

高知港海岸における 津波シミュレーションについて

高知港湾・空港整備事務所 海岸課 後藤 啓人

高知港海岸では、「三重防護」の方針を基に高知県及び 四国地方整備局により2016年度から地震・津波対策を実施している。本対策検討時には、津波の侵入を防ぐ「防災」を目標とする発生頻度の高い津波（L1津波）水位と地盤沈降等を考慮して防潮堤等の整備高が決定される。

「三重防護」の津波低減効果の検証及び防潮堤等の整備高の検討を行うため、L1津波を対象とした津波シミュレーションを実施した。その結果、対策による湾内の津波水位低減効果を確認できた。また、対策前の津波水位に基づく整備高と比較して対策後の津波低減効果を見込んだ整備高を設定した場合、景観・利便性、施工性、経済性等に配慮した事業実施が可能となる。

キーワード 地震・津波対策、三重防護、津波シミュレーション、設計津波の水位、整備高

1. はじめに

高知港海岸（高知港港湾区域内の海岸）（図-1）が位置する高知市の人口は、高知県全体の約 47%（2018 年 5 月 1 日時点）を占め、特に浦戸湾の周辺には行政機関、病院、学校そして企業が多数立地している。これらの施設を防護するための防潮堤等は建設後 40 年以上経過したものが多く、老朽化が著しく進行している。また、高知市は南海トラフを震源とする地震・津波の被害を繰り返し受けており、今後 M8～9 クラスの地震が 30 年以内に 70～80%の確率で発生すると予測されている。高知市では南海トラフ地震・津波が発生した場合、甚大な被害が予想されていることから、早急な対策が必要となる。

高知県と四国地方整備局では、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、「高知港における地震津波防護の対策検討会議（2013年設置）」（以下「検討会議」という。）において、高知港及びその背後地を効率的・効果的に防護するため、高知港海岸を含めた対策のあり方について検討を行い、「三重防護」の方針による事業を進めている。

本稿では、高知港海岸における津波シミュレーションの結果を用いて、防潮堤等の整備高の設定、「三重防護」による津波低減効果及び対策前後における地域海岸の設計津波の水位の比較結果について報告を行う。

2. 高知港海岸における地震・津波対策について

(1) 土佐湾沿岸における設計津波の水位の設定について

東北地方太平洋沖地震による津波の被害を踏まえ、海岸管理部局あてに「設計津波の水位の設定方法等について」²⁾が通知された。設計津波の水位とは、海岸管理者が定めた海岸保全施設に到達するおそれの大きい（数十年～数百年に一度程度発生する）津波の高さのことであり、地形・地域性等を勘案して、一連のまとまりのある海岸線に分割した地域海岸ごとに設定される。

この通知に基づき、高知県では、「高知県地震・津波防災技術検討委員会（2012年設置）」において県内海岸における防潮堤等整備高の目安となる設計津波の設定について検討を行った。その結果、設計津波となる発生頻度の高い津波（以下「L1 津波」という。）として、中央防災会議（2003）の「東南海・南海地震（2 連動，M8.6）」の津波断層モデルを対象とした。その後、土佐湾沿岸海岸保全基本計画（以下「海岸保全基本計画」という。）において設計津波の水位を公表している。

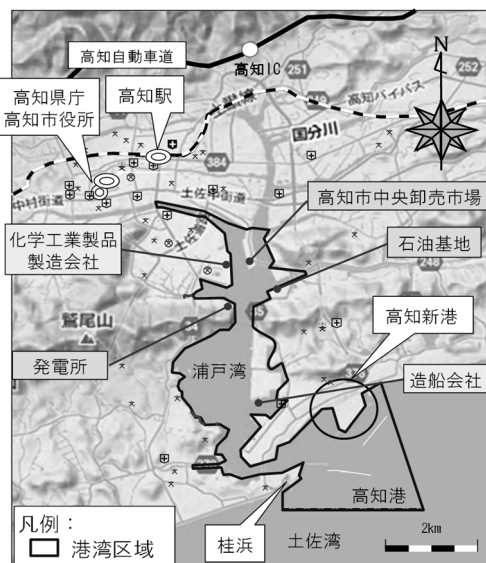


図-1 高知港・高知港海岸の位置

(2) 三重防護・防護目標について

「三重防護」の方針，防護目標等の検討会議のとりまとめに基づき，2016年度から図-2のように高知県及び四国地方整備局により地震・津波対策を実施している。

「三重防護」とは、3つのラインからなる津波対策である。第1ラインでは、第一線防波堤の延伸や粘り強い構造への補強（港湾事業）を行うことで、津波のエネルギーの減衰及び高知新港の港湾機能保全を図る。

第2ラインでは、浦戸湾外縁部・湾口部において防潮堤等の嵩上げや液状化対策等の改良、湾口部固定式防波堤（以下「津波防波堤」という。）の新設により、津波の侵入や北上の防止・低減を図る。

