

RTK-GNSS を用いた地震後係留施設の使用可否判断支援ツールの開発

港湾空港技術研究所 正会員 ○伊藤 広高

港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司

関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所 非会員 遠藤 正洋

関東地方整備局港湾空港部港湾空港防災・危機管理課 非会員 黒木 真也

1. はじめに

係留施設は、地震後に船舶による緊急物資等の輸送や救援活動などに使用されるため、地震後には係留施設の使用可否判断を行う必要がある。係留施設の使用可否判断を行うためには施設の損傷程度を把握する必要がある。地震直後の施設の損傷程度を把握する指標として係留施設の変形による天端残留水平変位がある。しかしながら、天端ではあまり変状が見られない場合でも地中部で損傷が発生している場合もある。ゆえに、係留施設の変位から各部材の耐力を簡易的に判断する手法が求められている。そこで本研究では、RTK 測位で得られた天端残留水平変位から係留施設の各部材の損傷程度を簡易的に推定できるツールの開発を行った。

2. RTK-GNSS

係留施設の変形による天端残留水平変位の測量方法の1つに RTK-GNSS がある。RTK-GNSS は、位置情報が既知の点（基準局）と測定したい点（計測点）のそれぞれに GNSS 受信機を設置し、基準局で観測された位相データを無線等で計測点へ送信し、計測点の観測データと合わせて位置をリアルタイムで決

定するもので、誤差が水平で 2cm 程度の高精度の測定が可能である。大地震発生時には地殻変動が生じている可能性があるが、RTK 測位で基準局を岸壁変形の影響がない位置に設置して地殻変動量が計測点と基準局で同じと仮定し、測定された地震前後での計測点位置の差分から地殻変動量をキャンセルした係留施設の変位量を取得できる¹⁾。当研究所では、GNSS 受信機の操作にはスマートフォン端末を用いて簡単に操作でき、測量結果から簡単に変位量を計測できるアプリケーションを開発している¹⁾。

3. 使用可否判断手法の検討

対象の係留施設を図2に示す。施設の使用可否判断にあたっては地震応答解析において大小複数の地震動を入力し、施設法線水平変位量と損傷状態の関係を構造部材毎に整理して用いることが考えられる²⁾。そこで、本検討においては栈橋式係留施設を対象とし、部材は栈橋杭、栈橋上部工、護岸矢板、護岸控え杭、護岸タイ材の5種類の構造部材について検討することとした。地震応答解析結果による各部材の損傷程度の閾値については、港湾基準³⁾における耐震強化施設の要求性能を踏まえて設定し、表1に

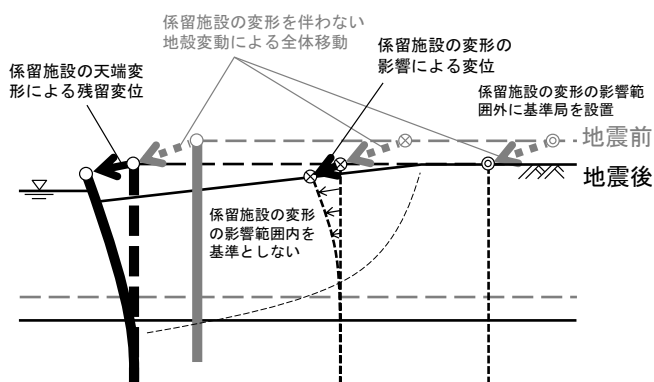


図1 RTK-GNSSによる係留施設の変形による変位量測定の概要

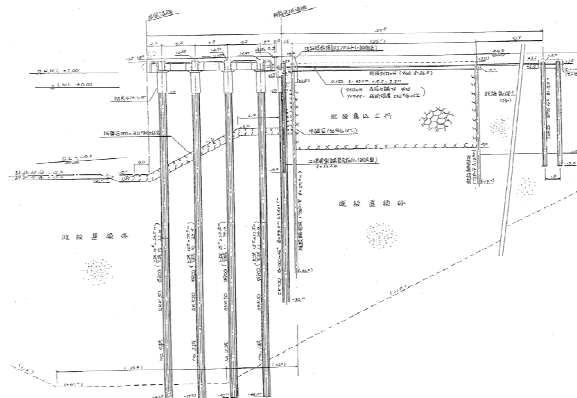


図2 対象係留施設の標準断面図

キーワード RTK-GNSS, 栈橋式係留施設, 使用可否判断, 地震被害, アプリケーション

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
地震防災研究領域 耐震構造研究グループ TEL: 046-844-5058

