

港湾施設被害度診断システムの開発と運用

国土交通省	中部地方整備局	名古屋港湾空港技術調査事務所	正会員	○恩田	充
国道交通省	中部地方整備局	名古屋港湾空港技術調査事務所		村上	裕幸
国道交通省	中部地方整備局	名古屋港湾空港技術調査事務所		高須	貴子
		(株) ニュージェック	正会員	曾根	照人
		(株) ニュージェック	正会員	山本	龍

1. はじめに

大規模な地震災害が発生した場合、港湾は被災地への緊急物資や燃料の受入拠点、あるいは救援・復興活動拠点として、速やかに役割を果たすことが求められる。海上輸送早期再開を実現するためには、地震発生後の岸壁の供用可否の確認が最も重要な課題の一つになる。しかし、大規模地震発生後の岸壁の現地調査には、「津波警報等の発令中は沿岸に近づけず初動が遅れる」、「土中部や水中部の損傷程度が把握できない」、「広範囲のため多くの時間とマンパワーが必要になる」といった3つの大きな課題がある。

中部地方整備局（以下「中部地整」と表記）では、これらの課題の克服を目的として、津波警報等により現地調査が実施できない時間帯に、観測地震動データにより岸壁の供用可否を自動的に診断する「港湾施設被害度診断システム」（以下「診断システム」と表記）を開発し、2016年度より運用している。

2. 診断システムの開発

診断システムは、中部地整管内港湾の強震計で観測された地震動データを基に、二次元有効応力地震応答解析プログラムFLIP¹⁾を活用して、図-1に示す動作フローのように自動的に診断を行う。診断システムの診断手法については既報告²⁾を参照されたい。診断システムは、地震動データ（＝地震加速度の時刻歴波形）に対して診断対象岸壁毎に工学的基盤への引き戻しおよび岸壁法線直角方向への変換補正を行い、「簡易診断」と「詳細診断」の2種類の診断を連続して行う仕様になっている。「簡易診断」では、地震動データから算出した「速度のPSI値³⁾」と「評価線²⁾」を用いて岸壁の各着目位置の変位量や鋼部材の応力状態等の「判定指標」を算出し、短時間で簡易に供用可否診断が行われる。「詳細診断」では、診断対象岸壁の「地盤－構造物系モデル」と地震動データを用いたFLIP解析により「判定指標」を算出し、高精度の供用可否診断が行われる。診断は、岸壁の構造形式毎に設定した判定指標と判定フローにより、単純な供用可否だけではなく、緊急物資輸送に必要となる短期的供用の可否診断も可能にしている。さらに、診断システムは、現地調査により測定された残留水平変位を手動入力することにより、地中鋼部材を含む岸壁各部材の応力状態および残存耐力等を算定し最終的な供用可否を判定する機能を有しており、担当者のスキルに係わらず、岸壁の供用可否という高度な技術力を要する判定を行うことを可能にしている。

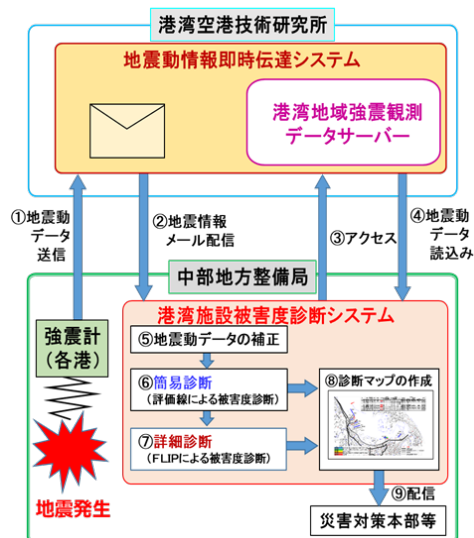


図-1 診断システムの動作フロー

診断システムの開発により「津波警報等解除後における現地調査の早期着手」、「地中部材の損傷程度の推定」、「現地調査の効率化・省力化」が可能となり、1. に示した3つの課題を克服することができた。

3. 診断システムの運用（想定地震による岸壁被災状況の把握）

診断システムは、任意の地震動を入力することにより港湾毎に岸壁の供用可否を診断するデモンストレーション機能を有している。中部地域の想定地震による岸壁被災状況を把握するため、診断システムに登録されて

