

施工性に配慮したジャケット式栈橋の設計

廣瀬 尚也¹・小林 茂則

¹関東地方整備局 東京港湾事務所 設計課 (〒136-0082 東京都江東区新木場1-6-25)

近年の人口減少及び労働人口の減少に伴い、建設現場の生産性向上が大きな社会的要請となっている。そういった中で、あらかじめ施工性に配慮した工法や仕様・規格等を選定し、設計や施工計画に反映させることが極めて重要である。

本稿では、東京港湾事務所で東京港中央防波堤外側地区に整備を進めている新たなジャケット式栈橋の岸壁において、過年度に整備した同様の構造である隣接岸壁の施工に苦心した点を踏まえて設計を見直し、より一層の施工の省力化、効率化を目指した事例を報告する。

キーワード ジャケット式栈橋, 設計, 施工性, 生産性向上

1. はじめに

東京港湾事務所では、東京港におけるコンテナ貨物増加やコンテナ船の大型化への対応を目的として、中央防波堤外側地区において、水深-16mの耐震強化岸壁（Y2及びY3）の整備を進めている（図-1）。Y2は2020年3月に供用を開始しており、Y3は現在整備中である。

Y2, Y3の整備においては、図-2に示すように、羽田空港を発着する飛行機の運航を妨げないよう、高さ制限に留意する必要がある。また、図-3に示すように、隣接するコンテナターミナルの入出港船の妨げにならない位置での施工をしなければならない。このことから、Y2, Y3の整備においては、海上工事の効率化や施工の省力化が強く求められている。

Y2は、軟弱地盤上に築造できることや、海上工事の工期短縮を図ることを目的として、ジャケット式栈橋構造が採用された。Y3も同様の理由で同じ構造が採用されており、Y2の設計を踏襲している点が多い。一方で、Y2の施工時に苦心した点については、施工法はもちろんのこと、仕様・規格等も含めて、設計全体の見直しが必要となった。本稿では、より一層の施工の省力化、効率化を目指した、Y3の設計上の工夫について報告する。



