

徳島小松島港沖洲（外）地区における 防波堤の施工について（中間報告）

小松島港湾・空港整備事務所 工務課 川西 輝

徳島小松島港沖洲（外）地区では、四国で唯一となる東京港・北九州港を結ぶフェリーの老朽化や積み残しなどの非効率な輸送の解消を目的とした船舶の大型化に対応し、切迫する南海トラフ巨大地震、津波発生時におけるフェリーに対応した海上輸送機能確保のため、複合一貫輸送ターミナル整備事業を行っており、現在、供用開始済みの岸壁の静穏性を確保するための、防波堤 150m の延伸整備を行っている。防波堤については、軟弱地盤に伴う圧密沈下への対応、岸壁供用後に現地着手を行うことから、航路および泊地を利用するフェリー等の航行に配慮した施工が必要となっている。

上記の課題を踏まえたこれまでの施工・安全対策について中間報告を行う。

キーワード 防波堤、圧密沈下、余盛り、安全対策

1. はじめに

徳島小松島港は、昭和 39 年 3 月に地方港湾徳島港と重要港湾小松島港とを統合して設立された重要港湾であり、現在も徳島港区と小松島港区に大別される。

徳島港区では、輸入原木のほか、港湾の全体貨物量の約 7 割を占める、定時フェリー航路が就航し、広域的な物流拠点として重要な役割を果たしている。

近年、全国のフェリー航路において、船舶の更新時期に合わせ、省エネ化・高効率化を図り、貨物需要に対応するため、フェリーを大型化する傾向にある。徳島港区で定期就航している、四国で唯一の東京・北九州を結ぶフェリーにおいても、船舶の老朽化が進むに伴い平日便を中心に満席に近い状態のため、貨物を翌日乗船或いは不乗船とせざるを得ない状況が発生し、非効率な輸送を強いられているため、船舶の大型化が予定されていた。

他方、南海トラフを震源とする巨大地震・津波により広範囲に渡って同時被災を受け、甚大な被害が発生した場合、東日本大震災時に見受けられるようにフェリー輸送が緊急物資や復旧資機材等の輸送に多大な貢献を果たしている。しかし、徳島小松島港には、フェリー輸送に対応した耐震強化岸壁がなく、早急な整備が求められていた。これらに対応するため、沖洲（外）地区に図-2 に示す耐震強化岸壁を中心施設とした、複合一貫輸送ターミナル整備事業を行っている。本事業は平成 21 年度に直轄事業として新規採択され、整備にあたっては、フェリーの新造船時期に合わせ、大規模災害時における海上輸送

機能確保のため、岸壁、航路・泊地、泊地を優先して整備し、平成 27 年 3 月の供用開始と共に、平成 28 年 1 月から 9 月にかけて大型フェリー 4 隻がリプレイスされ事業の早期効果が発現されている。現在は、供用岸壁の静穏性を確保するための防波堤 150m の整備を平成 27 年度より現地着手し、平成 31 年度の完成を目標にしている。



図-1 徳島小松島港港区図



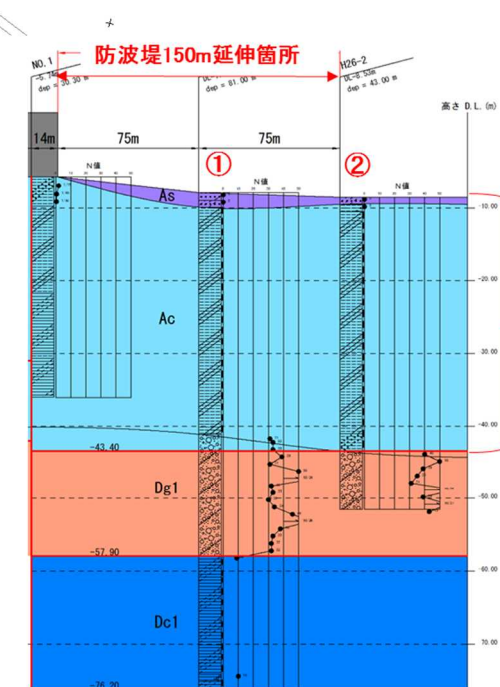
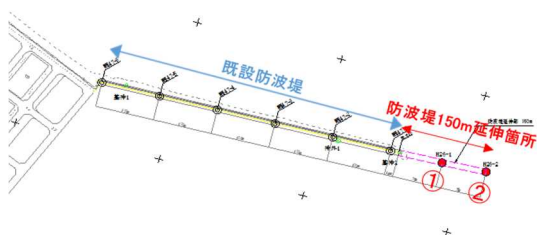
図-2 複合一貫輸送ターミナル整備事業
施設構成図

