

# 高知港における 地震津波防護対策の検討について

さ さ き よ し ふ み  
佐々木 啓文

四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所 企画調整課 (〒781-0113 高知県高知市種崎874番地)

平成23年に東北地方太平洋沖地震により甚大な被害が発生したことを受け、平成24年に、内閣府において南海トラフを震源域とする地震及びそれに伴い発生する津波の被害想定が見直され、高知港における地震・津波対策についても見直す必要が生じた。

これを受け、高知港における地震・津波対策の方向性として、「三重防護」が有効であるという考え方をとりまとめるとともに、学識経験者及び行政関係者から構成される「高知港における地震津波防護の対策検討会議」を設置し、高知港及びその背後地を効率的・効果的に防護するための対策のあり方について検討を行った。

キーワード 海岸保全施設、津波対策、南海トラフ地震

## 1. はじめに

高知港は、土佐湾の中央部に位置し、浦戸湾内港と、外洋に面した高知新港からなる重要港湾である(図-1)。浦戸湾には、七つの主要な河川が流れ込んでおり、現在の高知市中心部付近の土地は、河川による土砂の堆積によって、平安時代以降に形成されたものである。このため、高知市中心部付近の標高は低く、海拔ゼロメートル地帯が広がっている(図-2)。



図-1 高知港の位置

現在、高知港を擁する高知市の人口は、高知県全体の約46%を占め、高知港の周辺には、鉱産品、造船、化学、石油類等の港湾関連企業が立地している。中でも、浦戸湾内のタナスカ地区には、石油・ガス等のエネルギー関連企業が集積し、高知県内の石油系燃料の約90%が当地区から供給されている。

一方で、高知市は、過去繰り返し、南海トラフを震源とする地震及び津波による被害を受けてきた。直近の昭和南海地震(昭和21年、マグニチュード8.0)においても、津波の襲来等による大きな被害が生じている(図-3)。図-3の上の写真は、昭和南海地震直後に、下の写真(現在)と同じ地点から高知市中心部を撮影したものであるが、陸地だった所が完全に水没してしまっている様子が伺える。

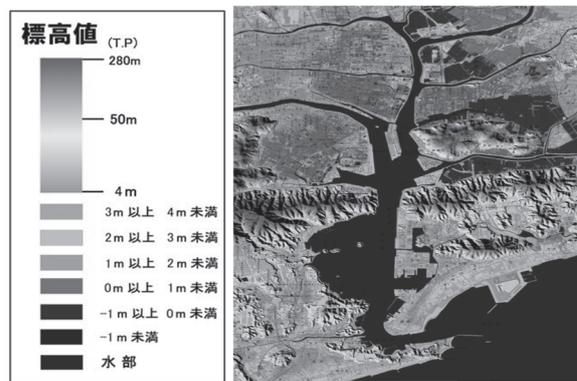


図-2 高知市内の標高<sup>1)</sup>



図-3 昭和南海地震による浸水被害

こうした中で、南海トラフを震源とするマグニチュード 8~9 クラスの地震は、今後 30 年以内の発生確率が 70%と予測されている。着実に地震・津波対策を講じていかなければ、標高の低い高知市中心部等へ人口・経済機能の集中が進んだ現在においては、次の南海トラフ地震による被害は、過去のものを上回る可能性が高いと考えられる。

本稿では、高知港における地震津波防護対策（三重防護による対策）の検討結果について報告する。

## 2. 高知港における大規模地震・津波による被害の想定

高知県の海岸行政においては、構造物で人命・財産を守りきる「防災」を目指すべき発生頻度の高い津波（以下、「L1 津波」という。）を、「東南海・南海地震（2連動、マグニチュード 8.6）津波断層モデル（中央防災会議、平成 15 年）」における津波としている。

