

福岡県西方沖の地震で被災した矢板式岸壁の損傷分析

パシフィックコンサルタンツ株式会社九州本社 正会員 ○瀧本 朋久

福岡市港湾局

永野 利一

1. はじめに

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖の地震では、震源に近い玄界島で非常に多くの家屋が損壊し全島民避難を余儀なくされ、大規模な斜面崩壊も報告された¹⁾。また、博多湾の沿岸域を中心に港湾および漁港施設も多大な被害を受けた。そこで本稿では、被害を受けた港湾施設の中で、液状化による岸壁法線の被災変状が顕著であった矢板式岸壁を対象に損傷分析を実施した。矢板式岸壁の損傷分析は、まず現地調査および既往の設計図書などに基づいて整理した。次に、観測強震記録による実地震波を用いた変形解析により損傷シミュレーションを試み、岸壁法線の変状や液状化現象について考察を行った。

2. 対象岸壁の被災状況

被災した矢板式岸壁は、図-1に示す博多港箱崎ふ頭地区に位置する計画水深が-7.5mで、図-2に示す1号岸壁（控杭式鋼矢板形式）と2号岸壁（控鋼管杭式鋼管矢板形式）から構成される連続係留施設であり、築造から約30年が経過している。地震後の測量調査結果より、岸壁法線の変形状況を図-3に示す。岸壁法線に関しては、上部工が海側に大きくせり出し南側で最大56cmの水平変位が見られた。さらに水平変形量は、1号岸壁から2号岸壁に向かって減少していることも確認できた。次に潜水調査の結果より、前面矢板が広範囲にわたって海側にせり出し、最大4度の傾斜角が見られた。エプロン部の損傷状況を、写真-1に示す。これより、エプロン部直下で埋立土砂の液状化による噴砂現象やエプロン部の沈下が確認できた。以上の被災状況を踏まえて、本岸壁の被災メカニズムは、背後地盤が液状化することで、埋立土砂の液状化による増加荷重の影響が大きく寄与していたと考えられる。さらに、液状化による増加荷重が前面矢板に作用することで、岸壁本体が海側に大きくせり出すような損傷メカニズムが推測される。本検討では、岸壁法線の変状が顕著であった1号岸壁を対象に、実地震波を用いた変形解析により損傷シミュレーションを実施し、考察を行った。

