

1. マニュアル(案)の概要

1.1 目的

本マニュアルは、災害前の適切なハード・ソフト対策および災害発生時・発生後の救護救援体制の確立、応急復旧体制の確立等の促進を目的として、地震・津波対策計画の立案に活用することが可能な、公共土木施設の地震・津波被害想定手法を提案したものである。

[解説]

中央防災会議や地方自治体によって今後発生が予想される大規模地震に対する被害想定が実施されている。被害想定が実施されている地震は内陸直下の地震と海溝型の地震とに分けられるが、海溝型の浅い地震は、強い揺れの後に津波が来襲する特徴がある。上記の被害想定では、これら揺れと津波に対して建物被害や人的被害を想定しているが、被害を防ぐ、または緊急輸送を担うための施設である公共土木施設の被害を想定する手法については、総合的に地震・津波対策を計画する際に参考となる指針が存在しない。

本マニュアルは、公共土木施設の地震・津波被害想定を実施するにあたって、被害を想定すべき施設、被害の想定手法をとりまとめたものである。ただし、一部施設の被害想定については参照すべき基準書を示し、評価手法の詳細は基準書などに従うこととしている。

なお、本マニュアルでは、地域防災計画における地震・津波対策や各施設管理者が策定する地震・津波対策計画を総称して地震・津波対策計画という。

1.2 マニュアル(案)の適用対象項目

本マニュアルは以下に示す4分野の公共土木施設に対して、地震・津波被害を想定する場合に適用する。

- ① 海岸施設…海岸堤防など
- ② 港湾施設…防波堤、護岸、航路（漂流物）など
- ③ 河川施設…河川堤防、水門、樋門、樋管など
- ④ 道路施設…道路、橋梁、盛土など

[解説]

津波による浸水被害は海岸、港湾、河川管理施設による防潮機能が十分発揮されることである程度防ぐことが可能である。また、大規模地震後には人命の救助、救援を目的とした道路ネットワークの確保が重要である。つまり、想定される津波に対して十分に機能を発揮する防潮施設を有し、震災後に道路ネットワークを維持することで、地震・津波災害に対する被害を大きく軽減することができると考えられる。

このような考えに基づき、本マニュアルでは海岸、港湾、河川、道路施設を地震・津波被害を軽減するために重要な施設と位置づけ、これらの中でも特に重要と考えられる施設や被災要因に着目した被害想定手法を示したものであるが、被害想定項目の追加や被害想定手法の高度化についても今後検討していく必要がある。

2. 公共土木施設の被害想定方法

2.1 地震・津波の解析

地震・津波による被害の想定に必要な外力諸元(最大加速度、SI 値、浸水深など)は数値シミュレーションによって得られた値を採用することを基本とする。ただし、数値シミュレーションの実施が困難な場合は適切な方法に基づいて算定された値を、被害想定の外力とする。

[解説]

中央防災会議や地方自治体によって実施されている地震動、津波に関するシミュレーション結果は多くの場合、数値データとして保存されており、検討対象とする施設ごとにそれら数値データから外力を設定することが可能である。

中央防災会議や地方自治体の実施している津波遡上氾濫シミュレーションは広域を対象としているため、計算メッシュの解像度が粗いといった問題や堤防など施設条件設定が詳細ではない場合もある。一方、津波遡上氾濫シミュレーションは比較的簡易に実施することが可能になってきており、航空レーザー測量などにより海岸付近の低平地の標高データも詳細に取得されつつある。よって、既に実施されているような参考となるシミュレーション結果が得られない場合には、津波遡上氾濫シミュレーションを実施して外力を設定することも考えられる。

2.2 被害想定に必要なデータ

公共土木施設の被害想定に必要なデータは以下のとおりである。これらのデータは地震・津波被害想定を実施した自治体や施設管理者に提供を依頼するほか、地震動強さや津波高さ・浸水深については改めて推定することも考えられる。

- 想定地震の地震動強さ
- 想定津波の高さ、浸水深分布
- 検討対象施設の構造諸元(竣工図面や設計計算書など)

[解説]

被害想定に必要なデータは構造物に作用する外力である地震の諸元、津波の高さおよび構造物の耐力を把握するために必要な構造諸元である。

地震動強さの指標としては、最大加速度、最大速度、SI 値、計測震度などが挙げられる。動的な解析により被害を把握する際には地震動の時刻歴波形または応答スペクトルを入手する必要がある。

想定される津波の高さや浸水深は、潮位や防潮堤等が機能するか否かの仮定によっても異なってくるため、津波の高さや浸水深が計算された際の条件を把握しておく必要がある。また、津波の高さは津波による水位の上昇量で示されることもあれば、基準面に対する高さで示されることもある。基準面も検討機関によって T.P. (東京湾中等潮位) や D.L. (基準線) もしくは各河川特有の基準面で示されていることもあるので、津波の高さを整理する際にはそれら基準に留意する必要がある。

検討対象の構造物諸元は設計計算書や竣工図、最新の測量成果などを用いることができる。地震による液状化の判定などにはボーリング柱状図のデータ等が必要となるが、検討対象構造物地点のデータが入手できない場合には地域の地質特性などを考慮の上、他地点のデータを流用することも考えられる。

2.3 海岸施設の被害想定

被害想定の対象とする項目は以下のとおりとする。

- (1) 地震動による海岸保全施設の機能低下
- (2) 津波による海岸保全施設の機能低下

[解説]

(1) 地震動による海岸保全施設の機能低下

「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」¹⁾では、施設の供用期間中に1～2度発生する確率を有する地震動（レベル1地震動）に対して、海岸保全施設が所要の構造の安全を確保し、かつ、海岸保全施設の機能を損なわないものとされている。また、背後地の重要性等により高い耐震性能が必要とされる海岸保全施設については、現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動（レベル2地震動）を想定し、これに対して生じる被害が軽微であり、かつ、地震後の速やかな機能の回復が可能なものとされている。

海岸堤防が海岸背後の人命・資産を高潮、津波及び波浪から防護するなど、海岸保全施設は所要の機能を有している。地震動による海岸堤防の沈下は、津波による背後地の被害を増大させる可能性があり、機能低下の典型例である。よって、想定地震のもとで所要の機能を確保できる耐震性能を照査することとする。津波による海水の侵入を防止する機能に着目すると、天端高の維持に関わる沈下を照査する必要がある。

「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」では、各施設の構造特性に応じた適切な耐震解析法に基づいて耐震性能を照査するとされている。例えば、「海岸保全施設耐震点検マニュアル」²⁾では、堤防・護岸を土堰堤形式と重力式・矢板構造物に分類し、それぞれの耐震点検の手順が整理されており、土堰堤形式の被害程度や重力式・矢板構造物の危険度を想定することができる。また、近年、動的FEM解析（例えばFLIP）や静的FEM解析（例えばALID）が実務に使われつつある。動的FEM解析や静的FEM解析は「海岸保全施設耐震点検マニュアル」の方法に比べて、構造物の変形状況をより精緻に予測できることから、これらの方法を用いて機能低下を予測することが望ましい。

なお、堤防の沈下量の想定では、液状化だけでなく、広域的な地殻変動も考慮する必要がある。

(2) 津波による海岸保全施設の機能低下

一般的に地震後の津波は数波に渡り、後続の波が第一波より高いこともある。このため、津波による海岸保全施設の被災は、海岸保全施設の浸水防止機能を低下させ、その後に来襲する津波による背後地の被害を増大させる可能性がある。よって、想定津波に対する施設の

安全性能を照査する必要がある。

1983年日本海中部地震(M7.7)および1994年北海道南西沖地震(M7.8)の被災事例を整理すると、津波による海岸堤防の被災形態は、①堤体・上部工の倒壊、②堤体基礎洗掘、③被覆工の流出に分類される。

①は、図－2.3.1のように津波の波力が堤体・上部工に作用することにより、堤体の転倒・滑動や上部工の亀裂・倒壊が生じるものである。これについては、堤体に作用する波圧と土圧を算定し、堤体の安定性を照査することができる。

②は、図－2.3.2のように越流により構造物近傍の地盤が洗掘されるものであり、波力の増大などを通じて①や③に繋がる可能性がある。局所的な現象である洗掘を推定するには津波の流動を詳細に想定する必要があるが、野口らの実験式³⁾では越流量などから洗掘量を推定することができる。

③は、地震動により被覆工の目地が開くことなどにより、越流により被覆工が流出するものである。その照査には、被覆工の位置や形状等に応じて適切な算定方法を採用する必要があるが、一例としてイスバッシュの式⁴⁾を示す。

$$M = \frac{\pi \rho_r U^6}{48 g^3 y^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (2.3.1)$$

ここに、

M : 捨石等の安定質量(t)

ρ_r : 捨石等の密度(t/m³)

U : 捨石等の上面における水の流れの速度(m/s)

g : 重力加速度(m/s²)

y : イスバッシュ(Isbash)の定数

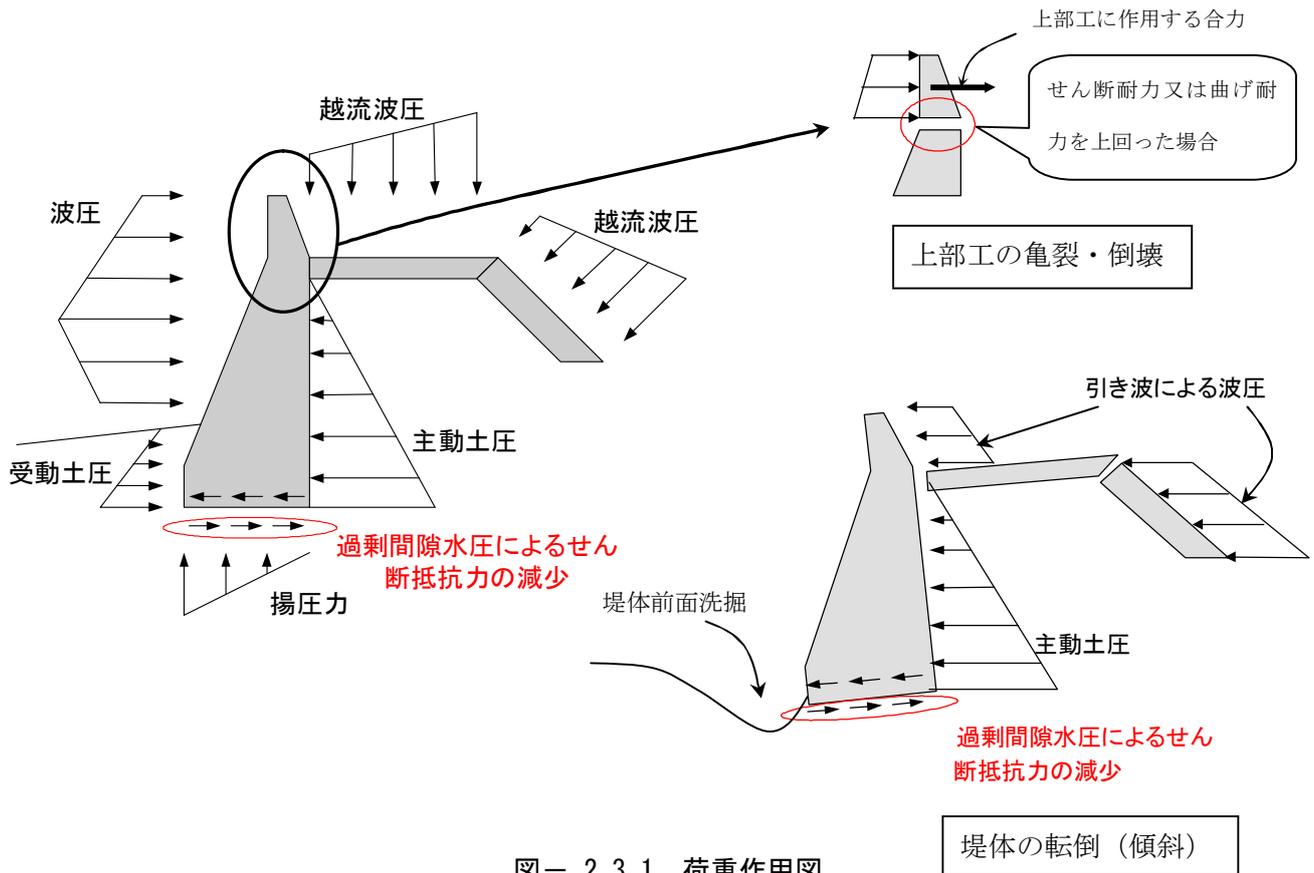
(埋め込まれた石にあつては1.20, 露出した石にあつては0.86)

S_r : 捨石等の水に対する比重

θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配(°)

岩崎ら(1984)⁵⁾は、津波防波堤の開口部潜堤のマウンド被覆材として用いた場合について二次元不定流による実験を行っており、イスバッシュの式の定数として1.08を得ている。

津波の波圧・波力は、構造物の位置、ソリトン分裂の有無などを考慮して、適切な算定式で求める必要がある。その算定式は多数提案されているが、それらの適用範囲を図－2.3.3および表－2.3.1～3に整理した。

