

# 臨海部における護岸の側方流動対策 —産業基盤の防災力向上を目指して—

塩崎 禎郎

(社) 日本鉄鋼連盟 防災研究会 (〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10)



中国地方の臨海部には、電力・ガス、石油化学、鉄鋼、セメントなどの基幹産業が集積している。臨海部の護岸・岸壁は、老朽化が進んでいるものがあり、ひとたび大きな地震に見舞われると、液状化により護岸が海側に変形し、背後地盤の側方流動が発生する可能性がある。それにより、護岸背後の産業施設の被災が懸念される。本論文では、側方流動による産業施設の被災事例の紹介と、対策工法について紹介する。

キーワード 地震被害、側方流動対策、護岸、老朽化

## 1. はじめに

我が国では多くの都市が沖積平野にあり、社会におけるインフラストラクチャーも都市近傍に存在し、臨海部や河口部に産業基盤が集約されている。他方、台風・低気圧、地震、火山の噴火、竜巻等に襲われる災害大国でもある。本論文では、地震の被害に着目し、特に臨海部の埋立地の液状化による側方流動被害の事例と、その対策工法について紹介する。

南海地震に関しては、内閣府中央防災会議で被害想定が詳細に検討されている。南海地震による震度予想図を図-1に示す<sup>2)</sup>。岡山県と広島県の臨海部では、震度5強から震度6弱となることが予想され、東南海・南海地震地震防災対策推進地域に指定されている。東南海地震と南海地震が同時に発生した場合の被害想定として、経済被害（最大のケース）について表-2に示す。平成17年から10年間で、これらの被害を半減させるための様々な施策が進められており、平成19年度末には約6兆円減少したと報告されている。

## 2. 臨海部における防災対策の必要性

産業基盤が集中する臨海部で、阪神・淡路大震災のような規模の地震が発生すると、被災により生産活動が停止し、影響は地震発生域にとどまらない。

中国地方で発生が懸念されている地震の一例を、地震調査研究推進本部（本部長は文部科学大臣）の資料をもとに整理した（表-1参照）<sup>1)</sup>。

表-1 中国地方で発生が懸念される地震

地震	マグニチュード	今後 30 年の発生確率
南海地震	8.4 程度	60%程度
安芸灘～伊予灘～豊後水道	6.7～7.4	40%程度
五日市断層帯	5.5～7.0	不明
周防灘断層群主部	7.6 程度	2～4%

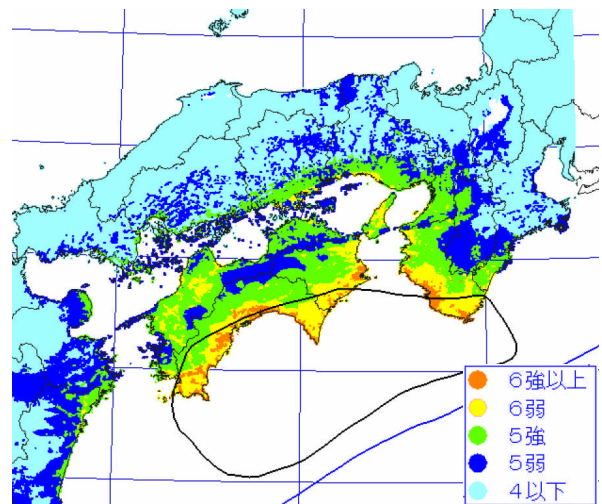


図-1 南海地震の震度分布<sup>2)</sup>

表1 東南海・南海地震の被害想定（経済的被害）<sup>2)</sup>

○経済的被害（最大ケース）

直接被害 （個人住宅の被害、企業施設の被害、 ライフライン被害等）	約4.3兆円
間接被害 生産停止による被害	約1.4兆円
東西間幹線交通の寸断による被害	約5兆円
約1兆円	
その他全国への経済に与える影響	約8兆円
合計	約5.7兆円

※過去の地震災害の実態を踏まえて推計。

※人的被害及び公共土木被害は含まれていない。

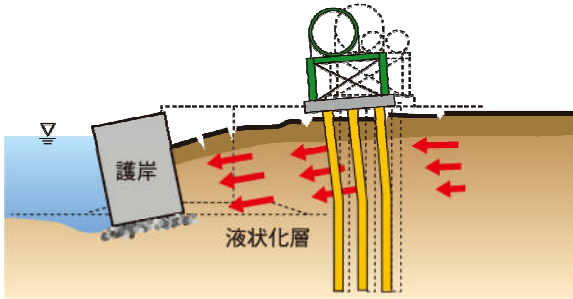


図-2 側方流動による被害の概要



写真-1 側方流動による被災事例（出所：株神戸製鋼所）

### 3. 臨海部における護岸の側方流動による被災事例

臨海部埋立地では、地震が発生すると、地盤の液状化に起因する側方流動が発生することがある。被災前後を示す図-2は、地盤が液状化して護岸が海側に変位・沈下し、背後地盤の側方流動により構造物が被災することを表している。

