

強靱化を目的とした原油栈橋の耐震強化工事の設計と施工

鹿島建設(株) 正会員 ○吉原知佳 安宅 洋 永山功二
 リテックエンジニアリング(株) 正会員 川股利至
 出光興産(株) 小笠原利文

1. はじめに

出光興産(株)千葉製油所内の第1栈橋は昭和37年に竣工した原油栈橋であり約50年が経過しているが、現在でも、他の栈橋では代替できない油種を扱っている重要な栈橋の1つである。しかし、先の東北地方太平洋沖地震もあり、国土強靱化が声高に叫ばれていること、石油製品の安定供給の重要性が再認識されていること等、従来以上に地震に対する対応能力強化の重要性が高まっていることから、当該栈橋の耐震強化工事として接岸ドルフィンの新設を実施した。本報告では、耐震強化工事の設計、施工および完成後の着栈計測について報告する。

2. 工事概要

図-1に第1栈橋の配置平面図、写真-1に改造前の状況、表-1に工事概要の一覧を示す。本工事は接岸ドルフィンの内、耐震性を満足しない既設内側BD2基と既設外側BD(木更津側)1基を撤去し、新設を実施した。なお撤去した既設BDは吊り下げたコンクリートブロックの振り子原理により船舶接岸エネルギーを吸収する世界的にも珍しい重錘式構造が採用されていた。

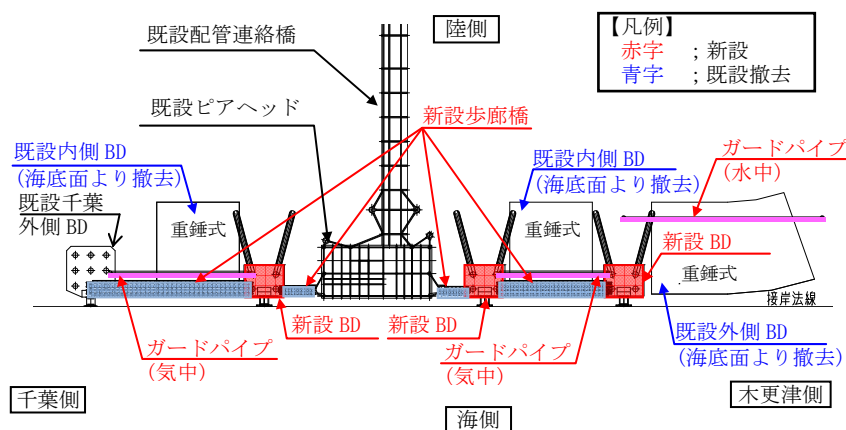


図-1 第1栈橋配置平面図

表-1 工事概要の一覧

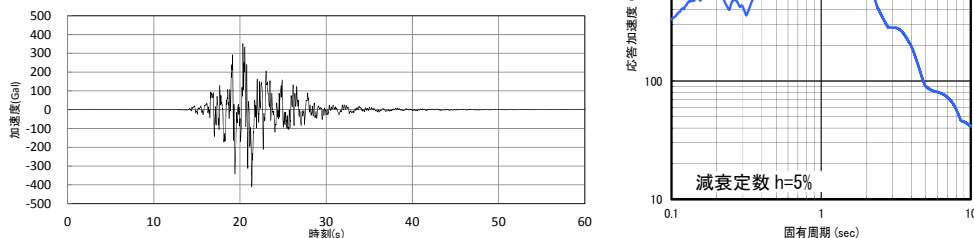
工事期間		2015/5/1～2015/8/31
工事内容	新設工事	BD3基設置 歩廊橋4基設置 ガードパイプ3基設置他
	既設撤去工事	内側BD2基撤去 外側BD1基撤去他
	浚渫工事	

3. 耐震強化の設計

(1) 新設BDの要求性能

新設BDは対象船舶10万DWTが着栈速度15cm/sec、接岸角度6°、偏心距離5%で着栈可能な能力を有するとともに、耐震性能上はレベル1地震時では港湾基準H19で規定される「千葉港波」、レベル2地震時では中央防災会議の首都直下地震である「東京湾北部沖地震M7.3(2005)」、最大加速度411gal、地表面応答波の最大加速度応答スペクトル値1,000galを用いて新設BDの安全の確認検討を実施した。

図-2 首都直下地震 基盤入力加速度波形、地表面波の加速度応答スペクトル



キーワード 栈橋、接岸ドルフィン、耐震強化、ハーフプレキャスト、着栈計測

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30 鹿島建設株式会社 土木設計本部 TEL03-6229-6737

