

ISSN 1346-7328

国総研資料 第 316 号

平成 18 年 3 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 316

March 2006

津波による道路施設の被災度と経済的損失の 評価手法に関する現況等の調査と基礎的検討

日下部毅明・渋谷研一・片岡正次郎

A fundamental study on the present status and methodology of
evaluation of damage to road facilities and economic loss caused by tsunamis

Takaaki KUSAKABE, Ken-ichi SHIBUYA and Shojiro KATAOKA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

津波による道路施設の被災度と経済的損失の評価手法に関する
現況等の調査と基礎的検討

日下部毅明*, 渋谷研一**, 片岡正次郎***

A fundamental study on the present status and methodology of
evaluation of damage to road facilities and economic loss caused by tsunamis

Takaaki KUSAKABE*, Ken-ichi SHIBUYA** and Shojiro KATAOKA***

概要

効果的な津波対策計画を立案するためには、津波に対する道路網の被害想定を予め実施し、その被災イメージを共有することが不可欠であるが、津波に対する道路施設の被災度評価手法は確立されていない。本資料では、津波による道路施設の被災度評価手法、並びに合理的な対策計画の立案に活用できる地震・津波時の経済的損失の評価手法に関して、現況調査とその実用化に向けた基礎的検討の結果を示す。

キーワード：津波、道路施設、被災度評価、経済的損失

Synopsis

Road network is vital for evacuation and urgent response when a tsunami approaches and after it strikes the region. Therefore, damage evaluation to road network provides fundamental information for planning effective measures against future tsunamis. In this study, the present status and methodology of evaluation of damage to road bridges and economic loss caused by tsunamis are investigated.

Key Words : tsunami, road facilities, damage evaluation, economic loss

* 危機管理技術研究センター地震防災研究室長 Head, Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk Management

** 朝日航洋株式会社（元地震防災研究室交流研究員） Aero Asahi Corporation (formerly, Guest Research Engineer, Earthquake Disaster Prevention Division)

*** 危機管理技術研究センター地震防災研究室主任研究官 Senior Researcher, Earthquake Disaster Prevention Division, Research Center for Disaster Risk Management

目 次

1.	はじめに	1
2.	津波による道路施設被災シナリオの検討	3
2.1	津波被害の特徴	3
2.2	既往の構造物被災シナリオ	5
2.3	構造物の被災シナリオ	7
3.	津波外力と道路施設の被災度の評価に関する検討	11
3.1	津波の伝播、遡上計算の手法	11
3.1.1	地形データの作成	11
3.1.2	地盤変位の算出による初期変位の算出	18
3.1.3	伝播計算	19
3.1.4	遡上計算	20
3.2	津波外力に関する既往検討調査	22
3.2.1	波圧・波力	23
3.2.2	掃流・洗掘	25
3.2.3	浮力・揚圧力	27
3.2.4	漂流物衝突力	29
3.3	津波外力により想定される被災形態	31
3.4	橋梁の被災度評価フロー	32
4.	津波による経済的損失の評価に関する検討	46
4.1	被害想定 of 事例調査	46
4.2	道路上での被害事象の整理	54
4.2.1	時間区分の設定	54
4.2.2	道路上での被害項目	55
4.3	経済的損失の評価フロー	59
4.3.1	評価項目の抽出	59
4.3.2	評価項目の整理	60
4.3.3	評価フローの作成	63
5.	津波避難に関わる通行障害の検討	93
5.1	被災地域のモデル化と諸条件の設定	93
5.2	避難に関わる通行障害の算出	95
6.	まとめ	103
7.	参考文献	104

1. はじめに

我が国は地震多発国であり、海域のプレート境界ではマグニチュード8クラスの巨大地震も度々発生していることから、太平洋岸を中心に古くから津波の脅威にさらされてきた。関東大震災以後、津波により大きな被害を生じたものとして、三陸地震（昭和8年）、東南海地震（昭和19年）、南海地震（昭和21年）、チリ地震（昭和35年）、日本海中部地震（昭和58年）、北海道南西沖地震（平成5年）があげられる。例えば、三陸地震津波では死者3,000人、チリ地震津波では死者119人・行方不明者20人、日本海中部地震の津波では死者100人、北海道南西沖地震の津波では死者230人の被害が発生している¹⁾。

津波被害の特徴としては、地震発生後、沿岸地域への津波の到達時間が短く（東海地震においては5分以内に到達する場所もある）、避難行動や対応の実施に対して時間的な制限があることが挙げられる。そのため、事前に被害を予測しておくこと、すなわち被害想定を実施し、それに基づいた対策を行うことが被害の軽減には有効である。