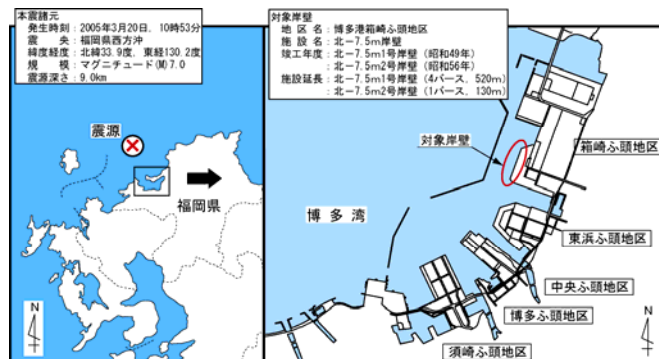


図-1 本震諸元および対象岸壁位置

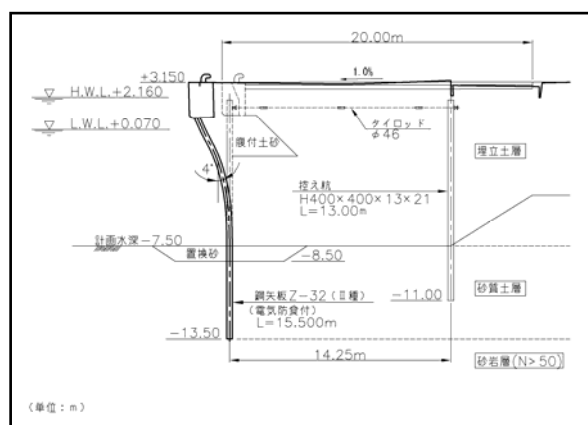


図-2 1号岸壁の被災状況

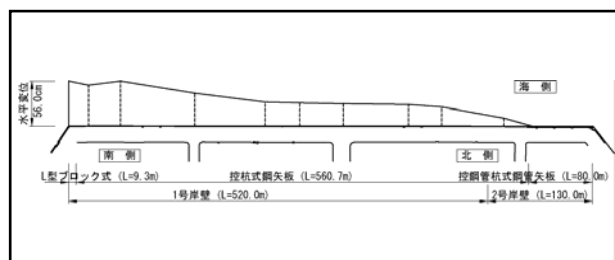


図-3 岸壁法線の変状模式図



写真-1 液状化による被災状況

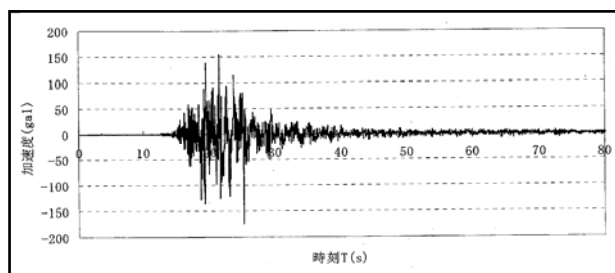


図-4 入力地震波形

キーワード: 損傷分析, 液状化解析, 地震被害, 矢板式岸壁, 港湾

連絡 先: 〒819-0007 福岡市西区愛宕南 1-1-7 パシフィックコンサルタンツ株式会社九州本社 TEL092-885-5618

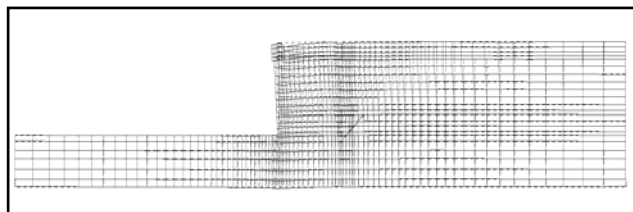


図-5 変形モード

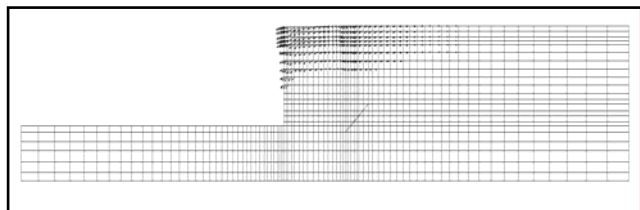


図-6 矢線ベクトル

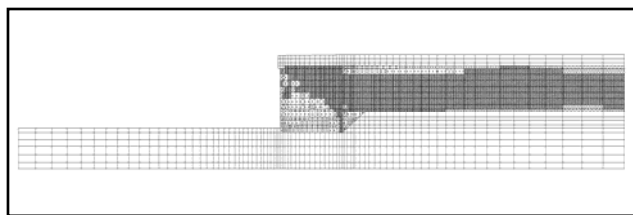


図-7 最大過剰間隙水圧比分布

表-1 解析結果一覧

	残留変位 (m)		最大変位 (m)		最大加速度 (m/sec ²)	
	水平	鉛直	水平	鉛直	水平	鉛直
矢板天端	0.635	0.150	0.636	0.150	2.686	0.698
エプロン部表層	0.616	0.132	0.617	0.132	2.227	0.612
矢板海底面	0.151	0.129	0.151	0.129	1.168	0.544