(2) 新設 BD の設計

図-3 に新設 BD (外側) の構造図、表-2 に検討結果一覧を示す。接岸時、レベル 1 地震時、レベル 2 地震時に対する構造検討の結果、新設 BD は鋼管杭 $\phi 1.3\text{m}(\text{SKK490}) \times 4$ 本で海側 2 本が直杭、陸側 2 本が打込み角度 20° の斜杭構造、上部構造は鉄筋コンクリート構造とした。また、構造部材の決定要因としては鋼管杭の耐力はレベル 2 地震時の首都直下地震が最も厳しく、支持力は接岸時が最も厳しい結果となった。なお、地震時における地盤の液化化検討の結果は海底面付近でわずかな範囲が液化化する程度あり、新設 BD 基礎杭仕様への影響は小さい結果となっている。

表-2 検討結果一覧

	杭耐力		杭支持力	
	耐力比	判定	支持力比	判定
接岸時	0.78	OK	0.94	OK
			0.66	
レベル 1 地震時	0.53	OK	0.41	OK
			0.54	
レベル 2 地震時 (首都直下地震)	0.95	OK	0.39	OK
			0.64	

* 支持力比は上段が押込時、下段が引抜時を示す。

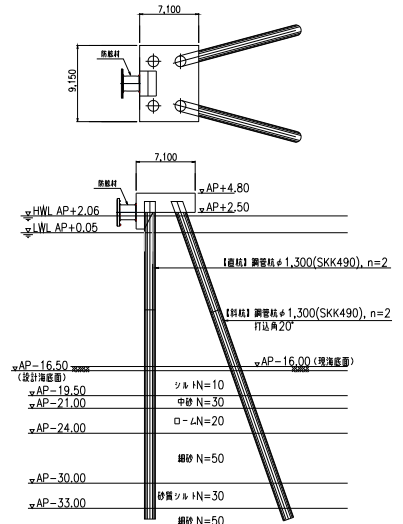


図-3 新設 BD 構造図(外側)

4. 耐震強化工事の施工

本工事は、既設 BD 撤去、新設 BD 設置(杭打設、上部工)、歩廊橋設置、浚渫を第 1 栈橋の運用停止期間中の約 4 ヶ月間で施工する必要があり工期短縮が必要とされた。よって、工期短縮を可能とするために杭打設工事の位置決めには自動計測システム「ジオモニ」を採用し斜杭 6 本、直杭 8 本を 3 日間で打設完了させ、打設精度も 2~3 cm 程度以内と高い精度を確保する事ができた。また、新設 BD 上部工はハーフプレキャスト構造とし、予め足場を設置する等の工夫を図ることで工程短縮を図り、工期内にすべての施工を完了することができた。



写真-2 杭打込み状況 写真-3 ハーフプレキャストの設置状況

5. 着栈計測による確認

完成した新設 BD が設計で想定した範囲内の性能を有しそのとおり施工されていることを確認するため実船舶の着栈時に新設 BD の変形と防舷材の圧縮量を計測して性能確認を行った。着栈計測時の船舶は設計で想定する最大クラスの 10 万 DWT 級で実施した。測定方法は、新設 BD 上に設置したレーザー変位計で連続的に船舶着栈時の距離を測定し、着栈速度および防舷材圧縮量を測定するとともに、既設栈橋上からトランシットで着栈時の新設 BD 変形量を測定した。計測された着栈速度と防舷材の圧縮量を基に新設 BD に作用する防舷材反力を算出し、その時の設計予測変位量と実測変位量との比較を実施した。なお防舷材反力は防舷材圧縮試験で得られた性能曲線より算出した。着栈計測の結果は、予測変位量 28mm に対し実測変位量 25mm と概ね一致していることから設計で想定する性能を有していることが確認された。

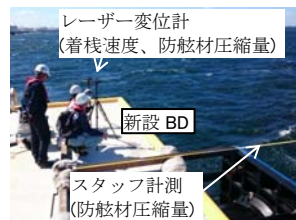


写真-4 着栈時計測状況

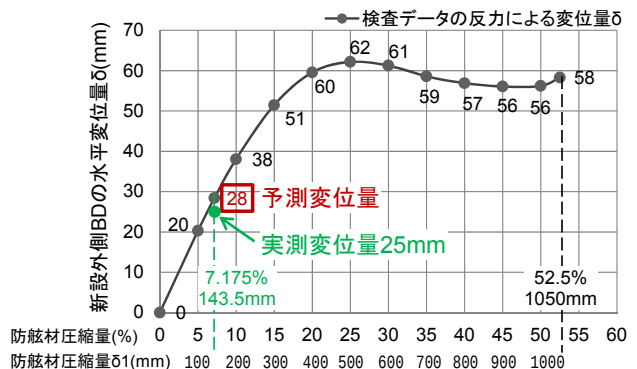


図-4 着栈時の計測結果

6. おわりに

今回、新設接岸ドルフィンレベル 2 地震動の首都直下地震に対応可能な構造とし、短期間で工事を完了することができた。また完成後の性能についても着栈計測により所定の性能を有していることが確認された。