

高砂西港における盛立地対策追加検証技術専門委員会資料

目 次

3-1	高砂西港における盛立地対策追加検証技術専門委員会について	1
(1)	盛立地対策追加検証技術専門委員会の設置趣旨	1
(2)	設置経緯	1
(3)	盛立地対策追加検証技術専門委員会の役割	1
(4)	盛立地対策追加検証技術専門委員会の位置づけ	2
(5)	盛立地対策追加検証技術専門委員会の検討スケジュール	2
3-2	盛立地対策について	3
(1)	遮水性地下土留め壁と擁壁補強	3
(2)	上部被覆	6
3-3	東日本大震災後の地震および津波に関する国・県の動向について	7
3-4	地震に対する盛立地対策の安全性の検証について	8
(1)	現計画の整理	8
(2)	盛立地への影響が最も大きい基盤波形の検討	8
(3)	海溝型地震（マグニチュード 9.0）の強さの検討	9
(4)	まとめ	10
3-5	津波に対する盛立地対策の安全性の検証について	11
(1)	現計画の整理	11
(2)	津波予測シミュレーション	11
(3)	まとめ	16

3 - 1 高砂西港における盛立地対策追加検証技術専門委員会について

(1) 盛立地対策追加検証技術専門委員会の設置趣旨

高砂西港における盛立地対策については、平成23年3月に「高砂西港再整備にかかる技術専門委員会報告書」においてとりまとめられているが、平成23年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえ、土木工学の観点から地震および津波に対する追加検証を行うために、「高砂西港における盛立地対策追加検証技術専門委員会」を設置する。

(2) 設置経緯

平成17年7月 高砂みなとまちづくり構想

高砂みなとまちづくり構想策定懇話会を設置(平成16年10月)し、市民の参画と協働のもと、将来の高砂市の臨海部のあり方を検討し、高砂ウォーターフロントミュージアムづくり、高砂産業ミュージアムづくり、高砂歴史ミュージアムづくりを柱とする構想を策定した。

平成19年7月 高砂みなとづくり行動計画

高砂みなとづくり推進協議会を設置(平成17年10月)し、市民、企業、行政の協力のもと、高砂みなとづくり構想を具体化するための行動計画をとりまとめた。

平成19年9月 高砂西港盛立地のPCB汚染土に係る報告書

高砂みなとまちづくり構想を契機に、盛立地の安全性に対する議論が高まってきたため、高砂市の要請により、兵庫県が高砂西港盛立地のPCB汚染土に係る技術専門委員会を設置(平成18年6月)し、盛立地の安全性についての検証を行い、報告書を取りまとめた。

平成21年4月 高砂西港再整備推進協議会報告書「未来に向けた高砂西港みなとづくり」

高砂西港及びその周辺が抱える課題について、一体的に検討を行い、住民の安全・安心と地域の活性化を図ることを目的に、専門家、市民、企業、行政で構成する高砂西港再整備推進協議会を設置(平成20年3月)し、高砂西港周辺の将来像についての検討を行い、報告書を取りまとめた。

平成23年3月 高砂西港再整備にかかる技術専門委員会報告書

将来にわたる住民の安全・安心の確保と高砂西港再整備に伴う周辺環境への影響低減を図るため、高砂西港再整備技術専門委員会を設置(平成21年6月)し、技術的な観点から検討を行い、報告書を取りまとめた。

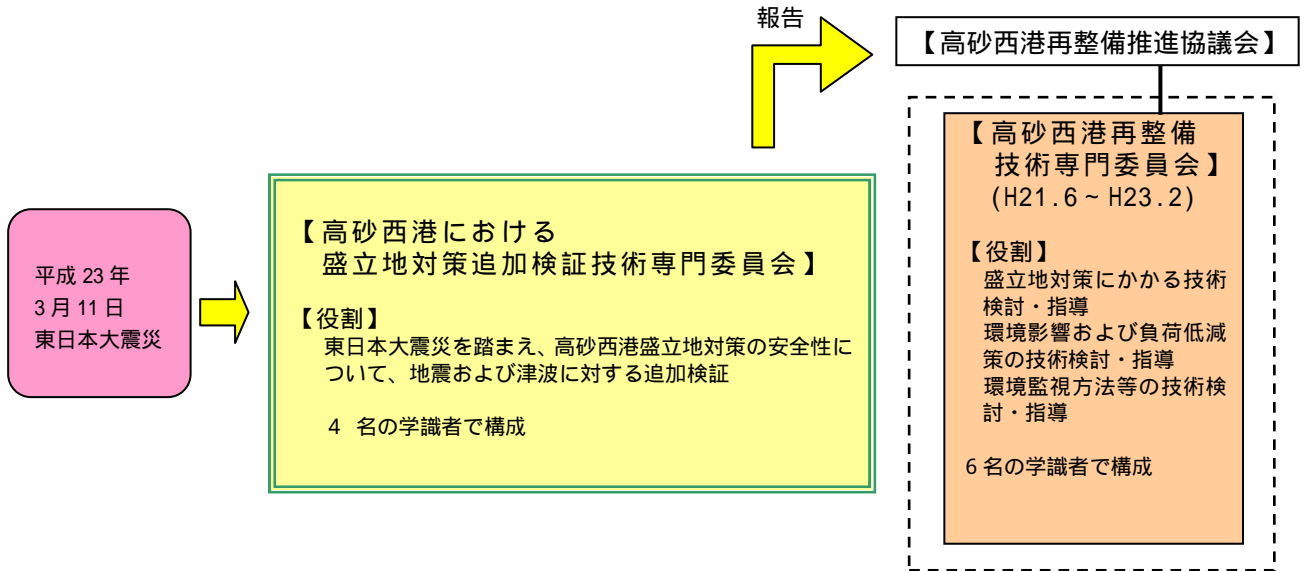
(3) 盛立地対策追加検証技術専門委員会の役割

東日本大震災を踏まえ、高砂西港盛立地対策の安全性について、地震および津波に対する追加検証を行う。

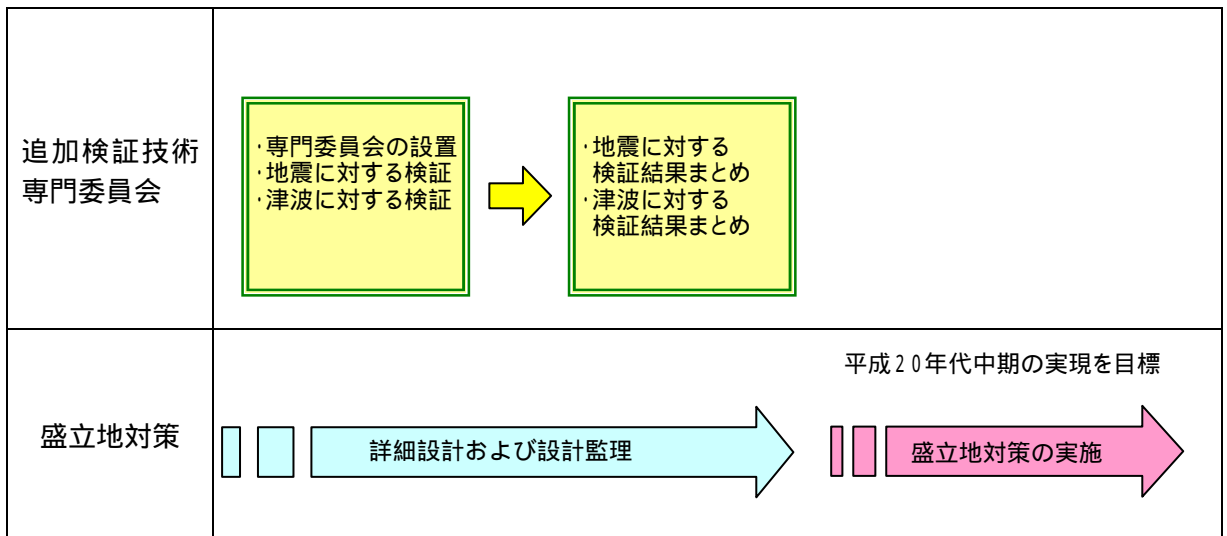


(4) 盛立地対策追加検証技術専門委員会の位置づけ

高砂西港における盛立地対策については平成23年3月に「高砂西港再整備にかかる技術専門委員会報告書」として取りまとめられているが、平成23年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえ、土木工学の観点から、盛立地対策の安全性についての追加検証を行う。なお、この結果は高砂西港再整備推進協議会に報告し、ホームページや市の広報を利用して住民への周知を図る。