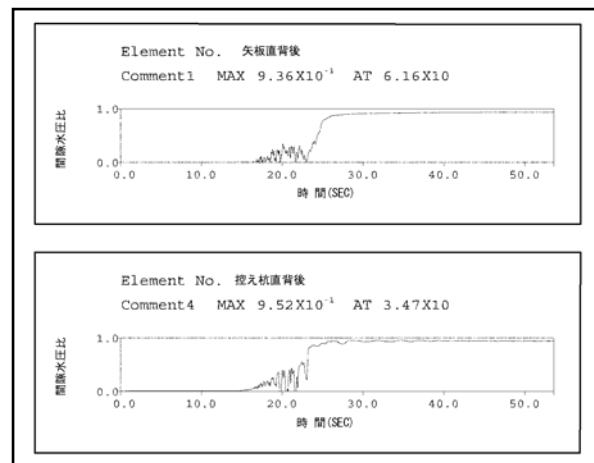


図-8 時刻歴過剰間隙水圧比

3. 解析条件

3.1 構造緒元

1号岸壁の前面矢板はZ型-32で電気防食を併用しており、控え直杭はH-400で杭間隔は1.60mである。また、控え索のタイロッドはφ46で取付間隔は1.60mである。耐震工学上の基盤は、N値が50以上となる砂岩層を基盤面とした。

3.2 解析手法および解析モデル

変形解析には、2次元有効応力解析法コードFLIP²⁾を用いた。FLIPは、土のせん断応力～せん断歪として双曲線で表現したマルチスプリングモデルを採用している。また、過剰間隙水圧の上昇は井合モデルを採用しており、過剰間隙水圧の上昇を考慮した応答解析が可能なプログラムである。解析の動的物性値として、地盤モデル（第Ⅲ種地盤）は、地震後に行った地質調査結果を参考に既往の設計図書および当時の設計基準³⁾から設定した。ただし、間隙水は非排水条件を想定している。なお、側方および底面境界は地盤が半無限に広がっていることを模擬するため粘性境界とする。さらに、解析モデルの全体系に対してはレイリー減衰を適用する。

3.3 入力地震動

入力地震波形は、図-4に示すようにK-net⁴⁾の強震観測記録(fko006EW)を1次元地震応答解析により2E波として基盤まで引き戻した波形を用いた。

4. 解析結果

解析結果の一覧を表-1に示す。残留変位と最大変位に大きな差がなく、海側への片押し変形挙動が確認できる。また変形モードを図-5に、矢線ベクトルを図-6に示す。前面側に岸壁および岸壁背後が全体的に変位している。さらに、岸壁背後の地表面は沈下し、岸壁直背後および控え杭位置で段差が生じている。これらの変位性状は被災状況と整合的で

ある。次に、最大過剰間隙水圧比分布を図-7に示す。また、図-8に岸壁直背後および控え杭前面における過剰間隙水圧比の時刻歴応答を示す。埋立土砂上層の過剰間隙水圧比が上昇しており、噴砂現象とも整合している。ただし、岸壁直背後は埋立土砂上層部のみ過剰間隙水圧の上昇が著しいが、深層部ではあまり上昇していない。したがって、埋立土砂が地表面付近での過剰間隙水圧の上昇に伴い、前面矢板に作用する荷重が増大し、また、控え杭前面側の水平方向抵抗力が低下することで岸壁全体が海側に大きく変位したものと考えられる。なお、前面矢板の深層部では剛性の低下が顕著でなかったために、変位がエプロン部の表層付近に限定され、前面矢板の拌み変形となったものと推察できる。

5. まとめ

本検討では、被災した矢板式岸壁の損傷分析を行い、背後地盤（埋立土砂）の液状化現象による変状メカニズムを、変形解析により概ねシミュレーションすることができた。

謝辞

入力地震波形は、宮崎大学工学部の原田隆典教授にご指導を頂いた。また、変形解析結果の評価は、パシフィックコンサルタンツ(株)交通事業本部構造部の佐藤成氏にご助言を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会西部支部:2005 福岡県西方沖地震被害調査報告書
- 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990
- 3) 日本港湾協会: 港湾構造物設計基準, 1967
- 4) 防災科学技術研究所: www.k-net.bousai.gc.jp