地震被害想定では、当該地域において考慮すべき地震を想定し、その地震が発生した場合の地震動（震度、最大加速度、最大速度等で表現）を推定する。さらに、その地震動が作用したときの構造物被害を推定し、最後に、この構造物被害をもとに出火件数や死傷者数などが推定される。津波被害想定では、地震と同様に、当該地域において考慮すべき地震を想定し、その地震が発生した場合の津波（浸水域、津波波高、浸水時間等で表現）を推定する。さらに、その津波が発生したときの構造物被害を推定し、構造物被害をもとに死傷者数などが推定される。地震・津波の被害想定は、中央防災会議では、東海地震、東南海・南海地震等を対象に行われている。また、各都道府県においても、「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」に基づく地震防災対策として各地域毎の津波被害想定（見直しを含む）が行われている。

被害想定に基づき津波被害を軽減させるためには、避難行動や復旧活動を容易にするハード対策と、津波発生時の適切な行動を支援するソフト対策が必要となる。避難行動や復旧活動を容易にするハード対策には、津波を直接受け止める津波防波堤の様な対策施設の充実や、避難行動や復旧活動を円滑にする交通網の整備などがあげられる。交通網の中でも道路網は、地震直後の津波に対する避難行動、地震・津波来襲直後の救助活動、復旧活動などの円滑な実施に不可欠であるため、被害想定を実施し、予め通行可能な区間を把握しておくことは極めて重要である。にもかかわらず、道路網を構成する道路施設の被災度評価は、津波浸水深との比較による簡単な評価手法が用いられてきた²⁾。この原因としては、遡上した津波が構造物に作用する荷重を定量的に評価できる手法が確立されていないこと、地震と比較して被災事例が限られていること等が考えられる。

このような背景から、本研究では、津波による道路施設の被災度評価手法を確立する上で参考となる調査を以下の手順で実施した。まず津波により道路施設がいつ、どこで、どのように被災するかを既往の被災調査事例をもとにとりまとめた。次に、津波外力の評価手法に関する既往の研究事例を調査しとりまとめた。さらに、道路施設の中でも大被害を受ければ迅速な復旧が困難となる橋梁を取り上げ、津波による橋梁の被災度評価フローについて検討し、今後の参考となる素案を作成した。

また、将来の被害想定をふまえた効果的な津波対策計画の基礎となる、災害時の道路施設被害による波及的な損失の評価を行うことを目的として、地震・津波による経済的損失の評価フローについて検討し、今後の参考となる素案を部分的に作成した。

本研究における津波被災度評価を図 1-1 に示す。図中の章は、本研究で行った範囲である。本研究では、2 章で津波による道路施設の被災シナリオの検討、3 章で橋梁の津波が橋梁に及ぼす荷重を定量的に評価した被災度評価フローの作成、4 章で施設の被災度評価を用いた経済的損失評価フローの作成、5 章で津波特有の間接評価項目である津波避難についての損失評価手法の提案を行った。