1995年の阪神・淡路大震災における側方流動の被災事例を紹介する。写真-1は、ケーソン岸壁が海側に大きく変位した結果、背後地盤が水没し、荷役施設に影響を与えた例である。

タンク群が存在する地盤の側方流動による水平変位の実測（図-3参照）では、赤の矢印が水平変位量を表しており、最大で365cm海側に変位している。図中の○印がタンク類を表しており、×印は貯留物の漏洩発生箇所である。このように護岸（岸壁）法線から200m程度内陸側までは側方流動の地盤変状が発生し、被災が生産設備に

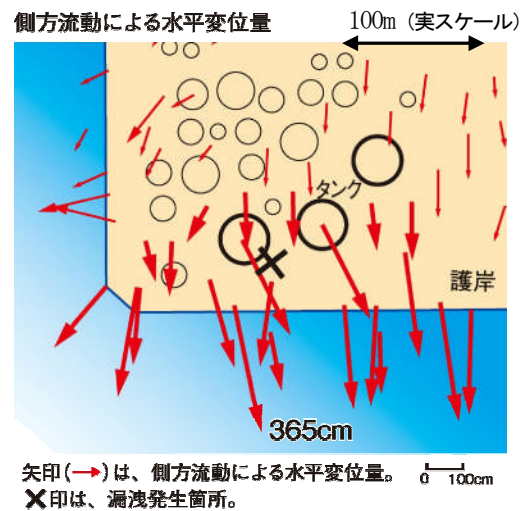


図-3 タンク設備の被災事例<sup>9)</sup>

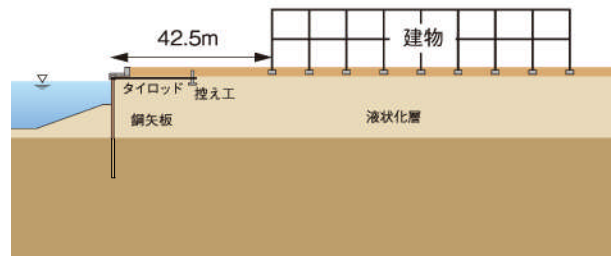


図-4 解析対象断面

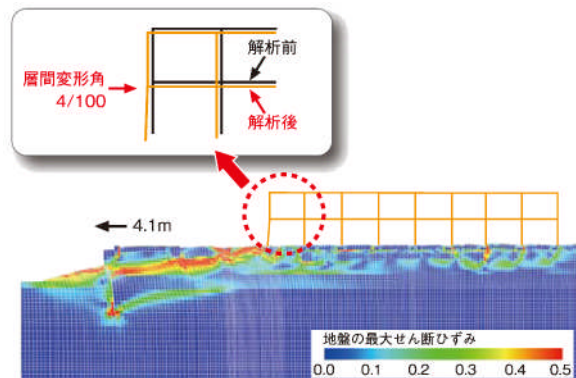


図-5 解析結果（側方流動対策なし）

及ぶことがわかる。

### 4. 護岸の側方流動の影響と対策

ここでは、実地震で判明した被害状況を参考に、護岸および護岸背後の建物に対して図-4に示す解析対象断面を用いて検討した。具体的解析条件は下記の通りである。

- ・ 臨海部護岸の背後に建物がある場合を想定して、液状化を考慮した有効応力解析プログラムFLIP<sup>9)</sup>を用いて被害を想定。
- ・ 地震動はマグニチュード7.3程度の地震で震度6弱～6強程度の波形を合成して用いた。この地震により、図-4に示す液状化層部分で液状化が発生する。