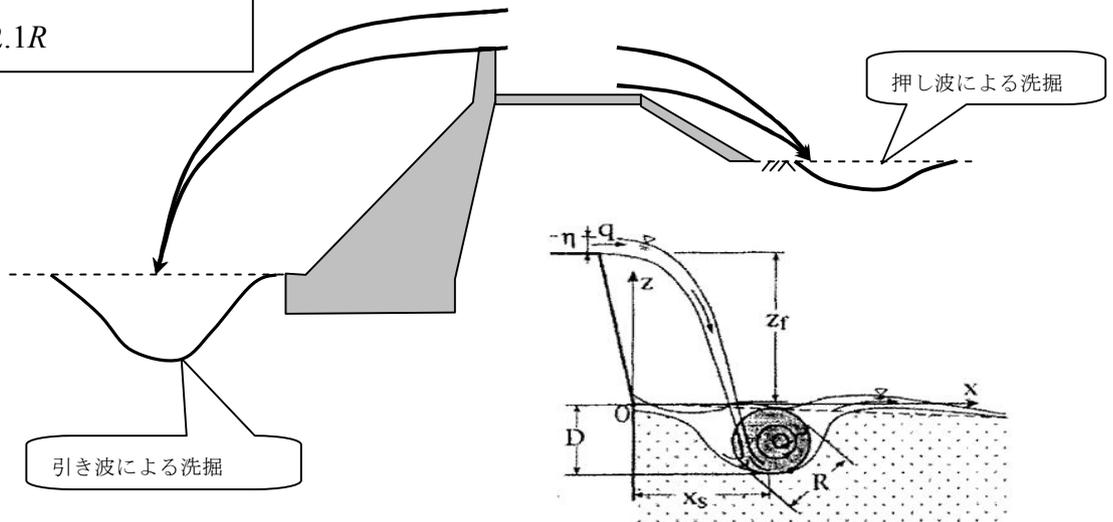


図一 2.3.1 荷重作用図

洗掘深算定式

$$R \sim g^{-1/4} q^{1/2} z_f^{1/4}$$

$$D = 2.1R$$

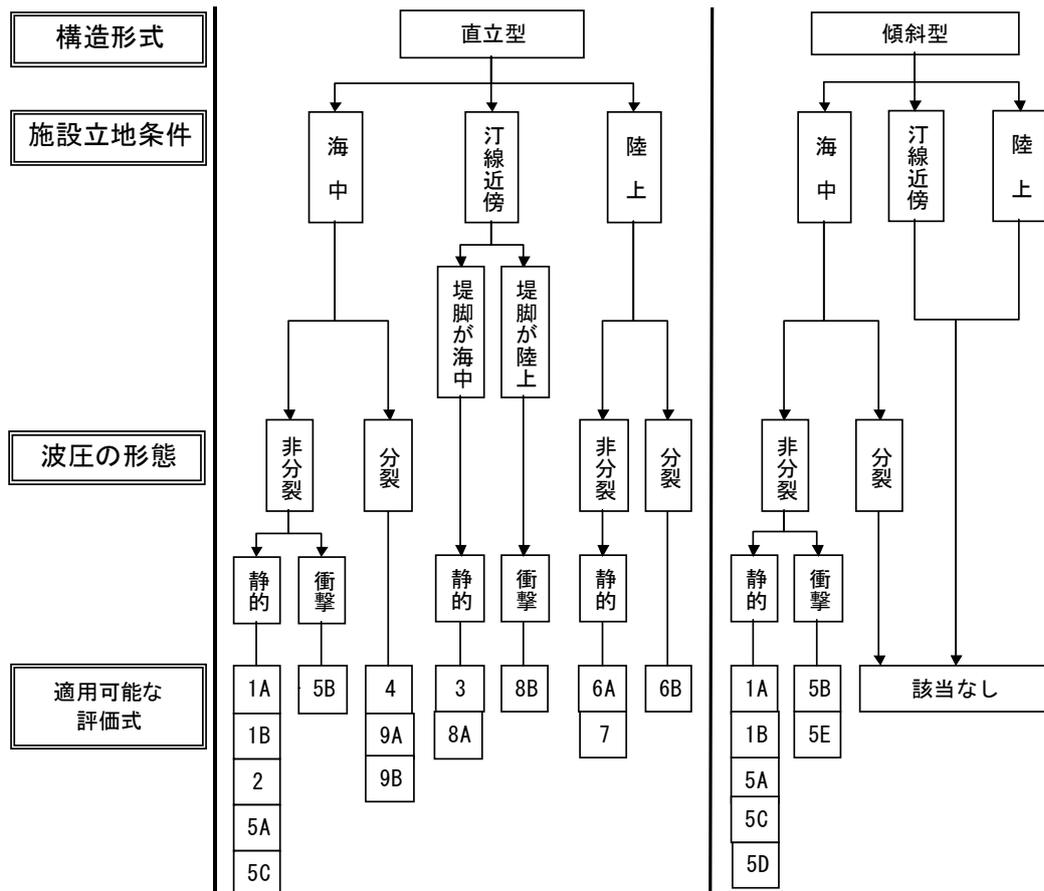


R: 定在渦の直径 (m)、g: 重力加速度 (m/s^2)、q: 護岸直上における水位記録から堰の越流公式により推定した落下水の流量 ($m^3/m/s$)、 Z_f : 前面水面から護岸天端までの高さ (m)、D: 最大洗掘深 (m)

図一 2.3.2 津波による構造物周辺の洗掘評価モデル (野口ら, 1997) ³⁾

表一 2.3.1 押し波による施設の海側に作用する津波の波圧・波力の評価式一覧

整理 番号	津波による波圧・波力の評価式	立地	構造	分裂	衝撃
1A	福井ら (1962) ⁶⁾ の段波波圧の評価式	汀線	直立・傾斜	無し	無し
1B	福井ら (1962) ⁶⁾ の重複波圧の評価式	汀線	直立・傾斜	無し	無し
2	谷本ら (1984) ⁷⁾ の非砕波段波による波圧の評価式	海中	直立	無し	無し
3	松富 (1991) ⁸⁾ の砕波段波による波力の評価式	海中	直立	無し	有り
4	池野ら (1998) ⁹⁾ のソリトン分裂波による波圧の評価式	海中	直立	有り	—
5A	水谷・今村 (2000) ¹⁰⁾ の段波波圧の評価式	海中	直立・傾斜	無し	無し
5B	水谷・今村 (2000) ¹⁰⁾ の衝撃段波波圧の評価式	海中	直立・傾斜	無し	有り
5C	水谷・今村 (2000) ¹⁰⁾ の遡上波圧の評価式	海中	直立・傾斜	無し	無し
5D	水谷・今村 (2000) ¹⁰⁾ の重複衝突波圧の評価式	海中	直立・傾斜	無し	無し
5E	水谷・今村 (2000) ¹⁰⁾ の衝撃重複衝突波圧の評価式	海中	傾斜	無し	有り
6A	朝倉ら (2000) ¹¹⁾ の陸上遡上津波による波圧の評価式	陸上	直立	無し	無し
6B	朝倉ら (2000) ¹¹⁾ の陸上遡上するソリトン分裂波による波圧の評価式	陸上	直立	有り	—
7	飯塚・松富 (2000) ¹²⁾ による陸上家屋に作用する波力評価式	陸上	直立	無し	無し
8A	池野ら (2001) ¹³⁾ による砕波段波による波圧の評価式	汀線	直立	無し	有り
8B	池野ら (2003) ¹⁴⁾ による陸上遡上する砕波段波による波圧の評価式	汀線	直立	無し	有り
9A	池野ら (2005) ¹⁵⁾ によるソリトン分裂波砕波第1波衝突時の波圧の評価式	海中	直立	有り	—
9B	池野ら (2005) ¹⁵⁾ によるソリトン分裂波砕波直後の津波本体重複波圧の評価式	海中	直立	有り	—



- 注1) 図中の番号は津波による波圧・波力の評価式の整理番号を表す。
注2) 施設立地条件は、『海中（非砕波域）』、『汀線近傍（砕波域）』、『陸上（陸上遡上域）』の3条件であり、施設の堤脚部の立地条件を表す。
注3) 波圧の形態『分裂』、『非分裂』はソリトン分裂波の発生の有無を表す。陸上にあつては、沖合から来襲してくる津波がソリトン分裂をしているか否かを表す。
注4) 波圧の形態の『衝撃』とは、津波が構造物に衝突する際に衝撃力が発生しているものを表す。
注5) 波圧の形態の『静的』とは、衝撃力は発生せず、構造物に対して水位が最大になったときに最大波圧を示す（静水圧の最大時に圧力が最大となる）ものを表す。

図一 2.3.3 施設の海側における津波による波圧・波力の評価式の分類

表一 2.3.2 押し波による施設の天端・陸側に作用する津波の波圧・波力の評価式一覧

整理番号	津波による波圧の評価式	立地	構造	分裂	衝撃
5F	水谷・今村 (2002) ¹⁶ の越流波圧評価式	海中	直立・傾斜	無し	無し
5G	水谷・今村 (2002)の衝撃越流波圧評価式	海中	直立・傾斜	無し	有り

表一 2.3.3 引き波による施設の陸側に作用する津波の波圧・波力の評価式一覧

整理番号	津波による波圧の評価式	立地	構造	分裂	衝撃
7	飯塚・松富 (2000) ¹² による陸上家屋に作用する波力評価式	陸上	直立	無し	無し

2.4 港湾施設の被害想定

被害想定の対象とする項目は以下のとおりとする。

- (1) 施設の地震動による被害
- (2) 地震動・津波による防波堤の被災
- (3) 地震動・津波による護岸の傾斜
- (4) 漂流物の評価

[解説]

(1) 施設の地震動による被害

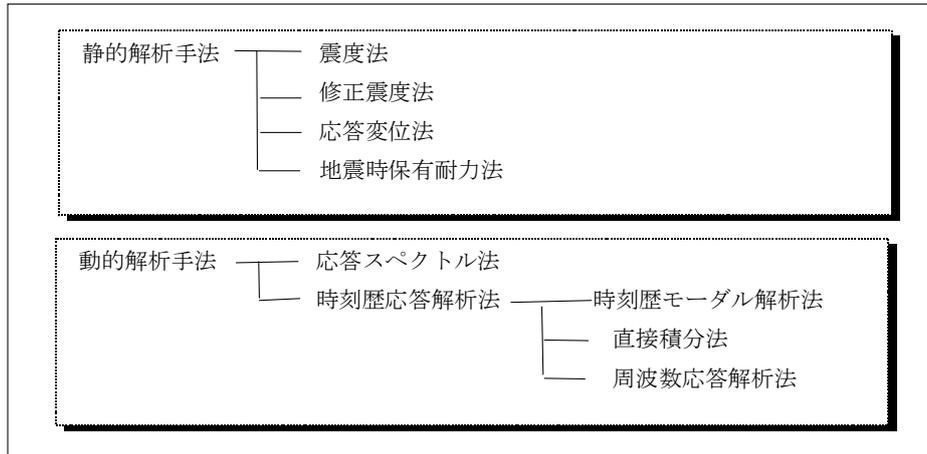
港湾施設の地震動による被害は、2007年に改正された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」⁴⁾（以下、「港湾基準」と称す）に従って想定することとする。

港湾の施設の耐震設計においては、これまで、地震動による動的な作用の影響を静的な慣性力に置き換えてその影響を評価する震度法の適用を基本としてきた。この方法において設計に用いる震度（設計震度という）は、工学的基盤における震度に対応した「地域別震度」を基準とし、これに、表層地盤における地震動の増幅を考慮した「地盤種別係数」と構造物の重要度を考慮した「重要度係数」を乗じて設定されてきた。また、動的解析等による耐震性能照査や液化化予測を行う際には、八戸や神戸等といった、設計対象地点とは必ずしも一致しない地点で観測された地震波形を用いて地震応答解析が行われてきた。しかし、地震動は、震源特性、伝播経路特性、対象地点の地盤特性（サイト特性）に依存し、また、施設の地震応答は入力地震動の振幅の大小だけではなく、地震動、地盤及び構造物の周波数特性に依存するので、性能照査に用いる入力地震動はこれらの諸特性を適切に考慮したものであるべきである。このため、港湾の施設の耐震性能照査において考慮する地震動による作用は、従来の震度法による考え方に代えて、震源特性、伝播経路特性、サイト特性を考慮して得られる工学的基盤における地震動の時刻歴波形をもとに、表層地盤や構造物の特性を考慮して算定する方法を用いることとしている。

港湾基準には、以下の記述がある。

- 1 レベル1地震動については、地震動の実測値をもとに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮して、確率論的時刻歴波形を適切に設定するものとする。
- 2 レベル2地震動については、地震動の実測値、想定される地震の震源パラメータ等をもとに、震源特性、伝播経路特性及びサイト特性を考慮して、時刻歴波形を適切に設定するものとする。

地震動による港湾施設の被害予測手法については、図－2.4.1の通りである。



図－ 2.4.1 地震動による港湾施設の被害予測手法

なお、各種港湾施設に対して地震被害予測手法の適用性を検討した結果を表－ 2.4.1 に示す。実際の被害想定に用いる際の参考にされたい。

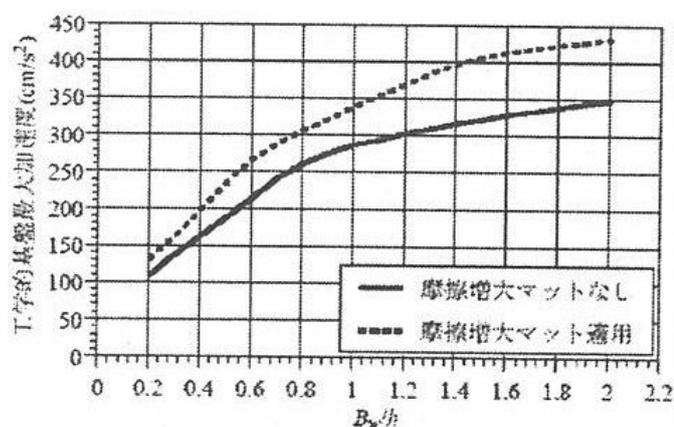
表－ 2.4.1 港湾施設への地震被害予測手法の適用性

被害予測手法	対象施設	構造形式
簡易予測手法	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁、護岸 ・堤防 	<ul style="list-style-type: none"> ・重力式構造物 ・盛土
震度法	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁、護岸 ・堤防 ・水門、陸閘 ・排水機場 ・上屋、倉庫 	<ul style="list-style-type: none"> ・重力式構造物、矢板式構造物 ・盛土
保有水平耐力法	<ul style="list-style-type: none"> ・岸壁 ・道路橋 	<ul style="list-style-type: none"> ・直杭式栈橋
応答変位法	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル ・ライフライン 	<ul style="list-style-type: none"> ・シールドトンネル ・上水道、下水道、共同溝等
応答スペクトル法	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道施設 	
動的応答解析（全応力）	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル ・全ての構造物 	<ul style="list-style-type: none"> ・沈埋トンネル ・ほとんど全ての構造形式
動的応答解析（有効応力）	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての構造物 	<ul style="list-style-type: none"> ・ほとんど全ての構造形式 (液状化を考慮する場合)