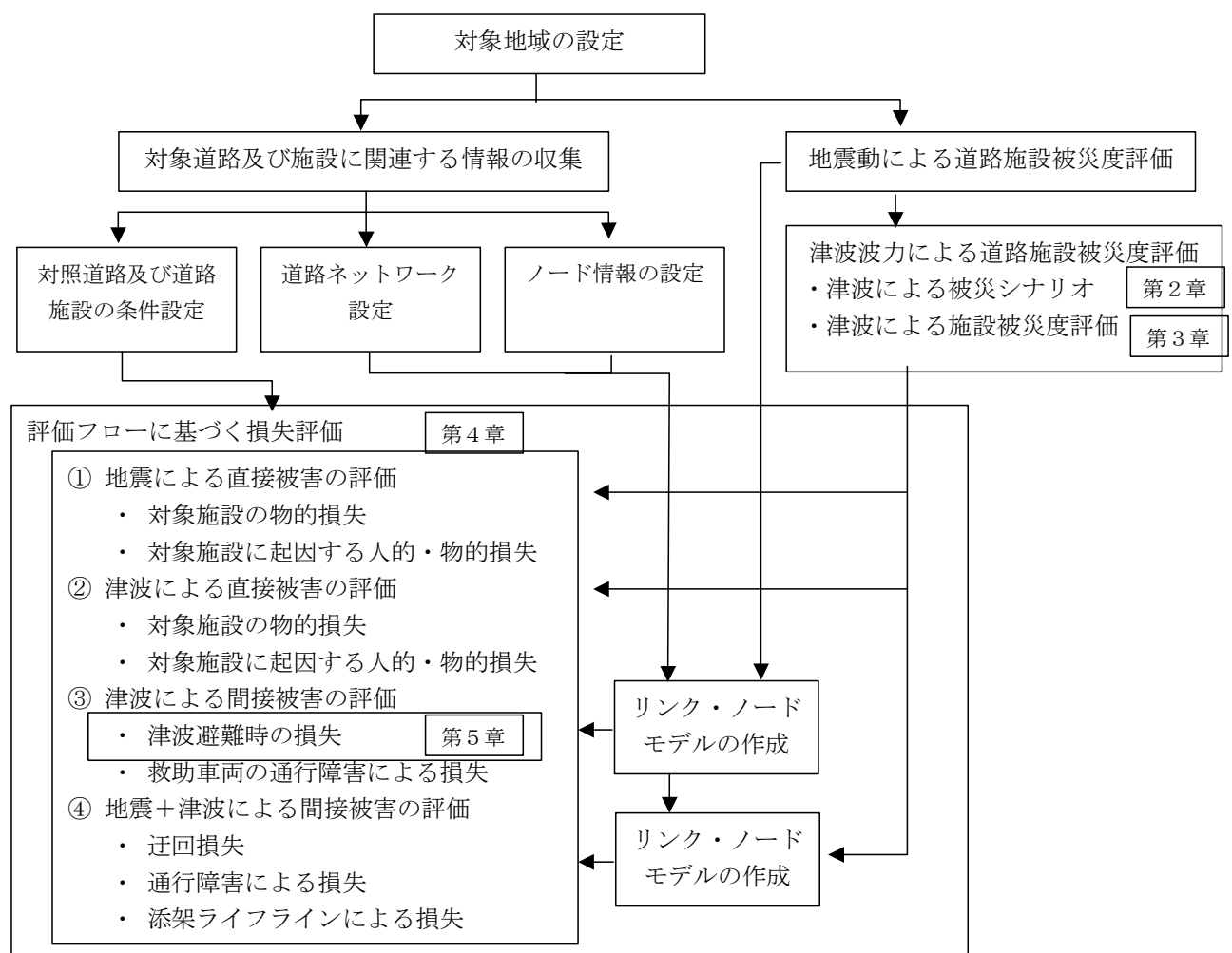


図 1-1 地震・津波に対する被害想定の流れ

2. 津波による道路施設被災シナリオの検討

津波による道路施設の被災度評価を行うにあたり、津波により道路施設がどのように被災するかを検討する必要がある。本章に、津波により道路施設が「いつ」「どこで」「どのように」被災するのかのシナリオ検討の結果を示す。

道路施設被災シナリオの検討は以下の手順で行った。

- ① 津波被害の特徴の検討
- ② 既往の構造物被災シナリオの調査
- ③ 構造物の被災シナリオの検討

2.1 津波被害の特徴

津波による構造物被害には、以下の特徴がある。

- ・ 地震－津波来襲の時間差・地域差をもって発生する。
- ・ 津波波力等の力学的な被害発生と浸水による被害発生がある。

構造物被害は、津波発生時（＝地震動による被害）、津波 1 波来襲時、津波 n 波来襲時、と複数回、時間差をもって発生する。津波波力等による被害は、港湾内、海岸付近、河川遡上中に発生し、浸水による被害は、河川を遡上し浸水する場合、対策施設が無い場合、地震被害により対策施設の効果が無い場合などでの発生が考えられる。図 2-1 に海岸沿いの地域で想定される道路に対する津波被害を、図 2-2 に地震・津波等の外力、外力に対する対策施設、及び対策施設に護られる道路（被対策施設）の関係を示す。