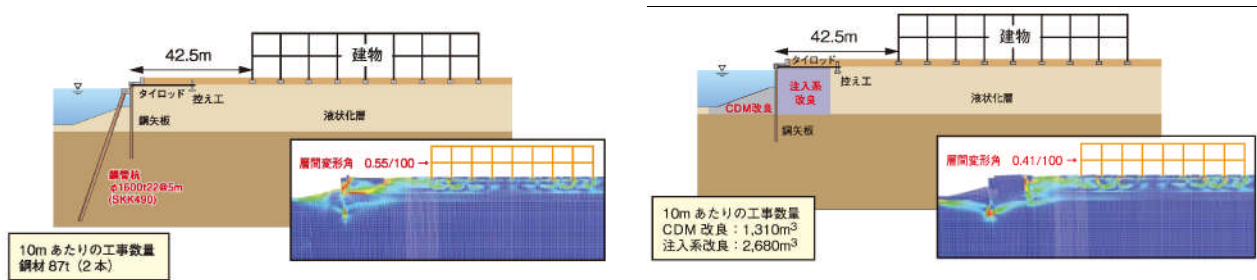


図-6 解析結果（斜杭による側方流動対策、地盤改良による側方流動対策）

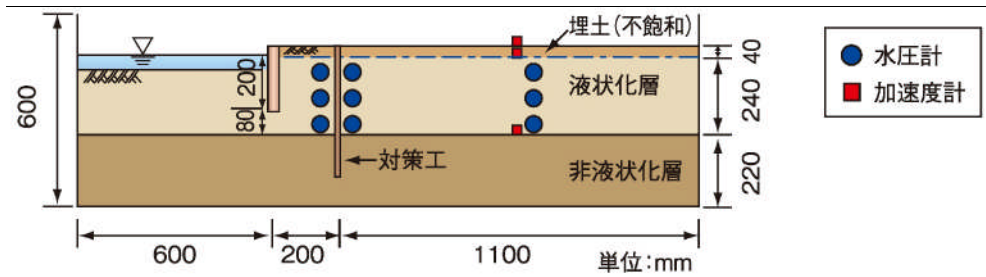


図-7 遠心模型実験断面図

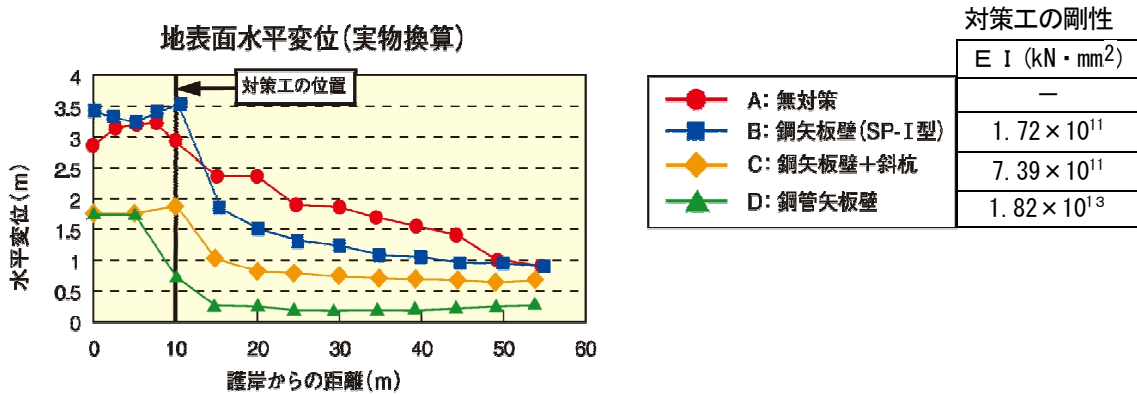


図-8 遠心模型実験結果（側方流動対策工の効果）<sup>9)</sup>

・ 側方流動対策なしの現状と、斜杭による側方流動対策、地盤改良による側方流動対策を行った場合を対象とし、それらの効果を、建物の柱の層間変位角に注目して実施した。

解析の結果、側方流動対策なしでは、矢板式護岸が海側に4m以上変位することにより背後で側方流動が発生した（図-5参照）。その影響で、護岸から40m以上背後にある建物1階部分の柱の層間変形角は4/100となり、建物にも被害がおよぶことがわかった。

一方、斜杭対策、地盤改良対策とも、建物の層間変位角を2/100以下に抑えられ、耐震性を確保できることが判明した（図-6参照）。

## 5. 護岸の側方流動対策実験

側方流動対策工法の効果を確認するため、50G場の

遠心模型実験が行われている<sup>9)</sup>。ここで紹介する対策工法は、前章の護岸前面に斜杭を打設する対策とは異なり、護岸前面には対策ができないことを想定し、背後地盤に壁を設ける対策工法である。図-7に模型実験断面を示す。

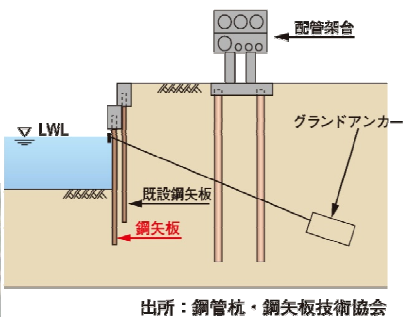
実験結果は、地表面の水平変位を実スケール換算して整理した（図-8参照）。対策工の壁の剛性を変えた実験を行ったところ、壁の剛性が高いほど側方流動による背後地盤の水平変位の抑制効果が高いことを確認できた。