(5) 盛立地対策追加検証技術専門委員会の検討スケジュール(イメージ)



3 - 2 盛立地対策について（「高砂西港再整備にかかる技術専門委員会報告書 平成23年3月」から）

（1）遮水性地下土留め壁と擁壁補強

1) 考え方

遮水性地下土留め壁の設置位置の検討において、地震時に液状化する沖積砂質土層(As)から試料を採取し、動的せん断強度比(液状化強度)を詳細に調査した結果、前回の概略検討時(H19.9 報告書)と比べ、動的せん断強度比が大きいことが判明した。その結果、盛立土のすべりに対しては、遮水性地下土留め壁によらなくても、押え盛土の重量により盛立土のすべり抑止が技術的に可能となったことから、盛立地を含む敷地全体の安全性を確保するため、遮水性地下土留め壁を敷地境界部に設置する。

しかし、北側については、市道が隣接していることや、住宅地に近接した施工となるため、騒音・振動などの環境への配慮から、敷地内の盛立地小段部に遮水性地下土留め壁を設置し、東側、西側および南側については盛立地を含む敷地境界部に設置する。

なお、東側は遮水性地下土留め壁を敷地境界部に設置し、遮水性地下土留め壁と擁壁を一体化する構造とすることで、より強固な擁壁補強になる。

遮水性地下土留め壁と擁壁補強の平面配置等を図 3.2-1～図 3.2-5 に示す。

2) 平面配置等

(A) 平面配置

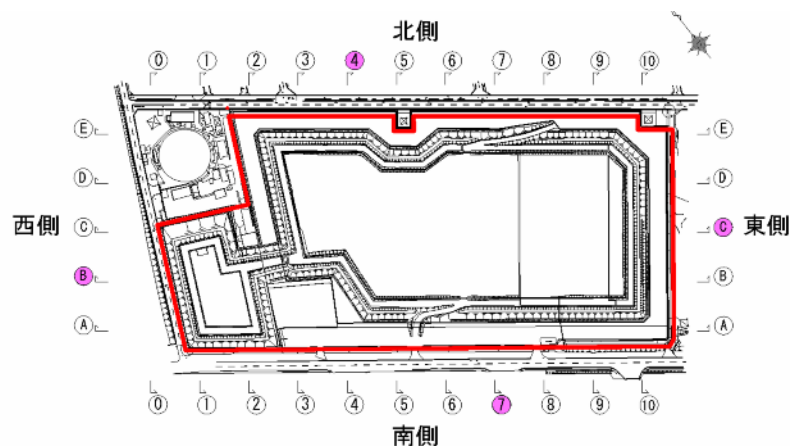


図 3.2-1 遮水性地下土留め壁の平面配置



写真 3.2-1 盛立地全体の航空写真(南から北を望む)[H21.3 現在]

(B)断面図

北側断面

- ・遮水性地下土留め壁を盛立地小段部（敷地内）に設置する。
- ・小段部には押え盛土を設置する。
- ・擁壁補強は、底版コンクリートの増打ちによる補強等を行う。