図-1 岸壁整備位置

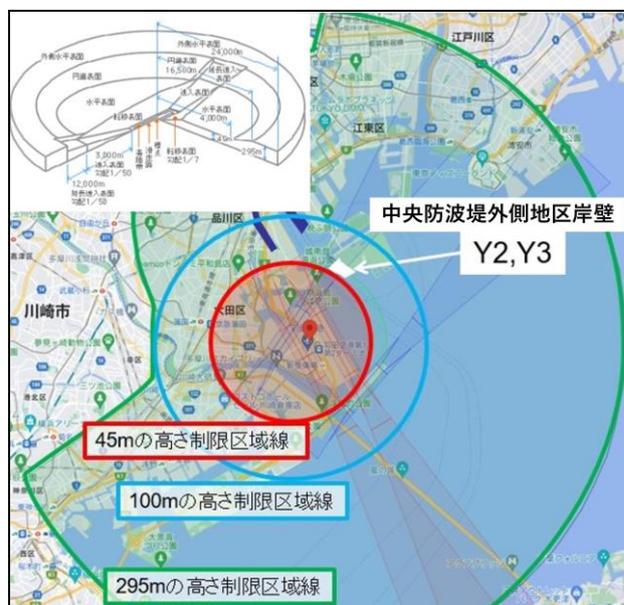


図-2 高さ制限の概要

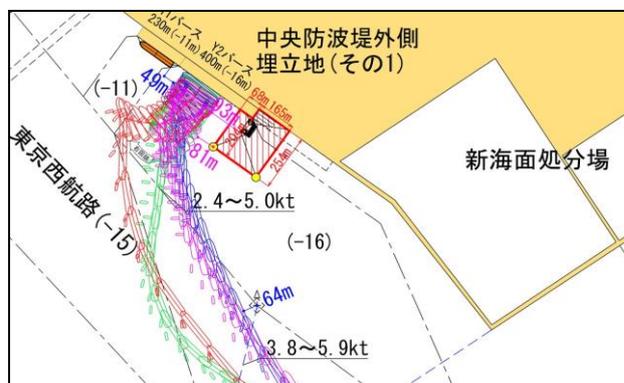


図-3 コンテナターミナル入港シュミレーション

2. ジャケット構造の工夫

(1) ジャケット式栈橋の概要

ジャケット式栈橋は、主に鋼管によってトラス構造に組み立てられたジャケット部材と、それを支える鋼管杭から構成される。ジャケット式栈橋の特徴は、耐震性に優れるため軟弱地盤に適用できるほか、ジャケット部材

を陸上で製作するため、海上工事の工期短縮が期待できることが挙げられる。

Y2, Y3の標準断面図を図-4に示す。Y2, Y3におけるジャケット式栈橋は、A及びD通りの鋼管杭（先行杭）の打設後、ジャケット部材の脚（レグ）を先行杭に被せ（据付け）、B及びC通りの鋼管杭（後行杭）を打設し、レグと先行杭・後行杭をグラウトで一体化することにより築造される。

