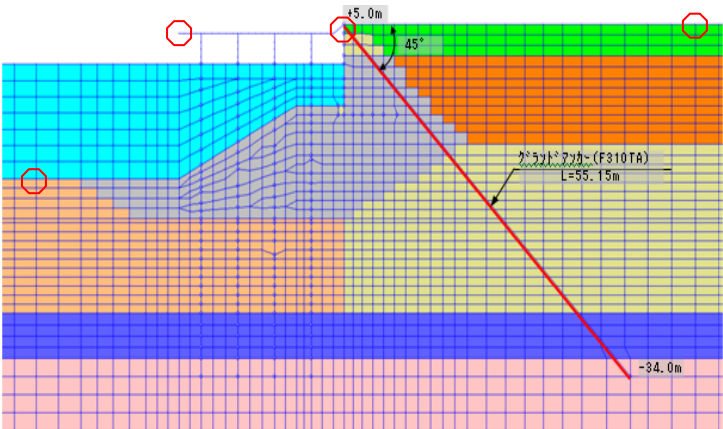


図-1 計算対象の栈橋構造

表-1 グラウンドアンカー解析定数(非線形はり要素)

グラウンドアンカー				
名称	F310TA	アン カー 2 本 分	断面積 m ²	0.00353
断面積 m ² /本	0.001765		F _y kN	5.168
降伏点荷重 kN/本	2584		K _O kN/m	12802
降伏応力 kN/m ² /本	1463940		Δ _{uy} m	0.40368
設置間隔 m	2.5			
アンカー長 m	55.15			

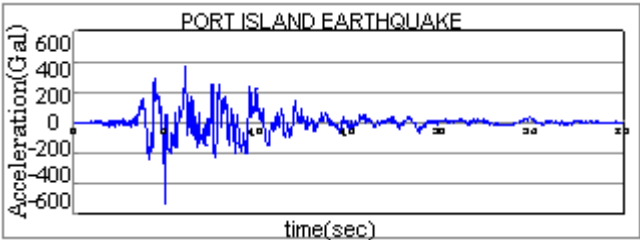


図-2 NS 水平動の波形

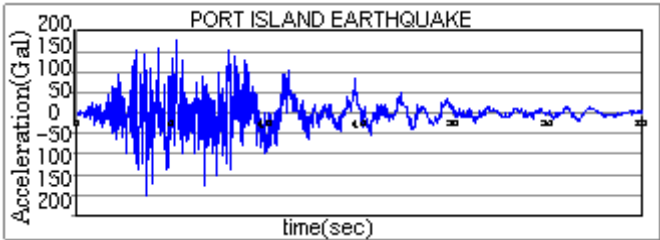


図-3 UD 鉛直動の波形

キーワード 鋼管杭、有限要素法、グラウンドアンカー

連絡先 〒196-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学研究科 TEL03-5286-3852

トアイランド観測波形(1995 兵庫県南部地震-32m)の地震波を使用し、NS 水平動の波形を図 2、UD 鉛直動の波形を図 3 に示す。解析には地震動の NS 水平動と UD 鉛直動を同時加振して解析を行った。

3. 解析内容 地震応答解析方法は有効応力による有限要素法プログラム FLIP を用いて行った。アンカーの設置角度を護岸から 30° 、 45° 、 60° の 3 パターンとし、モデルの残留変形図、表層地盤(図 1、朱○部分)の加速度、速度、変位の時系列と分布をそれぞれのパターンごとに算出し、アンカーなしの場合と変位量などを比較する。どのパターンが最も耐震補強に有効であるかを検証する。

4. 解析結果・考察

有限要素法解析によるアンカー 45° 、 60° 設置、アンカー無しの全体の残留変位図をそれぞれ図-4、5、6 に、それぞれの床版先端の時刻歴変位図を図-7 に示す。アンカーの設置されていないモデルと

