

福岡県西方沖地震における水平変位量と陥没量に関する考察

九州大学大学院 学生会員 白土洋亮 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 笠間清伸

1. はじめに

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震は、博多湾の港湾施設に護岸の変位、エプロン部の沈下、液状化など様々な被害をもたらした。これは、地震空白地帯と思われてきた福岡市近郊でも直下型地震により被害が起こることが実証されたもので、今後は今回の経験を元に、地震への安全性を高めた都市作りを推進していくことが求められている。

しかし、ある大きさの地震を想定した際に、どの程度の確率で港湾活動への影響がどの程度発生するか、という点では十分な知見が得られておらず、主な影響要因すら明らかでない。本文では、福岡県西方沖地震における被災状況を元に、護岸の傾動や沈下、背後地盤の陥没などに影響する護岸の沖合方向への変位、およびエプロン使用性に関わる地震で発生した段差の大きさについて、その相互関係等を考察する。

2. 施設構造種別による被災変形率の比較

地震による港湾施設の被災程度を表す尺度として、変形による変位量を堤体高さで除した被災変形率などが使われてきた。被災変形率は、高い堤体ほど、背後からより大きな土圧をうけることにより大きく変位しやすい、ということなどから使用されている。

以下では、被災状況について情報の得られた71件を取り扱う。各施設の沖合方向への最大水平変位量を「変位量」と表現し、変位量を各施設の堤体高さで除した数を「変形率」、各施設付近最大の段差量を堤体高さで除した数を「陥没率」と定義する。また施設を、A群：重力式岸壁のうちL型ブロック式を用いたもの、B群：重力式岸壁のうちL型ブロック式以外のもの、C群：その他施設の3種に分類する。

変位量と変形率の関係について図-1に、段差と陥没率の関係について図-2にそれぞれ示す。両者とも、ある程度の相関を持ち、かつ完全な相関は得られないことは自明である。しかし、図-1は線形に近い関係であるのに対し、図-2は大変位でより陥没率が高まり、下に凸な曲線を描く傾向が見られる。図-2で上部に位置することは、同じ段差でも陥没率が高い、すなわち堤体高さの低い施設のデータであることを示す。これより、福岡県西方沖地震においては、大きな段差は堤体高さの低い施設で生じている。また、図-1の赤線は、「技術上の基準」¹⁾における使用可否の目安であるが、使用停止が妥当な領域まで変位した施設はほとんど無い。

施設種別ごとの分布は、変位量については、大変位はもっぱらA群(L型ブロック式)の岸壁で発生し、C群(重力式岸壁以外)の施設では変位があまり発生していない。段差についても似た傾向が見られるが、変位量ほど顕著に分かれはしない。

各施設の、変形率と陥没率の対応関係を、図-3に示す。変形率と

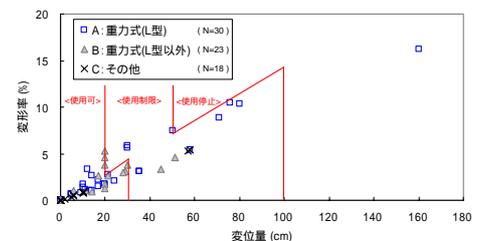


図-1 変位量と変形率の比較

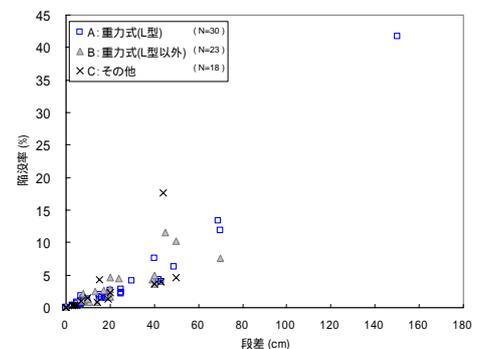


図-2 段差と陥没率の比較

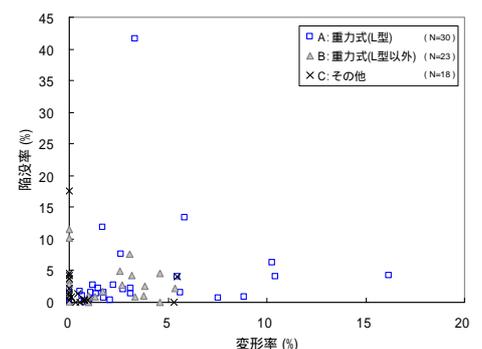


図-3 変形率と陥没率の分布

陥没率がともに高い事例はなく、分布は両軸からあまり離れない範囲にとどまる。これは、陥没などによる大きな段差が、岸壁のはらみ出しなど水平方向の変位と連動して生じたものではなく、むしろそれと背反的に発生していたことを示す。この傾向は、とくにC群(重力式岸壁以外)で顕著であった。