(2) 地震動・津波による防波堤の被災

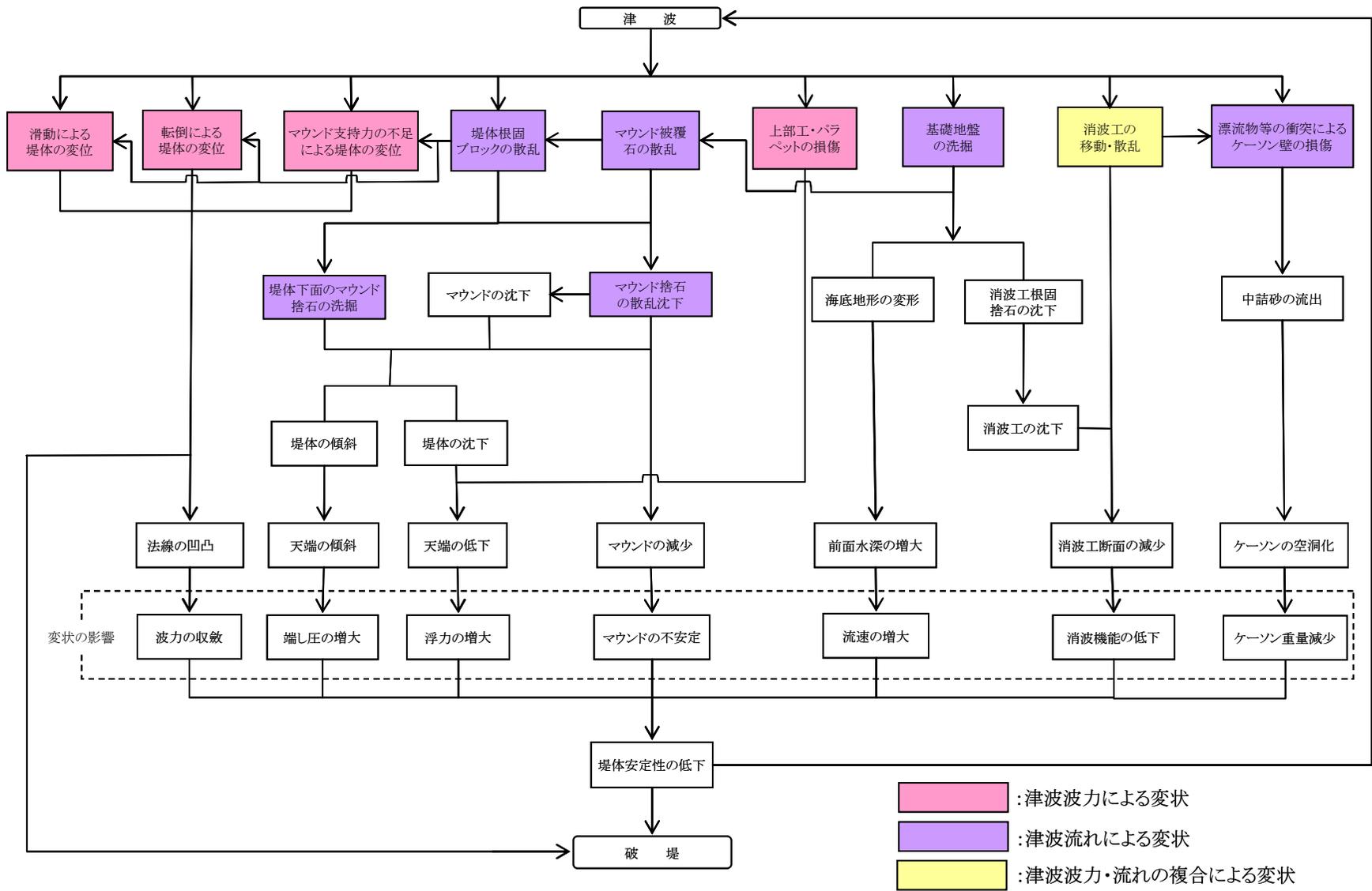
一般的に防波堤においては、波浪に関する変動状態で堤体断面が決定される場合が多く、そのため、レベル1地震動に対する性能照査を省略することが多い。ただし、設置水深が深く設計波高が小さい場合にはレベル1地震動による作用が支配的になるため、波浪に関する変動状態において定まる堤体の断面諸元とレベル1地震動の関係より耐震性能照査の必要性を判断し、必要性ありと判断された場合、耐震性能照査を行う。

必要性の判断は図－ 2.4.2 に示す判定図⁴⁾によることとし、堤体幅 B_w とケーソン設置水深 h の比 B_w/h と工学的基盤最大加速度の係数を用いて、その関係が図示した曲線より下に位置する場合は耐震性能照査を省略することができる。なお、滑動・転倒に関して照査が必要とされた場合の性能照査方法は、港湾基準にもとづき行う。



図－ 2.4.2 耐震性能照査の必要性判定図⁴⁾

津波による防波堤の被災は、津波波力による変状、流れ（流速）による変状、波力と流れの複合による変状があり、波浪を対象とする変状連鎖構造と近似している。波浪に対応する防波堤の変状連鎖を参考に、津波によるケーソン式混成堤の主要被害連鎖相関を整理すると図－ 2.4.3 に示すとおりとなる。図中、特に問題となる被害については以下の 1)～3) のように評価することができる。



図一 2.4.3 津波によるケーソン式混成堤の主要被害連鎖関連

1)防波堤の津波に対する安定

図一 2.4.3のうち、滑動による堤体の変位・転倒による堤体の変位・マウンド支持力の不足による堤体の変位についての検討は、津波による波圧・揚圧力を外力とするものであり、検討に用いる津波波圧式は谷本らの提案式¹⁷⁾を用いる。

2)防波堤の被覆石の散乱

図一 2.4.3のうち、被覆石の散乱について港外側・港内側を対象とする検討は、マウンド近傍流速と被覆石等の安定限界重量の関係について、流れに対する被覆材の安定質量のイスバッシュの式⁴⁾(2.3.1)により、使用被覆石の質量が安定質量以下の場合、散乱が発生すると判断される。

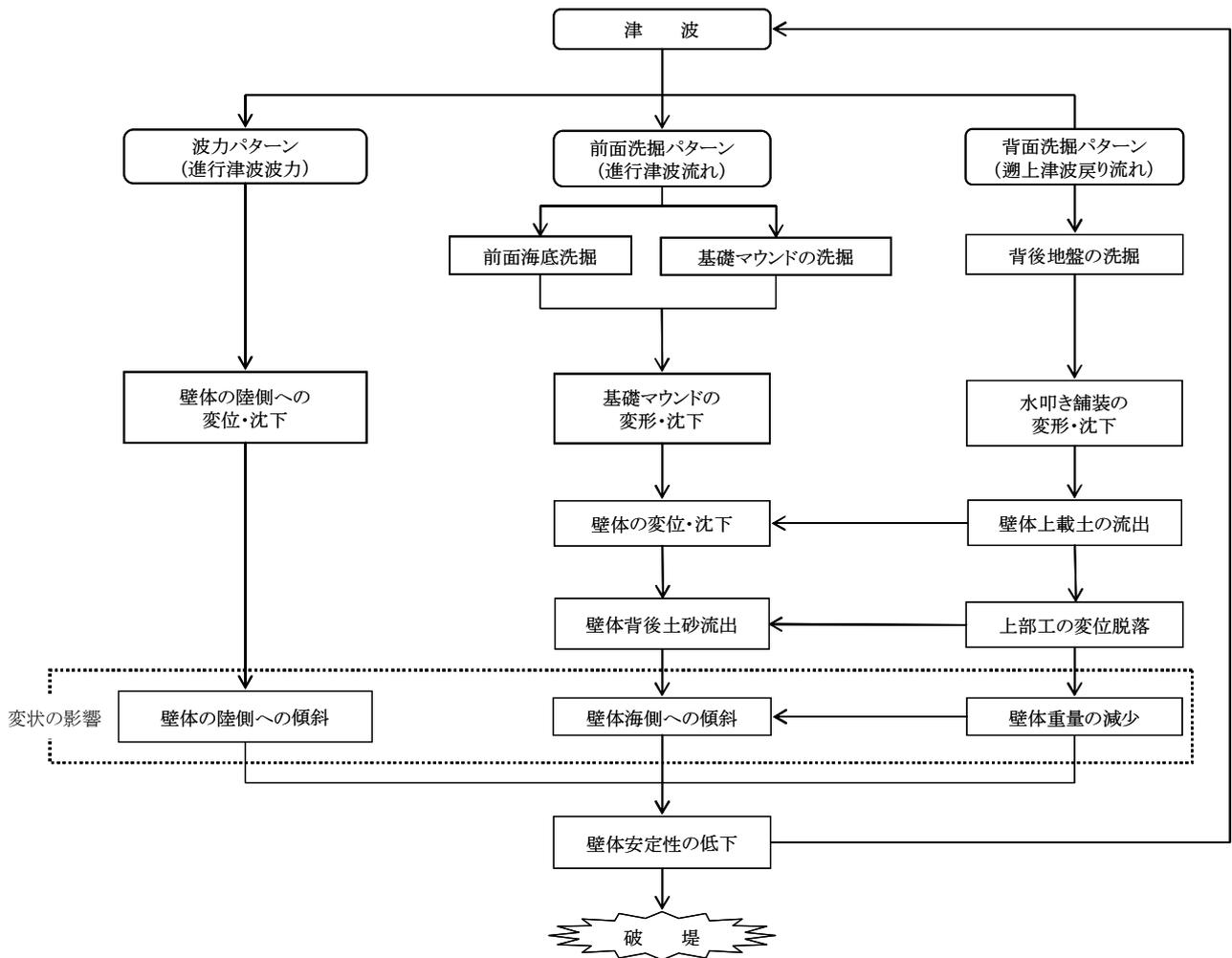
3)防波堤の消波工の移動・散乱

図一 2.4.3のうち、消波工の散乱については、津波に対する評価式が存在しない。これについては、ソリトン分裂津波による異形ブロック堤に関する散乱実験結果¹⁸⁾が参考になる。これによれば、消波工は通常ハドソン式で設計されているが、津波による破壊力は従来の波浪によるものと比べて格段に大きく、消波ブロックの移動・散乱が生じる危険性があることが示唆されている。

(3)地震動・津波による護岸の変形

護岸の傾斜をはじめとする構造物の変形量について、定量的な照査を行うためには、図一 2.4.1のうち時刻歴応答解析手法を用いる必要がある。時刻歴応答解析手法はその解析法により、有効応力解析法と全応力解析法に分類することができる。有効応力解析法の代表的な解析プログラムとして、「FLIP」、「LIQCA」等がある。また、全応力解析法の代表的な解析プログラムとして、「SHAKE」や「FLUSH」等があり、それぞれ過剰間隙水圧の発生程度等に応じて使い分ける必要がある。

津波による護岸の津波被害は図一 2.4.4に示すとおり、波力パターン、前面洗堀パターン、背面洗堀パターンの3種類に分類することができる。被害想定にあたっては、傾斜に至るまでの護岸の変位・沈下、背後地盤の洗堀等の変状を適切な手法を用いて、精度よく予測することが必要である。具体的には、背面洗堀パターン（遡上津波戻り流れ）について、護岸背後地盤洗堀の検討、戻り流れによる抗力を作用荷重とするケーソン壁体及び上部工の安定に関する検討結果¹⁹⁾が参考になる。

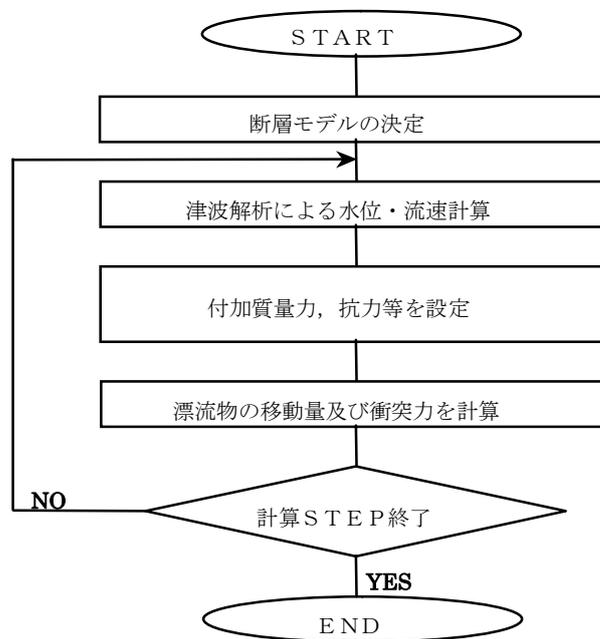


図一 2.4.4 津波による重力式護岸の主要被害連鎖

(4) 漂流物の評価

津波が港湾域に來襲した際の主な漂流物としては、海上コンテナ、木材、船舶等が挙げられ、漂流物の挙動を適切に再現できる漂流シミュレーション手法を用いて漂流域の推定を行う。海上コンテナ、木材、船舶等を対象とした漂流物の外力としては平面2次元津波解析結果を用い、漂流物に関する運動方程式を解くことにより、漂流物の漂流挙動を計算することができる。

また、これに漂流物間や構造物との接触判定を行うとともに作用力（衝突力）を考慮すれば、衝突現象まで含めた漂流物の漂流・衝突挙動をより精度良く組み込むことが可能となる。ここで、津波による漂流物の予測フローの概要を図－2.4.5に示す。



図－2.4.5 津波による漂流物の予測フローの概要

漂流物の漂流・衝突挙動について算定することにより、漂流物の衝突による荷役施設や海岸保全施設などの構造物の安全性の照査、コンテナ等の保管場所の整備・集約に伴う流出危険性低下の把握、流出を防止する施設の整備効果の把握等に活用できる。漂流物の衝突力の算定方法には、木材を対象漂流物とする松富らの研究²⁰⁾やコンテナを対象とする水谷らの研究²¹⁾など、様々な既往研究が存在する^{22), 23)}。津波による漂流物の漂流・衝突挙動シミュレーションとして、平面二次元津波数値シミュレーション及び個別要素法 (DEM) による漂流物の形状表現・衝突評価を組み合わせた解析事例のフローを図－2.4.6に示す。

構造物の安全性照査等を行う際には、これら各種算定方法について試算した結果等から、適切な算定方法を採用するのが望ましい。

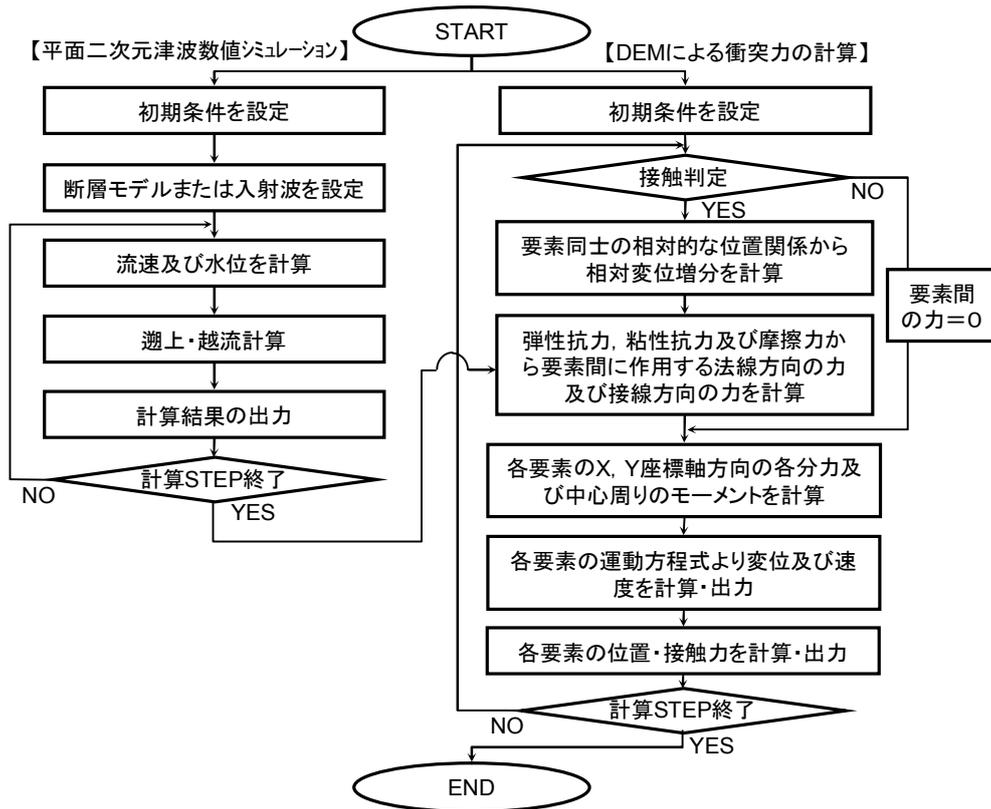


図-2.4.6 津波による漂流物の漂流・衝突挙動シミュレーションのフロー⁶⁾

2.5 河川施設の被害想定

被害想定の対象とする項目は以下のとおりとする。

- (1) 地震動による河川構造物の被害想定
 - 液状化に伴う河川堤防の沈下
 - 堰、水門、樋門、樋管などの地震動による被災
- (2) 津波による水門、樋門等のゲート部損傷
- (3) 津波の堤防越流区間
- (4) 津波が堤内地に逆流する施設(水門、樋門など)の特定
- (5) 津波の河川遡上による堤内地の浸水

