

I-401 地震被災事例による岸壁の残留変位の解析

運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 正員 ○梶原 康之

同 正員 鈴木 慎也

同 正員 福手 勤

＜はじめに＞ 地震防災対策を検討する場合、既存施設が予想される地震に対してどの程度の耐震性を有しているかを把握しておくことは非常に重要である。これを耐震性評価と呼ぶが、その際には地震によって構造物に生ずる被害の程度を具体的に予測することが必要となる。港湾施設の中には、かなりの地震動を経験したものも多く、地震によって破壊した施設、変位を残した施設、被害のなかった施設が報告されている。

本報告は、岸壁の地震被災事例について、現行設計法(震度法)による構造物の安定解析、岸壁に作用した地盤加速度の推定、地盤の液状化程度の推定を行ない、これらの指標と岸壁に生じた変位との関係を調べたものである。

＜既往地震と被災施設＞ 対象とした地震は関東地震以後の港湾施設に被害を及ぼした22地震とした。主なものは新潟地震(1964年6月16日、 $M=7.5$)、十勝沖地震(1968年5月16日、 $M=7.9$)、根室半島沖地震(1973年6月17日、 $M=7.4$)、宮城県沖地震(1978年6月12日、 $M=7.4$)である。これらの地震を被った港湾施設は約670報告されており¹、そのうち被害の有無が判明しているものが約290ある。ここでは代表的な構造形式であり、被災事例も多い重力式(163施設)、および矢板式(94施設)構造物を対象とした。

＜構造物の安定性指標値の検討＞ 岸壁の地震後の変位を説明するための安定性指標値として、岸壁に作用した最大加速度、構造物の限界震度(現行設計法で安全率が1.0となるとき震度)、および液状化指標値の3項目を考えた。運輸省では地震被災例をもとに現行設計法の妥当性を検討してきているので、限界震度が判明している施設も多い²。それ以外の限界震度が判明していない施設については、今回新たに現行設計法³により安定解析を行なった。ただし、鋼材の安全率は保証降伏点応力に対する比とした。また、各施設に作用した最大加速度の推定と地盤各層の液状化予測を行なうために、プログラムSHAKEを用いて地盤の応答解析を行なった。最大基盤加速度は野田・上部の方法⁴により推定し、入力地震波は表.1のように定めた。液状化指標値は液状化抵抗率(FL)を岩崎・龍岡の方法⁵により積分して求めた(図.1参照)。

液状化指標値に対して、液状化の報告があった事例となかった事例の累積百分率を示したものを図.2に示す。重力式では液状化有りの方が PL 値が小さくなっているが、これは液状化した事例が極端に少ないためである。また、推定された地盤加速度と限界震度の関係を構造別、被災程度(表.2参照)別に図.3に示す。図中には地盤加速度と作用震度の関係⁶も併記してある。限界震度が小さいにも拘わらず被害の小さかった施設があるが、作用震度は加速度を地震力に直す際の上限值であることを考えれば矛盾しない。また、作用震度が大きいにも拘わらず大きな被害を受けたものは、液状化の影響などが考えられる。

＜残留変位と安定性指標値の関係＞ 残留変位の生じた事例を用いて岸壁法線の最大はらみ出し量とエプロン・天端の沈下量と安定性指標値との重回帰分析を行ない次の結果を得た。

$$\text{重力式 } Dh/H=0.985+2.800(a/gKc)+0.286(PL) \quad r=0.44$$

$$Dt/H=-1.174+2.798(a/gKc)+0.119(PL) \quad r=0.72$$

$$\text{矢板式 } Dh/H=0.722+2.599(a/gKc)+0.994(PL) \quad r=0.77$$

$$De/H=0.578+1.887(a/gKc)+0.0687(PL) \quad r=0.68$$

ここに、 Dh ; 最大はらみ出し量(cm)、 Dt ; 天端沈下量(cm)、 De ; エプロン沈下量(cm)、

H ; 構造物高さ(全面水深)(m)、 a ; 最大地盤加速度、 g ; 重力加速度、 Kc ; 限界震度、

PL ; 液状化指標値、 r ; 重回帰係数、である。

重回帰分析に使用したサンプルについて変位の予測値と実測値を比較した一例を図.4に示す。また、はらみ出し量と沈下量の関係を被災程度別に図.5に示す。線形の回帰式を仮定して解析した結果であるが、残留変位と今回選んだ安定性指標値との間にはかなりの相関があるものと思われる。

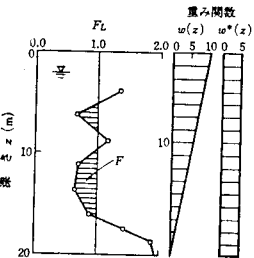
＜あとがき＞ 今回の検討から地震被災事例をもとに残留変位を推定することがある程度可能であること