東南海・南海地震が発生した場合、高知市では、地殻変動により、広域的に地盤が約 2m 沈降すると予測されている。また、液状化現象等により、高知市を海水の浸入から防いでいる護岸が倒壊することも予測されている。このため、条件の悪い所では、地震発生直後、地殻変動による広域的な地盤沈降と相俟って、護岸が大きく沈下し、海水が浸入して来ることになる。そこに、高知新港の第一線防波堤等を越流し、浦戸湾に浸入、北上する津波が襲来し、浸水被害を拡大させるのである（図-4）。

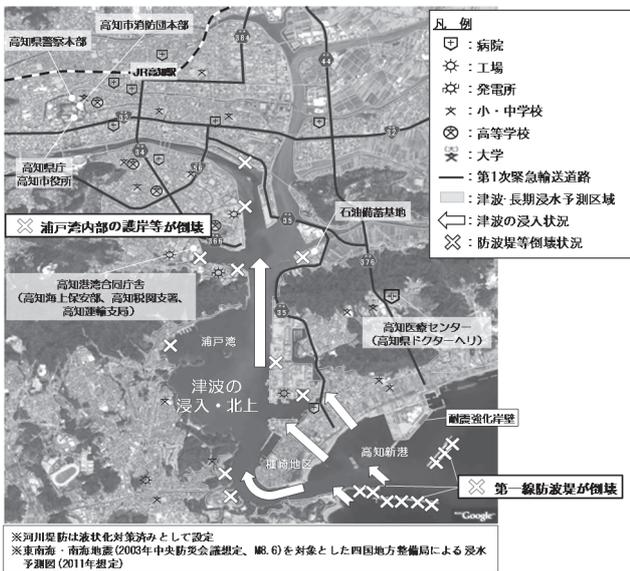


図-4 東南海・南海地震に伴う津波（L1 津波）による浸水予測

そして、高知市中心部では、護岸の高さが満潮位を下回っている箇所も有る状態となっているため、長期浸水被害が生じることとなる（図-5）。これが、高知市中心部における地震・津波被害の様相である。

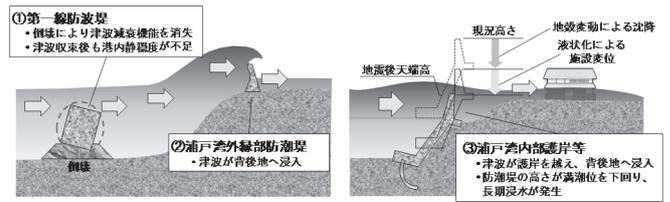


図-5 大規模地震・津波による被害（概念図）

また、高知新港の第一線防波堤が、津波の越流によって倒壊することにより、高知新港では港湾の静穏度が確保されなくなる。さらに、津波漂流物等により、浦戸湾内港への航路は閉塞される。このため、高知港の港湾機能がほぼ停止し、緊急物資輸送や復旧・復興活動に大きな支障が生じることとなると想定される。

最低限人命を守るという目標の下に被害をできるだけ小さくする「減災」を目指すべき最大クラスの津波（以下、「L2 津波」という。）である「南海トラフ巨大地震津波断層モデル（内閣府、平成 24 年 8 月）」による津波が生じた場合は、さらに甚大な被害が発生することが予測される。

## 3. 高知港における地震津波防護対策の検討（三重防護による対策）

### (1) 地震・津波対策の方向性

高知市は、浦戸湾を抱え込むように立地しており、太平洋に面する浦戸湾の入口は大変狹隘なものとなっている。そして、浦戸湾の外側には、太平洋に面して高知新港が整備されており、防波堤が太平洋の高波浪から高知新港を守っている。このような地形特性を活かし、2. で述べたような被害が想定される中において、高知港においては、多重防護の考え方の下、L2 津波の襲来も想定しつつ、L1 津波に対して、港湾及び背後地を効率的・効果的に防護するため、「高知港における地震津波防護の対策検討会議（平成 25 年設置、座長：磯部雅彦 高知工科大学副学長、事務局：四国地方整備局高知港湾・空港整備事務所及び高知県土木部港湾・海岸課）」を設置し、対策のあり方について検討を進めた。