[解説]

(1) 地震動による河川構造物の被害想定

液状化に伴う河川堤防の沈下量評価及び、堰、水門、樋門、樋管などの河川管理施設の地震動による被災評価については「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」²⁴⁾の方法に則って検討することを基本とする。

(2) 津波による水門、樋門等のゲート部損傷

水門や樋門等の河川構造物は津波の進行方向と平行にゲートが設置されているが、河道の湾曲や高水敷の状況などに応じて斜めから津波を受けることが考えられる。よってこれら施設も応力照査の実施対象とすることが望ましい。

津波波力の算定方法としては「アルミニウム合金製水門設計製作指針案」²⁵⁾や港湾基準⁴⁾など各種提案されているが、一例として海岸域の水門設計の際に用いられる「アルミニウム合金製水門設計製作指針案」²⁵⁾に示されている津波波力の算定方法を以下に示す。

○津波波力の考え方

検討対象外力：津波シミュレーションの結果から得られた施設前面水位を用いる。

許容応力：水門施設構造部材の許容応力度は、地震時の許容応力の算定方法²⁶⁾と同様に津波荷重を短期の荷重と考え、1.5倍に割り増すこととする。

○検討手順

- ①津波最高水位より、各施設構造に作用する外力を算定。
- ②扉体、戸当りの応力照査および開閉装置の機能維持評価を行う。

○水圧の設定条件（図－2.5.1）

- ①上流側静水圧荷重

$$P_1 = \frac{1}{2} W_0 \cdot H_1^2 \quad (2.5.1)$$

ここで、 W_0 ：水の単位重量(9.807 kN/m³)、 H_1 ：設計水深(m)である。

②津波による静水圧荷重

$$P_2 = \frac{1}{2} W_0' \cdot H_2^2 \quad (2.5.2)$$

ここで、 W_0' ：海水の単位重量(10.101 kN/m³)、 H_2 ：津波波高(m)である。

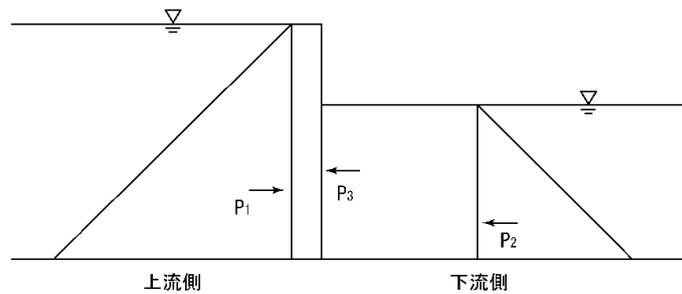
③津波による衝撃圧荷重

$$p = W_0' \cdot \frac{v^2}{g}, \quad v = \sqrt{g \cdot H_2} \quad \text{より}$$

$$p = W_0' \cdot H_2 \quad \text{から}$$

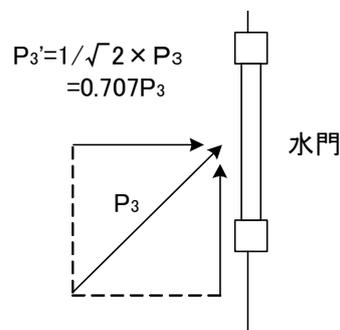
$$P_3 = W_0' \cdot H_2^2 \quad (2.5.3)$$

ここで、 p ：津波の衝撃圧、 v ：津波の波速、 g ：重力加速度である。



図－ 2.5.1 ゲートに作用する荷重

ここで、津波の進行方向に対して平行な位置に配置されている水門については、衝撃力が直接作用することは考えにくいですが、津波の遡上状況や施設の設置状況に応じて斜めに衝突することが想定される(図－ 2.5.2)。よって安全側(波力が作用する側)を想定して、津波がある角度から衝突するものと考え、衝撃圧 P_3 を算定することも考えられる。衝突角度は適宜現地の状況等によって設定することが望ましい。



図－ 2.5.2 斜め 45° で衝突した場合

(3) 津波の越流区間

液状化による沈下後の堤防天端高と津波の河川遡上シミュレーションによる河道内の水位を比較し、津波が越流する堤防区間を把握する。津波の河川遡上シミュレーション手法については、「津波河川遡上解析の手引き（案）」²⁷⁾に示されている手法を基本とする。

(4) 津波が堤内地に逆流する施設（水門、樋門など）の特定

水門、樋門等については地震動による被害が発生しなければ、状況によっては、閉操作を完了させ、堤内地への津波の流入を防ぐことが可能である。津波の河川遡上シミュレーションから得られる各所における津波の到達時間や、閉操作完了までの所要時間、遠隔操作の有無など、表－ 2.5.1 に示すような項目を一覧表に整理することで、津波が堤内地に流入する施設を把握することが可能である。

表－ 2.5.1 整理項目例

・種別（樋門、水門など）	・ゲート構造	
・管体等の大きさ	・操作状況（委託・遠隔等）	・敷高
・背後地地盤高	・想定津波高	・操作所要時間
・津波到達時間	・操作方針	

(5) 津波の河川遡上による堤内地の浸水

津波の河川遡上による堤内地の浸水想定を行う際には、上記の地震動による河川構造物に被害状況、水門・樋門等の閉操作の可否等を考慮して、適切に条件設定を行うことで、シミュレーションの精度を向上させる。シミュレーション手法については、前述の「津波の河川遡上解析の手引き（案）」²⁷⁾が参考となる。

水門・樋門等の開口部からの水の流入量、河川堤防の越流量については次に示す手法で計算することができる。

①水門・樋門等の開口部からの水の流入量

最小計算格子幅よりも狭く、開口部の高さも限定されているような水門・樋門・樋管からの堤内地への流出入については、図－2.5.3、表－2.5.2 に示すように、施設の前面と背面の水位差を用いて流量を算定することができる²⁸⁾。いずれの方法を用いる場合においても、施設の開口部の断面積など施設諸元を考慮したモデル化を行う必要がある。また、堤外側にフラップゲートが設置されている施設については、津波来襲時にゲートが自動で閉鎖されるため津波が施設を逆流することはないと考え、モデル化の対象から除外できると考えられる。

①自由流出	②中間流出	③潜り流出
h_2 の水位がゲートの下端部よりも低い位置にあり、 h_1 の水位がHの1.5倍より低い位置にある場合	h_2 の水位がゲートの下端部よりも低い位置にあり、 h_1 の水位がHの1.5倍より高い位置にある場合	h_1, h_2 の水位ともゲートの下端部よりも高い位置にある場合

図一 2.5.3 ゲートを流出する際の水位と樋門断面高さの関係

表一 2.5.2 施設通過流量算定式

No.	水位の関係		計算式	流量係数 C
①	$h_2 < H$	$h_1 < \frac{3}{2}H$	自由流出: $Q = CBh_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ ただし、 $\frac{h_1}{h_2} \geq \frac{3}{2}$ の場合は $h_2 = \frac{2}{3}h_1$ とする	0.79
②		$h_1 \geq \frac{3}{2}H$	中間流出: $Q = CBH\sqrt{2gh_1}$	0.51
③	$h_2 \geq H$		潜り流出: $Q = CBH\sqrt{2g(h_1 - h_2)}$	0.75

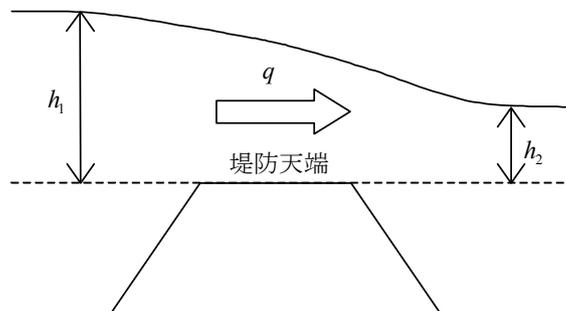
h_1, h_2 : 施設前後の水位 H: 開口部高さ
Q: 流量 B: 開口幅 C: 流量係数 g: 重力加速度

②河川堤防の越流量

河道内の水位が堤防天端高を超えた場合、天端高を基準とした堤前後の水深 h_1, h_2 ($h_1 > h_2$) とすると、越流状態に応じて堤単位長さ当たりの越流量 q を、以下に示す本間の公式²⁹⁾を用いて算出することができる³⁰⁾。

$$\text{完全越流の時} \quad \frac{h_2}{h_1} < \frac{2}{3} \quad q = 0.35 \times h_1 \sqrt{2gh_1}$$

$$\text{潜り越流の時} \quad \frac{h_2}{h_1} \geq \frac{2}{3} \quad q = 0.91 \times h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$



図一 2.5.4 本間の公式の説明図

2.6 道路施設の被害想定

被害想定の対象とする項目は以下のとおりとする。

- (1) 地震による橋梁の被災および走行性
- (2) 津波による橋梁の被災および走行性
- (3) 地震による盛土の被災
- (4) 津波による盛土の被災
- (5) 津波による路面浸水区間
- (6) 津波漂流物

[解説]

地震・津波時には、種々の要因で道路に機能障害が生じる可能性があるが、ここでは橋梁と盛土の地震動・津波波力による被災、ならびに浸水と道路上への漂流物（家屋倒壊による瓦礫、漁船）の影響を考慮する。実際にはこの他にも、橋梁・盛土以外の道路施設や沿道構造物の被災、泥土・流木等の堆積、火災、渋滞等によって通行障害が発生する可能性があるため、今後、評価手法やデータが整備されれば考慮するのがよい。以下、項目ごとに現在用いることが可能な評価手法を説明する。

(1) 地震による橋梁の被災および走行性

地震による道路橋の被災度評価には、既往の震災データに基づいて提案された、当該地点での地震動強さと各橋梁の基本的な諸元から被災度を簡便に推定する手法³¹⁾を用いることができる。この手法は、まず構造被災度（A, B, C）を図－2.6.1のようなフローで推定し、次にその結果と橋台背面土および支承の状況をもとに走行性（a, b, c）を図－2.6.2のフローで判定するものであり、図中にあるように、必要に応じてチェックシートや判定表を参照する。例として、走行性判定フロー中の背面土判定シートを図－2.6.3に示す。

構造被災度の定義は以下の通りである³²⁾。

A：大被害…耐荷力の低下に著しい影響のある損傷を生じており、落橋等致命的な損害の可能性のある場合

B：中被害…耐荷力の低下に影響のある損傷であり、余震や活荷重等による被害の進行がなければ、当面の利用が可能な場合

C：小被害…短期間には耐荷力の低下に影響のない場合

また、走行性の定義は以下の通りである。

a：構造的に問題があるため短期間での通行は不可能

b：構造的に問題なく1～2日程度の段差修正で通行可

c: 無補修あるいは軽微な段差補修で通行可

(2) 津波による橋梁の被災および走行性

津波による道路橋の被災度評価には、津波波力³³⁾により支承が損傷するか否か、橋桁が流失するか否かを簡便に推定する手法³⁴⁾を用いることができる。

この手法は、構造被災度を図－ 2.6.4 のフローで推定し、次に(1)と同様、構造被災度と橋台背面土および支承の状況をもとに走行性を判定するものである。

津波による走行性判定フローは図－ 2.6.2 と同じであるが、背面土判定シートとして図－ 2.6.5 を用いる部分が地震(図－ 2.6.3)とは異なる。図－ 2.6.5 中にある盛土被災度の評価には、次の(3)で述べる手法を用いる。

(3) 地震による盛土の被災

地震による盛土の被災度評価には、盛土の水平載荷シミュレーション結果に基づく沈下量推定式³⁵⁾を用いることができる。

この推定式は、当該地点での震度が震度6弱以上の場合、平成8年度道路防災総点検の評価点数 p と換算水平震度 k_h から、次式により沈下量 d [m]を推定するものである。

$$d = 0.165(p-2) \cdot k_h^{0.6} \quad (2.6.1)$$

ここで、換算水平震度 k_h は当該地点での震度が6弱、6強、7の場合、それぞれ0.4、0.6、0.8とし、過去の盛土の被害事例等を勘案して、推定沈下量が1mを上回る盛土については詳細な検討が必要と判定する³⁵⁾。

(4) 津波による盛土の被災

津波による盛土の被災度評価には、裏法無被覆土堤(海岸堤防・防潮堤・護岸堤防・防波堤防・道路堤・鉄道堤を含む)の津波被災事例から整理された被災基準³⁶⁾を用いることができる。図－ 2.6.6はこの基準とデータを示しているが、盛土高が大きくなるほど許容される越流水深が小さくなる被災基準となっている。このため、データが乏しい盛土高4m以上の場合には、越流すれば全面被害(全壊・流失または大部分破壊)が発生すると判定しておくのがよい。

橋台背面盛土についても上記(3)、(4)の地震・津波被災度評価を行い、その結果を橋梁の走行性判定において考慮することができる。

(5) 津波による路面浸水区間

道路の路面の高さは周辺地盤と同一でない場合が多いため、路面浸水区間の正確な把握には、路面高(=路面の標高-周辺地盤の標高)が必要となる。路面高のデータを整備すれば、津波による路面浸水区間は、最大浸水深が路面高より大きい区間として評価するこ

