

## 5. 2 直杭式横棧橋

### 5. 2. 1 性能照査の基本

- (1) ここでの記述は鋼管杭あるいは形鋼を用いた直杭式横棧橋を対象とするが、類似の施設についても、その動的特性を考慮した上で適用することができる。
- (2) 直杭式横棧橋の性能照査の順序は、5. 1 棧橋に共通する事項の図-5. 1. 1を参考にすることができる。ただし、図-5. 1. 1には、地震動による液状化の影響の評価については表示していないので、第3編第6章 地盤の液状化を参照して、液状化の有無及びその対策について、適切に検討する必要がある。
- (3) 直杭式横棧橋の性能照査にあつては、一般に、レベル2地震動以外の作用に対して断面を設定し(レベル2地震動に対する耐震性能照査断面)、これについてレベル2地震動に対する耐震性能を照査する。これは、船舶の作用、レベル1地震動に関する変動状態等の照査では、鋼管杭は降伏応力度に基づいて性能照査が実施されるが、レベル2地震動に関する耐震性能照査においては、棧橋の損傷程度を考慮した照査方法を用いるためである。
- (4) レベル1地震動に関する変動状態については、骨組み解析等により棧橋の固有周期を求め、この固有周期及び加速度応答スペクトルを用いて照査用震度を算定して照査することができる。ただし、耐震強化施設については、杭と地盤の3次元動的相互作用を考慮した非線形地震応答解析等の適切な動的解析法により照査してもよい。なお、耐震強化施設以外の直杭式横棧橋では、レベル2地震動に関する偶発状態における照査を省略することができる。
- (5) ここに示す棧橋の性能照査法は、土留部の変形等の影響が骨組みに伝達しない条件で検討することを原則としているため、これを考慮した構造諸元とすることや施工を行う必要がある。例えば、土留部あるいは埋立地盤の沈下に伴って棧橋の一部又は全体が連れ込み沈下や側方流動を起こすことがあるが、これらによる作用が棧橋本体に伝達しないように配慮すべきである。また、地震動作用時の土留部の変形等により生じる作用が渡版を介して棧橋上部工に伝達させないようにすることや杭周辺地盤の海側への著しい変形により杭に悪影響を生じさせないように配慮が必要である。
- (6) 直杭式横棧橋の断面の例を図-5. 2. 1に示す。
- (7) コンテナクレーン等の荷役機械を設置する場合には、通常、棧橋上かあるいは土留部上かのいずれかに独立させることが望ましい。例えば、一脚を棧橋上に、ほかの一脚を土留部というように応答特性の異なる構造物にまたいで設置すれば、不同沈下、地震動の悪影響等を受けやすい。やむを得ず棧橋上と土留部上にクレーンの脚がまたがる場合は、陸側の脚の沈下による不同沈下を防ぐため、基礎杭等の十分な基礎工を設けるべきである。この場合、一般に棧橋上には門形クレーン等の剛脚を載せるべきではない。なお、コンテナクレーン等の荷役機械を設置する場合には、荷役機械と棧橋の連成振動を考慮した地震応答解析を行う必要がある。
- (8) 棧橋の上部工は、一般にコンクリート構造であり、海水面から非常に近い位置にあるので、塩害による著しい性能低下が生じやすい。維持管理レベルIを設定した棧橋の上部工においては、第4編第2章 1. 1. 7 性能の経時変化に対する検討により、設計供用期間中に鉄筋の腐食が生じないことを設計時点で確認する必要がある。なお、塩害対策として、普通鉄筋であってもかぶりや水セメント比の選択によって設計供用期間中に鉄筋腐食が発生しないようにする方策、エポキシ樹脂塗装鉄筋や連続繊維補強材等の高耐久補強材を使用する方策<sup>0-1)0-2)0-3)0-4)</sup>、表面被覆やセメント硬化体組織の緻密化等により外部からの劣化因子(塩化物イオン等)の浸透を抑制する方策<sup>0-5)0-6)0-7)0-8)</sup>、電気防食により鋼材腐食を抑制する方策<sup>0-9)</sup>等が考えられる。これらの方策のほか、新たに開発された材料および工法の適用を検討するにあたっては、その特性を十分に理解した上で、施工条件や施工後の維持管理方法等についても考慮しなければならない。具体的な対策方法の選定にあたっては、「維持管理を考慮した棧橋の設計マニュアル(案)」<sup>0-10)</sup>を参考にすることができる。

