

運輸省港灣技術研究所 正會員 北澤 壯介

運輸省港湾技術研究所 正會員 野田 節男

1. まえがき

1978年宮城県沖地震により、宮城県を中心に福島県・岩手県の港湾が被害を受けた。石巻港の矢張り式岸壁では、裏込め砂が液状化し著しい被害を蒙った。関上漁港では重力式岸壁が被災し、岸壁の機能が損なわれた。各地で大きな地震動が観測されたが、港湾地域における最大地盤加速度は塩釜港の288 galであった。本報告では、重力式港湾施設に限ってそれらを現行設計法で解析し、各港に発生した地震動の破壊作用と等価な震度を推定するとともに、各港の地盤加速度の実測値或は地盤の地震応答計算による推定値と比較した。その結果、今回の地震においても、既応の被災事例から得られた震度と地盤加速度の関係とほぼ同様であることが判明した。

2. 港湾及び漁港施設の被害概要

図-1 中の宮古、釜石、気仙沼、女川を除く港の港湾関係施設に被害が発生したが、石巻、関上の2港を除けば被災程度は著しくない。

重力式の岸壁・護岸等の被害の形態は、図-2に例示する如く、コンクリートブロック等の土留め壁体の前方への滑動・傾斜及び流下と、背後エプロンの流下・クラック及び目地開きであり、これらは従来の震害例と同様であった。天端のはらみ出し量とエプロンの流下量は、おおむね10数cm以下であり、ほとんどの施設はその機能を損っておらず当面の使用に支障はなかった。しかし、関上漁港では図-3に示す如く、壁体が最大122cmはらみ出し、エプロンの破損も著しく、岸壁の機能はほとんど失われている。

矢板式けい船岸の被害の形態は、岸壁法線の海側へのはらみ出しと控え工の直上の舗装に生じたクラックである。最大はらみ出し量は、石巻港潮見埠頭で119cm、関上港-3.5m岸壁で106cmであった。石巻港の被災岸壁の背後では、目地やクラックを通して噴砂が認められた。

その他、防潮堤の被覆工の沈下・クラックや大船渡港における津波防波堤の割石マウンドに沈下が認められた。

今回の地震被害をみると、矢板式構造物に比べて多数の重力式構造物に滑動や沈下が生じている。前者はたとえ壁体が移動しても、その安定はそれほど損なわれないが、後者では矢板やタイロッドに大きな応力が生じ全体の安定が大幅に低下している可能性もあるので、矢板式が必ずしも重力式より耐震的であったと判断することはできない。

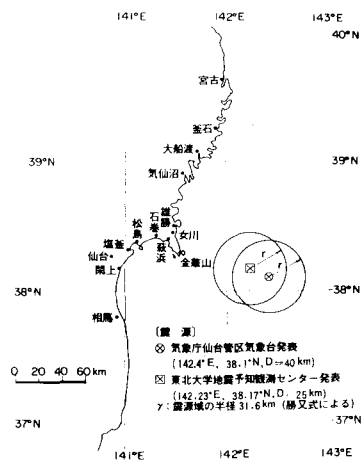


図-1 震央・震源域および港湾位置

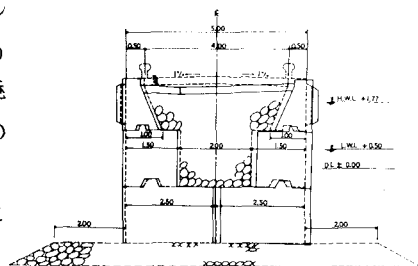


図-2 重力式岸壁の被災例(塩釜港)

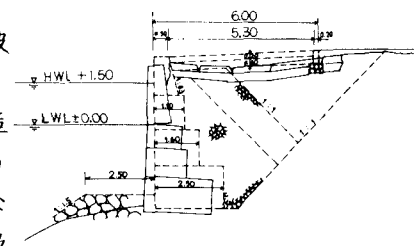


図-3 重力式岸壁の被災例(関上漁港)