キーワード 大規模地震、岸壁の被害度診断、暫定供用可否判定、FLIP、港湾地域強震計観測網

連絡先 〒457-0833 名古屋市南区東又兵衛町一丁目 57-3 名古屋港湾空港技術調査事務所 TEL 052-612-9981

いる53岸壁を対象に、様々な設計地震動による詳細診断を実施した。診断対象岸壁は全て水深-10m以深の直轄岸壁であり、昭和40年度～平成26年度に設計されている。また、53岸壁のうち20岸壁が耐震強化岸壁（以下、「耐震岸壁」と表記）、33岸壁が通常岸壁である。各設計地震動における供用不可と診断された岸壁の割合は、レベル1地震動では、通常岸壁が24%、耐震岸壁が0%、全岸壁が15%であった。旧レベル2地震動である東海・東南海地震動では、通常岸壁が61%、耐震岸壁が20%、全岸壁が45%であった。過去最大である宝永地震動では、通常岸壁が70%、耐震岸壁が15%、全岸壁が47%であった。レベル2地震動のうち中部地整内で最も影響が大きいとされる南海トラフ地震動（SPGA50%）では、通常岸壁が79%、耐震岸壁が25%、全岸壁が58%であった。分析の結果、診断対象岸壁における各構造形式別の耐震性は、セル式・ジャケット式・重力式が比較的高い傾向が見られた。また、レベル1地震動において供用不可と診断された割合が全岸壁で1割程度に収まったこと、および供用不可と診断された耐震岸壁が皆無であったことから、岸壁の耐震設計法は過去から現在に至るまで妥当性が高いことが明らかとなった。

4. 診断システムの運用（道路啓開・航路啓開オペレーションにおける活用）

診断システムは、運用開始以来、2018.6.18大阪北部地震なども含め100回以上稼働しているが、これまでに供用不可と診断された岸壁および実際に供用不可となった岸壁は皆無である。

中部地整は、大規模地震発生後の早期の緊急物資輸送や海上輸送再開に向け、沖合から耐震強化岸壁等の災害対策拠点までを結ぶ「航路の啓開計画」と、陸側から災害対策拠点までを結ぶ「道路の啓開計画」が連携した「道路啓開・航路啓開のオペレーション計画（図-2）」に「排水計画」が加わった「総合啓開」により、巨大地震後のいち早い輸送ルート確保を目指している。診断システムは、災害対策本部等が陸上輸送路と海上輸送路の結節点となる岸壁を選定する際に、被災港湾における岸壁のトリアージ、および現地調査着手の優先順位を提示することでオペレーション計画をサポートし、被災地支援や港湾背後圏の経済活動回復に貢献することが期待されている。中部地整では、地震災害発生時に診断システムを確実に運用するため、診断システムの操作講習会や、防災訓練等における診断システム稼働訓練を実施している。



図-2 道路啓開と航路啓開の連携イメージ

5. おわりに

診断システムは、港湾地域強震計観測網、蓄積されてきた港湾施設の被災記録、港湾施設の損傷程度を精度良く再現できる二次元有効応力地震応答解析プログラムFLIP、及び港湾施設被害メカニズムに関する最新の研究成果など、現在の最高レベルの港湾技術を結集して構築した最先端のシステムである。さらに、デモンストレーション機能によって、各地域の想定地震が発生した場合の岸壁被害規模の推定、海上輸送計画の検証など防災・減災活動等に活用することも可能である。

中部地整は、これからも診断システムの診断精度や機能向上に努めると共に、様々な機会に診断システムの有用性を発信し、導入を検討している他機関からの問合せ等に対して積極的に対応するなど、診断システムの導入促進に努める所存である。

参考文献

- 1) Iai,S.,Matsunaga,Y. and Kameoka,T.:Strain space plasticity model for cyclic mobility,Report of the Port and Harbour Research Institute,Vol.29,No.4,1990.
- 2) 山本龍, 宇野健司, 大塚尚志, 淵ノ上篤史, 曾根照人: 強震計観測情報を用いた係留施設の供用可否判定システムの開発, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, pp.655-656, 2016.
- 3) 野津厚, 井合進: 岸壁の即時被害推定に用いる地震動指標に関する一考察, 第28回関東支部技術研究発表会講演概要集, 土木学会関東支部, pp.18-19, 2001.