とができる。ここで、最大浸水深は、断層運動に伴う地盤の鉛直変位量を考慮して推定される必要がある。

(6) 津波漂流物

津波漂流物のうち、家屋倒壊による瓦礫と漁船について、図－ 2.6.7 のフローで道路上に堆積する瓦礫量と漁船が漂着する可能性を評価することができる³⁴⁾。

道路上に堆積する瓦礫量は、次の手順で算定する。

①浸水域内の木造・非木造建物数を計測震度ごと、浸水深ごとに算出

②計測震度と建物被害率の関係（図－ 2.6.8）³⁷⁾から木造・非木造建物それぞれの地震による全壊棟数を算出

③地震による全壊棟数を除いた木造建物を対象に、津波による全壊・半壊棟数を算出（浸水深が 2m 以上であれば全壊、1m 以上 2m 未満であれば半壊と評価³⁸⁾）

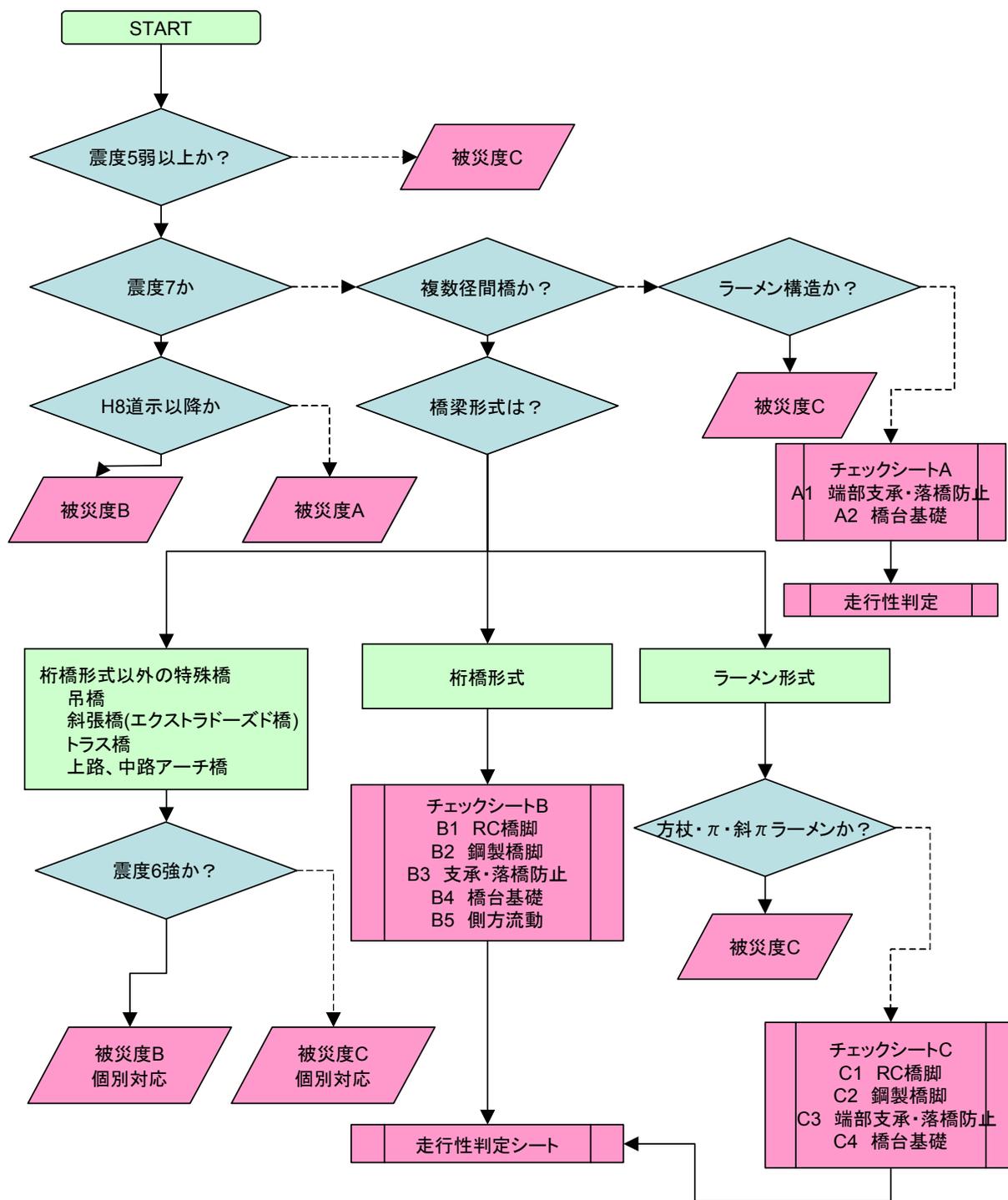
④地震と津波による全壊・半壊棟数を合わせた建物被害棟数（全壊棟数＋0.5×半壊棟数）と 1 棟あたり床面積から被害面積を算出し、面積当たり瓦礫重量（木造は 0.6[t/m²]、非木造は 1.0[t/m²]）から瓦礫重量を算出、さらに瓦礫体積に換算（木造は 1.9[m³/t]、非木造は 0.64[m³/t]を用いる）³⁷⁾

⑤発生した瓦礫は浸水域全域に水平に同じ厚さで堆積するとして、道路上の瓦礫量を算定（ただし道路上に堆積する瓦礫の高さはその地点の最大浸水深を上回らないとする）

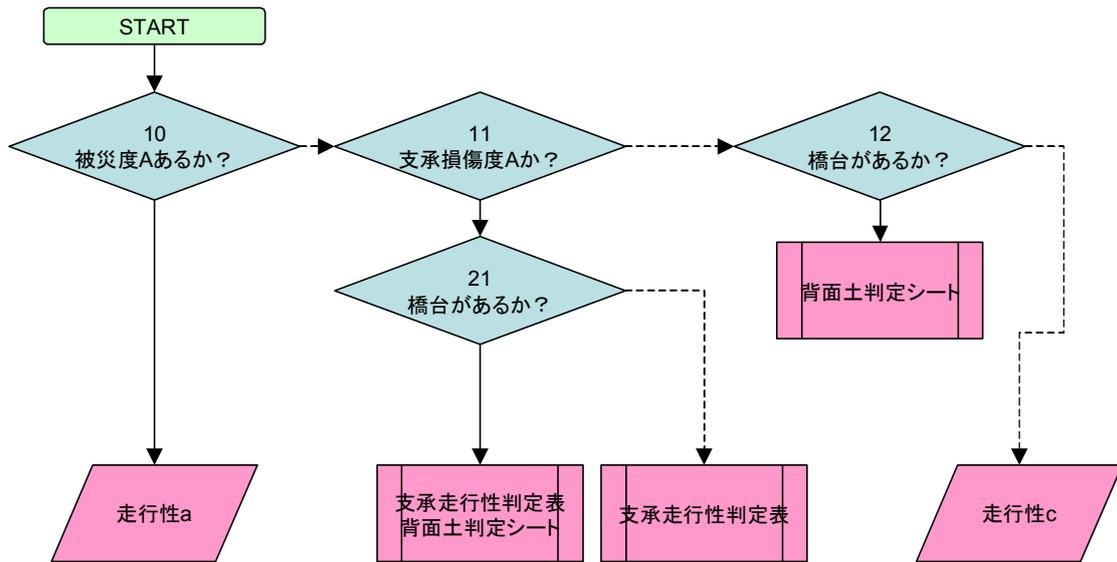
浸水棟数は、国勢調査のメッシュデータから算出した浸水世帯数と住宅・土地統計調査の 1 世帯あたり住宅数から算定できる。また、個別に木造と非木造に分類してそれぞれの建物数を算定することは困難であるため、住宅・土地統計調査で市町村ごとに整理されている木造建物と非木造建物の比率により①の木造・非木造建物数を算出できる。

漁船の漂着可能性については、漁船の規模と喫水を調査し、喫水よりも浸水深が大きく、対象とする道路が存在する地域では、その道路に漁船が漂着する可能性があるとして評価する。個々の漁船の喫水についての情報が得られない場合には、漁船の規模から推定される喫水の最小値³⁹⁾を用いる。

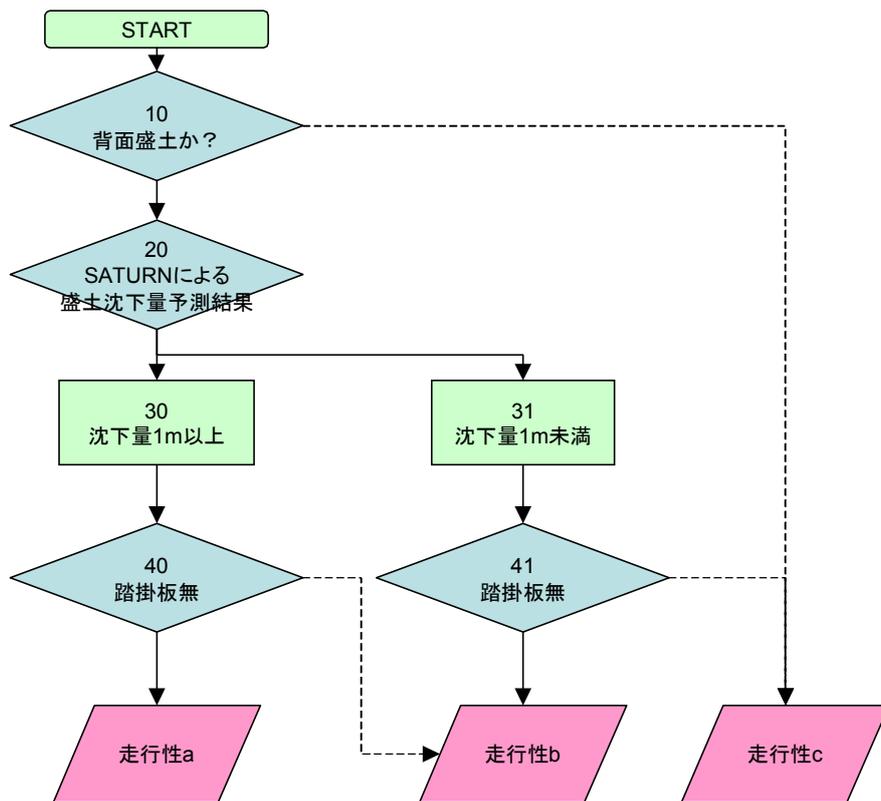
なお、漁船は通常、漁港では係留されている場合が多いと考えられるが、天候により必ず係留されているとは限らないことや、沖への避難中に津波が来襲する可能性もあり、ここでは係留ロープが破断するかどうかといった判断は行っていない。ただし、より正確に漂着可能性を評価したい場合には、このような判断も必要になると考えられる。



