

被災直後におけるケーソン式岸壁の耐震性能に関する検討

東北学院大学 学生会員○小澤加苗
(独)港湾空港技術研究所 正会員 菅野高弘
北日本港湾コンサルタント(株) 正会員 奈良俊介

1. はじめに

現在、土木構造物の設計法に関して、国際的な基準・規格との整合性が強く求められている。わが国の技術基準でも、構造物の工法や材料、設計法など細部を規定するこれまでの仕様規定から、構造物自体に必要なとされる性能を規定する性能規定へと移行している。性能規定を考える上で、地震の多いわが国においては、構造物の耐震性能を適切に考慮して設計することが必要不可欠である。特に、港湾構造物は、震災直後の海上交通による緊急物資の受け入れ等の役割を担っており、設計の段階で岸壁の被災程度の予測及び供用可能な許容変形量の設定はとても重要である。港湾構造物の設計基準¹⁾では、地震後の岸壁の暫定的な許容変形量の目安について示している。しかし、1995年兵庫県南部地震において、目安の値を超える変形量であっても使用されたことが記録に残っている²⁾。

そこで本研究では、被災したケーソン式岸壁の変形量と係船実績数について、過去の事例を調査・整理し、被災直後に係船可能と判断された岸壁の各変形量について取りまとめた。

2. 調査方法

本研究では地震によるケーソン式岸壁の被災変形の特徴、被災の主要な要因について検討を行うために、これまでに港湾技研資料（運輸省港湾技術研究所、現(独)港湾空港技術研究所）にまとめられている、過去の大規模地震（表-1参照）による岸壁の被災報告^{3) 4) 5) 6)}を参考に被災直後の変形量や緊急物資輸送船の係船実績について調査・整理した。

図-1にケーソン式岸壁の一般的な変形状態を示す。図に示すように、変形状態には、法線のはらみ出し量、傾斜、天端沈下量がある。図-2には調査した各変形量の定義を示す。法線はらみ出し量とは、岸壁法線の被災前と被災後との差を指し、法線凹凸変位量とは、法線はらみ出し量の最小と最大の差とする。また、各被災変形量の相関関係を調べるために、相関係数としてR-2乗値を用いる。このR-2乗値は、1に近いほど相関関係の精度が高いことを示す。

表-1 調査した地震

1993年	釧路沖地震
1993年	北海道南西沖地震
1994年	北海道東方沖地震
1995年	兵庫県南部地震

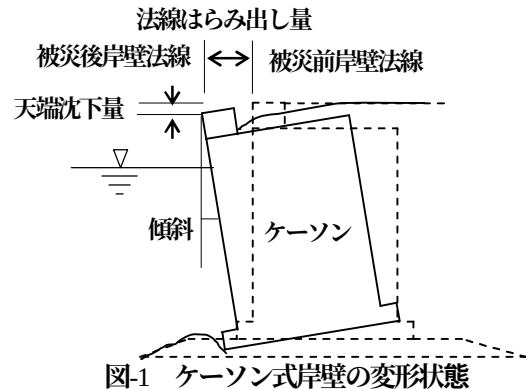


図-1 ケーソン式岸壁の変形状態

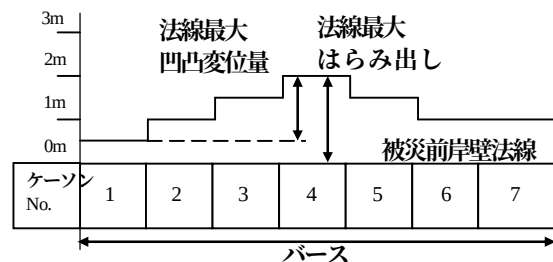


図-2 各変形量の定義

3. 調査結果

図-3に各バースの最大はらみ出し量と凹凸変位量の関係を示す。図中の○は、液状化対策が行われていたバースであり、●は液状化対策がなかったバースを表す。同じ最大はらみ出し量でも凹凸変位量にかなりのばらつきが見られるが、液状化対策有りのバースについては、最大はらみ出し量と凹凸変位量がほぼ1:1の線にくることがわかる。相関係数R-2乗値は0.409であった。

次に、船が岸壁に係留するのに必要な範囲内での、凹凸変位量と船舶係船実績数の関係を図-4に、最大はらみ出し量と船舶係船実績数の関係を図-5に示す。尚、緊急時における船舶係留の判断については、船が係留する際、岸壁に船舶の長さのおよそ半分の長さがあれば係船可能であるという知見をもとに、係船範囲を設定した。船舶の長さについては、被災事例から判断することが困難である。そのため、兵庫県南部地震の際に、緊急物資の輸送を目的として利用された海上自衛隊所有の輸送艦の長さを120m、海上支援船として使用されたフェリー等の長さを180mと仮定して係船範囲を60m・90mと設定した。また、実際に被災した岸壁に船が係留する場合を考

慮して、バースの中で岸壁法線の凹凸が比較的緩やかな範囲を優先的に係船範囲と設定した。図-4より、最大はらみ出し量が400cm以下、図-5より、凹凸変位量が20cm以下のバースであれば、被災直後に利用されたことが分かる。図-6に、最大はらみ出し量と天端沈下量の関係を示す。図中の●は被災時使用されなかったバースを示し、○は使われたバースを示す。これより、少なくとも天端沈下量が100cm以下のバースが使用されたことが分かる。相関係数R-2乗値は0.7104であった。