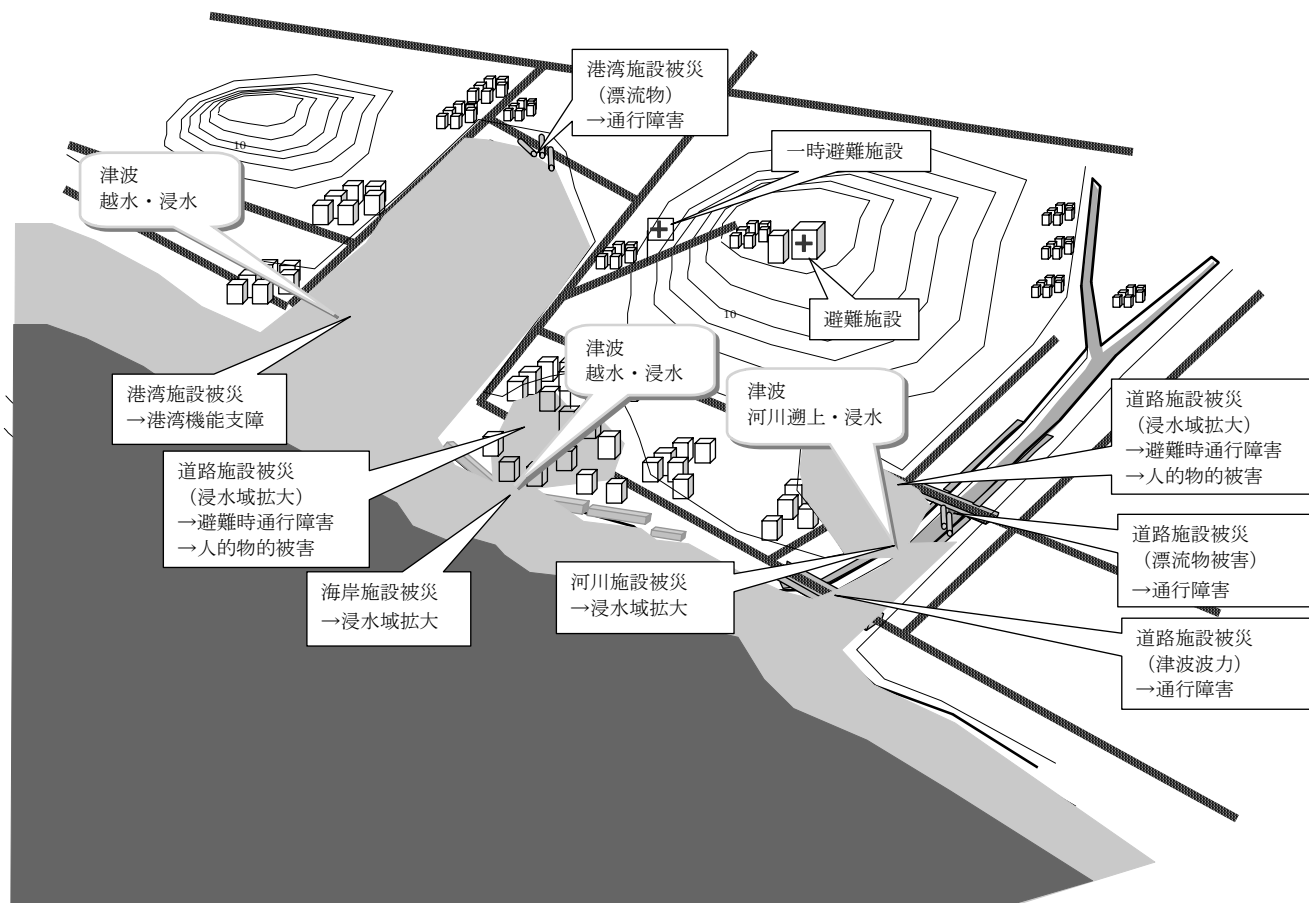


図 2-1 海岸沿いの地域で想定される津波の被害

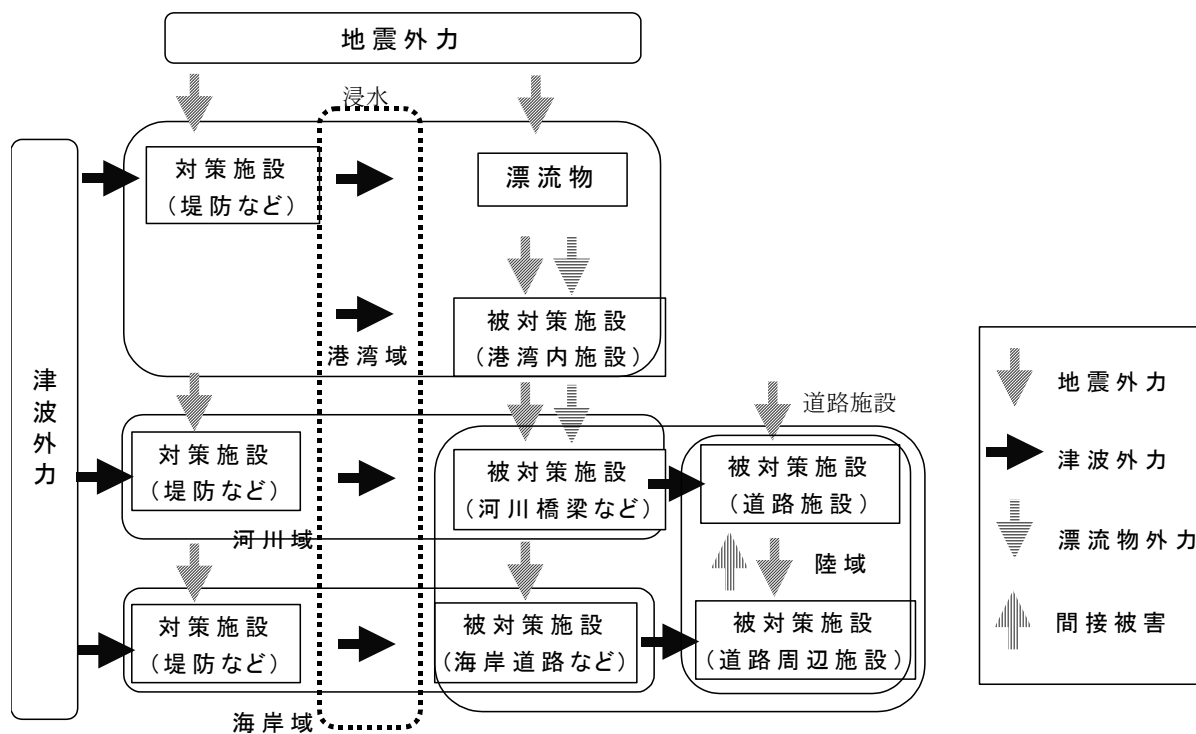


図 2-2 津波・地震外力と対策・被対策施設

2.2 既往の構造物被災シナリオ

津波による交通障害について、事例調査、構造物の被災要因のまとめ、交通確保上の問題点の整理が、首藤³⁾により行われている。

首藤³⁾は、構造物破壊・破損の原因を以下の5つに分類して検討している。

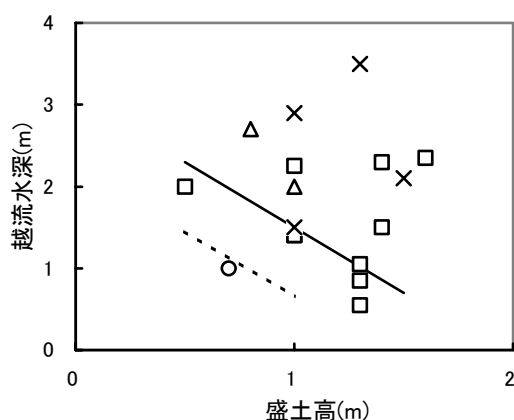
- ① 越流する津波の落下による法面破壊
(押し波では内法が、引き波では外法が洗掘される)
- ② 陸閘・橋梁などに集中する流水によって発生する構造物周辺の洗掘
- ③ 越流津波の掃流力による破壊
- ④ 津波の水圧による破壊
- ⑤ 大漂流物の衝突による破壊

表 2-1 に、首藤³⁾による検討結果を被災要因と被災シナリオにまとめたものを示す。

表 2-1 構造物の被災主要因と被災シナリオ

構造物	被災	被災原因	被災シナリオ
盛土	破壊・破損	①、②	押し波→内法破壊→引き波→外法破壊
橋梁	流出	②、⑤	木橋で引潮・押潮→流出、鉄道橋→水没→移動・流出
橋梁	破損	⑤	鉄筋コンクリート橋で漁船衝突→出火
橋台・橋脚	倒壊・破損	⑤、②	橋台付近での水中集中→翼壁の外側盛土が侵食→橋翼が傾く→床板の落下