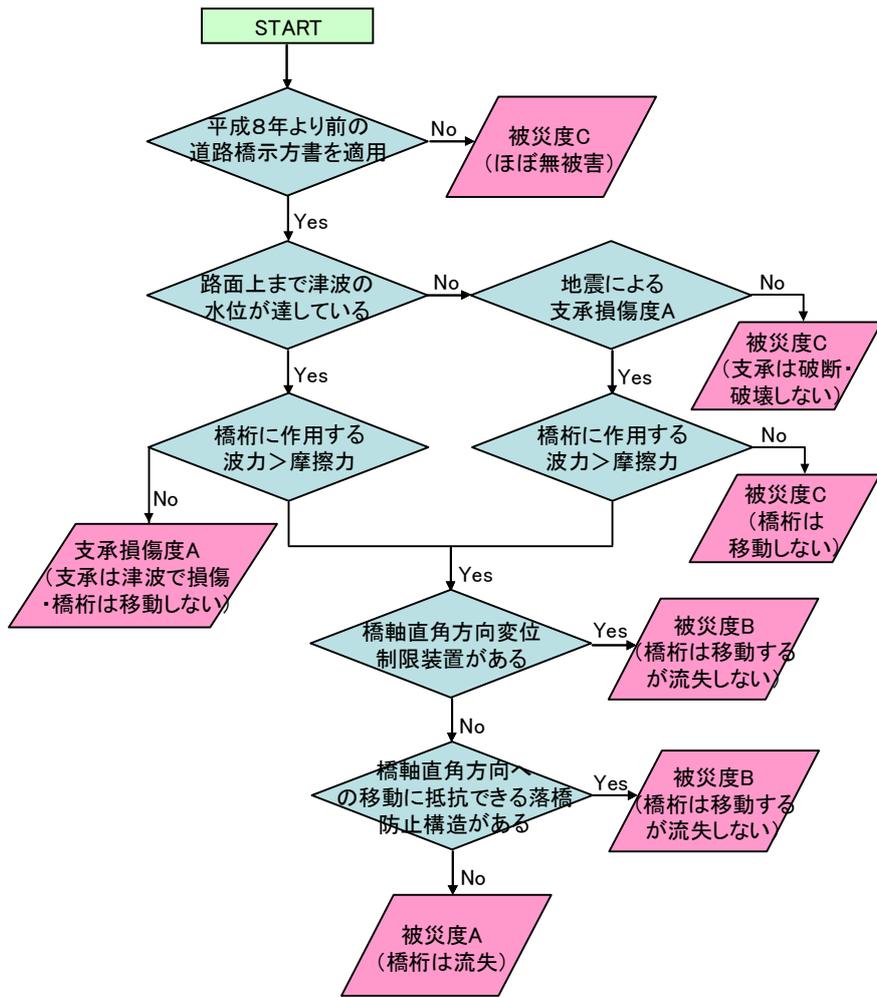
図－ 2.6.1 橋梁の地震被災度評価フロー³¹⁾



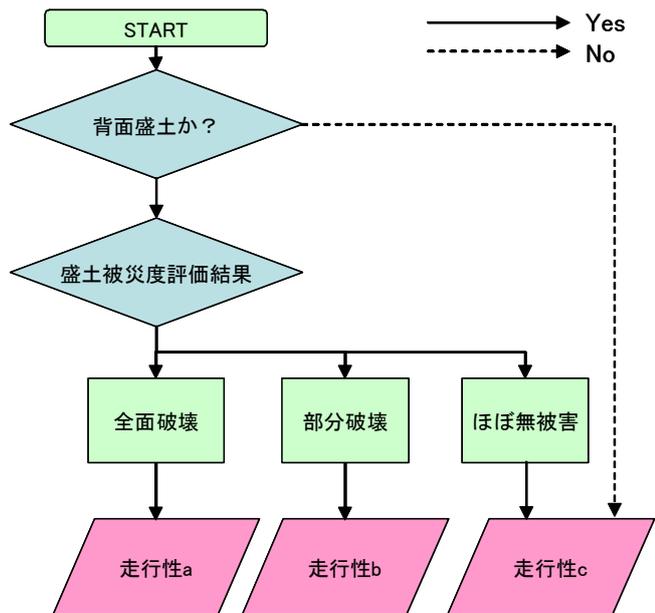
図－ 2.6.2 橋梁の走行性判定フロー³¹⁾



図－ 2.6.3 地震による橋梁の走行性判定に用いる背面土判定シート³¹⁾

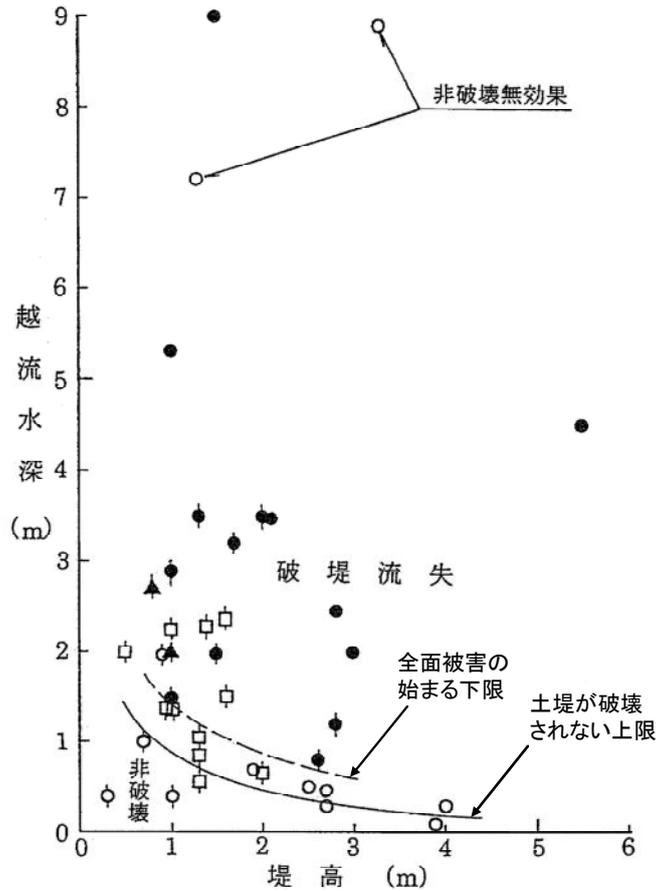


図－ 2.6.4 橋梁の津波被災度評価フロー³⁴⁾

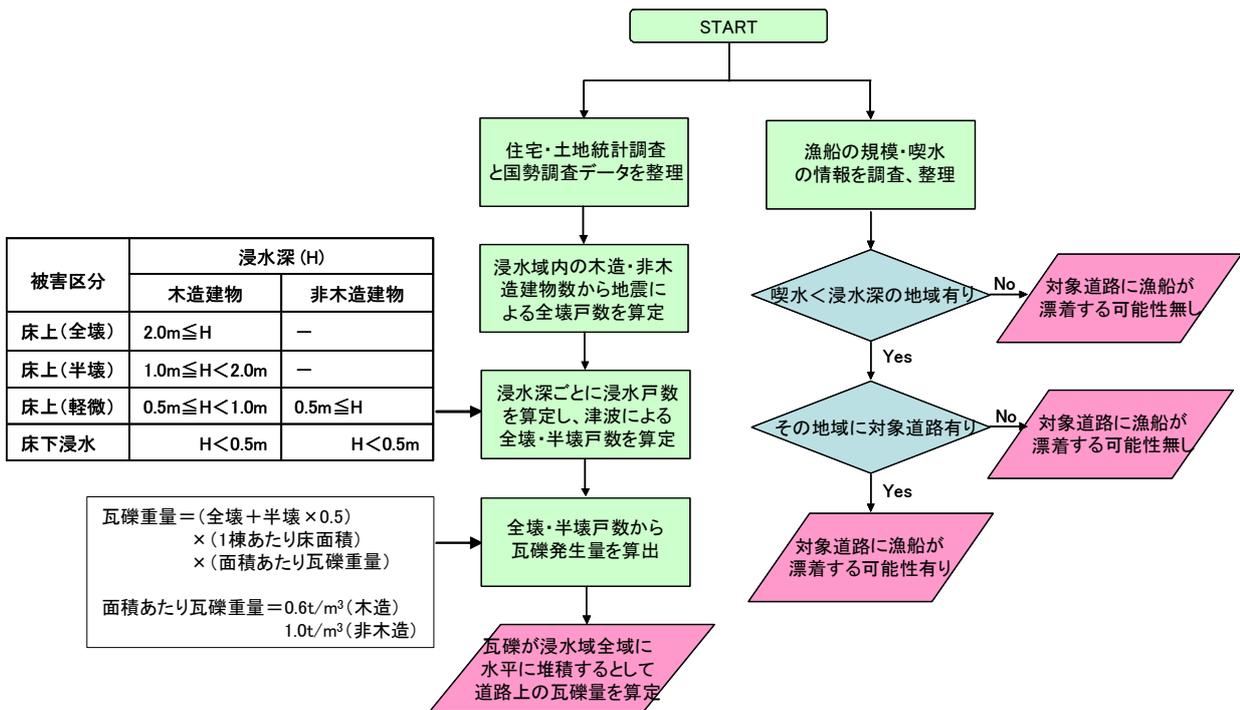


図－ 2.6.5 津波による橋梁の走行性判定に用いる背面土判定シート³⁴⁾

●全壊および流失 ▲大部分破壊 □部分的破壊 ○無破壊

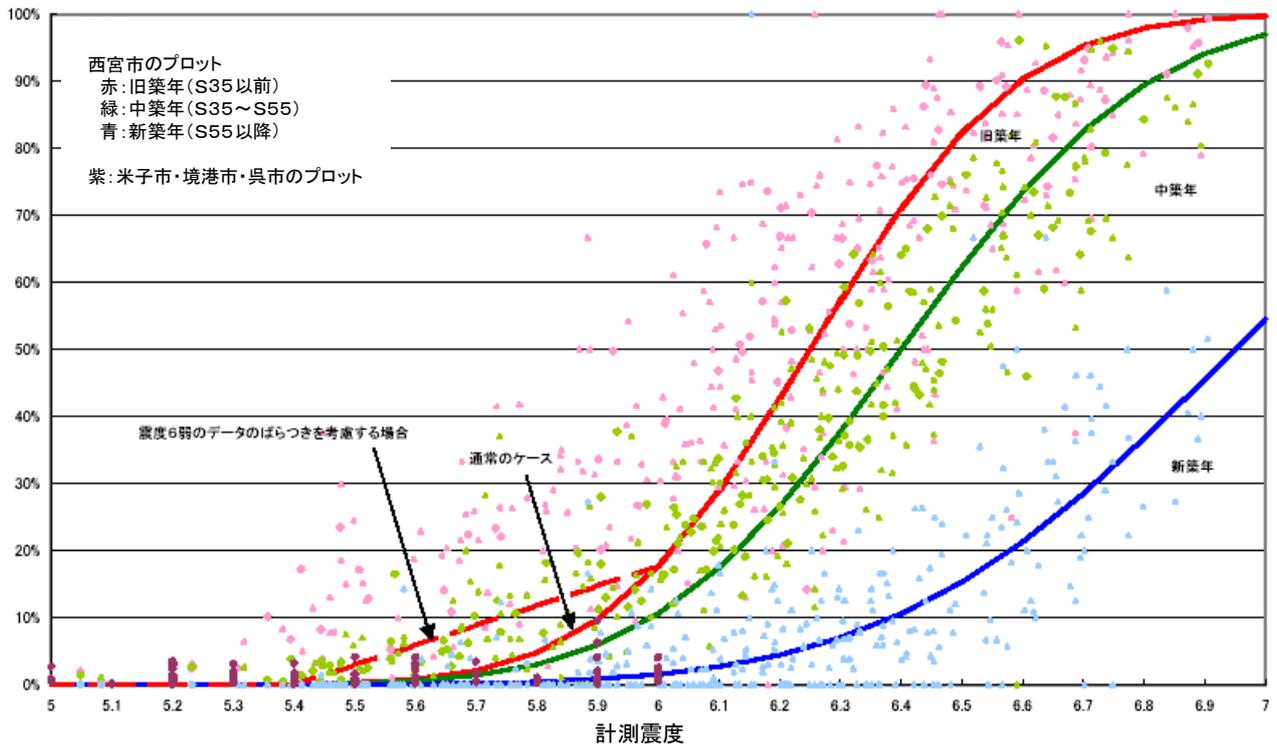


図一 2.6.6 津波の越流による盛土の被災基準（縦線は精度の良いデータ）³⁶⁾



図一 2.6.7 津波による漂流物の評価フロー³⁴⁾

全壊率



図一 2.6.8 計測震度と木造家屋の全壊率の関係³⁷⁾

3. 被害想定結果の活用方法

3.1 被害想定マップの作成

公共土木施設の被害想定結果および浸水想定区域などを分かりやすく表示した被害想定マップを作成する。災害時の重要拠点となる公共機関などの位置も示し、関係機関が連携して地震・津波対策計画を検討するために利用できるマップとする。

[解説]

地震・津波による公共土木施設の被害や浸水域の想定結果を表示した被害想定マップを作成することにより、地域ごとの地理的条件等を考慮した上で、地震・津波対策計画を具体的に関係機関が連携して検討することができるようになる。また、災害時の重要拠点や公共機関の位置もマップに示すことにより、ハード対策(公共土木施設の整備・補強)だけではなく、ソフト対策(情報提供や初動体制の改善等)による被害の軽減策を検討することができる。

例として、想定南海地震とその津波を対象に、高知県香南市・南国市周辺、および須崎市周辺の被害想定マップを試作した結果を図ー 3.1.1 と図ー 3.1.2 に示す。ここで、南海地震発生時の地震動強さと津波浸水深の分布は、高知県が 1854 年安政南海地震(M8.4)相当の地震を想定して実施した調査の結果^{40), 41)}を用いている。各施設の被災や浸水域等の評価結果に加えて、地震・津波対策計画を立案する上で参考となる津波到達時間、浸水域、庁舎や病院の位置、橋梁の補強状況や既存の手法^{37), 42)}で評価した建物及び人的被害数などを記載したものとなっている。このほか、海岸堤防などの津波防御施設については、補強や新規建設といった対策を実施する前と実施した後のマップを作成し、浸水域や背後地の被害を比較することにより、対策実施の判断の参考とすることができる。

このようなマップを作成することにより、防災訓練の実施、情報提供、避難路・避難場所、効率的な緊急・復旧活動のための事前の計画、被害の軽減に特に有効な津波防御施設や優先的に補強すべき施設などを具体的に検討することができるようになる。これらの項目からなる地震・津波対策検討フローを図ー 3.1.3 に示すが、このうち情報提供、水門・陸閘の操作計画及び整備(自動化や遠隔操作化)計画や避難路を検討するにあたっては、揺れを感じた直後から津波が到達するまでの時間的余裕を考慮する必要がある。またこれらの前提として、対応にあたる関係者の安全確保や参集の可否を検討しておかなければならない。

ただし、被害想定はあくまでも具体的な検討を始めるための出発点であり、実際に想定したとおりの状況になることはまずあり得ない。対策計画の立案にあたっては、想定外の事態が発生することも考慮しつつ、柔軟に検討する必要がある。