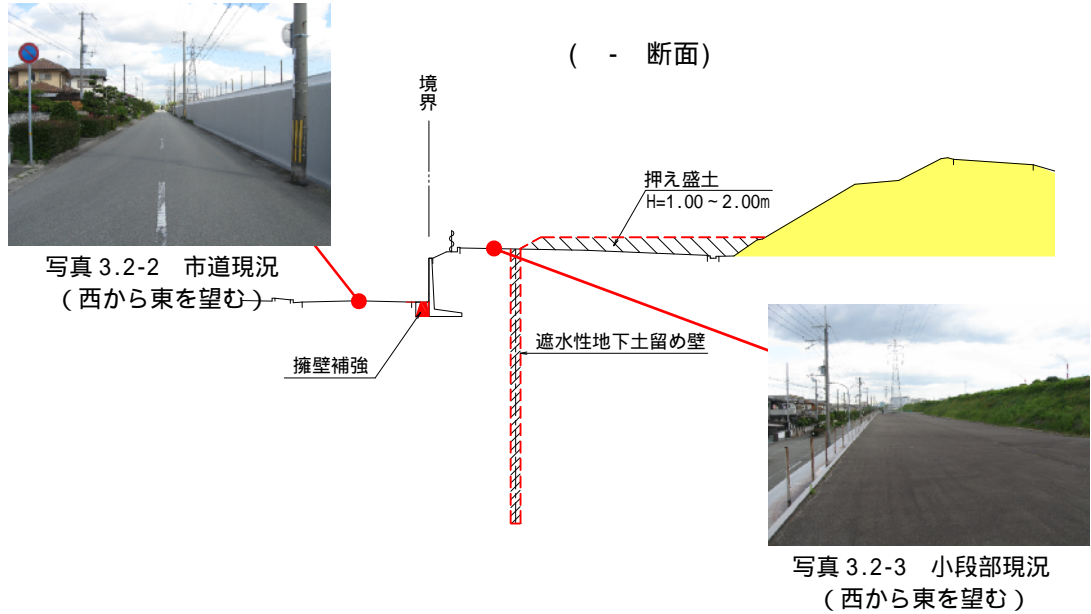


図 3.2-2 北側断面

西側断面

- ・遮水性地下土留め壁は、盛立土の法尻部が市道に隣接していること、既設排水函渠等の埋設物があることから、敷地境界部（市道内地下）に設置する。

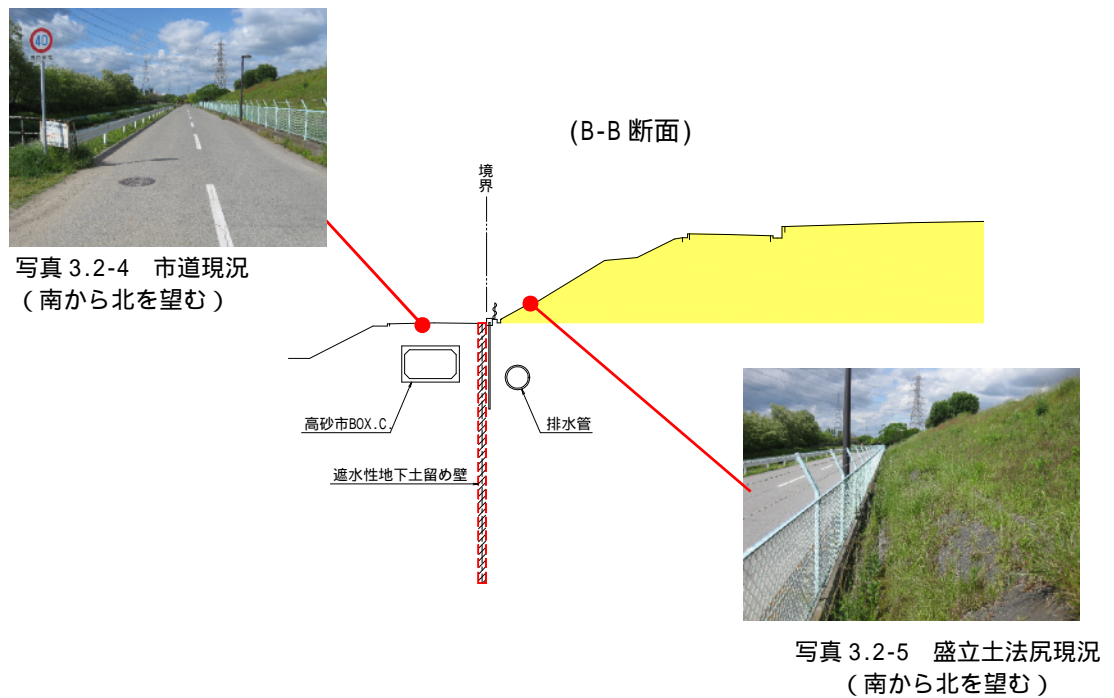


図 3.2-3 西側断面

南側断面

- ・遮水性地下土留め壁は、敷地境界部（敷地内）に設置する。
- ・小段部には押え盛土を設置する。

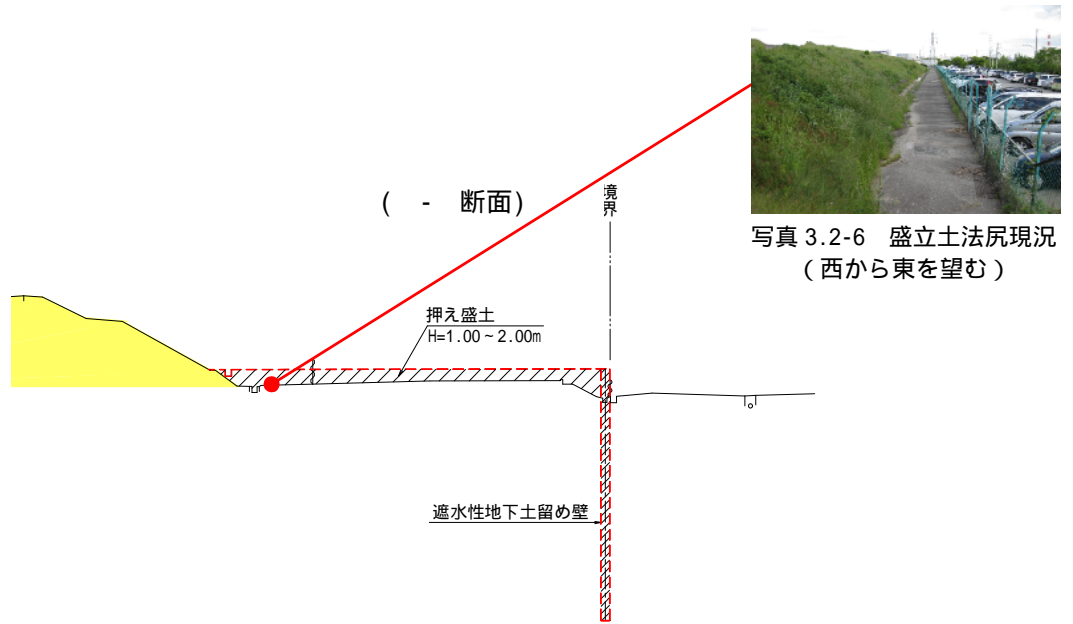


図 3.2-4 南側断面

東側断面

- ・遮水性地下土留め壁は、既設排水路外（敷地内）に設置する。
- ・小段部には押え盛土を設置する。
- ・擁壁補強は、遮水性地下土留め壁の頭部とコンクリート等で連結し、一体構造とする。

