

港湾構造物の性能照査法の更なる合理化に向けて



港湾研究部長 長尾 毅

(キーワード) 信頼性、作用、耐力

1. 設計工学的視点の重要性

設計とは、想定される作用に対して構造物が安定であるように断面諸元を決める行為である。その際、必要となる安全性が担保されるように、種々の不確定要因やばらつき等を考慮して余裕度が設定される。余裕度を示す指標は、安全率、耐力作用比、信頼性指標、破壊確率等の様々のものがある（ちなみに、港湾の性能照査では、安全率という指標は用いていない）。設計においては、作用の評価、作用に対する構造物の応答の評価に加えて、余裕度の設定を行う必要があり、これら全ての評価・設定が合理的に行われる必要がある。

工学研究の積み重ねにより、作用の評価、構造物の応答の評価の何れも長足の進歩を遂げている。港湾分野では、入力地震動は従来、レベル1地震動は全国を5ブロックに分割した係数として評価され、レベル2地震動は過去の地震動記録の中から代表的なものを選定して、加速度最大値を想定される地震規模に応じて調整するという手法が採用されてきた。現在は、土木学会の土木構造物の耐震設計ガイドラインの考え方にに基づき、港湾毎に震源特性・伝播経路特性・深層地盤による増幅特性を考慮した時刻歴波形をレベル1・レベル2地震動の両方で設定することとしている¹⁾。

構造物の応答に対する研究も進んでおり、岸壁の耐震設計では、レベル1地震動に対しては岸壁の変形量に対応した照査用震度を設定して性能照査を行う方法が採用された²⁾ほか、レベル2地震動に対しては2次元有限要素法による有効応力解析が標準的に用いられている。

以上のように作用・応答に関する研究は進んでいるが、最終的に構造物の信頼性を決定するのは

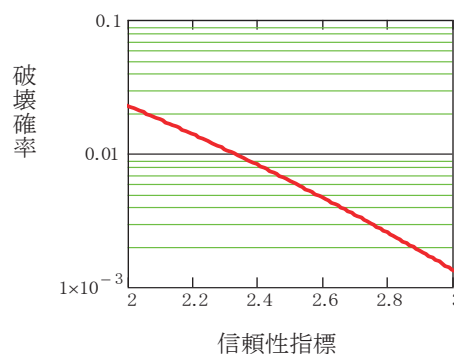
余裕度の設定であり、余裕度設定は設計工学的観点から作用・応答の技術的水準を考慮して慎重に行われる必要がある。従来、ともするとこの設計工学的観点が不足しがちであったといえよう。

表－1は各種防波堤の波浪作用に対するシステム信頼性指標を比較したものである³⁾。信頼性指標とは構造物の破壊確率を間接的に示す指標であり、両者の関係は図－1に示すとおりである。

最低の信頼性指標2.04と最大の信頼性指標2.64は信頼性指標の値としては30%弱の差であるが、実際に構造物の安定性は破壊確率で評価されるべきであり、図－1を参照すると破壊確率はそれぞれ0.021と0.004であり、実に5倍の破壊確率の差

表－1 システム信頼性指標の比較

構造形式	信頼性指標平均値
ケーソン式混成堤	2.11
消波ブロック被覆堤	2.64
上部斜面堤	2.16
直立消波ブロック堤	2.04
消波ケーソン堤	2.05



図－1 信頼性指標と破壊確率の関係

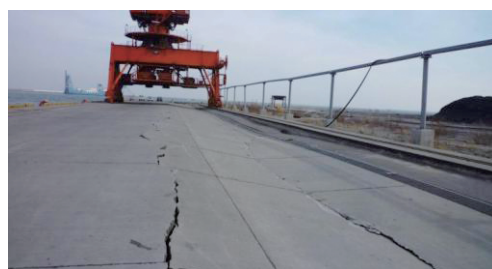
いがある。防波堤に求められる性能は港内を静穏に保つことであり、この点において各構造形式に対して求められる安定性水準に違いはない。ところが実際には上記のような安全性水準の違いが生じている。この違いは各構造形式に対する波力算定式の提案者の考え方の違いに起因するものであり、異なった考え方を同じ性能照査式に持ち込んでしまったために生じたものである。今後もこのような不整合を解決していく努力が必要である。

2. 作用評価の更なる合理化

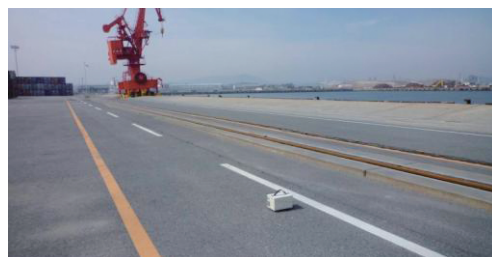
作用や応答の評価法の更なる合理化についても、今後も進めていく必要がある。紙幅の関係で以下では作用について述べる。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では津波のみならず地震動の作用による被害も多く発生した。特に、同一の港湾においても地区別に被害状況が大きく異なるケースが見られたことが今回の地震被害の特徴である。これは、震源からの距離がほぼ等しい地点においても、地震基盤から地表面までの堆積層における増幅特性が異なるためであると考えられる。例として小名浜港では3号埠頭で大きな被害が生じたが、大剣埠頭においては無被害であった（写真-1）。両地点における常時微動H/Vスペクトル（常時微動のスペクトル振幅の水平成分と鉛直成分の比）を図-2に示す。常時微動H/Vスペクトルのピーク周波数は、地震動が強く増幅される周波数に対応していることから、このピーク周波数が岸壁の変形に大きな影響を持つ2Hz以下の場合、地震時に被害が生じやすいといえる。3号埠頭では2Hz以下に、大剣埠頭では2Hz以上にピークが認められ、被害の大小と良く対応しているといえる。この結果を踏まえて小名浜港では入力地震動のゾーニングが行われ、設計に反映されている。地震動の増幅特性の精度の高い評価は強靱な国土造りのために非常に重要であり、今後更に研究を進めていく必要がある。

【参考文献】

1)長尾毅他：フーリエ振幅と群遅延時間に着目した確率論的地震ハザード解析，土木学会論文集，



(a) 3号埠頭



(b) 大剣埠頭

写真-1 小名浜港における岸壁の被害状況

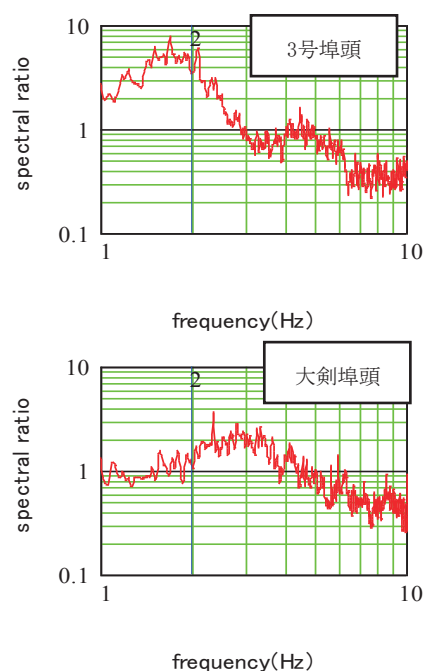


図-2 小名浜港常時微動H/Vスペクトル

No.801, I -73, pp.141-158, 2005

2)長尾毅他：レベル1地震動に対する重力式および矢板式岸壁の耐震性能照査用震度の設定手法，国総研資料 No.310, 2006

3)吉岡健，長尾毅：重力式防波堤の外的安定に関するレベル1信頼性設計法の提案，国総研報告 No.20, 2005