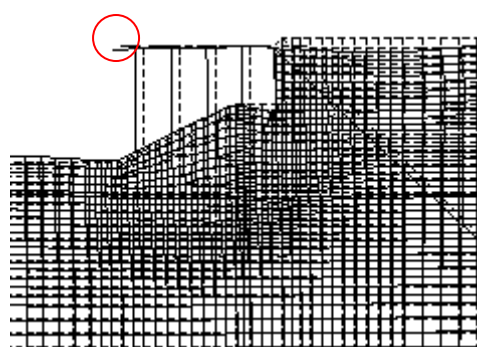


図-4 アンカー 45° 設置の残留変位図

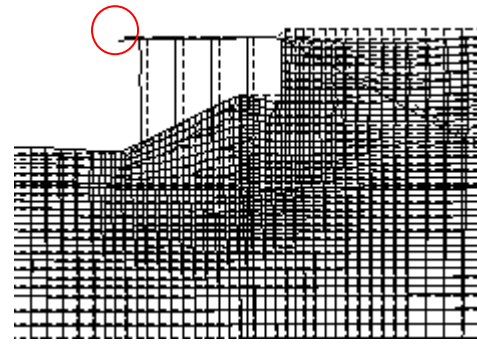


図-5 アンカー 60° 設置の残留変位図

設置されたモデルを比べた場合、前者は終局変位が -1.22m 、後者が -0.99m となり、アンカーを設置したことによって目標終局変位 -1.00m を達成することができた。しかし、アンカーの角度変化による変位の違いはほとんど見られなかったが、目標終局変位を達成したのはアンカー 60° のときだけであった。さらに、4 点の計測結果をそれぞれ比較してみても同様の結果を得ることが出来た。図-8 にアンカーのばね力 F_x の時刻歴分布を示す。この図から、初期段階でアンカーの引張力が一回抜けているのが確認できた。

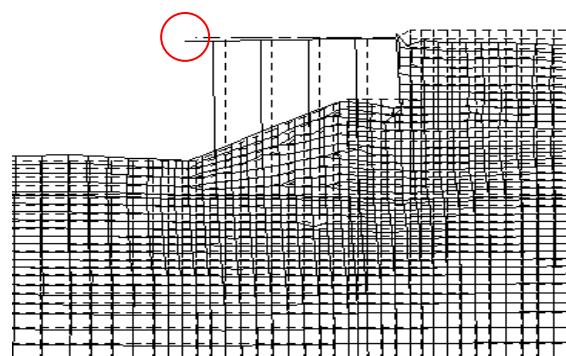


図-6 アンカー無しの残留変位図

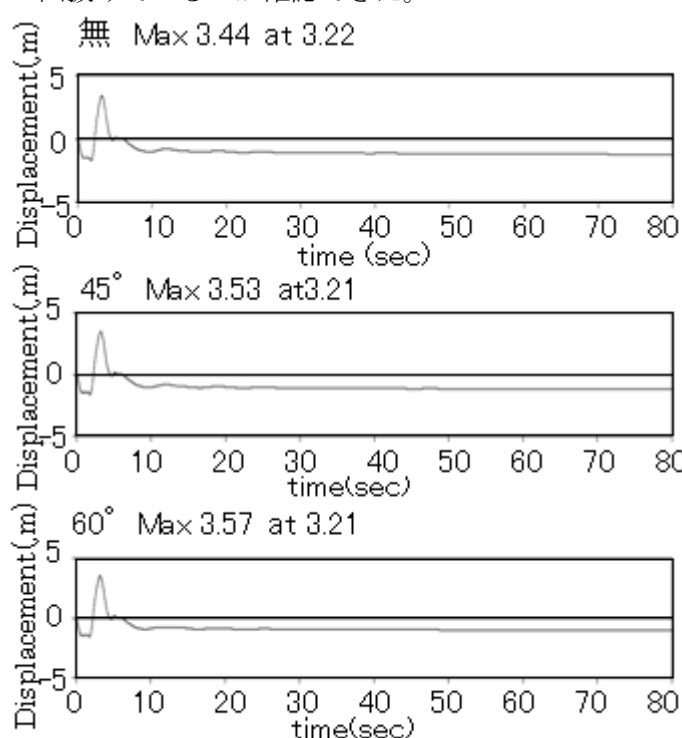


図-7 アンカー無、 45° 、 60° の床版先端の水平変位

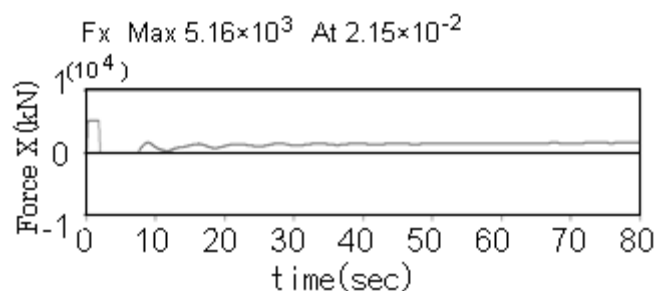


図-8 アンカー 60° のアンカーばね力 F_x

5. まとめ 今回、アンカーを設置した鋼管式栈橋モデルを用いて行った有限要素法解析により、アンカーを設置したことによって目標変位を達成し耐震補強効果を確認できた。グラウンドアンカーの設置角度を変えた 3 パターンで耐震効果が確認できたが、設置角度による耐震効果の違い小さかったが、 60° のときが要求される変形性能を満足した。