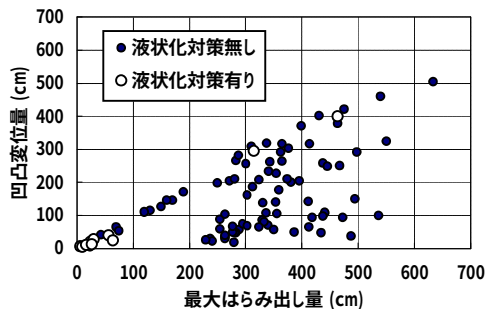


図-3 最大はらみ出し量 凹凸変位量

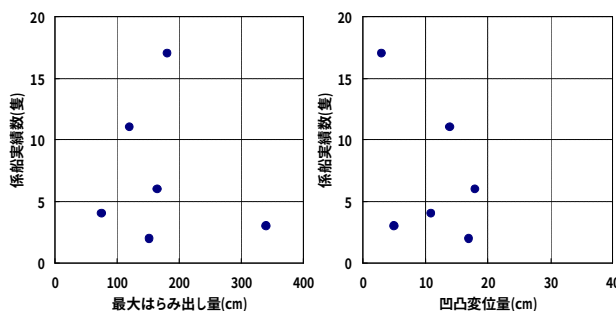


図-4 凹凸変位量 係船実績数 図-5 最大はらみ出し量 係船実績数

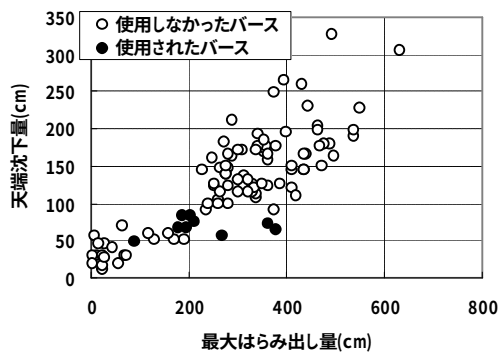


図-6 最大はらみ出し量 天端沈下量

4. 考察

本研究では、港湾構造物、特にケーソン式岸壁における耐震性能照査において、被災直後の岸壁利用のために必要な許容可能な変形量の把握と、その相互関係を見出すことを目的とし、1995年の兵庫県南部地震を中心に被災事例を改めて整理した。

本研究で明らかになったことを以下に示す。

(1) 法線の最大はらみ出し量だけでは、凹凸変位量を推定することは困難であり、そこにはなんらかの別の要因が存在すると考えられる。

(2) 液状化対策を行うことにより、局所的にケーソンのはらみ出し量を抑えることができるが、その分、法線の凹凸は大きめになってしまう傾向がみられた。

(3) 最大はらみ出し量と係船実績数との間に、明瞭な関係性は見出せなかった。凹凸変位量と係船実績数については、比較的、凹凸が浅い場所に多く船が係留したと考えられる。

(4) 緊急時の船舶係留に関して、最大はらみ出し量が400cm、凹凸変位量が20cm、天端沈下量が100cm以下であれば、最低限使用可能である。

今後の課題として、更に調査項目を詳細に整理し、岸壁変形量の要因や、各変形量どうしの相互関係について検討していきたい。また、岸壁利用者へのヒアリング調査を実施して、実際に船が係留できるかどうかの判断基準についても考察を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準と同解説，pp.258-259，1999。
- 2) 高橋宏直，中本隆，吉村藤謙：兵庫県南部地震時の震災直後における海上輸送モードの対応状況に関する分析，港湾技研資料，No.861，1997。
- 3) 稲富隆昌，外山進一，井合進，寺内潔，藤本健幸，山崎浩之，長尾毅，宮田正史，森田年一，及川研，石井正樹，高崎伸彦，岡下勝彦，善功企，上部達生，菅野高弘，横田弘，田中祐人，小泉哲也，野津厚，一井康二，南兼一郎，松永康男，杉山盛行，小林伸行：兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告，港湾技研資料，No.857，1997。
- 4) 高橋宏直，中本隆，吉村藤謙：兵庫県南部地震時の震災直後における海上輸送モードの対応状況に関する分析，港湾技研資料，No.861，1997。
- 5) 上田茂，稲富隆昌，上部達生，井合進，風間基樹，松永康男，藤本健幸，菊池喜昭，宮井真一郎，関口信一郎，藤本義則：釧路沖地震港湾施設被害報告，港湾技研資料，No.766，1993。
- 6) 稲富隆昌，上部達生，井合進，風間基樹，山崎浩之，松永康男，関口信一郎，水野雄三，藤本義則：北海道南西沖地震による港湾施設被害報告，港湾技研資料，No.791，1993。
- 7) 稲富隆昌，上部達生，井合進，田中祐人，山崎浩之，宮井真一郎，野津厚，宮田正史，藤本義則：北海道東方沖地震による港湾施設被害報告，港湾技研資料，No.856，1994。