首藤³⁾はさらに、盛土被災についての判定手法を示している(図 2-3)。この手法は、チリ津波時の岩手県内での鉄道堤被害状況 16 例と東南海地震での人口築堤での盛土高と越流水深 1 例から経験的に求めた手法である。この判定手法では、盛土高 50cm 以下、越流水深 1m 以下なら、道路は冠水さえ解消されれば使用可能としている。



△大部分破壊 □部分破壊 ×全面破壊 ○冠水のみ

図 2-3 盛土高、越流水深と盛土破壊の程度³⁾

また、首藤³⁾は、構造物破壊・破損以外の交通機能障害の事例について、路上湛水、道路・線路上への土砂流入、漂流物堆積、火事の事例をあげている。

首藤³⁾によってまとめられた、交通確保上での問題点について表 2-2 に示す。また首藤は、路上湛水、道路・線路上への漂流物堆積、火事の増加の危険性を指摘している。

表 2-2(1) 構造物被災に基づく交通障害³⁾

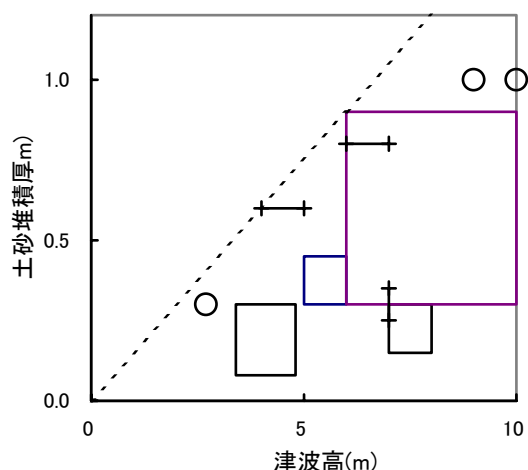
押波・引波の越流による被害	盛土道路・鉄道堤	決壊・流出・破損	法面洗掘から破壊が始まる。盛土高0.5m以下で、しかも越流水深1m以下ならば、ほぼ無被害
水流集中による被害	陸コウ・橋梁取り付け部の翼端周辺	翼端周辺から始まる堤体洗掘	橋梁の傾斜・落下につながる可能性がある。
	橋脚	橋脚周りの洗掘	
漂流物衝突による被害	橋梁	破壊・流出	コンクリート橋では大被害が起こりにくい
	線路	曲折	鉄道橋の変形・移動が原因
浮力による被害	線路	浮上・移動	枕木に働く浮力が原因