2. 施工上の課題と配慮

(1) 圧密沈下

防波堤延伸箇所は、図-3 に示すように、沖積粘性土層（Ac 層）が 30m 以上にわたり分布している軟弱地盤である。

このような軟弱地盤に対して、安定性を満足し経済的な構造形式を検討し、図-4 に示すように SCP（サンドコンパクションパイル）による地盤改良工法を併用した重力式防波堤（消波ブロック被覆堤）を採用している。しかし、表-1 のように圧密沈下が予測されているため、防波堤の必要天端高の確保にあたっては、圧密沈下を考慮した施工が必要となっている。



時代区分	記号	土質区分	N値分布
沖積層	As	シルト混り砂～シルト質砂	0
	Ac	粘土質シルト～砂質シルト	—
洪積層	Dg1	粘土混り砂礫	30～50
	Dc1	シルト質粘土	9～10
	Ds1	シルト質砂	32
	Dc2	粘土質シルト～砂混りシルト	19～21
	Ds2	シルト質砂～礫混り砂	35～48
	Dg2	粘土混り砂礫	50以上

図-3 想定地質断面図

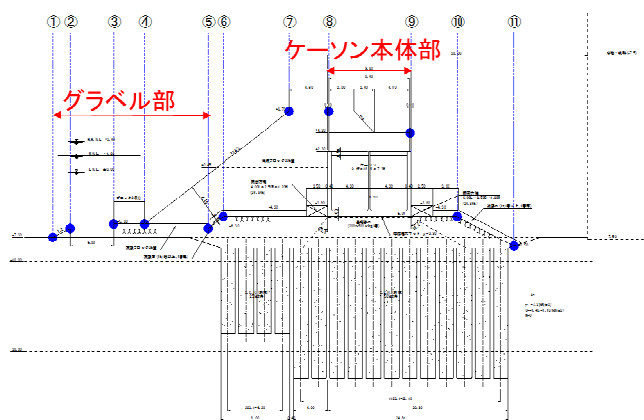


図-4 防波堤標準断面図

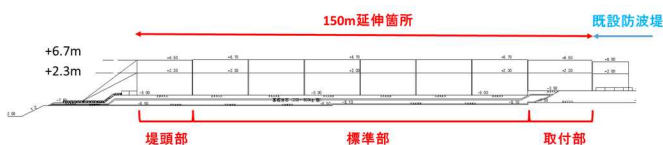


図-5 防波堤縦断面図

表-1 圧密沈下予測

	グラベル部							ケーソン本体部			
取付部	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
沈下量	0.23 m	0.28 m	0.41 m	0.54 m	0.79 m	0.88 m	1.04 m	0.87 m	0.75 m	0.59 m	0.45 m
標準部	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
沈下量	0.19 m	0.23 m	0.34 m	0.49 m	0.80 m	0.72 m	0.91 m	0.73 m	0.61 m	0.42 m	0.30 m
堤頭部	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
項目	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
沈下量	0.19 m	0.24 m	0.35 m	0.50 m	0.82 m	0.98 m	0.97 m	0.64 m	0.56 m	0.76 m	0.42 m

(2) 一般航行船舶に配慮した防波堤整備

防波堤の整備において、図-6 に示すように、工事区域と航路、泊地が近接しており、工事用作業船のアンカーが支障となる場合があり、定期フェリーや貨物船等の一般船舶の安全な航行に配慮した施工を行う必要がある。

加えて、当該工事箇所周辺では、徳島河川国道事務所及び西日本高速道路株式会社による四国横断自動車の整備が行われており、各事業の工事用作業船の安全対策も必要となっている。（図-7）

