

陸上設置型浮体式防潮堤の地震による傾斜に対応した起立性能確保の検討

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 正会員 ○竹田 晃 富本 正
(独)港湾空港技術研究所 正会員 有川 太郎 岡田 克寛
(株)ニュージェック 正会員 平井 俊之

1. はじめに

徳島県の撫養港桑島地区は、逼迫する東南海・南海地震等の地震に伴う津波に備え、国直轄海岸事業による津波浸水対策事業を進めている。当海岸の多くは、地盤中に静的に圧入して締固める工法（以下、締固め工法）による液状化対策を施した、堤防改良を実施している。しかし、大型車両を扱う港湾利用者等からの要望により一部の箇所では、利用形態を考慮した陸上設置型浮体式防潮堤（以下、浮体式防潮堤）を選定している。一方、撫養港海岸の現地条件からは、大型車両の通行による不同沈下や地震による傾斜の問題が生じる。そして、津波や高潮を含めその遡上速度は様々あり、このような問題が生じた場合に起立性能を有しているか否かは分かっていない。本稿は、水理模型実験から浮体式防潮堤の起立性能を明らかにし、その対応について報告する。

2. 陸上設置型浮体式防潮堤の概要 と起立性能の課題

従来の陸閘は、操作員が手動で閉鎖する手動式とボタン操作等で閉鎖する電動式が一般的である。撫養港海岸で選定している浮体式防潮堤は、通常時は扉体が地中に格納されているため、大型車両等の通行が必要な港湾荷役作業には支障とはならない。津波や高潮時は水位上昇に追従し、扉体が浮力により起立することで自動閉鎖し、津波や高潮の進入を防護する仕組みになっている。波力特性等は、木下ら¹⁾によって検討されている。しかし、撫養港海岸のような液状化対策が必要な地盤条件に対する設置は、大型車両の通行による不同沈下や地震による傾斜の問題が生じる。そして、津波や高潮を含めその遡上速度は様々あり、このような問題が生じた場合に起立性能を有しているか否かは分かっていない。

3. 水理模型実験による起立性能の検証

水理模型実験は、(独)港湾空港技術研究所が保有する施設を利用し、縮尺は現地換算 1/5 (W=1.6m, H=0.5m) で実施した。地震による傾きは、扉体正面から見て 3 度傾けることで実施した。なお、津波の高さの他に水位上昇速度による違いを見るため、造波装置を用いながら調整した。

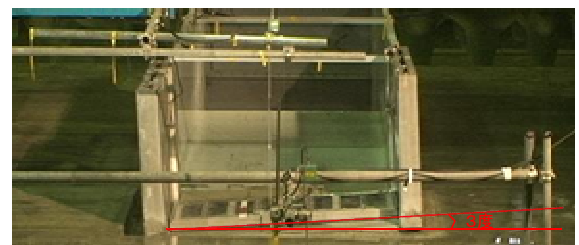


図-2 模型に傾斜角 3 度を設けた正面図

模型を傾けて設置した場合と水平に設置した場合における最終到達扉体角度について結果を図-3 に示す。ここで、特に水位上昇速度が遅い波において、最終到達扉体角度に差が生じている。これは、傾斜が付くことで扉体の喫水状況が変化するとともに、起立補助装置（カウンタウエイト）にも差が生じていることが考えられる。また、0.08m/s 程度のところでは、水平に設置した場合には完全に浮上（70 度程度で完全起立）しているものの、傾けて設置した場合には、浮上しきれない場合があった（図-4）。このことから、確実な起立性能を確保するためには、地震等による傾斜が生じない基礎地盤等の検討が極めて重要であることが明らかになった。

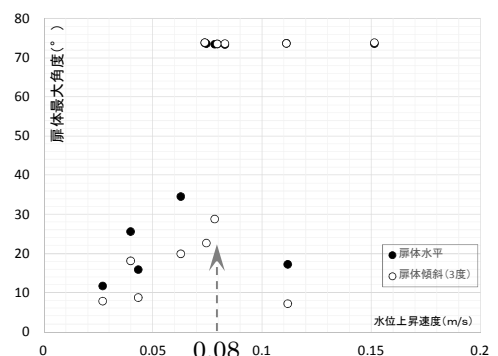


図-3 傾けた場合と水平な場合の扉体角度

4. 基礎構造の選定と性能規定

撫養港海岸での浮体式防潮堤は、控え矢板式物揚場(-7.5m)のエプロン(幅 15m)背後に設置する計画である

キーワード 浮体式防潮堤, 起立性能, 性能規定

連絡先 〒760-0017 高松市番町一丁目 6 番 1 号 (住友生命高松ビル 2 階)

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 TEL087-811-5662

(図-5). しかし、物揚場本体は耐震性を有しておらず、地震時には海側に大きく変位することが分かっている。また、液状化層対象層であるAs層には支持力を期待できないことを考えると、起立性能を確保するためには、耐震性に優れた鋼管杭基礎が必要と判断した。最適な杭配列を考えると底版基礎(L=11m, B=5m)に対して断面方向2本、法線方向4本の合計8本となる。しかし、図-6に示す津田・松井²⁾による実験結果の一例などから、鋼管杭は局部座屈の発生による抵抗力の低下が知られている。このような性能低下を許容した場合、浮体式防潮堤に傾斜を生じさせる可能性が大きいことから、鋼管杭の性能規定値は降伏モーメント以内として設定した。