3. 施設方向による被災変形率の比較

地震時における岸壁の変位は、沖合方向へ発生することが多い。福岡県西方沖地震の水平加速度は、横ずれ断層の延長上にあたる福岡市において、震源方向への揺れが直交方向に比べ強く発生したため、岸壁の向いていた方向により被災程度に差があったことが考えられる。以下で、震源方向と岸壁方向が変位に与えた影響を検証する。

前述の71施設について、その施設から見た震源の方位を示す角度 c 、および施設沖合方向を示す角度 m を、それぞれ北から時計回りに計測した方位角で計測した。両者の差 ($c - m$) は、施設沖合方向から震源方向への離角を示す。

各方向について、変形率の平均値を、前述の施設構造種別ごとに分けて図-4に示す。変形率の大きなA群(L型ブロック式)は、離角 $315^\circ \sim 45^\circ \cdot 135^\circ \sim 225^\circ$ の施設がより大きく変形したことが分かる。しかし、B群(L型ブロック式以外の重力式)ではこの傾向は見られず、むしろ離角 $315^\circ \sim 45^\circ$ への変形率が低かった。

同様に、陥没率の平均値を図-5に示す。構造種別ごとに異なる方向に突出しているが、変形率とは異なり、陥没率は離角 $45^\circ \sim 135^\circ \cdot 225^\circ \sim 335^\circ$ 方向の施設で高い値を示した。また、変形率では施設の構造種別により変形度合いが大きく異なったが、陥没率ではその差は小さくなった。

4. おわりに

従来の調査²⁾により、L型ブロック式の岸壁で被災程度が大きかったことなどが指摘されているが、全体としておおよそ同様の傾向が確認される。ただし、変形率・陥没率いずれにおいても、構造種別・方向によっては標本数が少なく、大きな誤差が含まれる可能性もある。とくに、離角 $135^\circ \sim 225^\circ$ についてはいずれも標本数が少ないため、変形率が往復方向に強く出るとか、震源方向のみに強く出るとかは不明である。

図-4・図-5より、震源方向に面した施設や震源を背にした施設では沖合方向への変位が、それらに直交する方向の施設では段差の発生が特徴的にみられた。この結果は、図-3より得られた、沖合への水平変位量と段差は排他的に発生する、という結果にも符合する。段差の発生条件については、なぜその方向で影響が強く出るとか裏付けに乏しいため、今後の検討が必要である。

以上より、岸壁における水平変位と段差の発生には関連性が薄く、それぞれ独立した検討が必要であると考えられる。ただし、埋立前の旧地形や埋立材などによる影響なども指摘されている³⁾ので、前述の結果がそのような特殊条件の影響下にはないか注意しつつ、被災時における港湾利用への影響要因を探っていきたい。

- 参考文献 -

- 1)運輸省港湾局(1999)：港湾の施設の技術上の基準・同解説,日本港湾協会,pp.259
- 2)平松浩三 他(2005)：港湾施設の被害概要と特色,福岡県西方沖地震における被害調査報告,地盤工学会,pp.93-102
- 3)永瀬英生 他(2005)：自然・埋立地盤における液状化被害とその特徴,福岡県西方沖地震における被害調査報告,地盤工学会,pp.69-85

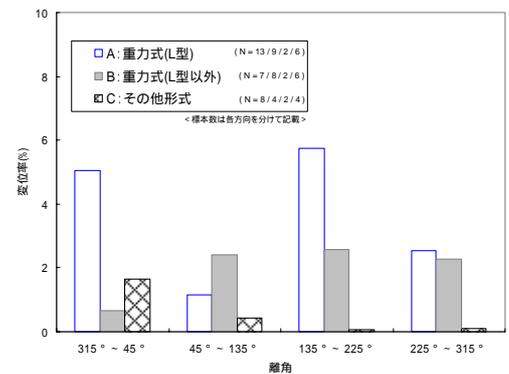


図-4 構造種別・方向別の変形率平均値

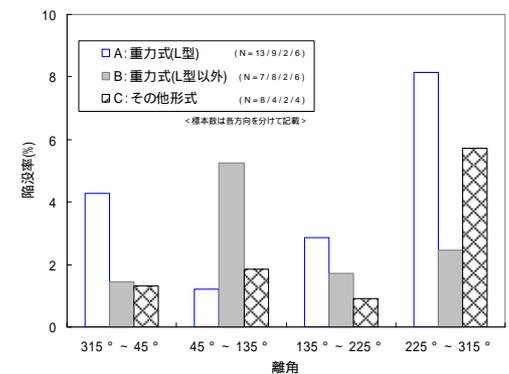


図-5 構造種別・方向別の陥没率平均値