

管内港湾の大規模災害を想定した初動対応訓練

松岡 峻也¹

¹中部地方整備局港湾空港部 港湾空港防災・危機管理課（〒460-8517 名古屋市中区丸の内2-1-36）

大規模地震津波発生時には地震発生後3日以内に緊急物資輸送船の着岸が可能か、岸壁の施設健全度を確認する必要がある。このため、港湾空港部では、施設の変位と強震計データを入力条件として施設健全度を確認する施設診断システムを開発した。また、津波警報・注意報が発表中に調査員は港湾に立ち入れないため、ドローンに搭載したカメラにより施設の被害を確認する。また訓練により、これらの調査能力を評価し、3日以内の健全度確認にむけた改善点を指摘する。

キーワード：初動対応、施設診断システム、施設点検、UAV、人材育成

1. はじめに

中部地方では、今後30年以内に南海トラフ巨大地震の発生確率が約70～80%と極めて高く、甚大な被害が懸念されている。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輸送や復興活動の拠点として重要な役割が期待されている。また、港湾背後圏の経済活動の早期回復のため、港湾機能の低下を最小限に抑えることを目的とした港湾BCP¹⁾の実効性の向上が求められている（図-1）。この役割を果たすため、港湾施設の被災状況の把握は、迅速に行う必要がある。特に、供用可能な係留施設の早期の特定が非常に重要となる。

しかし、地震発生から一定期間は、地震による津波の来襲に伴う津波警報・注意報の発表が想定される。このとき、沿岸域にある港湾への立ち入りができなくなるため、現地調査を行うことができない。実際に、2011年の東日本大震災では、地震発生から51時間（約2日間）は、津波警報・注意報が発表された記録がある（図-1）。この事案を踏まえて、現地調査を行うことが可能になるまでの時間を無駄にすることなく、地震発生後3日以内に航路啓開と緊急物資輸送船の着岸が可能か、施設健全度を確認する必要がある。

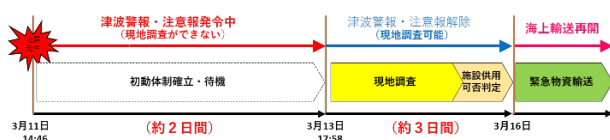


図-1 東日本大震災における緊急物資輸送までの流れ

このため、港湾空港部では、現地に設置した強震計データを入力条件として施設健全度を確認する港湾施設被害度診断システム²⁾（以下、施設診断システム）の開発を行った。また、現地調査を行う際には、多くの時間と労力が必要となるため、RTK-GNSSにより施設の変位を計測し、UAVを活用した施設点検の有効性の検証を行うとともに、現地調査時間と、システムの処理速度の向上をはかり、速やかに施設健全度の確認を行えるよう調査員の調査能力の向上を図っている。

本稿では、まず、施設診断システムの概要を紹介する。次に、津波警報・注意報発表中におけるUAVを使用した施設点検の有効性の検証について述べる。さらに、RTK-GNSSによる現地での施設点検の実用性を確認するための取り組みを紹介する。最後に、今後の効果的な運用に向けた改善点を指摘する。

2. 施設診断システムの開発と処理時間

中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所（以下、名古屋技調）では、発災後、施設の供用可否を判断するための支援ツールとして、施設診断システムを開発した。このシステムは、地震発生後の現地調査に入れない時間帯に、観測した地震動データをもとに「短時間」かつ「自動」で係留施設の被害度（施設の変形量、発生応力）及び供用可否を精度良く推定することができる。また、各係留施設の現地被災状況調査の実施優先度を提示することで、緊急物資輸送等を行う際に使用可能な係

留施設の早期の特定が可能となる。

(1) 施設診断システムの構成

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所（以下、港空研）では、港湾地域強震観測網で観測された地震動の情報を15分以内にメール配信する地震動情報即時伝達システム（以下、即時伝達システム）を構築している（図-2）。