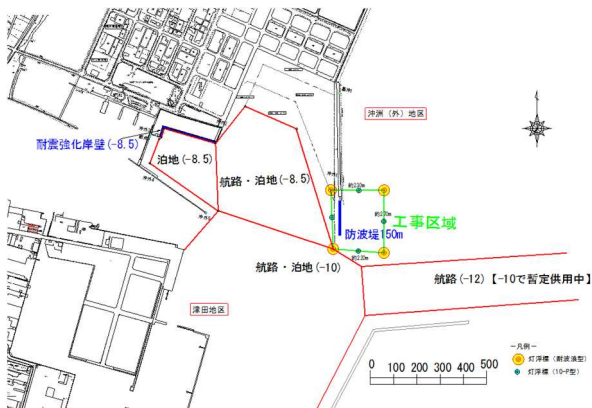


図-6 工事区域と航路・泊地の位置関係



図－7 徳島港区における海上工事の状況

3. 課題への対応

(1) 圧密沈下対策

圧密沈下後における防波堤の設計天端高さを確保するため、事前に上部工嵩上げや基礎捨石余盛りで対応することが一般的であるが、事前対策による防波堤堤体の安定性確保が必要である。このため、表－2 に示すとおりの事前対策ケースを想定し、堤体の安定性確認を行った。結果、事前に上部工の嵩上げを行う場合、端趾圧が大きくなり、ケーソンの底版部材が性能規定値を満足しない。

そのため、図－8 に示すように、基礎捨石の余盛りで対応することとした。余盛り厚は予測沈下量に合わせて、ケーソン堤体部では 0.80m、グラベル部は 0.50m に設定した。

なお、計画工程上、当該防波堤は施工期間中に圧密沈下が収束しないと考えられることから、圧密に伴う放置期間を設けずに上部工の施工に着手しても安定性を確保できるか円弧すべり照査により確認を行った。表－3 に示すように、標準部、取付部は圧密の収束状況に関わらず施工できることを確認した。堤頭部は上部工施工時に圧密度 70%が必要となるが、計画工程上では上部工施工時には圧密度 70%に達する見込みである。また、上部工の施工にあたっては、沈下計測を行い、最終沈下量を予測した上で完成時の計画高を満足する上部工厚を設定することとしている。

表－2 圧密沈下対策比較

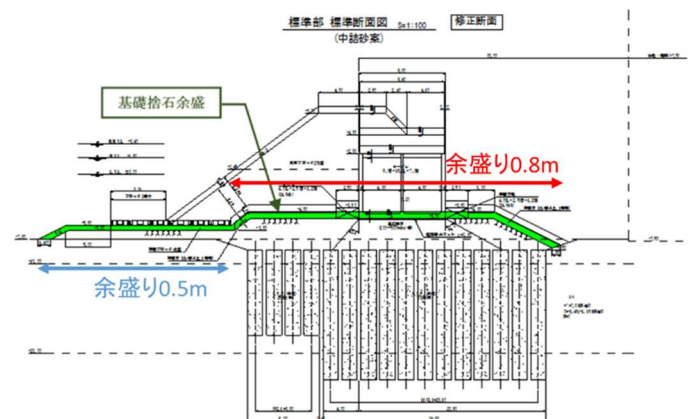
比較項目	堤体に対する安定性	課題	評価	備考 (部材照査結果) (終局限界状態)
事前上部工嵩上げ 0.80～0.90m	端趾圧が大きくなるため、滑動の摩擦係数0.8の採用が出来ない	上部工0.80m～0.90mの嵩上げでは端趾圧が設計値を超えるためケーソン底版部材の耐力は不足する。	×	2.14>1.00 NG!
事前上部工嵩上げ(0.3m～0.4m)＋基礎捨石事前余盛0.5m	同上	上部工0.3m～0.4mの嵩上げでは端趾圧が設計値を超えるためケーソン底版部材の耐力は不足する。	×	1.29>1.00 NG!
基礎捨石事前余盛0.3～0.4m後、圧密沈下度90%を待って、不足分だけ上部工を嵩上げ(0.4m)	同上	左記の通り、上部工嵩上げ高によっては、ケーソン底版部材の耐力は不足する。	×	1.40>1.00 NG!
基礎捨石0.80～0.90mにより余盛	滑動・転倒・円弧すべりの安定性はOK	端趾圧は設計値に収まるため、問題ない。	○	0.96≤1.00 OK!