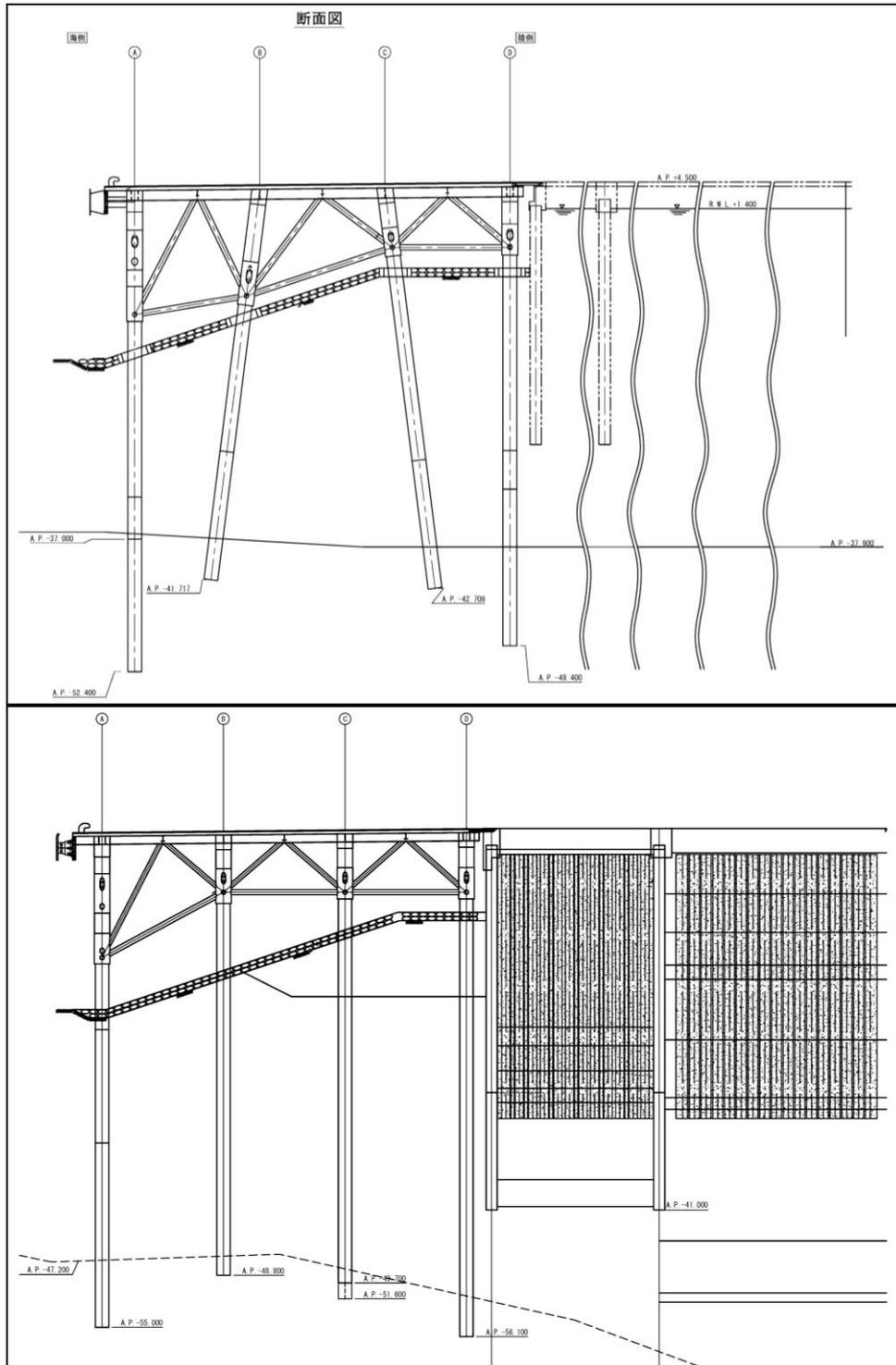


図-4 標準断面図（上：Y2 下：Y3）

(2) Y2の設計及び課題

Y2では、A、D通りの先行杭は直杭式が、B、C通りの後行杭には斜杭式が採用された。B、C通りの杭を斜杭式とすることで、直杭式にした場合に比べ、水平変位に対して強い剛性が期待できる。このため、法線方向の杭間隔を長くでき、ジャケット部材の大型化が図れることから、ジャケット基数を少なくすることでジャケットの据付け回数を減らすことができるといったメリットがある。

しかし、実際の施工においては、主に2点苦心したことがあった。

1点目は、斜杭の打設が困難であったことである。後行杭の打設は、ジャケットのレグに杭を挿入し、パイプロハンマにより行われた(図-5)。直杭式の場合は、ハンマで杭に加力する方向と杭の打設方向は、ともに海底地盤に対して垂直となる。一方で、斜杭式の場合は、ハンマで杭に加力する方向が水平地盤に対して垂直であるのに対し、杭の打設方向が斜めになる。打設方向のずれはレグの損傷に直結することから、打設管理に細心の注意を払わねばならず、施工に想定以上の時間を要することとなった。

2点目は、先行杭において、支持基盤への根入れ長が長く、打設管理が困難となったことである。法線方向の杭間隔を10mと長くした結果、ガントリークレーンの垂直荷重を支持するA、D通りの杭について、N値50以上の支持基盤層に対して長く打ち込む結果となった。杭が長尺であることにより、施工時における杭の先端座屈の危険性が高まったほか、杭の高止まりが発生することもあり、この際には支持力を満たしているか確認するといった対応が必要となった。



図-5 パイプロハンマによる斜杭打設の様子

(3) Y3の設計検討

Y3は当初、Y2を踏襲し斜杭式で設計されていた。しかし、Y2の後行杭打設において苦慮した点を考慮し、先行杭と後行杭の仕様や施工法を見直すこととなった。あわせて、2013年に中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ⁹⁾において、長期的な防災・減災対策の対象とする地震が見直されたこともあり、新たな設定地震動のもと、Y3の修正設計を行うこととなった。

Y3では、杭の打設管理の省力化を目指し、後行杭に直杭式を採用することとなった。耐震性の確保のため、法線方向の杭間隔は、当初設計の10mから8mと変更され、鋼管杭は160本から200本に増加した。杭の本数が増えたことで、杭一本に期待される支持力の負担率が小さくなり、支持基盤への根入れ長を低減することができた。なお、ジャケット基数は20基から25基に増加となったが、ジャケット部材の板厚を減少できたことで、概算工事費は約1%の増加に留めることができています。