表 2-2(2) 機能妨害に基づく交通障害³⁾

路上湛水	特に現存防潮堤の排水機構の欠如・不良によるものが増える
泥土堆積	道路及び臨港線
漂流物堆積	流木・船舶・家屋など。堆積物の大量化・高額化。重機械の早期搬入が必要
火事	沿道に危険物が増加・化学消防が必要

津波による土砂移動と陸上での堆積厚さについて、事例調査の整理とまとめが、首藤⁴⁾により行われている。

首藤⁴⁾は、津波高さからの土砂堆積厚さの推定手法を示している（図 2-4）。この手法は、古記録の中から土砂厚さと津波高さの記述のある 10 例を抽出し経験的に求めた手法である。この推定手法では、津波高さの約 15%が土砂堆積厚さとなるが、この手法の根拠となる数値について、土砂を運ぶ力学的機構に正しく対応しているかの保証がないこと、土砂厚さの測定に目的がなく曖昧なこと、土砂厚さについて地域の平均である保証がないことを示している。



○津波高と土砂堆積厚さが1対1の事例 ++津波高と土砂堆積厚さの内どちらかがある範囲をもつ事例 □津波高と土砂堆積厚さの両方がある範囲をもつ事例

図 2-4 過去の津波による津波高さと土砂堆積厚さ⁴⁾

2.3 構造物の被災シナリオ

本節では、地震・津波による構造物被災シナリオを検討した。被災シナリオは、地震動・津波の外力、道路構造物の被災による被害連鎖を示すシナリオとする。

表 2-3 に、時間帯毎の地震・津波の外力発生と、津波対策工の被害について簡単に示す。道路構造物は、津波対策工がある場合は、河川遡上などの対策工の効果がない場所で津波外力を受ける。また、対策工は地震による被災・津波による被災を受ける可能性があり、対策工が津波第1波により被害を受けた場合には、それ以降の津波には効果が無くなる。

表 2-3 時間帯毎の想定される地震・津波災害と対策工の被害

時間帯	発生 地震発生	～数分 津波来襲まで	～数分 津波1波到着	～数10分 津波n波到着の時間
地震と津波に関して	地震発生 →地震外力 津波発生	津波伝播中 余震発生中 →地震外力	(対策工の効果有り) 対策工で津波が止まる 河川を津波が遡上する →河川構造物への津波外力 遡上により漂流物が発生 →河川構造物への衝突力	(対策工の効果無し) 対策工を乗り越えて浸水 →津波外力 浸水により漂流物が発生 →衝突力
対策工の被害	地震動による防波堤・防潮堤・破損 液状化による防波堤・防潮堤の天端高の低下 地震動による機能停止(自動水門・陸閘など)	津波による防波堤・防潮堤・破損→対策工の効果が無くなる		

表 2-4 に、津波発生から時間毎に、地震動・津波により道路構造物がどのような被災をするかを示す。浸水による被害は、鼓道橋等への波力が働く他に、土砂堆積や溜水等の被害をもたらす。また、河川遡上では、橋桁・橋脚への波力が発生する。表 2-4 を基に、図 2-5 に地震・津波外力と道路施設被災全体の被害連鎖について図示した。

道路構造物は、被対策構造物である。被対策構造物への津波外力は、対策構造物によって軽減されるが、対策構造物は地震動により被災をする場合がある。従って、道路構造物が津波により被災するシナリオは、以下の 4 ケースを考える必要がある。

- ・ 対策施設を乗り越えた津波による外力が作用する。（陸上にある橋梁、切土・盛土への堆積物被害・溜水被害が想定される）
- ・ 対策施設が地震で被災し津波による外力が軽減されずに作用する。（陸上にある橋梁、切土・盛土への津波波力、掃流力による被害が想定される）
- ・ 津波外力が直接作用する。（河川や海岸での橋梁への津波波力・浮力・掃流力・揚圧力が想定される）
- ・ 津波による漂流物が発生する。（流木などの橋梁への衝突が想定される）