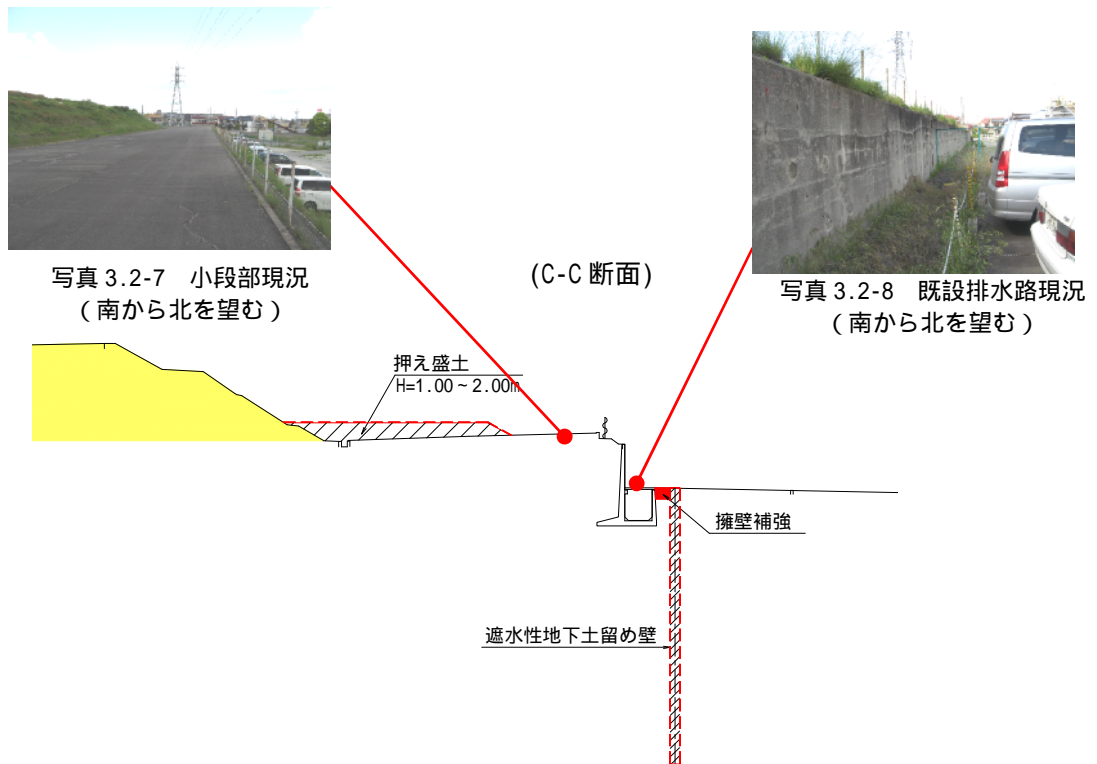


図 3.2-5 東側断面

(2) 上部被覆

1) 考え方

盛立土の上面および法面をアスファルト系シート等で被覆して、更に遮水効果を向上させる。

2) 盛立土の被覆構造

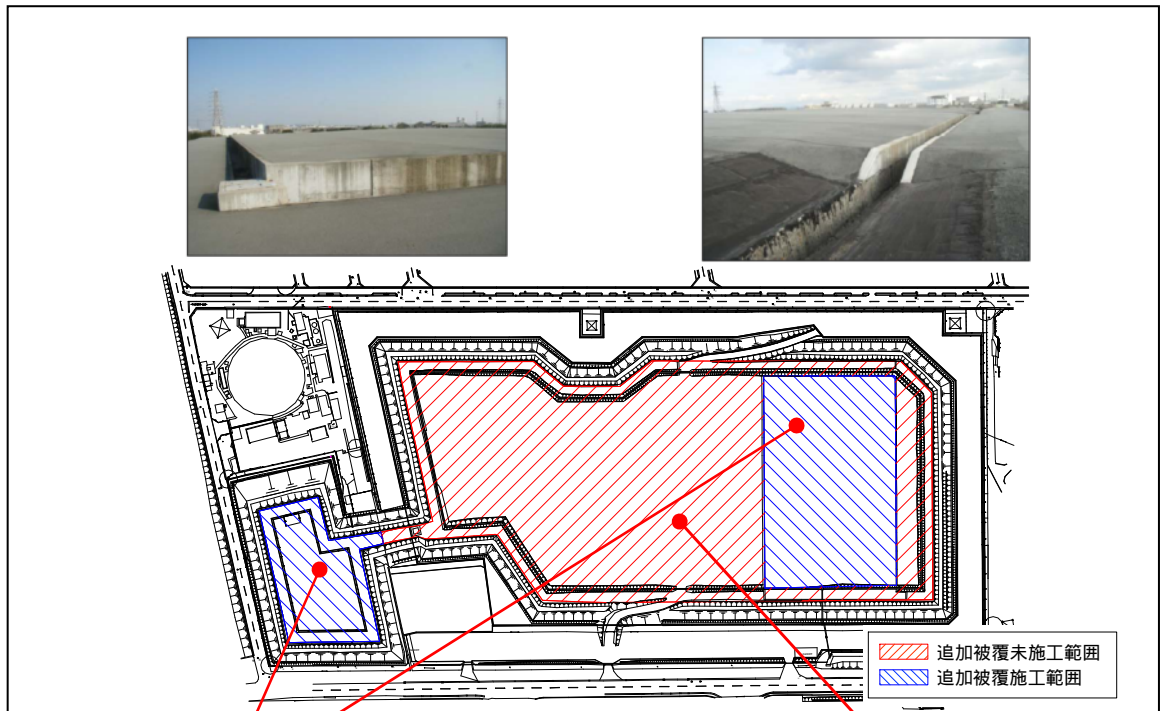


図 3.2-6 盛立土の被覆状況 (平面図)

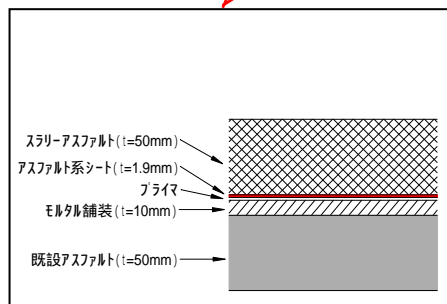


図 3.2-7 追加被覆 (断面図)

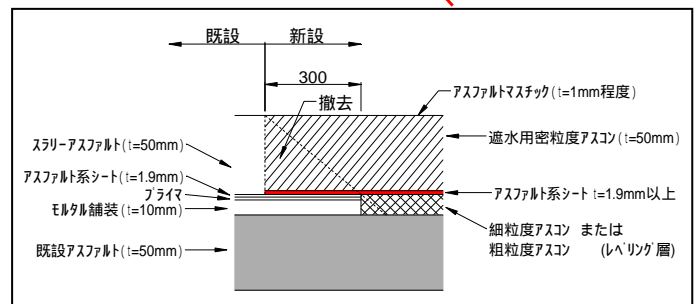


図 3.2-8 追加被覆未施工接合部 (断面図)

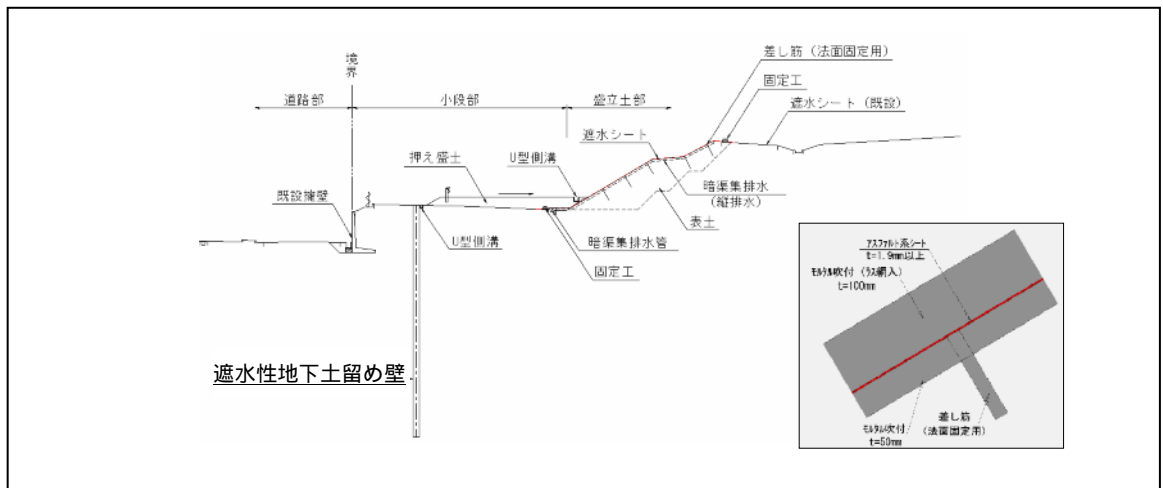


図 3.2-9 盛立土法面 (断面図)

3 - 3 東日本大震災後の地震および津波に関する国・県の動向について

内閣府中央防災会議では、東日本大震災（2011.3）を受け、地震・津波の調査と分析を行い、今後の地震・津波対策を検討する「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会（以下「専門調査会」という）を平成23年4月に設置し、東北地方太平洋沖地震の地震・津波の特徴、今後の想定津波の考え方、地震・津波対策の方向性などについて議論を進めてきており、平成23年9月には「専門調査会」から、東北地方太平洋沖地震規模のマグニチュード9.0の地震による巨大な津波は、「海溝型地震の連動」と「津波地震」が同時に起きたことにより発生したものであり、このような地震は南海トラフなどの領域でも発生する可能性があることが報告されるなど、今後の想定津波の考え方が示されている。

また、「専門調査会」の検討に合わせ、内閣府中央防災会議では、南海トラフなどの領域において、南海地震、東南海地震、東海地震の単独発生と、これらの地震の同時および時間差発生を想定した場合の地震の検討が行われている。なお、地震津波が発生しない内陸型地震については議論されていない。

兵庫県では、本格的な津波防災対策は、内閣府中央防災会議における津波高さの検討結果が出された後に実施する予定になっており、それまでの間は、暫定的な津波高さ（現想定の高さの2倍）を設定し、対策を進めることにしている。平成23年10月には、既存の防潮堤等が全く機能しないと想定した場合の津波の最大到達区域を示す「津波被害警戒区域図（暫定）」を公表しており、今後、既存の防潮堤等が機能した場合の浸水エリアを示す「津波浸水想定区域図（暫定）」を、地域ごとに順次公表していく予定にしている。

上記の国・県の動向を踏まえ、高砂西港盛立地においては、南海トラフなどの活動による海溝型地震の規模を、東北地方太平洋沖地震規模のマグニチュード9.0と想定し、地震および津波に対する盛立地対策の安全性について検証を行うものである。

3 - 4 地震に対する盛立地対策の安全性の検証について

東日本大震災後の海溝型地震と津波に関する国の動向を踏まえ、南海トラフなどの活動による海溝型地震(マグニチュード9.0を想定)に対する盛立地対策の安全性について、海溝型地震と山崎断層帯の地震の強さの比較を行い検証する。なお、地震の強さの比較は地表面における最大加速度を比較することにより行う。