第3ラインでは、浦戸湾内における防潮堤等の嵩上げや液状化対策等を行うことで、防潮堤等の倒壊や背後地への浸水防止を図るというものである。

第2、第3ラインの防潮堤等の延長は約29kmであり、



図-2 三重防護事業箇所平面図

事業期間は16年（2031年度事業完了）を予定している。

高知港における防護目標については、検討会議（「高知港における地震・津波対策の最終とりまとめ」、2016年6月公表）において次のように定めている。

- L1 津波（「東南海・南海地震（2連動，M8.6）による津波」）に対しては，構造物で津波の侵入を防ぐ「防災」を目指す。
- L2 津波（内閣府（2012）「南海トラフ巨大地震津波断層モデル」）に対しては，避難時間を稼ぐ「減災」を目指す。

なお、検討会議では「高知県地震・津波防災技術検討委員会」において対象とした設計津波と同一の津波断層モデルをL1津波として設定している。このL1津波に対して浸水を許さない防潮堤等の整備高を検討するために津波シミュレーションが必要である。

3. 設計津波の水位・地盤沈降を考慮した防潮堤等整備高の設定について

防潮堤等の天端高（整備高）に関して「設計津波の水位の設定方法等について」によると、設計津波の水位を前提として海岸管理者が適切に定めるものとされている。したがって、高知港海岸においても、この設計津波の水位を基本として防潮堤等の整備高を定めることとなる。

高知港海岸では、東南海・南海地震による地殻変動で広域的に約 2m 地盤が沈降し、さらに液状化等に伴う地盤の沈降や防潮堤等の変位も生じる。このため防潮堤等の整備高は、L1 津波を対象とした津波シミュレーションによる津波水位（設計津波の水位）と地震の影響による沈下も考慮して設定する必要がある（図-3）。こうしたことから、整備箇所によっては現況天端が L1 津波水位より高い場合でも事前の嵩上げが必要となる。

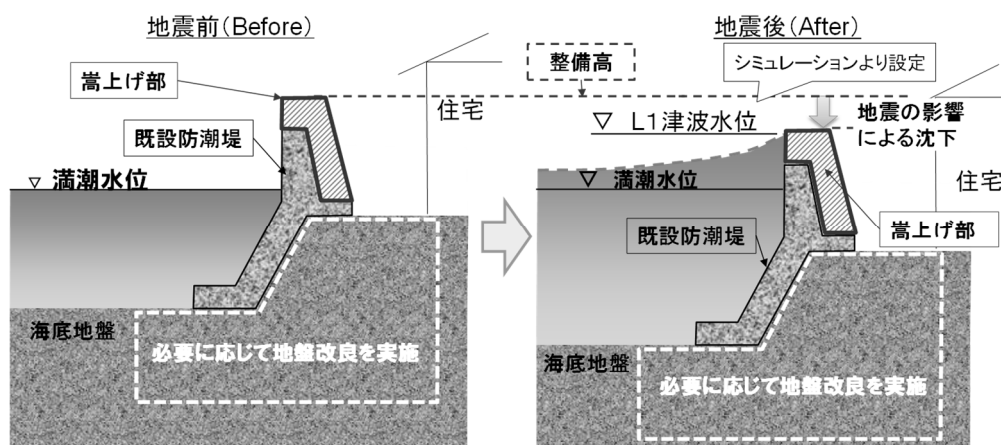


図-3 L1 津波水位（設計津波の水位）・地盤沈降を考慮した防潮堤等の整備高イメージ

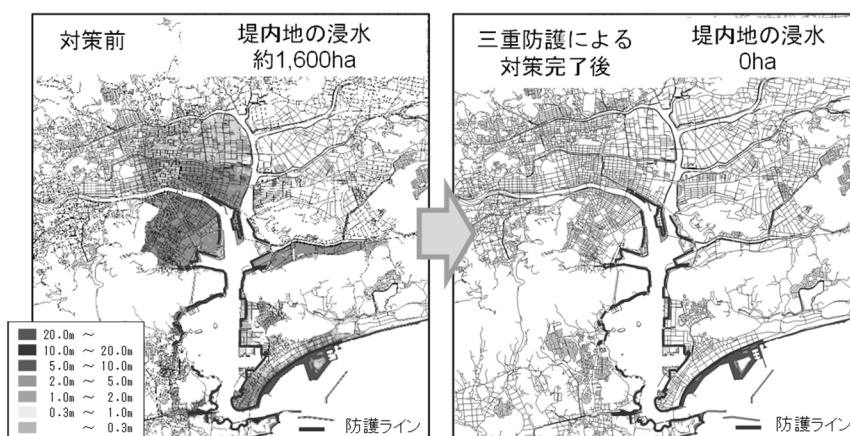


図4 津波シミュレーションによる L1 津波浸水範囲予測 (左：対策前，右：対策後)