## 6. 鋼（管）矢板・鋼管杭による護岸の側方流動対策・耐震対策工法例

護岸の側方流動対策工法を兼ねる耐震対策工や耐震対策を兼ねた高潮対策工等について鋼材・鉄鋼スラグを用いた事例の一部を紹介する。

鋼矢板を用いた事例として、老朽化した既設鋼矢板の

老朽更新

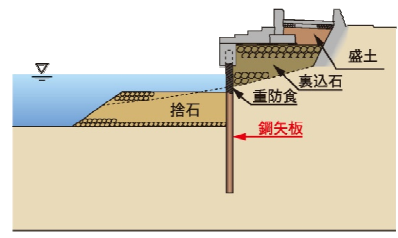


出所：鋼管杭・鋼矢板技術協会

老朽更新

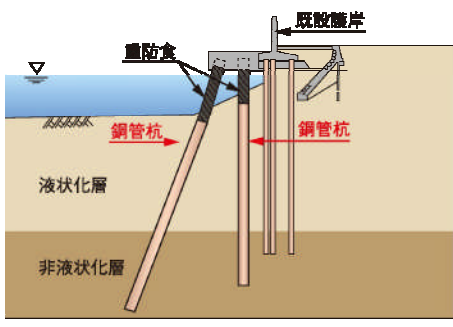
親水性向上

景観性向上



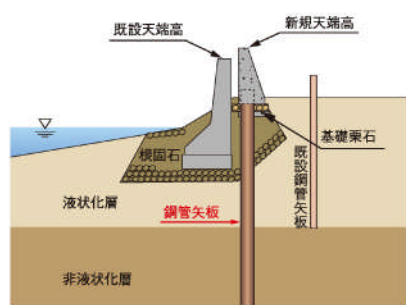
出所：港湾技研資料 No. 848 Sept. 1996

図-9 鋼矢板を用いた側方流動対策（耐震対策）事例



出所：港湾技研資料 No. 848 Sept. 1996

図-10 鋼管杭による側方流動（耐震対策事例）



出所：中国地方整備局 広島港湾・空港整備事務所

図-11 側方流動対策（耐震対策）を兼ねた高潮対策事例

前面に新設の鋼矢板を打設し、斜めにグラウンドアンカーを設置して側方流動（耐震耐震対策）への効果を上げた実施例と、老朽更新・親水性向上・景観性向上として既設護岸前面に鋼矢板を打設し、さらにその前面に捨石を設けたものを図-9に示す。図-10は護岸の前面に鋼管杭を打設して側方流動（耐震対策）を行った事例である。

護岸の耐震対策を兼ねた高潮対策例として、鋼管矢板を用いた事例を図-11に示す。既存の護岸の背後に鋼管矢板を打設して上部工コンクリートにより嵩上げを行った事例である。

最後に、鉄鋼スラグを活用した耐震化事例を紹介する（図-12参照）。図中の高炉水砕スラグは、単位堆積重量が天然土砂より小さいため、軽量裏込め材として用いた事例である。また、製鋼スラグについては単位体積重量と内部摩擦角が大きいことからサンドコンパクションパイル用材として活用されている。

### 7. まとめ

地震大国である我が国では古くから各種防災対策が講じられてきた。現在、高度成長期に造られたインフラストラクチャーは老朽化が進み更新時期が近づいている。また発生が懸念される地震に対し、産業基盤の防災対策が重要である。このような背景のもと、鋼材がその強度特性から側方流動対策にも活用できることが判明した。既に種々の災害対策に用いられている鉄が、今後の防災対策に有効に使用されることが期待される。

### 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部ホームページ
- 2) 内閣府、防災担当ホームページ
- 3) 濱田政則、臨海コンテナの耐震性、消防防災 2004・春季号.
- 4) Iai,S and Kameoka,T :Finite element analysis of earthquake induced damage to anchored sheet pile quay walls, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.33, No.1, pp.71-91, 1993
- 5) 坪内隆、濱田政則：側方流動に対する護岸の耐震補強に関する研究、土木学会第 62 回年次学術講演会、平成 19 年

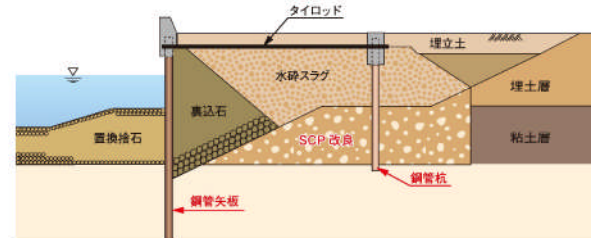


図-12 鉄鋼スラグを用いた耐震化事例