施設診断システムは、この即時伝達システムからメールを受信後、震動波形データの入手から係留施設の被害度及び供用可否の推定、被害推定マップの作成までを自動処理で行う（図-3）。これにより、津波警報・注意報の発表中における現地確認が困難な状況でも係留施設の供用可否を早期に推定できる。

(2) 強震計と診断対象係留施設

施設診断システムで使用する強震計は、中部管内における直轄で岸壁を整備している7港湾に設置されている

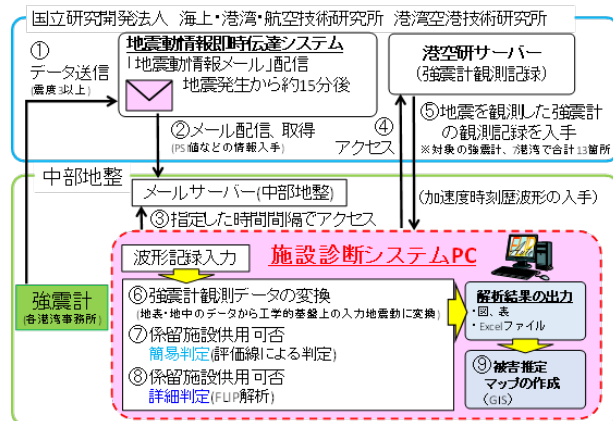


図-2 システムの構成概要

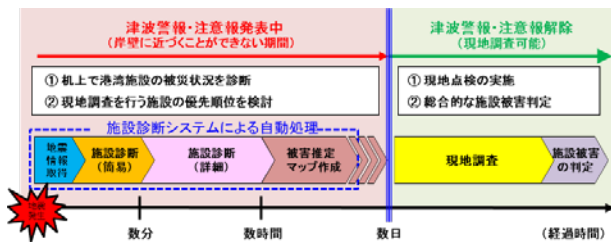


図-3 システムの流れ

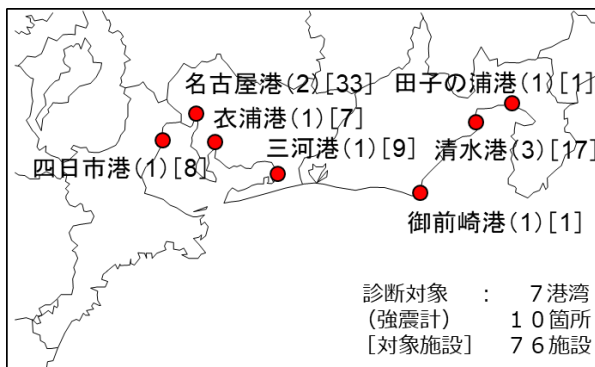


図-4 システムの対象施設

10箇所の強震計とする（図-4）。また、診断対象の係留施設は、耐震強化施設やコンテナ専用施設などの重要性が高い施設より選定し、総計76施設を診断対象としている。

(3) 施設診断システムの活用方法

本システムは以下の機能を有しているため、災害対策本部は、緊急物資輸送等に供用可能な係留施設の早期特定に向けた現地調査の優先順位について、調査員に対して具体的に指示することが可能となる。

- ① 係留施設の被害度及び供用可否の推定が完了すると、被害推定マップを自動作成（図-5）。
- ② 作成されたマップは、事前に登録したメールアドレスに自動配信されるため、災害対策本部は港湾単位での係留施設の被災状況をいち早く把握が可能。
- ③ 各港湾の係留施設の判定結果は、被災レベルによる並び替えが可能であり、災害対策本部にて供用可能な係留施設の早期特定に向けた現地調査の優先順位を早期に決定することが可能。