表 2-4 時間帯毎の想定される道路構造物の直接被害

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大				救出優先	応急復旧・片付
道路被害 (直接被害) ＝地震と津波による道路の構造物被害	<地振動による被害> →橋梁の被害 ・地震動による被害 →盛土の被害 ・地震動による円弧滑り、崩落 →併設されているライフラインの被害 ・地震動による被害 ・液状化等による浮き上がり <周辺からの被害> →道路の閉塞 ・建物崩壊・ブロック塀崩壊による閉塞 ・崖くずれ等による閉塞 ・信号機・電柱等の倒壊による閉塞 →交通障害 ・停電による信号障害 ・信号障害による交通事故		/津波の影響を受ける/ (津波対策工が機能している:河川部分で津波が遡上している。) <津波による被害> →橋梁被害(海岸、河川) 津波の波力による被害 洗掘による被害 津波による漂流物の衝突による被害 <周辺からの被害> →瓦礫・土砂堆積 橋梁の路盤等への堆積	/津波の影響を受ける/ (津波対策工が機能していない:対策工の後背地への浸水が進んでいる) <津波による被害> →橋梁被害((跨道橋等) 津波の波力による被害 洗掘による被害 津波による漂流物の衝突による被害 →盛土被害 津波波力(浸水)による「円弧すべり <津波による機能妨害> →瓦礫・土砂堆積 →湛水		/地震・津波の影響を受ける/ <震災ゴミによる閉塞> 震災ゴミの排出 (建物からの震災ゴミ等の道路への搬出(＝建物からの濡れた家財・商品等の搬出))
道路復旧 道路の直接被害 に対する対応		/地震の影響のみ/ <点検・応急復旧作業> 段差のすりつけ 橋脚・支障の仮復旧 <復旧(開削)作業> 土砂・瓦礫の片付け			/津波の影響を受ける/ <点検・応急復旧作業> 段差のすりつけ 橋脚・支障の仮復旧 <復旧(開削)作業> 土砂・瓦礫の片付け 排水作業	<震災ゴミの移動> 道路上に出されるゴミの移動