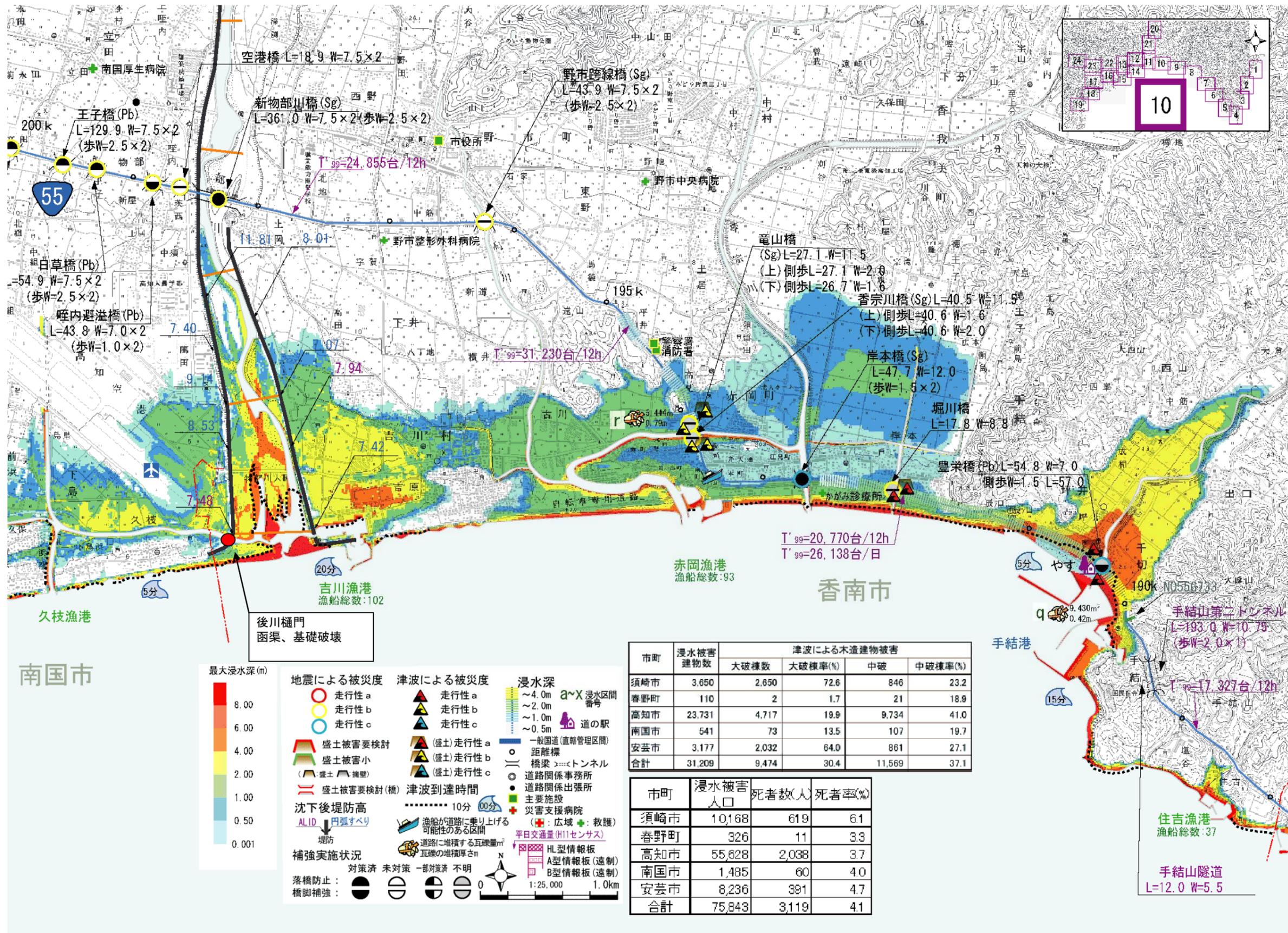


図- 3.1.1 地震・津波被害想定マップの例（高知県香南市・南国市周辺）

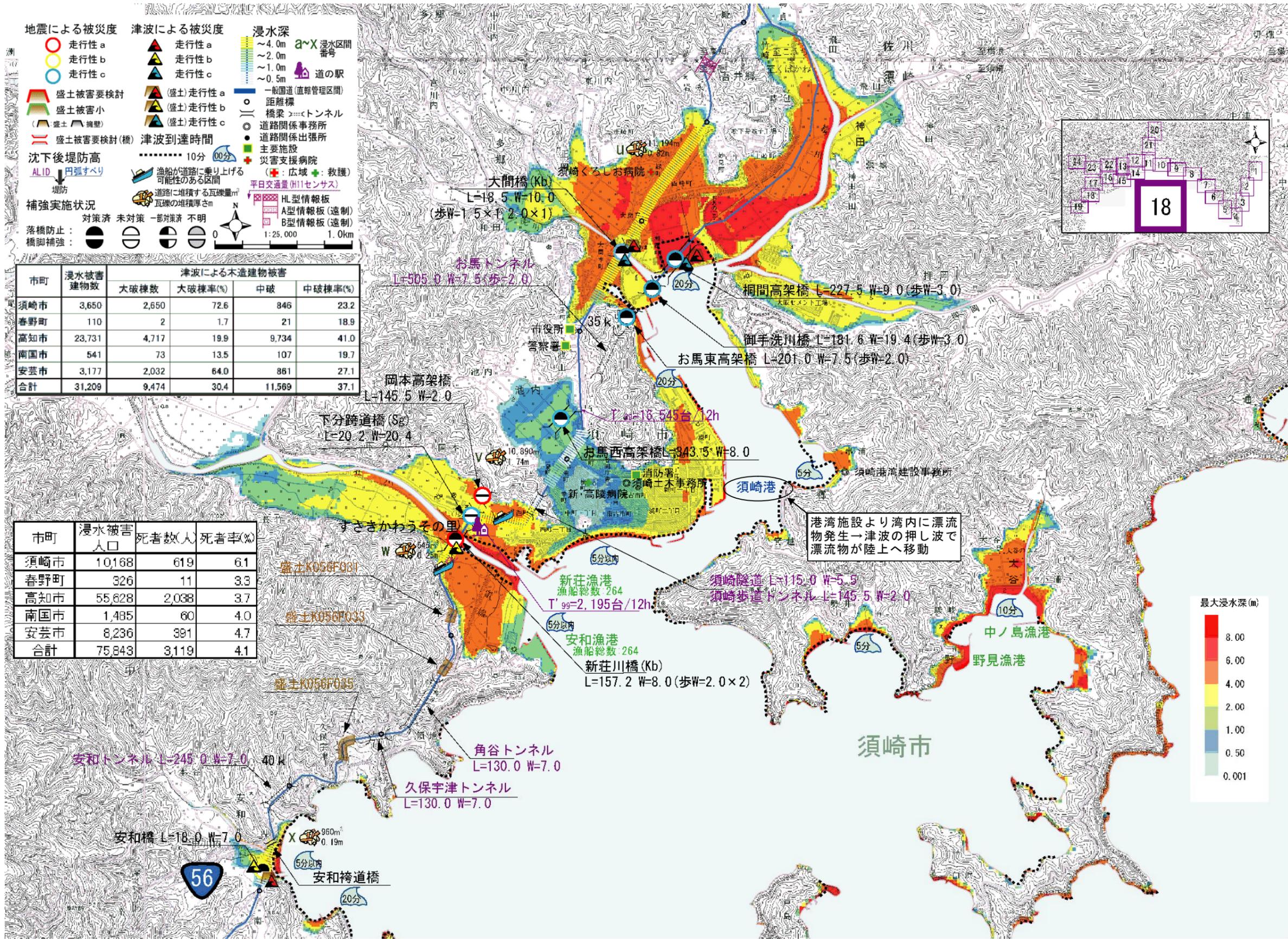
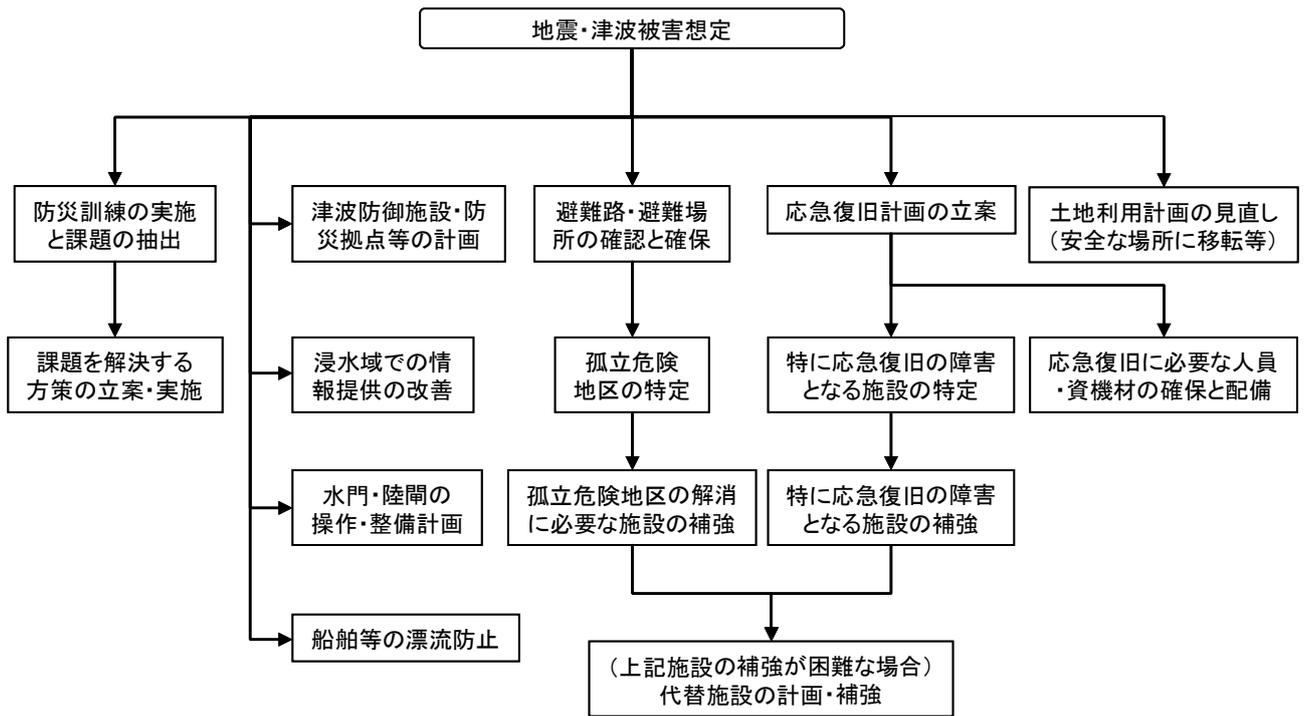


図- 3.1.2 地震・津波被害想定マップの例 (高知県須崎市周辺)



図－ 3.1.3 被害想定に基づく地震・津波対策検討フロー（文献 34）の図に加筆・修正）

3.2 定量的評価が困難な事象の整理

定量的に被害の程度が評価できない事象については、その被害がどのように波及しどういった影響を及ぼすのかを整理した図表を作成し、地域に重大な影響をもたらす可能性のある事象を特定した上で、地震・津波対策計画の立案に際して考慮する。

[解説]

定量的に被害の程度を評価することが困難な事象であっても、被害発生時の影響が大きいものは、対策計画の立案に際して考慮すべきである。そのために、どのような被害が発生し、それがどう波及して地域社会に影響を及ぼすのかを、地域の特性も考慮した上で、時系列で整理した図表を作成しておくのが良い。

例として、既往の津波被害の整理事例⁴³⁾に人的被害や想定される被害を追加し、地震・津波被害がどのように連鎖・波及していくのかを整理した連鎖フローを図－ 3.2.1 に示す。また、第2次高知県地震対策基礎調査⁴⁰⁾の被災シナリオを参考に、定量的評価が困難な事象を整理した表を表－ 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 定量的評価が困難な事象の整理

	直後	数分～数十分後	30分～数十分後	1～2時間後	6時間後	12時間後	24時間後	72時間後	
被害の様相	自然現象 (地盤の揺れ)	・高知県全域で100秒程度の強い地盤の揺れが発生(震度5弱～7) ・沿岸平野部や河川沿いの比較的地盤の弱い地域で震度6強～7の強い地震動(高知市等) ・山間部で震度5弱～6弱の揺れ	・高知県全域で余震が発生	・繰り返し余震が発生				・余震が徐々に減少	
	(がけ崩れ等)	・高知県全域でがけ崩れが発生 ・地すべり危険箇所、急傾斜地危険箇所、山腹壊危険地区の一部で山腹崩壊 ・雨期と重なると、がけ崩れ、地すべり、山腹崩壊などの危険性増大 (春・夏・秋の午後、ライフラインシナリオ、避難シナリオ)					・降雨や余震による地盤のゆるみで急傾斜地崩壊危険地域等の崩壊の恐れ		
	(液状化)	・高知県内の河間低地、後背湿地、埋立地等で液状化発生	・河間低地、後背湿地、埋立地等で液状化による噴砂が継続						
	(津波)	・土佐湾沖で津波発生	・高知県沿岸部に津波第1波到達(高さ50cm。室戸市:約4分後、東洋町:約5分後、土佐清水市:約7分後、高知市:約8分後、安芸市約8分後、南国市:約8分後、土佐市:約9分後等) ・20～30分後には5～10mの第1波最高高到達	・第2、第3波と繰り返し津波到達 ・場所によっては、第2、第3波の津波が最も高い場合あり ・沿岸部、川沿いの平野部で浸水被害が発生 ・津波の河川遡上、河川敷冠水			・津波は徐々に沈静化するが、警報解除まで警戒が必要		
	物的被害 (建物被害)	・震度6弱以上の揺れが発生する市部の古い木造家屋を中心に多数の建物が倒壊又は損壊 ・高知県全域でがけ崩れ等による建物に被害発生 ・河間低地、後背湿地、埋立地等で液状化による建物被害発生	・揺れによる建物被害(全壊約31,000棟、半壊約51,000棟) ・がけ崩れ、液状化等による建物被害(がけ崩れで約9,900棟、液状化で約2,100棟が全壊) ・沿岸部、川沿いの家屋で津波による浸水	・沿岸平野部、川沿いで津波による家屋の流失、浸水棟(津波により全壊約36,000棟、半壊約12,000棟、床下浸水約11,000棟)					
	(火災)	・高知市20件、南国市8件など市部を中心に、県全域で78件の火災発生(冬の早朝) ・高知市38件、南国市15件など市部を中心に、県全域で153件の火災発生(春・夏・秋の午後) ・高知市、南国市、安芸市など市部を中心に、高知県全域で火災発生 ・火気使用が多い季節・時間帯では火災発生増加	・残火により、高知市、南国市など沿岸平野部の住宅密集地区で火災延焼 ・危険物の漏洩による火災の可能性	・火災延焼による焼失(約2,700棟)(冬の早朝) ・火災延焼による焼失(約8,300～14,000棟)(春・夏・秋の午後) ・火災延焼による焼失(約2,700～14,000棟)(ライフラインシナリオ、救出・救助・医療シナリオ)			・延焼は継続	・一部延焼継続(春・夏・秋の午後) ・延焼は継続	・徐々に自然鎮火
	(道路施設)	・高知県全域で地盤の揺れのため橋脚の損傷、液状化による沈下	・道路被害により一部交通困難						
	人的被害	・屋内家具等の転倒で負傷 ・建物の倒壊により居住者が下敷き ・建物の変形で外に脱出不能 ・がけ崩れで生き埋め	・建物の倒壊による死傷者(死者約1,800人、負傷者約9,300人) ・がけ崩れによる死傷者(死者約680人、負傷者約850人)	・津波による死者(死者約3,400人、避難意識が低い場合、約7,000人に及ぶ) (死者約3,100人、避難意識が低い場合、約6,400人に及ぶ) ・火災による死傷者(死者約150人、負傷者570人)(冬の早朝) (死者約460～770人、負傷者1,700～2,900人)(春・夏・秋の午後)					
	(ライフライン施設) (冬の早朝、春・夏・秋の午後)	・高知県全域で、地盤の揺れ、液状化等により水道をはじめライフラインの地中管路に折損裂、継手離脱が発生	・広範囲にわたる断水、停電 ・電話の輻輳 ・都市ガス供給停止	・依然として広範囲な断水が続く ・系統運用により地区によっては比較的短時間で電気の供給が再開 ・遮断弁の解除により個々にLPガスは使用可能(冬の早朝、春・夏・秋の午後)					・復旧が開始されるものの依然断水率75%程度(冬の早朝、春・夏・秋の午後)
	交通機能障害(道路) (交通・輸送シナリオ)	・地盤の揺れ・液状化による構造物被害、建物壊、がけ崩れ等による影響により、高知県内の路施設で交通支障が発生							
(鉄道)(交通・輸送シナリオ)	・地盤の揺れ・液状化による構造物被害、線路等、がけ崩れ、脱線事故による影響により、土讃線、JR予土線、土佐くろしお鉄道等で支障が発生	・JR土讃線の須崎市付近や、土佐くろしお鉄道の沿岸区間では津波により浸水の可能性 ・JR高知駅等主要な駅で、不通による滞留が発生 など							
平常時活動に及ぼす影響	(上水道)	・地盤の揺れ、液状化等により管路に折損、破裂、継手の離脱が発生 ・配管被害率約1.0箇所/km	・地震直後は、緊急遮断弁等の作動もあり、ほぼ全世帯(断水率95%)で断水	・依然として断水 ・生活水は備蓄・自給を使用(生命維持に必要な3リットル/人・日)			・非常用貯水槽及び給水拠点からの運搬給水、拠点給水による応急給水の開始	・復旧が開始されるものの依然断水率75%程度	
	(下水道)	・平野部の液状化等により管路に被害が生じ、流下能力が低下 ・古い時期に建設された下水処理場の基幹施設の一部が揺れで損傷	・津波浸水で下水処理場の電気設備や機械設備に機能障害が発生	・排水困難地域が発生			・応急復旧の着手	・徐々に復旧するが、被害を受けた下水道施設の復旧には1ヶ月以上の長期を要する	
	(電気)	・配電設備の一部が地盤の揺れ、液状化、津波、一般建物の倒壊等により物的被害 ・保護装置、安全装置のため一時的に送電が停止	・変電所、配電設備、需要家が津波による浸水により広範囲で停電	・系統運用により地区によっては比較的短時間で電気の供給が再開	・非浸水地域では比較的早く供給が再開		・津波浸水域では漏電のおそれがあるため供給の遅れ	・徐々に復旧(浸水域では復旧に1、2週間程度を要する)	
	(都市ガス・LPガス)	・地盤の揺れ、液状化等により管路折損、継手離脱等発生 ・大規模な地震が発生した場合、即時に供給を停止する即時供給停止及び被害状況に関する情報に基づき供給を停止する緊急供給停止により、ガス供給を停止	・広範囲でガス供給停止	・遮断弁の解除により個々にLPガスは使用可能	・主要ガス導管の被害点検	・ガス漏洩通報受付、調査	・被害情報収集	・徐々に復旧するが、都市ガスの供給再開には1、2週間を要する	
	(通信)	・地盤の揺れにより電柱、ケーブル等に被害	・津波による浸水のため、ボックス型電話交換機に機能障害発生 ・問い合わせや見舞い等による輻輳が発生	・津波浸水域のボックス型電話交換所に機能障害発生	・輻輳が依然続く		・津波浸水域ではやや復旧の遅れ	・徐々に復旧(浸水域では復旧に1、2週間程度を要する)	
人命救助活動	罹災・避難者数	避難者数:約34,000～47,000人 避難世帯:約13,000～19,000世帯	罹災者数(全半壊・焼失人口):約130,000～160,000人 罹災世帯数(全半壊・焼失):(約53,000～61,000世帯(数字の幅は、季節・時間帯による))						
	(救出救助)	・強い揺れやがけ崩れ等による家屋倒壊のため、下敷き・生き埋めとなる者が発生 ・災害時要援護者(歩行困難な高齢者、要介護者・障害者)の避難が遅れる可能性 など	・津波の浸水に対し、避難遅れで死傷者発生し、救出困難な状況 ・津波浸水域以外の下敷き、生き埋めとなった人の救出活動は、当初は家族・近隣住民よって、後に消防や警察によって活動を開始			・引き続き、下敷き、生き埋めとなった者の救出と病院への搬送 ・自衛隊による救助活動	・下敷き、生き埋めとなった者の生存率低下 など		
	(医療)	・建物倒壊、津波、がけ崩れ、火災等により震度6弱以上の地域を中心に人的被害発生 など	・病院施設の損壊や火災の出火・延焼による入院患者の避難等による医療機能の低下 ・負傷者が多数発生することによる医療現場の混乱 ・医師や看護婦が被災することによる医療機能の低下 ・道路の機能障害や交通渋滞により、救急搬送に支障 ・延焼範囲の拡大により広域避難開始 など			・病院自体の医療機能低下、多くの負傷者の搬送により対応が困難となる患者が発生 ・医療救護所による医療対応 など	・ヘリや救急車による被災区域外への搬送・震災による精神的ダメージや災害関連死が発生 など		