当検討会議では、津波からの防護を重層的に行う「三重防護」が有効との考えに基づき、①高知新港の第一線防波堤、②浦戸湾外縁部・湾口部の防波堤や防潮堤、③浦戸湾内部護岸等の改良や補強等を行い、3 つのラインにより津波から防護し、被害を軽減することが有効であるとの考え方をとりまとめた（図-6）。

具体的には、第 1 ラインである第一線防波堤の延伸や粘り強い構造への補強等を行うことで、津波のエネルギーの減衰を図るとともに、高知新港の港湾機能の保全を図り、第 2 ラインである浦戸湾外縁部・湾口部の防潮堤等の高上げや液状化対策等の改良等を行うことで、津波

の浸入や北上の防止・低減を図り、第3ラインである浦戸湾内部護岸等の嵩上げや液状化対策等の改良等を行うことで、護岸の倒壊や背後地浸水の防止等を図るものである。



図-6 高知港における地震津波防護の対策方針案

この三重防護の対策の概念を横断面で示したものが、図-7 (L1津波のケース) 及び図-8 (L2津波のケース) である。L1津波に対しては、第一線防波堤、浦戸湾外縁部防潮堤、浦戸湾内部護岸等によって、堤内地(津波防護ラインより陸側)への浸入を防ぐものである。とりわけ、第3ライン(浦戸湾内部護岸等)においては、地殻変動による沈降を防ぐことは不可能であるものの、嵩上げや液状化対策等によって、地震後の護岸等の天端高を満潮位以上に保つことで、長期浸水被害を防ぐものである。

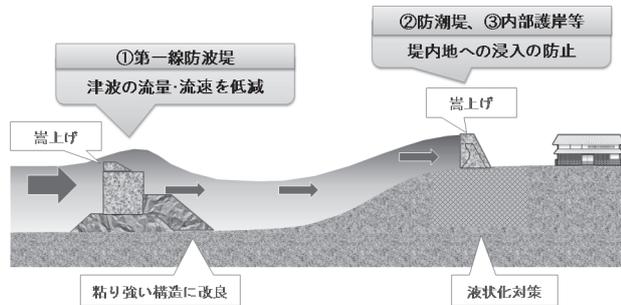


図-7 L1津波に対する防災(概念図)

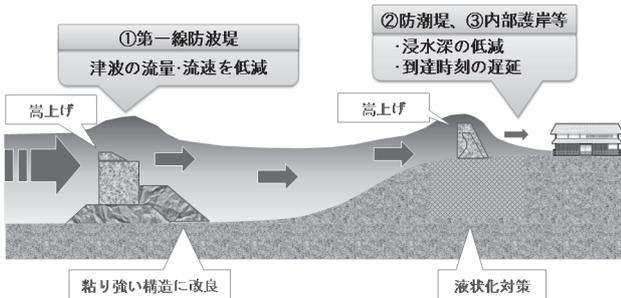


図-8 L2津波に対する減災(概念図)

また、L1津波に対する三重防護の対策を講じることにより、L2津波に対しては、浸水深を低減することができるとともに、津波到達時刻の遅延を図ることができ、避難時間を稼ぐことができるようになるものである。

(2) 対策案の検討

対策方針案における三重防護の考え方をもとに、「最大クラスの津波(L2津波)」の襲来も想定しつつ、「発生頻度の高い津波(L1津波)」に対して、港湾及び背後地を効率的・効果的に防護するための対策について、防護効果が期待できる対策案を4つ立案し、防災・減災効果の検討を行った。

立案した対策案は、湾口部や浦戸湾北部の狭水部に固定式構造物等を設置することで、L1津波の浦戸湾内への浸入、北上を抑制し、併せて浦戸湾内部護岸等(第3ライン)の嵩上げ等を行うことで、L1津波の堤内地への浸入を防ぐ①湾口部固定式案、②孕地区固定式案、③湾口部・孕地区固定式案と、湾口部(第2ラインの一部)に可動式防波堤を設置することで、L1津波の浸入を第2ライン迄で防ぐ④湾口部可動式案の4つである。なお、湾口部可動式防波堤設置案でも、浦戸湾内部護岸等(第3ライン)の液状化対策等は必要である。