表－3 円弧すべり照査結果表

断面	港外側 耐力作用比	港内側 耐力作用比
取付部新設地盤改良部	1.150≥1.000 (OK)	1.285≥1.000 (OK)
取付部既設地盤改良部	1.033≥1.000 (OK)	1.171≥1.000 (OK)
標準部	1.115≥1.000 (OK)	1.045≥1.000 (OK)
堤頭部	1.000≥1.000 (OK)	1.063≥1.000 (OK)

※堤頭部については、圧密による強度増加を考慮し、

圧密度 70%の場合の値



図－8 基礎捨石余盛り断面図

(2) 一般航行船舶に配慮した施工

a) 関係者調整

防波堤築造工事においては、2. (2) で述べたとおり、周辺で様々な工事が行われているため、行政機関、工事受注者で工程調整、作業船配置情報等について情報共有を行い、連絡体制を構築するとともに、フェリーや貨物船への工事情報の事前周知の徹底を行っている。

b) 防波堤工事における施工の配慮

これまでの防波堤工事において、航路・泊地に工事用作業船のアンカー投錨することによってフェリーの航行に支障を及ぼす場合があり、事前にフェリー運航企業等と施工方法について調整を行っている。結果、写真-1 に示すように大型作業船にて施工する海上地盤改良工（SCP）については、フェリー等の入出港時を避けた夜間施工を行った。

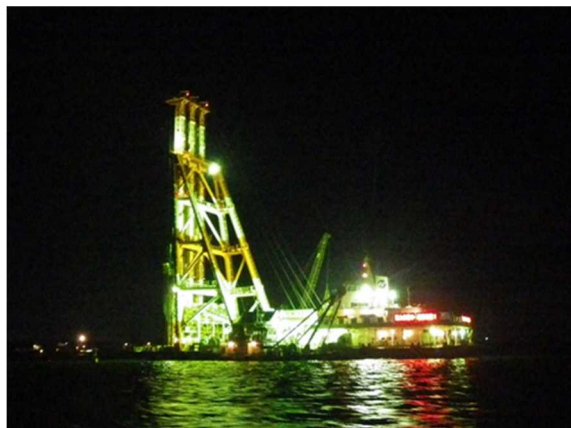


写真-1 SCP 夜間施工状況

ケーソン取付部の地盤改良範囲が既設防波堤の一部に重複することから、地盤改良にあたっては、既設防波堤先端のケーソン1函を一時的に撤去、仮置きが必要になる。この既設ケーソンについては、図-9 に示すように、過去に仮置き実績のある津田地区分離堤内へ仮置きマウンドを形成し、仮置きすることとした。既設ケーソンの撤去・仮置き、据付（復旧）にあたっては、フェリー等の船舶の往来が多い航路・泊地を横断してケーソンえい航を行う必要があるため、フェリー入出港時間を避けてケーソンえい航を行った。（写真-2）



図-9 ケーソンえい航ルート



写真-2 ケーソン仮置のためのえい航作業

平成30年度にはケーソン8函の据付を行う予定である。通常、ケーソン据付は、大型起重機船で浜出し後、据付位置まで移動し、ケーソンを設置する「吊降ろし方式」で行うが、当該施工箇所では、大型起重機船でケーソン据付を行う際、航路内にアンカーを投錨する必要があるため、フェリー等の船舶の航行に支障をきたす。そのため、大型起重機船で浜出し後、ケーソンを海上に進水させ、引船により据付位置までえい航し設置する「えい航据付方式」で行うこととしている。

ただし、大型起重機船によるケーソン浜出し時において、航路・泊地(-8.5m)内にアンカー投錨が必要となるため、関係行政機関やフェリー運航企業等に事前説明・施工方法の調整を行っているところであり、安全かつ効率的な施工を目指して引き続き、調整・検討を行っていく。



図-10 ケーソン据付イメージ図

4. おわりに

これまで、防波堤の圧密沈下対策、一般航行船舶に配慮した施工の工夫について述べてきた。平成30年度からはケーソン据付、上部工の施工に順次着手していくが、フェリー運航に支障のない、より安全なケーソン据付、防波堤の圧密沈下状況を見極めながらの上部工打設が必要となっており、引き続き、フェリー運航企業等との調整、沈下計測を踏まえた施工を確実にを行い、平成31年度の事業完成に向けて着実な整備を進めていく。