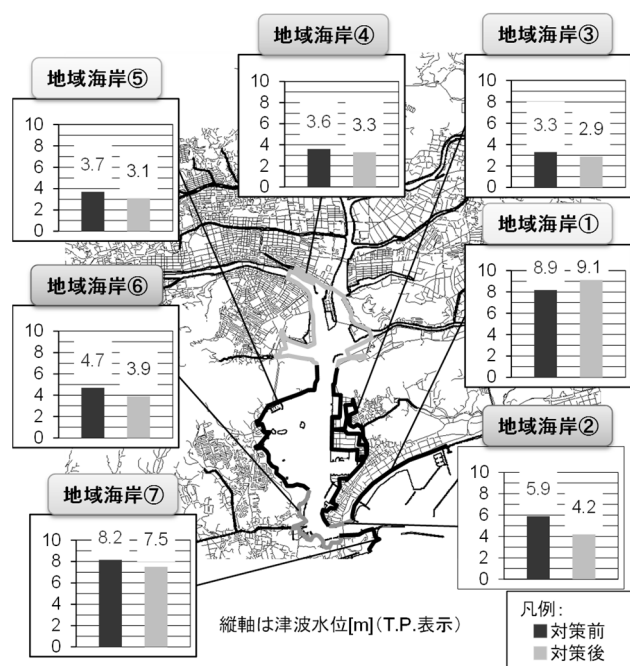


図5 三重防護対策前後の設計津波の水位 (案)

4. 高知港海岸における L1 津波シミュレーションについて

高知港海岸では「三重防護」の対策を行うに当たり、津波シミュレーションを実施している。

津波シミュレーションは、主に浸水範囲予測、設計津波の水位を設定するために行われる。これにより、津波対策の効果の検証、防潮堤等の整備高の設定、対策断面設計時の津波の外力設定等が可能となる。

図4に対策前後の L1 津波に対する浸水範囲予測シミュレーション結果を示す。対策前では湾口から湾奥の背後地の広範囲において津波が浸水しており、堤内地での浸水面積は約 1,600ha となった。一方、対策後では防護ラインより内側における津波の浸水を防いでおり、堤内地での浸水面積は 0ha となった。

「三重防護」の対策では、第 1 ライン、第 2 ラインによる津波水位低減効果を見込んでいる。その効果の検証と効果的・効率的な整備高を検討するためには、防潮堤

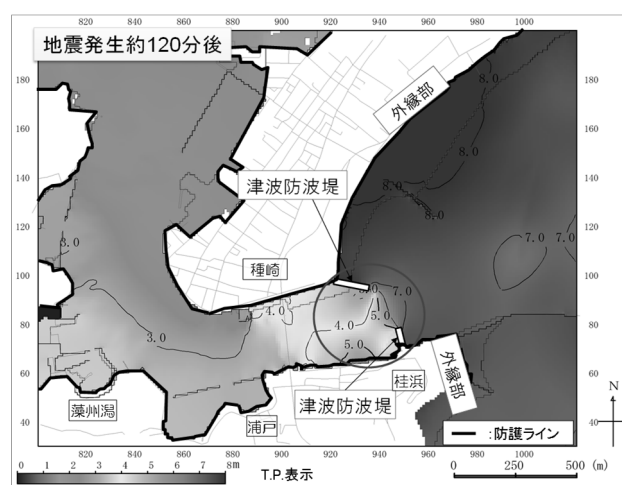


図6 津波防波堤周辺での L1 津波水位

等前面の津波水位を把握する必要がある。そこで浸水予測に加えて、地域海岸ごとの津波水位についてシミュレーションを行った。

5. 三重防護による L1 津波水位低減効果について

(1) 対策前後の津波水位との比較

対策による津波水位の低減効果を確認するために、対策前での設計津波の水位と対策後に想定される設計津波の水位を比較する。海岸保全基本計画において公表されている津波水位は、対策前である現状の防潮堤等施設高からシミュレーションを行ったものである。図5に示すとおり、湾内の対策後の津波水位は、対策前の津波水位より低減していることが分かる。特に、湾口の津波防波堤の内側（湾内側）となる地域海岸②では、1.7mの津波水位の低減が見られる。湾奥に位置する地域海岸④では、津波の集中が想定されるものの、対策前と比較して 0.3mの津波水位の低減が見られる。地域海岸ごとに津波水位の低減量にばらつきは見られるが、第 1 ラインである第一線防波堤と第 2 ラインである外縁部及び津波防波堤の整備により、湾内の津波水位の低減効果が確認できる。