3. UAVを使用した施設点検支援の検討

(1) 現場実証実験の実験方法

一般的に普及している機種と高性能カメラを搭載した機種の2種類を使用した（図-6）。

実際の被災状況調査における確認事項や施設点検項目などを考慮し、UAVの位置や飛行高度を変え、岸壁上に設置した模擬変状などを動画および静止画で撮影し、

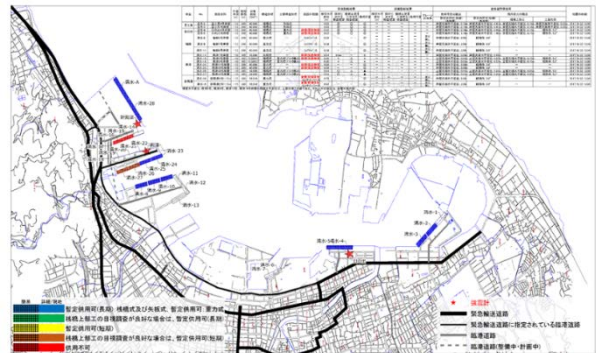


図-5 判定マップの作成イメージ

PHANTOM4 Pro (P4P)	Zion CH940 (CH940)
1770万画素	2400万画素
30万円程度	200万円程度

図-6 UAVの機種比較

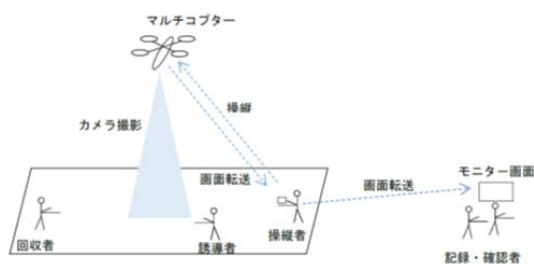


図-7 現場実証実験の概要

表-1 模擬変状の概要

種類	模擬変状の概要
ひび割れ	Co舗装（灰色）、As舗装（黒色）のひび割れを模した木板にマーキング幅 0.3cm、1cm、3cm、5cm、10cm の直線（L=1.5m）
段差	岸壁上部工の段差を模したコンクリートブロック 段差 3cm、5cm、10cm、20cm、30cm
ズレ	岸壁上部工のズレを模したコンクリートブロック ズレ 3cm、5cm、10cm、20cm、30cm
漂流物	木材（茶色）、浮遊ゴミ（白色）を模した方形フロート 20cm、30cm、50cm、70cm、100cm、海上に配置
ブロック	三次元画像の精度確認用ブロック塊

その視認性と三次元画像解析による計測精度の確認を行った（図-7）。視認性の確認は、個人差を考慮して3名の人員で行い、2名以上が判別可と評価した場合を視認可能とした。なお、岸壁上に設置した模擬変状は、ひび割れ、段差ズレ、漂流物を想定し、ブロックやマーキングを用いた（表-1、図-8）。

(2) 実験結果の検証

ひび割れ、段差、ズレ、漂流物の確認は、UAVを活用することで、飛行高度が30m以内であれば、変状や岸壁全体を視認することができることを確認した（図-9）。詳細な調査が必要な場合は、調査対象に対し飛行位置や高度を下げるなどの操作をすることで対処できる。岸壁全体の法線の出入りやエプロン上の貨物の散乱状況、航路障害物、建物倒壊やアクセスルートなどの被災状況の把握において、UAVの活用は実用レベルにある結果となった。

4. RTK-GNSSを使用した施設点検支援の検討

(1) 現場実証実験の実験方法

RTK-GNSSは衛星を用いた測位方式である。岸壁法線の変位量を計測する際に活用され、計測時の携行機器はGNSSアンテナ（以下、移動局）および操作端末程度で計測が可能である。実証実験では、管内港湾事務所に基準局を設置し、移動局を岸壁の各測点上に設置し位置計測を行う。計測を同一地点で2回行い、1回目と2回目では計測値に差がないことを確認する。なお、1回目と2回目の計測間隔は1時間程度とする。また、実際の地震による岸壁の変位を想定し、移動局の位置を北へ20cm、東へ