(1) 現計画の整理

兵庫県地域防災計画(H19)では、兵庫県内に大きな影響が予想される地震として、発生の可能性を考慮して、「有馬 高槻断層帯～六甲・淡路島断層帯地震」、「山崎断層帯地震」、「中央構造線断層帯地震」、「日本海沿岸地震」、「南海地震」を想定しており、現計画では、これらの想定地震のうち、盛立地への影響が最も大きい地震である山崎断層帯地震(マグニチュード8.0)を抽出し、この地震を盛立地対策で使用している。また、現地調査のPS検層より得られたせん断波速度から盛立地エリアでの地表面における最大加速度を450galと設定している。

山崎断層帯地震の断層モデルは図3.4.1に示すように、北西部と南東部およびこれを結ぶ安富断層帯が連動して活動した場合の断層モデルである。

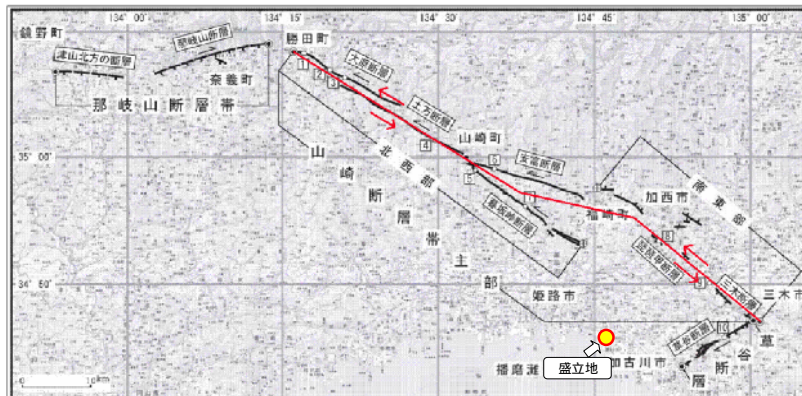


図 3.4-1 山崎断層帯地震の断層モデル

出典：「高砂西港再整備にかかる技術専門委員会報告書【資料編】平成23年3月」

(2) 盛立地への影響が最も大きい基盤波形の検討

1) 対象とする海溝型地震

盛立地への影響が最も大きな海溝型地震の検討対象は、図3.4-2に示した南海トラフなどの活動による海溝型地震とし、南海地震、東南海・南海地震、東海・東南海・南海地震の3つの海溝型地震とする。



図 3.4-2 対象とした海溝型地震

全国地震動予測地図 解説編 地震調査研究推進本部地震調査委員会 平成21年7月に一部加筆

2) 基盤面における最大加速度の抽出

盛立地への影響が最も大きな海溝型地震における基盤波形は、東南海・南海地震 (M8.6:EW) と東海・東南海・南海地震 (M8.7:EW) であり、基盤面における最大加速度は両地震とも約 107gal である。なお、南海地震 (M8.6:EW) では基盤面における最大加速度は約 96 gal である。

東南海・南海地震 (EW) および東海・東南海・南海地震 (EW) の基盤波形を図 3.4-3 に示す。

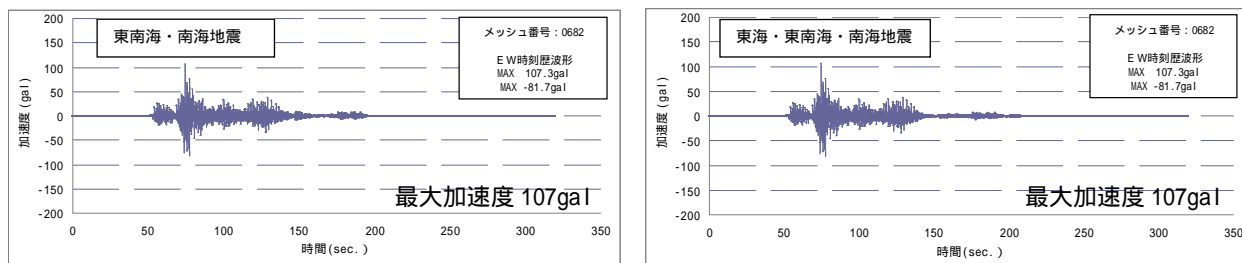


図 3.4-3 盛立地への影響が最も大きい基盤波形

(3) 海溝型地震 (マグニチュード 9.0) の強さの検討

1) 検討手法の概要

早期に地震動の検証を行う必要があるため、基盤面における最大加速度を求める方法は、式 (1) に示した加速度距離減衰式により、内閣府が公表している基盤面における最大加速度を用いて、マグニチュード 9.0 に対応した基盤面における最大加速度を求め、盛立地の地表面における最大加速度を検討する。

$$\text{Log}_{10} A_{\text{SMAC}} = 0.53M - \text{Log}_{10}(X + 0.0062 \times 10^{0.53M}) - 0.00169X + 0.524 \quad \text{---- (1)}$$

ここに A_{SMAC} : 基盤面における最大加速度 (gal) X : 断層面距離 (km) M : マグニチュード
 出典: 港湾の施設の技術上の基準・同解説 (上巻) 平成 11 年 4 月 (社団法人) 日本港湾協会

2) 盛立地の地表面における最大加速度の検討

断層面距離

- 盛立地と地震震源域との断層面距離は、内閣府が公表している震源断層モデルを用いて盛立地との最短距離を求め、これを断層面距離とする。
- 東南海・南海地震と東海・東南海・南海地震の断層面最短距離は図 3.4-4 に示すように、約 105 km である。

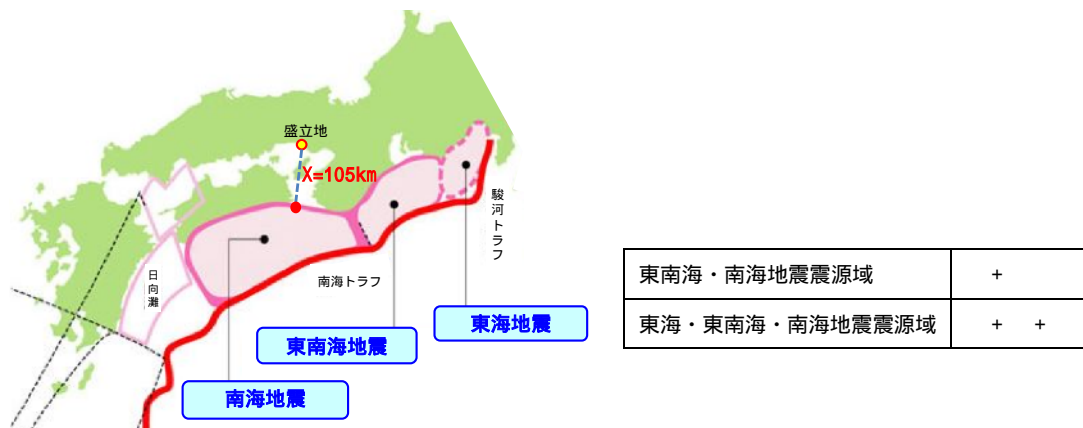


図 3.4-4 地震震源域と盛立地との最短距離

全国地震動予測地図 解説編 地震調査研究推進本部地震調査委員会 平成 21 年 7 月に一部加筆

地表面における最大加速度の算出

- ・マグニチュード9.0に対応した基盤面における最大加速度を式(1)より求め、現計画における基盤面から地表面までの最大加速度の増幅率を用いて、地表面における最大加速度を計算した結果を表3.4-1に示す。
- ・盛立地への影響が最も大きい海溝型地震は東南海・南海地震であり、地表面での最大加速度は162galである。