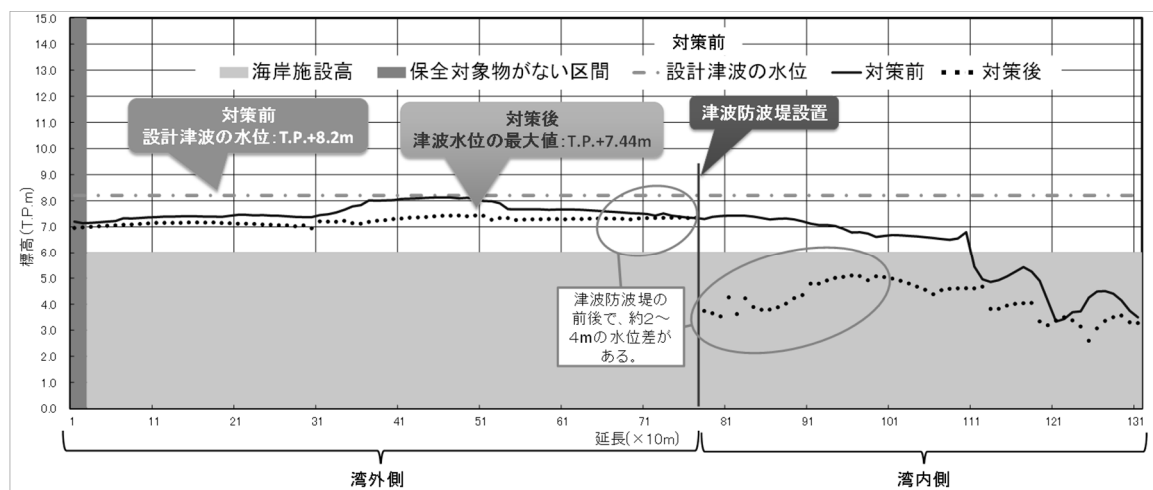


図-7 地域海岸⑦における対策前後のL1 津波水位

(2) 同一地域海岸内におけるL1 津波の水位について

設計津波の水位は、各地域海岸における津波水位の最大値をもって設定される。しかし、地域海岸内において、津波水位が大きく異なる場合がある。図-6は、対策後における浦戸湾口部の最大津波水位を計測した時刻での水位を表したものである。南側（図-6の下側）の津波防波堤付近が地域海岸⑦となる。また、図-7に地域海岸⑦における対策前後の津波水位を海岸線の延長に沿ってプロットしたものを示す。図-6、図-7 から、津波防波堤の湾外側と湾内側にまたがる地域海岸⑦では、津波防波堤の外側（津波水位約 7m）と内側（津波水位約 3～5m）で 2m～4m 程度の水位差があることがわかる。この水位差は、津波防波堤を設置することで生じている。

6. 今後の展開

津波シミュレーションを用いることで、「三重防護」の対策による浦戸湾内の L1 津波に対する水位低減効果について確認できた。対策前の津波水位に基づく整備高と比較して対策後の津波低減効果を見込んだ整備高を設定した場合、景観・利便性、施工性、経済性等に配慮した事業実施が可能となる。

「設計津波の水位の設定方法等について」の第三条四項には、「設計津波の水位が当該地域海岸内の海岸線に沿って著しく異なる場合は、理由を明らかにしたうえで、分割して複数の設計津波を定めることができる」との記載がある。さらに、第四条では防潮堤等天端高（整備高）に関して「設計津波の水位を前提として、海岸の機能の多様性への配慮、環境保全、周辺環境との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用等を総合的に考慮しつつ、海岸管理者が適切に定めるものであることに留意する。」と記載されている。

上記を踏まえて高知港海岸において、対策後の津波水位に基づき地域海岸内の分割も視野に入れた設計津波の



図-8 種崎外縁部施工状況（2018.6.14 撮影）

水位の再設定・防潮堤等の整備高について、海岸管理者である高知県と調整を行う必要がある。

また、L2 津波に対する減災効果については、今後整理を行っていく。

「三重防護」は事業期間が 16 年と長期にわたることから、早期完成を目指して事業途中段階の整備効果の検証や、設計への反映等について津波シミュレーションを用いて適宜行う予定である。

7. おわりに

高知港海岸直轄海岸保全施設整備事業は、今年度で 3 年目を迎え、工事がますます本格化していく。現在、第 2 ラインに位置づけられる種崎外縁部（図-8）、また、港湾事業である第 1 ラインの整備についても鋭意施工中である。引き続き、地元関係者、各種委員の有識者の方々、高知県及び高知市と連携を図りながら、円滑な事業実施に取り組んでいく。

参考文献

- 1)高知県・四国地方整備局：「高知港における地震津波防護の対策方針案」、2013.6.13
- 2)農林水産省・国土交通省：「設計津波の水位の設定方法等について ～復興計画策定の基礎となる海岸堤防の高さ決定の基準～」、2011.7.11