栈橋杭の例を示す．これらの情報をアプリケーションに取り組み，測定される変位量から各部材の損傷程度を推定する機能を追加した．

4. 使用可否判断機能の検証

対象の係留施設付近にて地震発生後の仮想変位計測を行い，計測された変位量により，アプリケーションに取り込んだ法線変位量と損傷状態の情報をもとに，各部材の使用可否判断の診断結果が正しく表示されるか確認を行った．仮想変位計測位置を図3に示す．使用可否判断結果（アプリケーション画面）を図4に示す．図中の判断結果の5つの記号（○、△、×）は，前述の5種類の構造部材に対応している．仮想変位①，②，③と栈橋法線変位量が大きくなるに従って診断結果も変化している．また，損傷状態は法線直行方向変位との関係で整理されていることから，初期位置から栈橋法線方向にも170cm移動している仮想変位①では，法線直行方向変位量に換算して使用可否判断を行っている．図4における診断結果の記号をタップすると，地震応答計算により求められた変形率（法線変位量／栈橋高さ）と部材損傷状態の関係が表示される．図5に仮想変位③の栈橋杭の例を示す．法線変位から部材の損傷程度を推定線は赤線で，測定された変位量から推定線上にプロットされたものが赤丸で表示される．このケースでは使用可否判断「×」の領域に結果は表示されており，部材損傷の閾値との関係が確認できる．

5. おわりに

使用可否判断機能の検証の結果，法線変位量に伴い使用可否判断が変化しており，機能は正常に作動していることが確認できた．この方法により，係留施設の変位計測と同時に係留施設の各部材の損傷程度を簡易的に推定することが可能であり，被災後の港湾の復興や救助活動等への迅速な使用可否判断に非常に有効である．今後は，栈橋式係留施設以外の構造形式についても検討を進める予定である．

参考文献

- 1) 小濱英司，菅野高弘：RTK-GPSを用いた地震後岸壁変形量計測ツールの開発，地盤工学会誌，Vol63(1)，34-35，2015
- 2) 内田吉文，本田和彦，吉村藤謙，鬼頭孝明，神藤明彦，曾根照人，楠謙吾：栈橋式構造の残留水平変位と応力状態の関係について（その2），土木学会第

66 回年次学術講演会，2011

3) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，港湾協会，2018

表1 部材の損傷程度と利用可否判断（栈橋例）

部材名	損傷程度	使用可否判断
栈橋杭	全ての杭で2箇所以上の限界曲率に達していない	○
	1本の杭で2箇所以上の限界曲率に達していない杭が存在する	△
	全ての杭で2箇所以上の限界曲率に達している	×

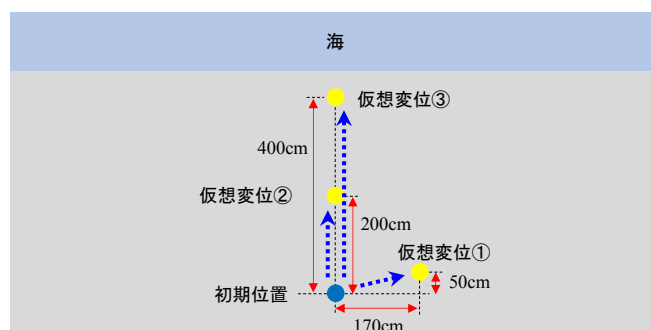


図3 仮想変位計測位置



図4 使用可否判断結果

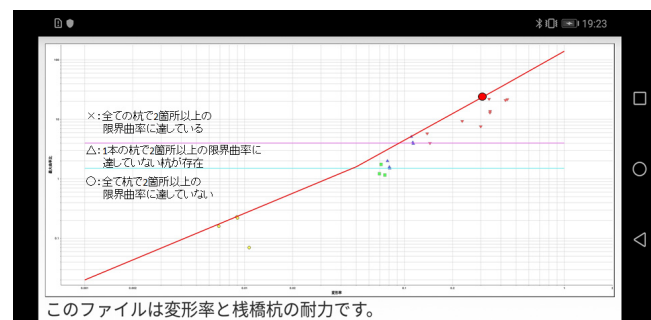


図5 使用可否判断結果（詳細：仮想変位③栈橋杭）