表 3.4-1 海溝型地震による盛立地の地表面における最大加速度

海溝型地震	地表面における最大加速度(gal)
東南海・南海地震	162
東海・東南海・南海地震	156

(4) まとめ

- ・盛立地への影響が最も大きい海溝型地震に対し、東北地方太平洋沖地震規模のマグニチュード9.0を想定した場合でも、地表面における最大加速度は山崎断層帯の地震による地表面における最大加速度(450gal)の方が大きいことが確認された。
- ・したがって、海溝型地震を東北地方太平洋沖地震規模のマグニチュード9.0と想定した場合でも、地震に対する盛立地対策について変更の必要性はないと考える。

3 - 5 津波に対する盛立地対策の安全性の検証について

東日本大震災後の海溝型地震と津波に関する国の動向を踏まえ、南海トラフなどの活動による海溝型地震津波に対する盛立地対策の安全性について、初期地盤変動量を変化させた津波予測シミュレーションを実施して検証する。

(1) 現計画の整理

現計画では、津波の規模を既往最大級の安政南海地震 (M8.4, 1854) 波源位置を最も危険な宝永地震 (M8.4, 1707) とし、盛立地周辺での予想最高津波高さを T.P.+1.80m と想定している。

表 3.5-1 盛立地周辺での予想最高津波高さ

対象地点	高砂市域
予想最高津波高さ	T.P.+1.80m

出典：「高砂西港盛立地の PCB 汚染土に係る報告書 平成 19 年 9 月」



図 3.5-1 波源位置のイメージ

全国地震動予測地図 解説編 地震調査研究推進本部地震調査委員会 平成 21 年 7 月に一部加筆

(2) 津波予測シミュレーション

1) 検討手法の概要

津波予測シミュレーションは、初期地盤変動量を変化させた地盤変動により発生する津波が、外洋から沿岸へ伝播する状況を計算する。

現計画の予想最高津波高さとの比較検証に使用した安政南海地震の初期地盤変動量分布を図 3.5-2 に示す。

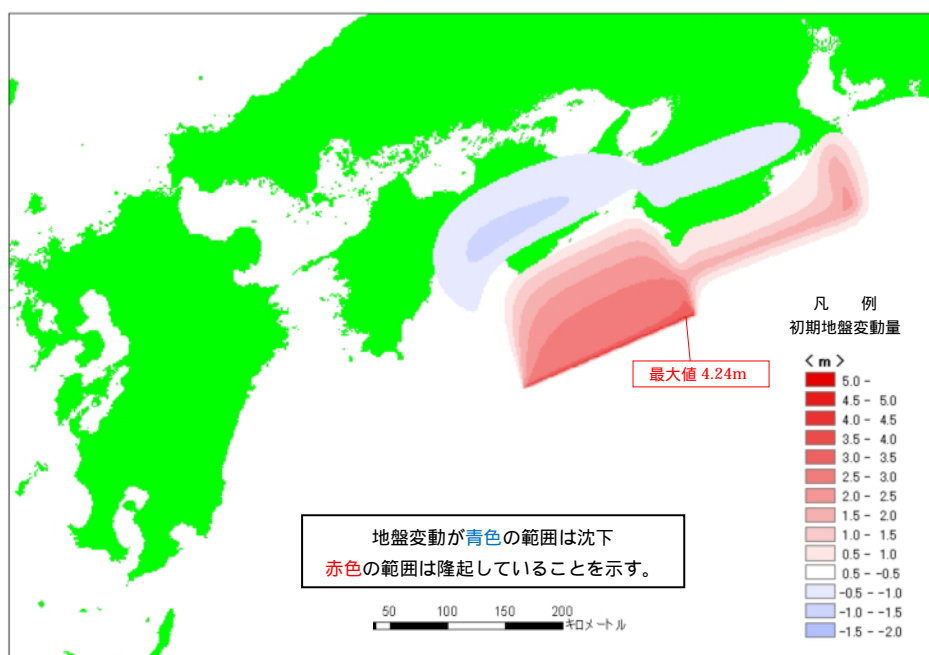


図 3.5-2 初期地盤変動量分布図

2) 計算条件

津波予測シミュレーションにおける計算条件を表 3.5-2 に示す。

表 3.5-2 計算条件の一覧

項目	設定内容
基本となる津波	<ul style="list-style-type: none"> ・規模：安政南海地震（M8.4, 1854） ・位置：宝永地震の波源位置
計算範囲および格子間隔	<ul style="list-style-type: none"> ・内閣府中央防災会議が公開している計画地地形資料を用いて、初期波源域（格子間隔 1350m）から対象港湾海域（格子間隔 10m）まで全域を同時に計算するように設定 ・津波伝播の計算格子間隔は 1350m, 450m, 150m, 50m とし、浸水計算を行う範囲の計算格子間隔は、今回は 10m に設定。
計算手法	非線形長波理論式（浅水理論）を基本方程式とした 2 次元津波遡上モデル
初期条件	<ul style="list-style-type: none"> ・安政南海地震津波モデル（相田モデル1981. Model20`）に基づく地盤変動分布を設定 ・地殻変動による地盤変動を瞬時に初期水位として与える。
境界条件	<p>【沖側境界条件】：沖合海洋では自由透過境界とし、接続領域の境界は外側の領域の水位・流量を引き継ぐ境界条件を設定</p> <p>【陸側境界条件】：海岸部では完全反射境界を設定</p>
設定潮位	朔望平均満潮位（H.W.L:T.P.+0.70m）に基準潮位を設定
防波堤および河川堤防	内閣府中央防災会議の公表データを参考に設定
粗度係数	<p>海底：$n=0.025(s/m^{1/3})$</p> <p>陸域：土地利用データ（国土地理院）よりマニングの粗度係数より設定</p>

計算条件・手法等は、内閣府中央防災会議と同じ。

3) 現計画の予想最高津波高さとの比較検証

津波予測シミュレーションによる現計画の予想最高津波高さとの比較検証位置を図 3.5-3 に、比較検証結果を図 3.5-4 に示す。

津波予測シミュレーションの結果は、高砂市域における予想最高津波高さ(T.P.+1.80m)に対し、比較検証した津波到達最高水位は(T.P.+1.81m)となり、現計画の予想最高津波高さと同程度であることを確認した。



図 3.5-3 比較検証位置図

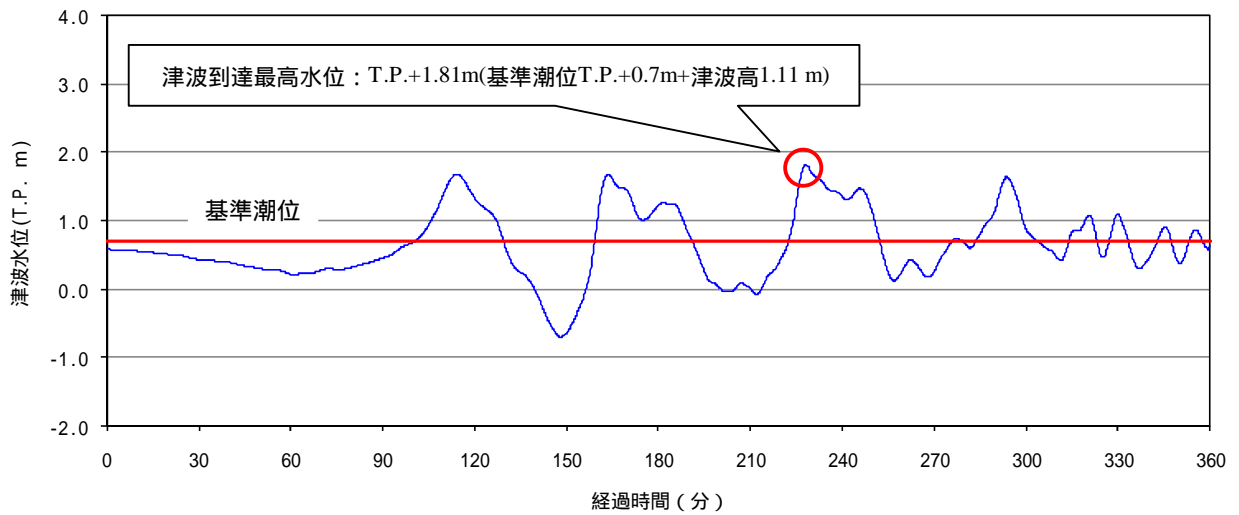


図 3.5-4 現計画の予想最高津波高さとの比較検証結果

4) 初期地盤変動量を増加させた津波予測シミュレーション

津波予測シミュレーションでは、初期地盤変動量を2倍、3倍、4倍に増加させ、これを津波発生時の初期水位(静止状態の海面水位+水位上昇量)と設定し、計算を行う。(図 3.5-5 参照)