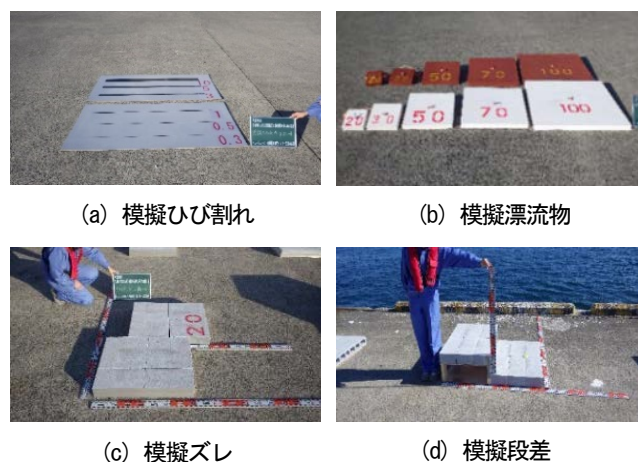


図-8 模擬変状の種類

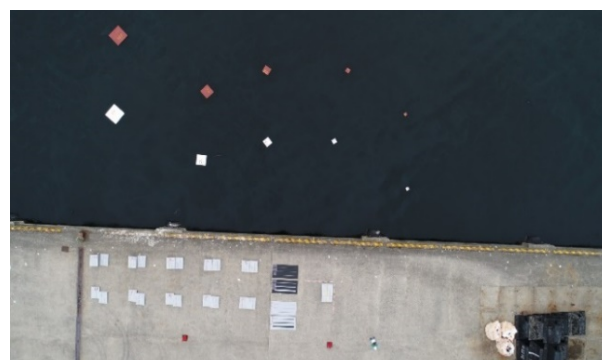


図-9 静止画による漂流物の視認例（機種P4P）

30cm程度移動させた点を計測し、実用性の確認を行った。

(2) 実験結果の検証

岸壁測点の計測結果より、X方向の変位差は平均で0.5cm、Y方向の変位差は平均で0.5cmであり、水平方向の変位差は平均的に0.5cmで良好な計測精度であった。また、H方向の沈下又は隆起は平均で1.0cmであり、H方向の沈下又は隆起が平均的に1cm程度で良好な計測精度であった。また、地震による岸壁の変位を想定した計測では、平均で1.0cmの変位差であり、実用レベルにある結果となった。

5. 訓練等による災害時の対応力の向上

港湾空港部では、被災地に派遣される隊員の初動対応力の向上を目的に以下のプログラムを実践している。

- 1) UAV 操縦者養成プログラム
- 2) 災害時の派遣隊員（リエゾン含む）の基礎知識習得
- 3) 現地での港湾施設全般の状況調査
- 4) 施設供用可否診断用データの取得及び機器操作技術の習得
- 5) 取得データ共有の手法の習熟

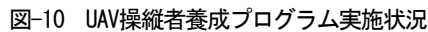
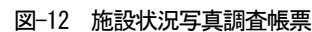


図-11 施設被害状況調査帳票



- ・施設診断システムを運用することにより、津波警報・注意報発表時の条件下でも各港湾の主要岸壁の健全度の想定が可能となり、その後現地調査する施設の優先順位の絞り込みが容易となり、効率的な点検計画の立