## [参考文献]

- 0-1) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版]，土木学会コンクリートライブラリーNo.112，2003
- 0-2) ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.130，2008
- 0-3) 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.88，1996
- 0-4) エポキシ樹脂を用いた高機能 PC 鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.133，2010
- 0-5) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.113，2004
- 0-6) 複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.127，2007
- 0-7) 表面保護工法設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.119，2005
- 0-8) けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.136，2012
- 0-9) 電気化学的防食工法設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.107，2001
- 0-10) 岩波光保・加藤絵万・川端雄一郎：維持管理を考慮した栈橋の設計手法の提案：港湾空港技術研究所資料 No.1268、2013
- 1) 鈴木敦己，久保浩一，田中芳夫：斜面における鉛直単杭の横抵抗、港湾技術研究所報告，Vol.5，No.2，1966
- 2) 菊池喜昭，小椋卓実，石丸 守，近藤武司：捨石地盤の横方向地盤反力係数，土木学会第 53 回年次学術講演会，1998
- 3) 山下生比古：港研方式杭の横抵抗計算法に基づく仮想固定点，港湾技研資料 No.105，pp.1～12，1970
- 4) 久保浩一：杭の横抵抗の新しい計算法，港湾技術研究所報告 Vol.2 No.3，pp.1～37，1964
- 5) 山下生比古，荒田昌潔：C 型地盤における頭部埋込杭の基準曲線，港湾技研資料 No.65，pp.13～25，1969
- 6) 山下生比古，稲富隆昌，小蔵紘一郎，奥山育英：数値解による杭の横抵抗の基準曲線の作成，港湾技術研究所報告 Vol.10 No.1，pp.107～168，1971
- 7) 長尾 毅，田代聡一：栈橋式岸壁の耐震性照査手法に関する解析的研究，土木学会論文集，No.710，I-60，pp.385～398，2002
- 8) 長尾 毅，菊池喜昭，藤田宗久，鈴木 誠，佐貫哲朗：栈橋式係船岸のレベル 1 地震動に対する信頼性設計法，構造工学論文集 Vol.52A，pp.201～208，2006
- 9) 長尾 毅，柴崎隆一，尾崎竜三：経済損失を考慮した期待総費用最小化のための岸壁の常時のレベル 1 信頼性設計法，構造工学論文集 Vol.51A，pp.389-400，2005
- 10) 南兼一郎，高橋邦夫，横田 弘，園山哲夫，川端規之，関口宏二：神戸港 T 栈橋の地震被害状況と静的および動的解析，基礎工 Vol.25 No.9，pp.112～119，1997
- 11) 小堤 治，塩崎禎郎，一井康二，井合 進，森 玄：二次元有効応力解析法の解析精度向上に関する検討，海洋開発論文集，第 20 巻，pp.443～448，2004
- 12) FLIP 研究会：杭基礎のモデル化方法の検討 平成 15 年度成果報告書，2004
- 13) K. Kitade, Y. Kawamata, K. Ichii and S. Iai : Analysis of laterally loaded pile groups using 2-D FEM, 11th ICSDEE and 3rd ICEGE, Berkeley, CD-ROM, 2004
- 14) 小堤治，溜幸生，岡由剛，一井康二，井合進，梅木康之：2次元有効応力解析における杭と液状化地盤の相互作用のモデル化，第 38 回地盤工学研究発表会，2003
- 15) 小堤治，溜幸生，岡由剛，井合進，梅木康之：2次元有効応力解析における杭と液状化地盤の相互作用のモデル化，第 58 回土木学会年次学術講演会，2003
- 16) 川中政美，安藤崇男，溜幸生，井合進，田河祥一：土の構成則に関する相互作用ばねを用いた単杭の水平載荷実験の 2次元有限要素法解析－砂質地盤－，第 58 回土木学会年次学術講演会，2003
- 17) 吉川茂樹，曲伝軍，溜幸生，井合進，梅木康之：土の構成則に関する相互作用ばねを用いた単杭の水平載荷実験の 2次元有限要素法解析－粘性地盤－，第 58 回土木学会年次学術講演会，2003

- 18)小竹望，溜幸生，小堤治，井合進，田河祥一：土の構成則に関する相互作用ばねを用いた単杭の水平  
載荷実験の2次元有限要素法解析－地表面の影響－，第58回土木学会年次学術講演会，2003
- 19)寿楽和也，一井康二，篠崎晴彦，井合進，田河祥一：2次元解析における杭－地盤相互作用ばねを用  
いた群杭効果の評価手法の検討，第58回土木学会年次学術講演会，2003
- 20)河又洋介，一井康二，篠崎晴彦，井合進，梅木康之：杭－地盤相互ばねを組み込んだ2次元解析によ  
るスタナミック水平載荷実験のシミュレーション，第58回土木学会年次学術講演会，2003
- 21)岡由剛，佐藤靖彦，河辺知之，塩崎禎郎，井合進，梅木康之：杭近傍地盤の応力－歪関係に依存する  
相互作用ばねを用いた杭基礎の2次元有限要素法解析，第58回土木学会年次学術講演会，2003
- 22)沿岸開発技術研究センター：格点式ストラット工法技術マニュアル，2000
- 23)沿岸開発技術研究センター：ジャケット工法技術マニュアル，2000
- 23-1)中村直志，浅野隆司，長尾毅，諸星一信，石原慎太郎：ジャケット式栈橋が保有する部材別の信頼  
性指標の評価，海洋開発論文集，第24巻，pp.477-482，2008
- 23-2)浅野隆司，中村直志，長尾毅，渡部昌治，石原慎太郎：ジャケット式栈橋のレベル1信頼性設計法，  
海洋開発論文集，第24巻，pp.471-476，2008
- 24)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2004
- 25)日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，1979