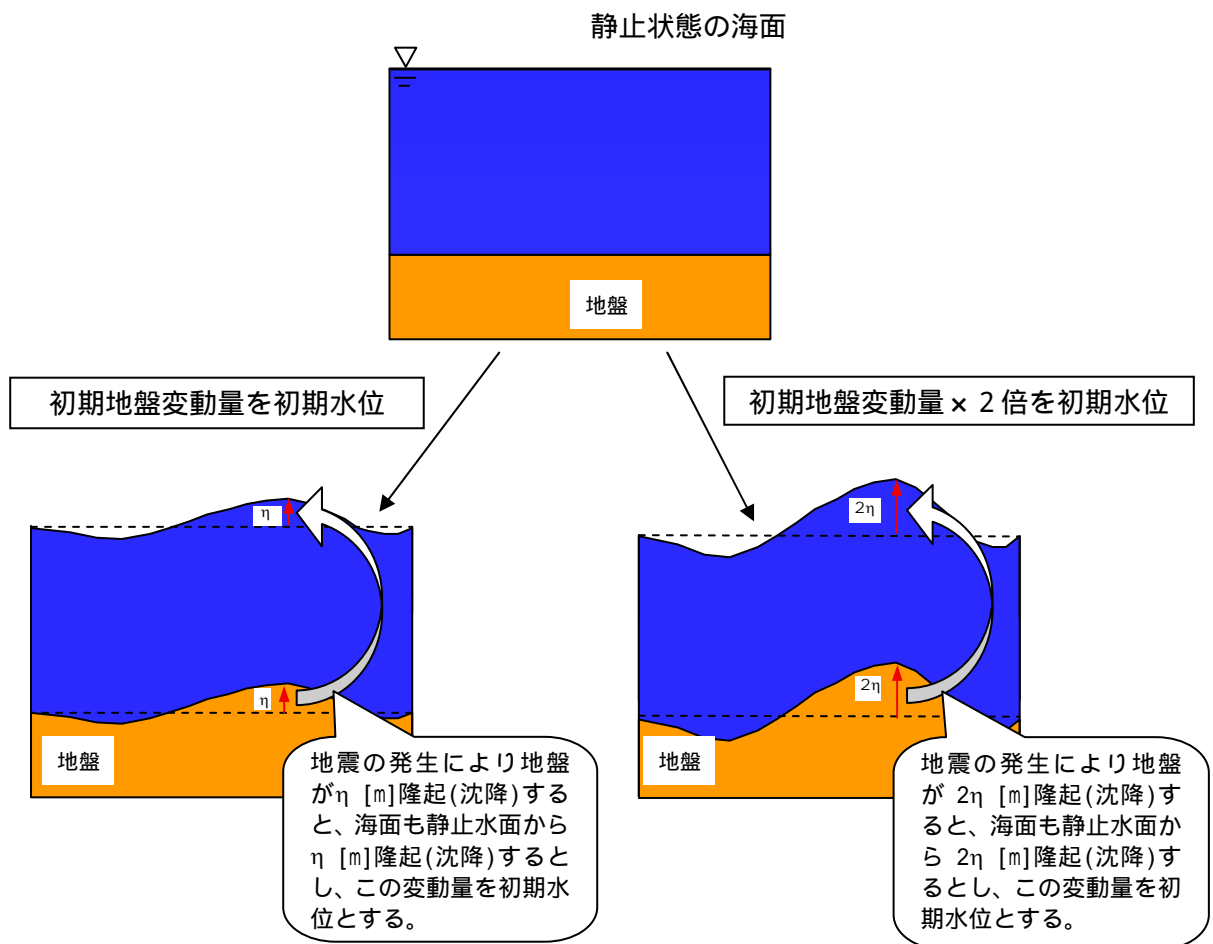


図 3.5-5 地盤変動量に対する初期水位のイメージ

5) 津波予測シミュレーションの結果

津波予測シミュレーションから得られた高砂西港沿岸域から陸域への津波到達最高水位を表 3.5-3 に示す。なお、表中には参考として兵庫県地域防災計画(H19)における高砂西港沿岸域での現行津波高さの2倍とした暫定津波高さ、高砂西港沿岸域での高潮の最大推定潮位も示した。

表 3.5-3 津波予測シミュレーション結果

地盤変動量	津波到達最高水位
初期地盤変動量を2倍	T.P.+2.83m
初期地盤変動量を3倍	T.P.+3.37m
初期地盤変動量を4倍	T.P.+3.51m
参考：暫定津波高さ（現行津波高さの2倍）	T.P.+2.9m
参考：高潮の最大推定潮位 「高砂西港盛立地のPCB汚染土に係る報告書 平成19年9月」より	T.P.+4.2m