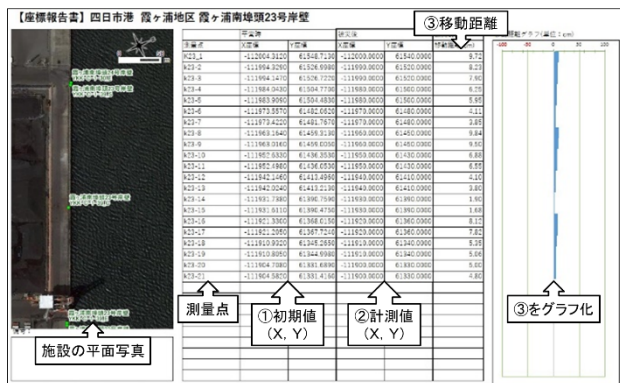


図-14 岸壁法線変位比較帳票

案に貢献することが考えられる。

- UAVを用いた現場での実証実験で、港湾の大規模災害時のUAVを活用した被害状況調査は実用レベルにあり、初動対応や多様な事象への対応が可能であることが確認された。
- 訓練の実施により、通常時における港湾内の各施設の配置や適切に機能するための他施設の配置などの関係性が確認されたことで災害発生時に注意すべきポイント（アクセス道を塞ぐ可能性のある古い上屋の位置など）について、職員間での共通の認識の共有が可能となった。また、データ取得に効果的な機材を使用して岸壁の法線座標や傾斜角データを取得する操作手順やデータの値を記録する操作手順を実践したことで、全体的なデータ取得手順の実効性の向上と同時に、訓練を実施した岸壁の通常時のデータの蓄積が可能となった。今後も、訓練を継続して実施することで、各種手順の習熟者の増加とデータ蓄積の充実を図る。

7. 今後の課題

今後の課題および改善点を以下に示す。

- 各港湾の主要な岸壁については、網羅されているが、一部の耐震岸壁は未対応となるなど、関係者調整を実施し必要な施設を随時追加する。また、操作手順が煩雑な部分があり、習熟には時間を要するため、今後の操作性の向上または効果的な習熟プログラムの確立が必要である。
- UAVの活用は期待されているが、現時点で災害発生時のUAV機材の調達や操縦者の確保が困難になることが想定される。機動性を兼ね備えた実効性を向上す

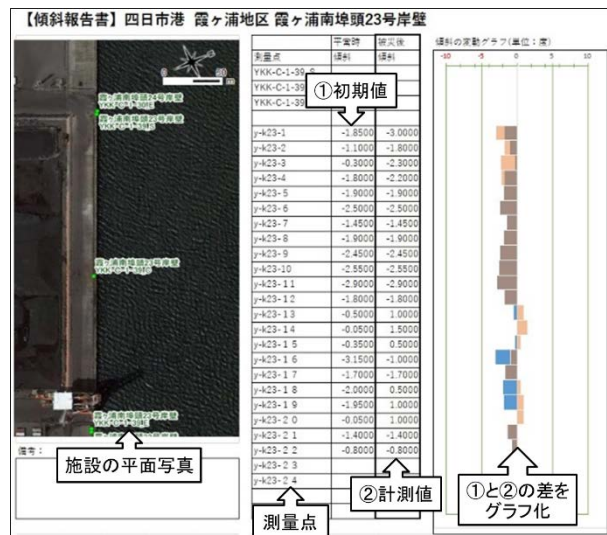


図-15 岸壁法線傾斜角変位比較帳票

るために、職員による操縦許可者及びUAV機器の増強に向けた取り組みの充実が必要である。

- 直轄職員を対象とした訓練のさらなる充実はもとより、地域の災害対応力の向上のため港湾管理者なども加えた包括的な訓練への発展が必要である。

8. おわりに

本報告における取組は、港湾の大規模災害時の初動対応力の向上に貢献できる取り組みであることが、今回訓練などを実践したことで証明された。また、効果とともに発見された課題や改善点を勘案しながら、今後もさらなる開発や訓練のあり方を改善・工夫して取り組みを継続し、港湾空港部として港湾の大規模災害時の対応力の向上に努めていきたい。

謝辞：本報告は、名古屋港湾空港技術調査事務所はじめ管内の直轄港湾事務所の訓練やプログラム等の実践の協力のもと実現した。関係者に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1)国土交通省港湾局：港湾の事業継続計画策定ガイドライン、PP.1-9, 2015.3
- 2)淵ノ上篤史：国内初！強震計観測情報を活用した港湾施設診断システムの開発～地震時初動体制支援の新たな取り組みへ、pp.1-6, 2016