が分かった。しかし、今回求めた回帰式にはまだ問題も残っている。今後引き続き検討を加えて信頼性の向上を図るつもりである。最後に、本文をまとめるに当たって貴重なご意見を頂いた港湾技術研究所の諸氏に謝意を表します。

＜参考文献＞ 1)野田、上部；重力式岸壁の地震被災例集、港研資料、No.227、1975年9月、等。 2)片山、他；1968年十勝沖地震などの被災例による現行設計法の検討、港研資料、No.93、1969年、等。 3)運輸省港湾局監修；港湾の施設の技術上の基準・同解説、日本港湾協会、1979年3月。 4)野田、上部、千葉；重力式岸壁の震度と地盤加速度、港研報告、第14巻、第4号、1975年12月。 5)岩崎、龍岡、他；地震時地盤液状化の程度の予測について、土と基礎、1980年4月、pp.23～29。

表. 1 応答計算に用いた地震波形

記録名	観測地点名	地震名(震央地点)	発震時刻	M	対象とした地震
S-252 NS	八戸-S	十勝沖地震	1968.5.16.9.	7.9	男鹿半島、南海、1952年十勝沖、新潟、1968年十勝沖地震
S-74 EW	清水工場-S	静岡地震	1965.4.20.8.	6.1	北伊豆、静岡地震
S-213 EW	御島-S	日向灘地震	1968.4.1.9.	7.5	1961年日向灘地震
S-733 NS	鋼路-S	根室半島沖地震	1973.6.17.12.	7.4	根室半島沖地震
S-1046 NS	港研-S	伊豆大島近海地震	1978.1.14.12.	7.0	伊豆大島近海地震
S-1210E41S	大船渡防地-S	宮城県沖地震	1978.6.12.17.	7.4	宮城県沖地震



$$P_L = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz \quad (\text{矢板式})$$
$$P_L^* = \int_0^{20} F \cdot w^*(z) dz \quad (\text{重力式})$$

図. 1 液状化指標値の算出方法

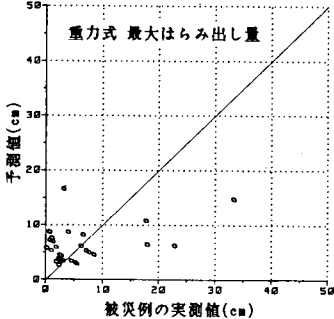


図. 2 液状化指標値の累積百分率

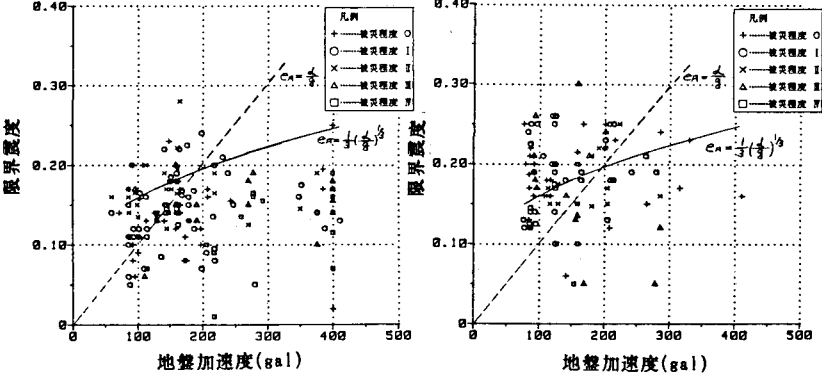


図. 3 地盤加速度と限界震度の関係

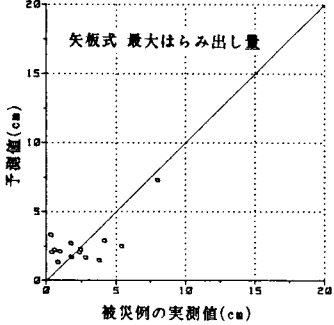


図. 4 重回帰式の残差

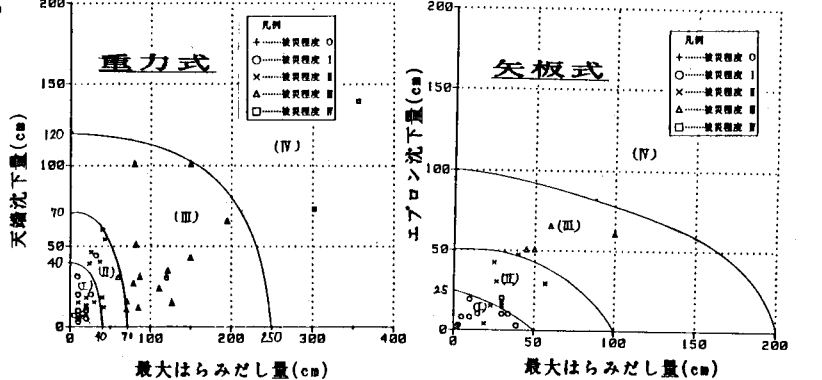


図. 5 はらみだし量と沈下量の関係