盛立地の南側において、津波の影響を最も受けやすい断面位置(A-A')を図 3.5-6 に示し、この断面図に津波到達最高水位を入れたものを図 3.5-7 に示す。

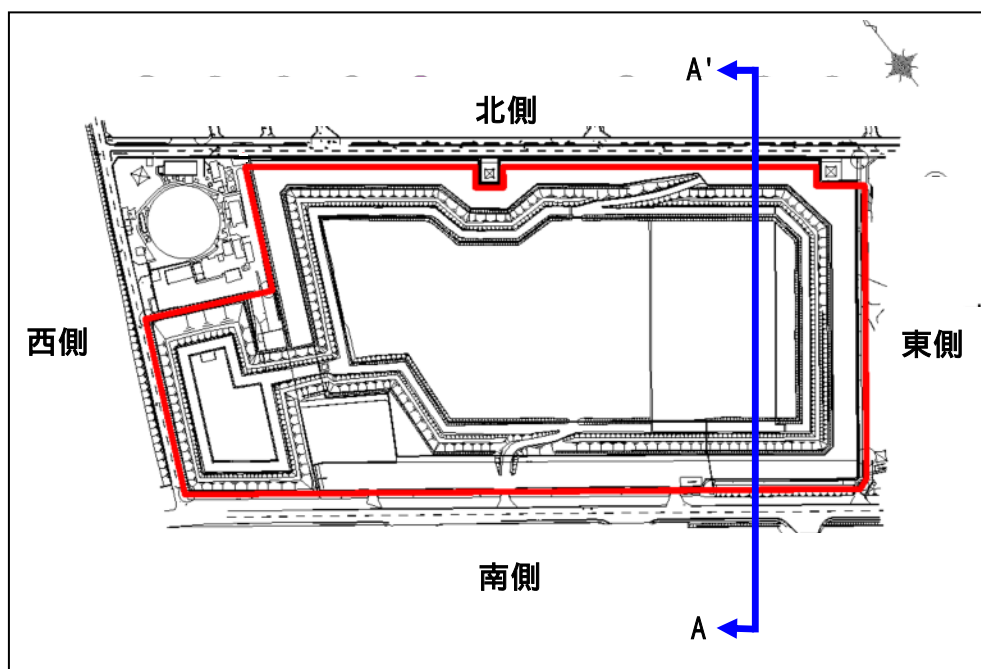


図 3.5-6 津波の影響を最も受けやすい断面位置

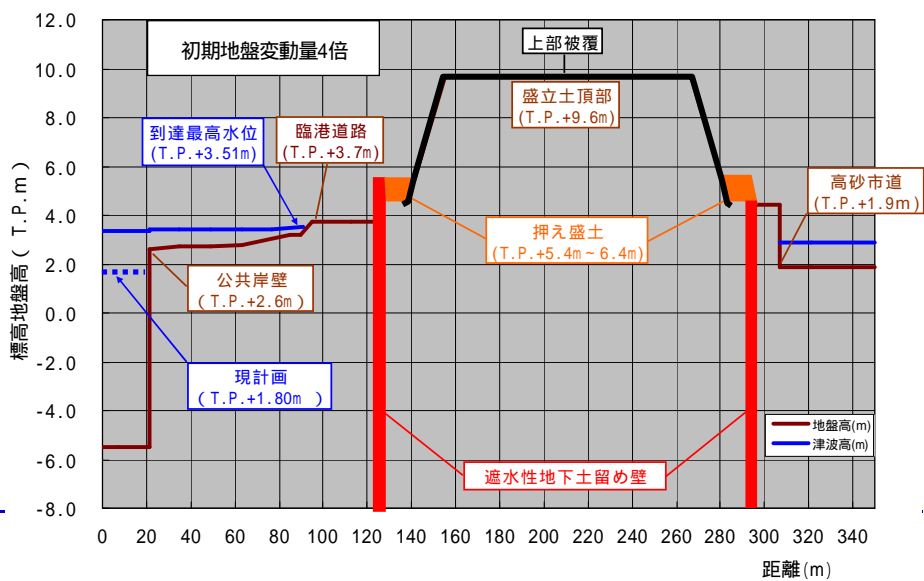
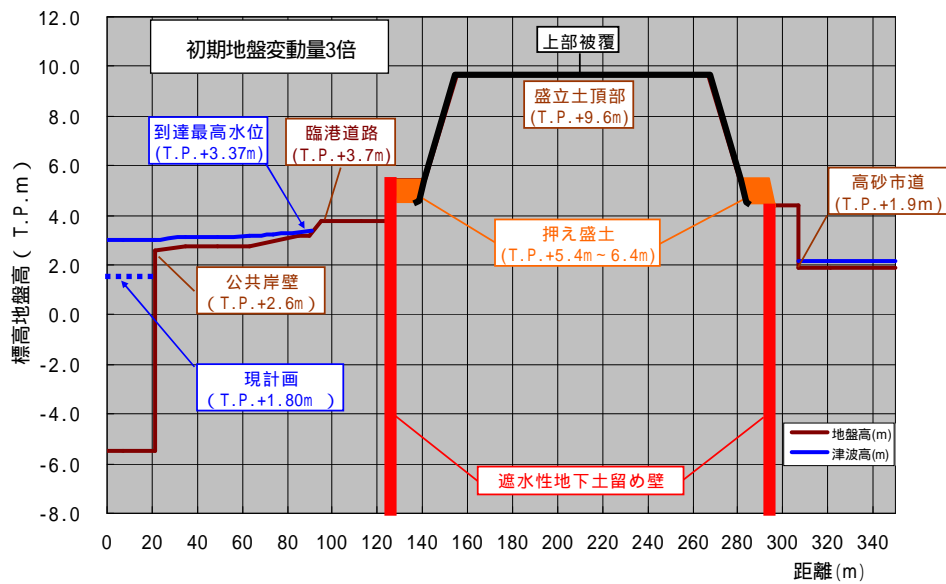
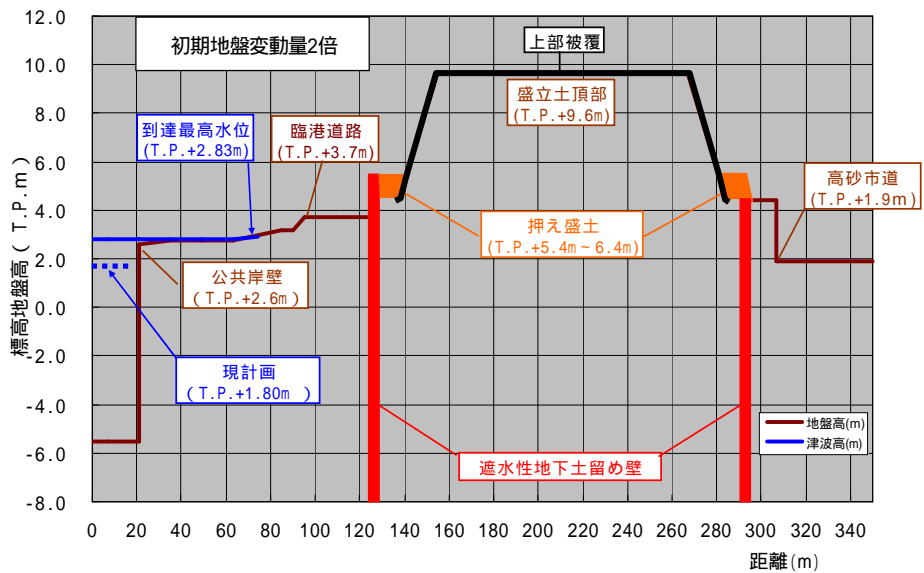


図 3.5-7 津波到達最高水位(A-A'断面)

(3) まとめ

- ・初期地盤変動量を4倍にした場合でも、盛立地への津波到達水位は最大で、T.P.+3.51mになると確認された。
- ・したがって、海溝型地震動による津波の規模を、東北地方太平洋地震を踏まえて想定した場合でも、津波に対する盛立地対策について変更の必要性はないと考える。

【参考】

地盤変動量とマグニチュードの関係

- ・マグニチュードと地震を起こす断層運動のモーメント(M₀)と関係は式(2)で与えられる。

$$M = (\log M_0 - 9.1) / 1.5 \text{ -----(2)}$$

ここに $M_0 = \mu \times D \times S$

μ : 剛性率

D : 平均変位量

S : 震源断層面積

出典: 内閣府中央防災会議(平成20年12月)

- ・初期地盤変動量を2倍、3倍、4倍にした場合の、地盤変動量とマグニチュードの関係を表3.5-4に示す。

表 3.5-4 地盤変動量とマグニチュードの関係

地盤変動量	マグニチュード(M)
初期地盤変動量を2倍	8.8以上 ^{注1)}
初期地盤変動量を3倍	8.9以上 ^{注1)}
初期地盤変動量を4倍	9.0以上 ^{注1)}

- ・注1) この式(2)は、内閣府中央防災会議を初め多くの地震工学の分野で採用されているが、関係式を導く過程で使った地震データはM8.0以下であり、M8.0以上の地震に対して関係式の適用性は現在のところ検証されていない。一方、東北地方太平洋沖地震(M9.0)での海底の鉛直変動量を5mと公表されており、初期地盤変動量を4倍にした場合の地震規模も式(2)を用いると計算上M9.0となる。しかしながら、初期地盤変動量を4倍した場合の地盤変動量は約17mであり、東北地方太平洋沖地震(M9.0)での地盤変動量を大きく上回っている。したがって、式(2)で求めたマグニチュードの値は実際の地震規模より小さく試算されていると考えられる。