5. 解析による鋼管杭の性能規定値の検証

浮体式防潮堤における鋼管杭の性能規定値の検証は、二次元有効応力解析FLIPを用いて、地震時の傾斜角を検証することとした。検証ケースと結果を表-1に示す。

性能規定を満足できない杭諸元を想定したケース1及びケース2において、傾斜角は1度以下となった(図-7)。これは解析モデルが水平地盤であることが大きく影響しているが、鋼管杭基礎であれば傾斜を抑制可能であることを示している。また、ケース3の結果を見ると、物揚場本体は耐震性を有していないことから大きく変形しているが、浮体式防潮堤はその場にしっかり止まっている(図-8)。

このことから、地震後に作用する津波に対して、確実な起立性能を確保するための性能規定として適切であることが分かる。

表-1 検証ケースと結果

ケース	解析方向	杭諸元の性能規定値	残留鉛直変位	残留水平変位	傾斜角
ケース1	法線方向 (扉体正面)	4本の杭が 降伏モーメントを超える	左:0.016m(沈下) 右:0.014m(沈下)	左:0.007m(左に変位) 右:0.007m(左に変位)	1度以下
ケース2	法線方向 (扉体正面)	3本の杭が 降伏モーメントを超える	左:0.016m(沈下) 右:0.014m(沈下)	左:0.007m(左に変位) 右:0.007m(左に変位)	1度以下
ケース3	断面方向 (扉体側面)	降伏モーメント以内	0.01m(沈下)	1.29m(海側に変位)	2.4度

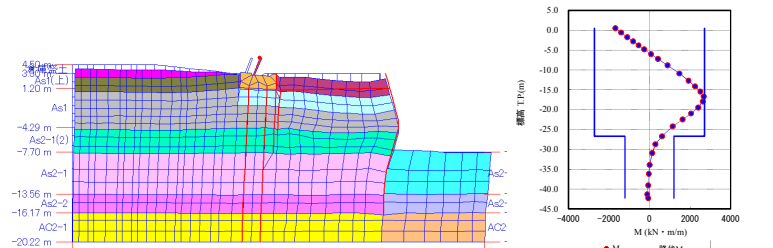


図-8 ケース3(左:残留変形図, 右:陸側杭モーメント分布)

6. おわりに

水理模型実験から浮体式防潮堤の確実な起立性能を確保するためには、地震等による傾斜が生じない基礎地盤等の検討が極めて重要であることを明らかにした。撫養港海岸での対応は、現地適用条件から耐震性に優れた鋼管杭基礎とし、局部座屈による抵抗力の低下に対応した性能規定値を定めた。そして、過去の災害で見られたように、津波の継続時間は長く、その間にも本震と同等の余震も発生することを考えると、浮体式防潮堤のような機構は、可能な限り確実性を高めた事前対策を施すことが極めて重要であると考えられる。

参考文献 1) 木下ら:フラップゲート式可動防波堤の波力応答特性に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第56巻, pp. 806-810. 2) 津田・松井:一定軸力と変動水平力を受ける円筒鋼管柱の弾塑性性状, 日本建築学会構造系論文集, No. 505号, pp. 131-138, 1998.3.

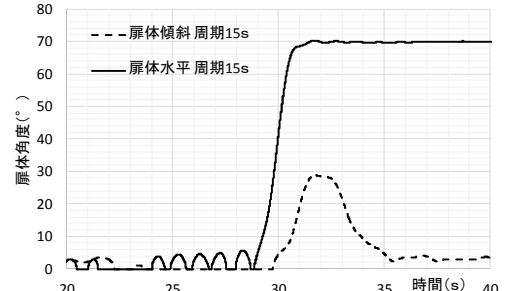


図-4 水位上昇速度0.08m/sの扉体角度

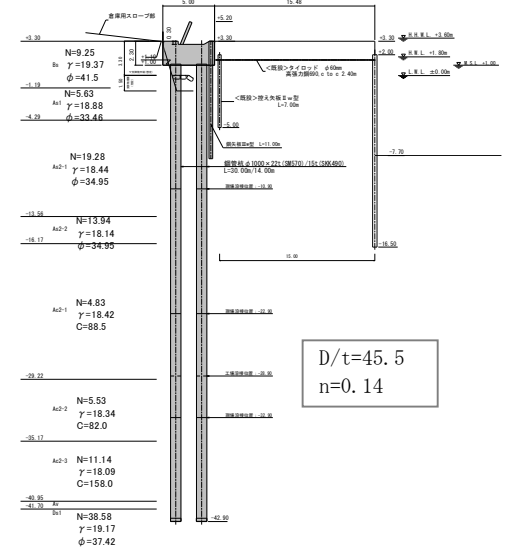


図-5 浮体式防潮堤の標準断面図

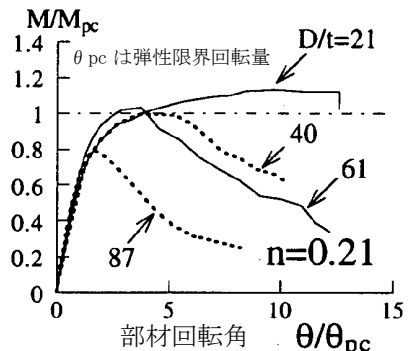


図-6 津田らの実験例(径厚比の影響)

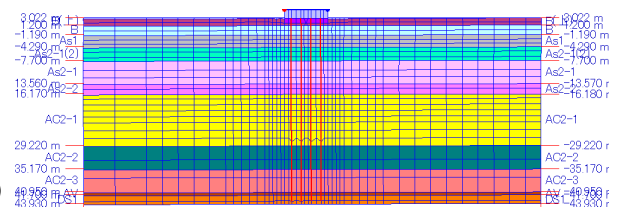


図-7 ケース1(残留変形図)