3. コンクリート床版の工夫

(1) Y2の設計及び課題

Y2の上部工では、プレストレストコンクリート(PC)床版、鉄筋コンクリート(RC)床版の2案が比較検討された。費用削減の観点や型枠撤去工を省略できることから、埋設型プレキャスト底型枠(底型枠)を活用したRC床版が採用された。これは、プレキャストの型枠をジャケット部材上に設置し、鉄筋を組立加工後、現場打ちコンクリートで施工する形式である。底型枠を設置した様子を図-6に、コンクリート打設の様子を図-7に示す。

しかし、実際の施工においては、主に2点苦心したことがあった。

1点目は、高波浪時に発生した揚圧力によって底型枠が被災したことである。被災の様子を図-8に示す。底型枠は、自重では揚圧力に耐えうる設計となっていない。底型枠設置後には海象条件に見合った固定が必要であるが、設置から固定までを短期間で実施する作業工程が組まれていなかったことが、被災の要因である。

2点目は、海上施工であるため、コンクリートの打設に時間を要したといった困難が発生したことである。陸上施工で容易に打設や締め固め等の作業が可能な、24N/mm²のレディミクストコンクリートを採用し、ポンプ車を埋立護岸上に設置するなどの配慮を行ったが、ジャケット部材上での打設は困難であり、想定以上の作業時間を要した。



図-6 プレキャスト底型枠設置の様子



図-7 現場打ちコンクリート打設の様子



図-8 プレキャスト型枠被災の様子

(2) Y3の設計検討

Y3の床版は、当初はY2を踏襲しRC床版で設計されていた。しかし、Y2の施工で苦慮した点を考慮し、上部工の仕様や施工法を見直した結果、PC床版が採用されることとなった。

PC床版は通常、陸上の工場で作成される。このため、天候に左右されない製作工程を組むことができ、コンクリートの品質も確保できる。また、現場作業はPC床版を敷設した後、接手部を現場打ちコンクリートで充填する必要はあるものの、すべて現場打ちコンクリートであるRC床版に比べ、現場での日数と作業人数を減らすことができる。設計時では、1スパン当たりの施工において、RC床版は、延べ作業日数が約40日、作業人数が238人（6人/日）であるのに対し、PC床版は、延べ作業日数が31日、作業人数が62人（2人/日）と試算された。PC床版の採用は、海上工事の省力化、効率化に繋がるだけでなく、杭打設やジャケット据付けなどの海上工事と並行して床版を工場製作できるため、工事全体の工期短縮に繋がることを期待される。

4. おわりに

新たなジャケット式栈橋Y3の築造にあたり、過年度に整備したY2の施工時に苦心した点を考慮して、施工法や仕様・規格等の設計を見直した。

ジャケット構造については、後行杭に直杭式を採用したり、ジャケット部材を小規模化することで杭の根入れ長を低減したりすることで、レグの損傷や杭の先端座屈の危険性を回避でき、杭の打設管理の省力化を図ることが可能となる。

上部工については、PC床版を採用することで、陸上の工場で作成できるため、品質確保とあわせて、海上工事の作業日数および人工の削減が可能となる。また、他の工種と平行して床版を製作できるため、工事全体の工期短縮に繋がることを期待される。

近年の人口減少及び労働人口の減少に伴い、建設現場の生産性向上が大きな社会的要請となっている。特に、海象・気象条件や作業スペースに制約が多い海上工事においては、工事の安全を確保することはもちろんのこと、海上での作業期間や作業人工を可能な限り削減することが強く求められている。そういった中で、あらかじめ施工性に配慮した工法や仕様・規格等を選定し、設計や施工計画に反映させることが極めて重要である。

Y3については、2025年にジャケット構造の築造が本格化する。施工の省力化、効率化を目指した設計が、実際の施工で効果的であるのか否か、検証する好機と捉えている。また、Y2から設計を変更したことにより、新たな施工上の課題が見えてくる可能性もある。これらについても、丁寧に情報収集・分析を行い、改善策を検討していくことが、海上工事の生産性向上に繋がるものと確信している。

参考文献

- 1) 内閣府：首都直下地震対策検討ワーキンググループ，防災情報のページ，https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/