3. 各港における最大地盤加速度

今回の地震では、仙台・塩釜・石巻一帯で大きな地震動が記録された。港湾関係では34台の強震計が作動したが、その内の2台が被災港の塩釜・大船渡に設置されていた。他の被災港における地盤加速度を、地盤の地震応答計算により推定した。ここでは、震源として東北大学地震予知観測センターのデータを用い、地盤の地震応答計算はSHAKEによった。基盤波形として、大船渡港及び開北橋の岩盤上で得られた記録を用いた。その他、震源域や基盤加速度の値等は文献を参照されたい。得られた地盤加速度を図-4に示す。図中の○印は、推定値に幅があることを意味している。金華山港等では、施設が岩盤上に築造されているので、推定値は基盤における値と等しいとした。

4. 重力式施設の安定解析と作用震度

重力式岸壁や護岸に対し、震度法に基づく現行設計法による安定計算を行ない、文献に示す方法を適用して各港における地震動の強さに対応する震度(作用震度)を推定した。図-5、6に方法の概略を示す。例えば、図-6.1のように、塩釜港の各施設ごとに安定解析を行ない安全率が1となる震度を求め、次に被災状況からその原因が滑動・転倒のいずれに起因するかを調べて、もし当該施設が滑動又は転倒により被災しているなら、地震動の強さに対応する震度はさらに大きな値であったとして上向きの矢印を付ける。被災していない場合は下向きの矢印とする。これらの点と矢印の方向を勘案して、今回の地震時に塩釜港に生じた作用震度は破線の範囲内にあったと判断する。女川港は無被災であったので、図-6.2に示す如く、作用震度は上限しか求まっていなかった。このようにして、10港における作用震度の値或はその存在範囲を求めた。

5. 作用震度と地盤加速度の関係

上記により得られた地盤加速度と作用震度の関係を図-7に示す。図中の曲線は、過去の被災例をもとに同様にして求められた関係式であり、直線は剛体に対する両者の関係を示している。塩釜・松島・萩浜港のように、震度や地盤加速度の推定値にかなりの幅があるとは言え、今回の結果は従来の提案式とほぼ同様な傾向を示している。大船渡、雄勝港のように、地盤加速度が200 gal以下の場合には、むしろ直線で示される関係があるとなみなした方がよい。なお、仙台、石巻港に対しては矢印が下向きなので、震度の存在範囲は上記の関係と矛盾しない。

6. 結論

重力式港湾施設の安定解析と最大地盤加速度の検討から、今回の地震においても、震度と地盤加速度の関係は図-7中の提案式で表わされることが判った。

文献 野田、上部、千葉「重力式岸壁の震度と地盤加速度」港湾技研報告、Vol. 14、No. 4、1976年1月

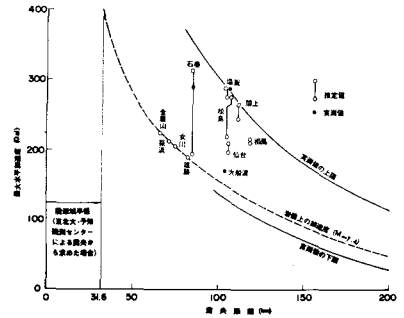


図-4 各港における地盤加速度

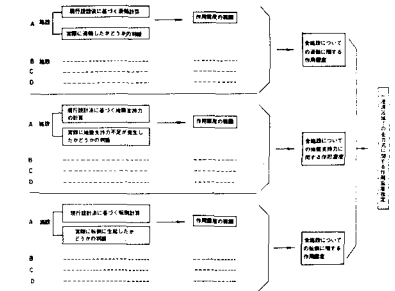


図-5 作用震度の推定法

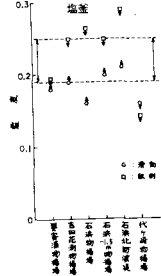


図-6.1 作用震度

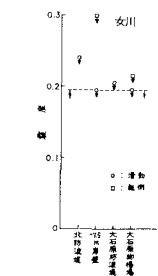


図-6.2 作用震度

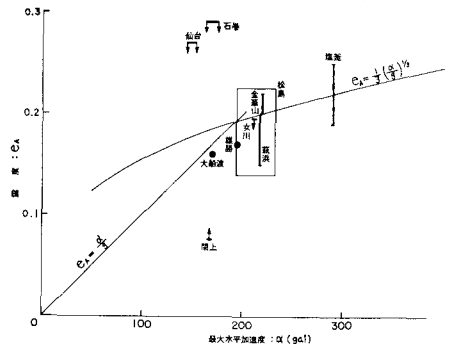


図-7 作用震度と地盤加速度の関係