3.3 被害想定結果の共有による対策計画策定

地震・津波対策計画を検討する際には、地方自治体、施設管理者、インフラ企業等の関係機関の間で公共土木施設の被害想定結果等を共有し、総合的に効果が高い計画を作成するように努める。

[解説]

地震・津波対策計画の検討にあたっては、公共土木施設の被害想定結果等を関係機関で共有し、同一の被害想定に基づいて適切な対応を検討することが重要である。例えば公共土木施設では、海岸・河川施設の被害想定結果や対策状況は想定浸水域に影響するため、港湾・道路施設の機能障害につながる。また、港湾施設からの漂流物、道路施設の被災による点検・復旧活動への影響なども、対策計画の検討に際して考慮する必要がある（図－ 3.3.1）。したがって、関係機関がそれぞれの被害想定結果や地震・津波対策状況等について情報交換を密接に行うことで、総合的に効果の高い対策計画が立案できるようになる。具体的には、関係機関それぞれの役割分担等も含め、対策計画を防災会議等で議論しておくことが望ましい。

また、防災事業についても、事業の構想段階から住民との合意を図る取り組みが行われてきているところである。対策計画の考え方や効果を確認する意味でも、本マニュアルを活用した被害想定を適宜実施しておくことにより、事業の円滑な実施が期待されるとともに、住民等への行政の説明責任の向上に資するものと考えられる。

策定された対策計画に含まれる防災事業によっては、各種施設整備計画（河川整備計画、海岸保全基本計画、港湾計画、都市計画等）に変更の必要が生じる場合もあり得るが、計画に位置付ける必要性を説明するための基礎資料としても、被害想定結果は有用と考えられる。さらには、本マニュアルで示した被害想定手法により、施設を整備した場合としなかった場合の被害の程度が評価できるため、事業評価、政策評価の際にも活用が可能である

以下に、事業実施の各段階における本マニュアルの活用について整理する。

①事業の構想段階

- ・住民説明の際の基礎資料作成
- ・行政・住民等の災害に対する認識の共有
- ・事業実施の必要性についての合意形成と説明責任の向上

②事業の計画段階

- ・各種計画（河川整備計画、海岸保全基本計画、港湾計画、都市計画等）策定に必要となる事業の説明資料作成

- ・主に行政内部、審議会委員への説明資料作成

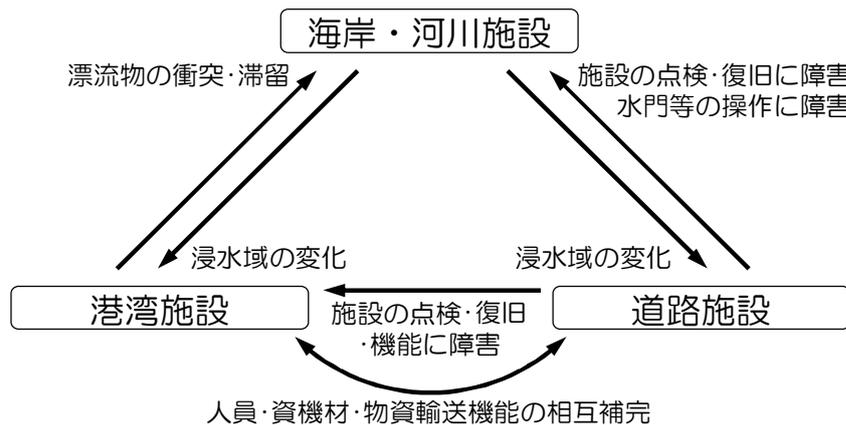
③事業の予算要求段階

- ・財政当局への予算要求の説明資料作成
- ・新規事業採択時評価における説明資料作成
- ・本省、財務当局、一般国民への説明

④政策評価の実施段階

- ・政策チェックアップの際の業績目標の設定や業績指標の算定、政策アセスメント、政策レビューに関する基礎資料作成
- ・事業の再評価、事後評価における説明資料作成
- ・一般国民への説明

このほか、地震・津波対策計画の策定当初からの計画変更に際して、本マニュアルの被害想定手法を活用した結果の反映が考えられる。



図一 3.3.1 対策計画の検討で考慮すべき公共土木施設の相互影響

3.4 地震・津波被害想定結果の更新

公共土木施設の補強、改修、更新を行うことで被害の想定結果が異なってくる。さらに被害想定手法の進歩、地域の資産変動によっても想定結果が異なるため、被害想定は適宜更新し、その結果を対策計画に反映させる。

[解説]

海岸堤防や河川堤防など直接的に津波を防ぐ施設が整備された場合には、浸水被害想定の結果が大きく変化する。また、被害想定手法の高度化や地域の資産変動により、被害想定結果や対策の優先順位が変化することもあり得る。したがって、被害想定は必要に応じて更新する必要がある。

更新した被害想定結果は、3.3 で述べたように関係機関で共有し、地震・津波対策計画や避難計画の見直しに反映するのが良い。

謝辞

高知県総務部危機管理課には想定南海地震の地震動および津波推定結果の数値データを、四国地方整備局と高知河川国道事務所、土佐国道事務所には所管施設に関するデータをご提供いただいた。土佐国道事務所には道路施設の被害想定を実施する上で種々ご指導とご協力をいただいた。また、日本大学の首藤先生には、津波による消波ブロックの被害想定について貴重なご意見を賜った。あわせて深く謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 海岸保全施設技術研究会編：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，2004.
- 2) 農林水産省，水産庁，運輸省，建設省：海岸保全施設耐震点検マニュアル，1995.
- 3) 野口賢二，佐藤慎司，田中茂信：津波遡上による護岸越波および前面洗掘の大規模模型実験，海岸工学論文集，第44巻，pp.296-300，1997.
- 4) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.
- 5) 岩崎敏夫，真野明，中村武弘，堀越伸幸：潜堤マウンド材およびプレパックド堤に作用する定常流流体力に関する実験的研究，第31回海岸工学講演会論文集，pp.527-531，1984.
- 6) 福井芳朗，白石英彦，中村充，佐々木泰雄：津波の研究(Ⅱ)一段波津波の堤防におよぼす影響一，第9回海岸工学講演会講演集，pp.50-54，1962.
- 7) 谷本勝利，鶴谷広一，中野晋：1983年日本海中部地震津波における津波力と埋立護岸の被災原因の検討，第31回海岸工学講演会論文集，pp.257-261，1984.
- 8) 松富英夫：砕波段波衝突時の圧力分布と全波力，海岸工学論文集，第38巻，pp.626-630，1991.
- 9) 池野正明，松山昌史，田中寛好：ソリトン分裂津波の大陸棚上での変形とその防波堤設計波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第45巻，pp.366-370，1998.
- 10) 水谷将，今村文彦：構造物に作用する段波波力の実験，海岸工学論文集，第47巻，pp.946-950，2000.
- 11) 朝倉良介，岩瀬浩二，池谷毅，高尾誠，金戸俊道，藤井直樹，大森政則：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第47巻，pp.911-915，2000.
- 12) 飯塚秀則，松富英夫：津波氾濫流の被害想定，海岸工学論文集，第47巻，pp.381-385，2000.
- 13) 池野正明，森信人，田中寛好：砕波段波津波による波力と漂流物の挙動・衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第48巻，pp.846-850，2001.
- 14) 池野正明，田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp.721-725，2003.
- 15) 池野正明，松山昌史，榊山勉，柳沢賢：ソリトン分裂と砕波を伴う津波の防波堤に作用する波力評価に関する実験的研究，海岸工学論文集，第52巻，pp.751-755，2005.
- 16) 水谷将，今村文彦：津波段波の衝撃性および越流を考慮した設計外力算定フローの提案，海岸工学論文集，第49巻，pp.731-735，2002.
- 17) 谷本勝利・松富英夫・鶴屋広一・高橋重雄・後藤智明・永井紀彦・橋本典明・長尾毅・細山田得三・下迫健一郎・後藤仁彦・浅井正：1993年北海道南西沖地震津波の特性と被害，港湾技術研究所資料，No.775，pp.225，1994.
- 18) 富樫宏由・平山康志・杉山正弘：ソリトン分裂遡上津波による消波ブロック堤の破壊機構，海岸工学論文集，第34巻，pp.517-521，1987.
- 19) Okamoto, O., Oda, K. and Kumagai, K.: Study on scour by tsunamis – example of port and harbor structures – , ICSE-4, 2008(submitted).
- 20) 松富英夫・池田弘樹：大規模実験に基づく流木衝突力の評価法，海岸工学論文集，第43巻，

pp. 781-785, 1996.

- 21) 水谷法美・高木祐介・白石和睦・宮島正悟・富田孝史：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第 52 巻， pp. 741-745, 2005.
- 22) 熊谷兼太郎・小田勝也・藤井直樹：津波によるコンテナの漂流挙動シミュレーションモデルの適用性，海岸工学論文集，第 53 巻， pp. 241-245, 2006.
- 23) 熊谷兼太郎・小田勝也・藤井直樹：津波によるコンテナの漂流・衝突シミュレーションと衝突力の評価，海岸工学論文集，第 54 巻，（投稿中）， 2007.
- 24) 国土交通省河川局治水課：河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説， 2007.
- 25) 軽金属協会土木重構造物委員会：アルミニウム合金製水門設計製作指案， 1979.
- 26) ダム・堰施設技術規準委員会編：ダム・堰施設技術基準(案)（基準解説編・マニュアル編）， 1999.
- 27) 国土技術研究センター：津波の河川遡上解析の手引き（案）， 2007.
- 28) 土木研究所：氾濫シミュレーション・マニュアル（案）—シミュレーションの手引き及び新モデルの検証—， 1996.
- 29) 本間仁：低溢流堰堤の越流係数，土木学会誌，第 26 巻， 6 号， pp. 635~645, 9 号， pp. 849~862, 1940.
- 30) (社) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術， 2002.
- 31) 小林寛, 運上茂樹:大地震時における道路橋の被災度推定手法, 土木技術資料, Vol. 47, No. 12, pp. 48-53, 2005.
- 32) (社) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編）平成 18 年度改訂版， 2007.
- 33) 片岡正次郎，日下部毅明，長屋和宏：津波衝突時に橋桁に作用する波力，第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集， pp. 154-157, 2006.
- 34) 片岡正次郎，鶴田舞，長屋和宏，日下部毅明，小路泰広：道路施設の地震・津波被害想定と対策検討への活用方針，土木学会地震工学論文集，Vol. 29, pp. 918-925, 2007.
- 35) 土木研究所：道路盛土の簡易耐震性評価法（案）， 2003.
- 36) 首藤伸夫：津波による海岸堤防・護岸の被災—昭和 8 年三陸大津波から昭和 35 年チリ津波まで—，津波工学研究報告，Vol. 16, pp. 1-37, 1999.
- 37) 中央防災会議「東南海，南海地震等に関する専門調査会」：第 10 回参考資料，http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/10/sankou_siryou.pdf, 2003.
- 38) 首藤伸夫：津波強度と被害，津波工学研究報告，Vol. 9, pp. 101-136, 1992.
- 39) 全国漁港漁場協会：漁港・漁場の施設の設計の手引， 2003.
- 40) 高知県：第 2 次高知県地震対策基礎調査， 2004.
- 41) 高知県：高知県津波防災アセスメント補完調査報告書， 2005.
- 42) 中央防災会「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」：第 17 回参考資料 1，<http://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaikou/17/siryoul.pdf>, 2006.
- 43) 斉藤晃：津波による被災，陸上に氾濫した津波に挙動と津波の流動による被災のメカニズムに関する研究（研究代表者：堀川清司），文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果 No. A-58-2, 1983.