立案した各対策案について津波シミュレーションを実施し、防災・減災効果についてとりまとめ、各対策案の効果を比較したものが、表-1である。

表-1 対策案の比較

	三重防護未対策時	①湾口部固定式案	②孕地区固定式案	③湾口部・孕地区固定式案	④湾口部可動式案
L1津波 浸水面積 (堤内地のみ)	1,600ha	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)
L2津波 浸水面積 (堤内地のみ)	3,300ha	2,500ha (800ha減)	2,500ha (800ha減)	2,200ha (1,100ha減)	3,000ha (300ha減)
L2津波 浸水深 30cm以上 (逃げ遅れ ると避難 行動が不 可能)	浸水面積 (堤内地のみ)	3,200ha	2,300ha (900ha減)	2,000ha (1,200ha減)	2,900ha (300ha減)
	浸水深30cm 到達時刻 (湾口付近)	30~40分	(遅延効果: 5分)	(遅延効果: 5分)	(遅延効果: 5分)
浸水深30cm 到達時刻 (満員付近)	30~40分	(遅延効果: 90分)	(遅延効果: 180分)	(遅延効果: 250分)	(遅延効果: 80分)

どの案においても、L1津波に対しては、津波の堤内地への侵入を防ぐため、効果に違いは無い。

湾口部可動式防波堤設置案では、浦戸湾内においては、L1津波対応のための内部護岸等の嵩上げがほぼ必要ないため、外縁部防潮堤等を乗り越えるL2津波に対しては、減災効果が、湾口部や浦戸湾北部の狭水部に固定式防波堤を設置する案より小さい。

このことから、湾口部における可動式防波堤の設置については見送ることとした。なお、可動式防波堤については、L2津波を引き起こす大規模地震が発生した場合でも確実に浮上し、減災効果を発揮できるようにする必要があるという課題もある。

湾口部や浦戸湾北部の狭水部に固定式防波堤を設置する場合の設置箇所や構造等については、費用対効果、船舶の航行や河川・湾内環境への影響等を検討のうえ、総合的に勘案して決定するものとした。

### (3) 周辺環境等への影響の評価

選定した3つの対策案については、浦戸湾に流入する河川や浦戸湾内の水質等の環境に与える影響として、高潮・洪水シミュレーションや潮流・水質シミュレーションを実施、航路を航行する船舶への想定される影響を海運業者等へのヒアリングを実施するなど固定式構造物の設置による周辺環境等への影響について、検証・確認するとともに、経済性を総合的に検討した。

各対策案の検討結果を取りまとめたものが表-2である。

各案ともに周辺環境等へ与える影響はさほど大きく無いものの、孕地区に構造物を設置すると、浦戸湾の湾奥に流れ込んでくる河川水が抜けにくくなることから、洪水・高潮時の河川水位や塩分濃度など湾口部に構造物を設置する案に比べると影響が大きい。

航行船舶への想定される影響は、湾口部については、航路幅が狭く屈曲しているものの、総トン数100トン以上の船舶については、信号による航行管制がされており、影響はないと考えられるが、100トン未満の小型船舶については、管制対象外のため、影響があり得る。

孕地区においては、航行管制区域ではなく、船舶航行の動線が輻輳し、大型船舶、小型船舶へ与える影響は大きくなるものと考えられる。

各案の整備に必要な費用について、概算金額を算定した結果、固定式構造物よりも奥側については、内部護岸等の高上げ高さが低減出来るものの、構造物設置にかかる費用と相殺され、経済性についても大きな差は無い。

### (4) 検討結果のまとめ

周辺環境等への影響について、各対策案を比較・評価したところ、比較評価において最も重要と考える河川流下能力への影響が小さく、湾内環境や航行船舶への影響、経済性等について他案に比べ有利である「①湾口部固定式案」による整備が妥当であるという結果であった。

## 4. おわりに

高知港海岸海岸保全施設整備事業の新規事業化が認められ、平成28年度に事業化された。

これを受け、平成28年5月に事業着手式を四国地方整備局と高知県主催で挙行し、中谷防衛大臣、山本有二衆議院議員をはじめ地元選出の国会議員、高知県知事、高知市長、地元関係者、経済界や報道関係者など約110名の皆様にご出席頂いた。

また、平成28年6月には、これまで合計4回開催した「高知港における地震津波防護の対策検討会議」の成果をとりまとめ、『高知港における地震津波防護対策の最終とりまとめ』として公表した。今後は、早期に現地着工するため、現地調査を行い、詳細な断面検討等行っていく予定である。

本事業の実施に当たっては、高知港海岸が地域の方々にも愛されるよう、日常の利用、景観、環境面にも配慮しつつ、地元関係者等と連携しながら、地震・津波対策の早期完成を目指す。

### 参考文献

- 1) 国土地理院：国土地理院技術資料D1-No. 508、2008年1月、1:25,000 デジタル標高地形図「高知」
- 2) 高知市：高知市HP、地域防災推進課、過去の南海地震写真、五台山から見た高知市街

表-2 対策案の比較・評価

		①湾口部固定式案	②孕固定式案	③湾口部・孕固定式案	
L1津波	浸水面積【堤内地のみ】	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	0ha (1,600ha減)	
L2津波	浸水面積【堤内地のみ】	2,500ha (800ha減)	2,500ha (800ha減)	2,200ha (1,100ha減)	
河川流下への影響	越流の有無	河川管理者の意見：過去から河川氾濫による洪水被害が多い地域であるため、大量出水と高潮の同時生起等を想定した場合など、治水上の観点から河川流下への影響が少ない「①湾口部固定式案」が最も望ましい。			
	水位変化	無し	無し	無し	
	1/50降雨	+9cm程度	+30cm程度	+40cm程度	
湾内環境への影響 (変化量・変化率)	(参考) 浦戸湾観測値の 夏季5年平均 水温：28.0℃ 塩分：23.3psu COD：3.16mg/l DO：7.01mg/l TN：0.51mg/l TP：0.08mg/l	高潮	+4cm程度	+10cm程度	+15cm程度
		潮流	+10cm/s程度	+12cm/s程度	+11cm/s程度
		平均流	-2cm/s程度	+3cm/s程度	+3cm/s程度
		水温	+0.05℃未満(0.2%)	±0.1℃程度(0.4%)	±0.2℃程度(0.8%)
		塩分	-0.6psu程度(2.6%)	-3.8psu程度(16.3%)	-4.3psu程度(18.5%)
		COD	+0.03mg/l程度(0.9%)	+0.08mg/l程度(2.5%)	+0.10mg/l程度(3.2%)
		DO	-0.07mg/l程度(1.0%)	-0.01mg/l程度(0.1%)	-0.09mg/l程度(1.3%)
		TN	+0.002mg/l程度(0.4%)	+0.04mg/l程度(7.8%)	+0.05mg/l程度(9.8%)
		TP	+0.001mg/l未満(1.7%)	+0.001mg/l未満(1.7%)	+0.001mg/l未満(1.7%)
		生態系への影響(塩分濃度) 【参考値：5~30psu 生態環境：5~30psu】	・生態環境の範囲内(28.8psu程度)	・生態環境の範囲内(25.4psu程度)	・生態環境の範囲内(24.9psu程度)
航行船舶への影響	・湾口部においては、大型船舶は航行管制対象となるため、影響はない。他方、小型船舶は、航行管制対象ではないため、影響があり得る。	・孕においては、航行管制区域ではないことに加え、船舶航行の動線が輻輳するため、大型船舶、小型船舶ともに影響が大きい。	・湾口部においては、大型船舶は航行管制対象となるため、影響はない。他方、小型船舶は、航行管制対象ではないため、影響があり得る。孕においては、航行管制区域ではないことに加え、船舶航行の動線が輻輳するため、大型船舶、小型船舶ともに影響が大きい。		
概算費用(対策案①との差額)	1.0	1.0(+5億円程度)	1.0(+10億円程度)		