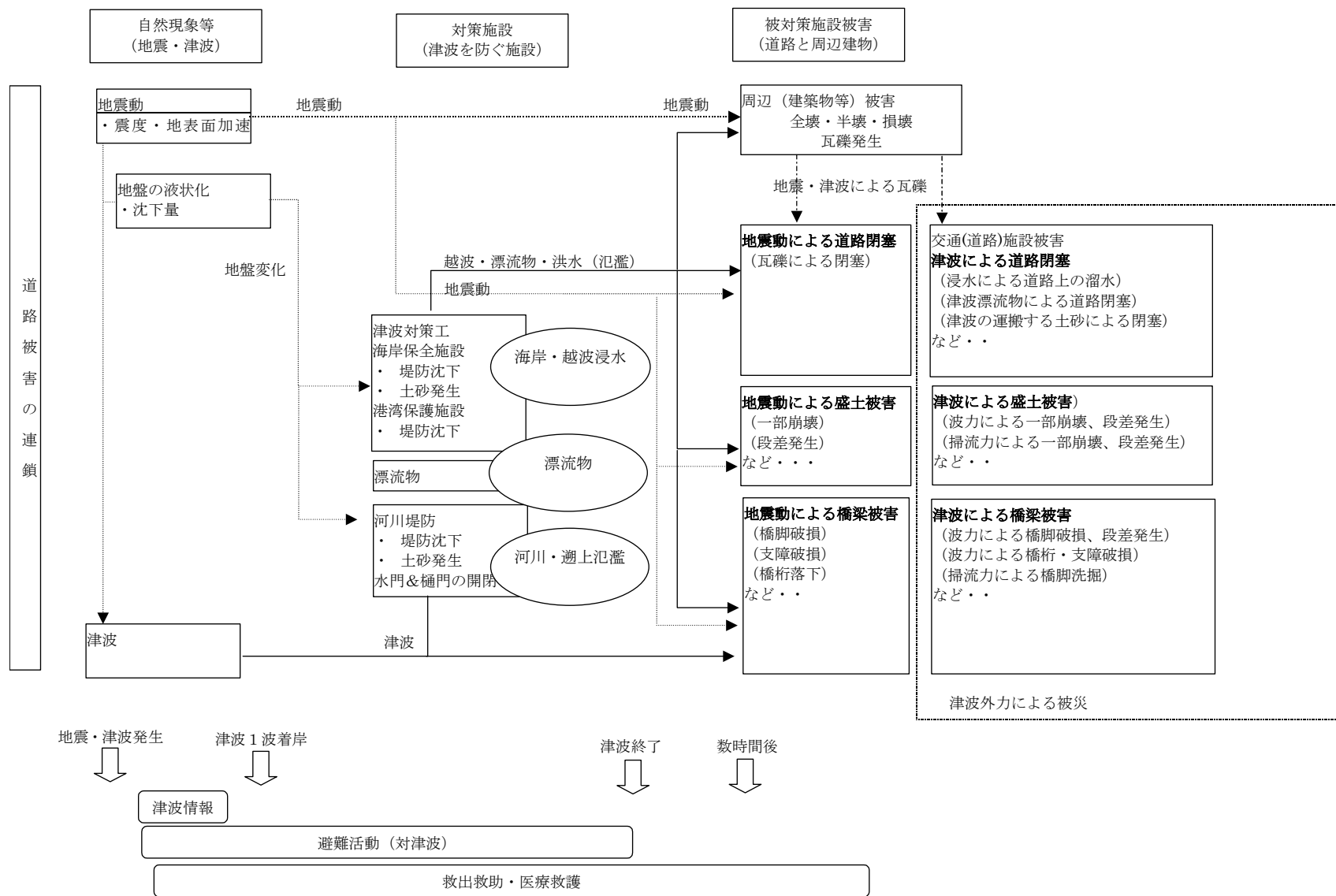


図 2-5 地震・津波による道路施設被災の連鎖

3. 津波外力と道路施設の被災度の評価に関する検討

本章では、津波による道路施設の被災度評価手法を確立する上で参考となる、既往の研究の調査と基礎的な検討の結果を示す。

まず、津波伝播・遡上計算手法ならびに津波外力の評価手法に関する既往の研究を概観する。次に、2.3 節で示した構造物の被災シナリオをもとに、津波来襲時に想定される道路施設の被災形態を網羅的にとりまとめる。最後にこれらの結果を総合して、道路橋を例として被災度評価フローを検討した結果について述べる。

3.1 津波の伝播、遡上計算の手法

津波による道路施設の被災度を評価するためには、まず津波により道路施設に作用する外力を評価する必要がある。津波による外力は、地震による海底変位による初期波形の発生、海岸付近までの伝播、伝播された津波が衝突することによる構造物への外力発生各段階を経て評価する必要がある。本節は、地震による海底変位による初期波形の発生、海岸付近までの伝播・遡上について、海底から海面までの鉛直方向の物理現象を無視し一様と考える 1 層モデルを用いた津波シミュレーションによる手法を示す。津波の伝播・遡上シミュレーションは図 3-1 の順に行われるため、図の各項目について以下に示す。

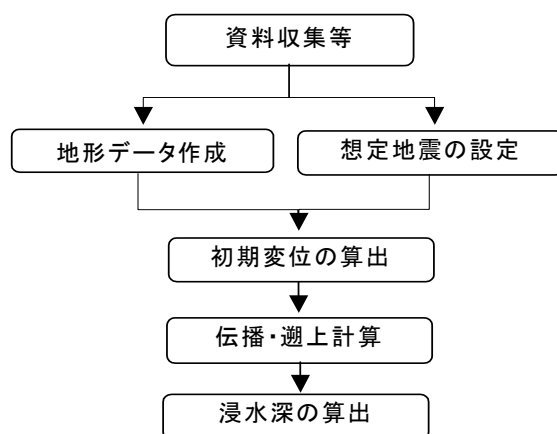


図 3-1 津波シミュレーションの流れ

3.1.1 地形データの作成

津波シミュレーションでは、海底地形及び地表面を再現するための地形データとして、地盤高（標高および水深）および土地利用状況を格子化したメッシュデータ（＝グリッ

ドデータ）を用いる。シミュレーションに用いる地形データは用途に応じた作成が必要であり、その作成手法は、メッシュサイズの決定、メッシュサイズに応じた地形データの収集、土地利用に応じた粗度係数からなる。

本節では、メッシュサイズ、土地利用に関して、地形データの収集について検討する。

(1) メッシュサイズ

津波シミュレーションは、標高もしくは水深を2次元のメッシュで表現した地形モデルで計算する。従って、震源からの伝播計算（津波到達時間と津波高の算出）と遡上計算（浸水高の算出）に必要なメッシュサイズについて目的に応じた設定が必要となる。

津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾では、伝播計算時の海底地形のメッシュサイズに関して、伝播過程の海域におけるメッシュサイズが最大水位上昇量に与える影響について検討している。津波・高潮ハザードマップマニュアルでの検討は、複雑な海底地形として下田沖の海底地形データを用い、メッシュサイズを変えた津波伝播シミュレーションを行い、水深毎に最適なメッシュサイズについて示している。

表 3-1 伝播計算に最適なメッシュサイズ（津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾）

水深	メッシュサイズ	備考
100m以深の浅海域	800m以下	
100m～50m	200m以下	
50m以浅域	100m～50m以下	50m以下まで細かくすることが望ましい。

※ ここでのメッシュサイズは、精度に影響のでない最も大きなメッシュサイズを示している。

津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾では、メッシュサイズに関して、格子間隔を細かくすると計算精度も向上するが、計算時・データ作成時の負荷が大きくなること、計算精度に関しては計算時のメッシュサイズ（格子間隔）よりも標高データの精度であることを記述し、12.5mメッシュサイズでの検討例を示している。

遡上計算時の陸上地形のメッシュサイズに関しては、遡上計算の用途に応じたメッシュサイズの設定が必要である。ここでは、シミュレーションの用途に応じたメッシュサイズの検討として1m四方に1点の割合で収録されたレーザースキャナデータを用い、それぞれのメッシュサイズでの地形データを作成した。

図 3-2 は、地表面を構造物を含み再現した地表面データを異なるメッシュサイズ（1mから伝播計算の50m以浅で必要とされる50mまで）で示した。

図 3-3 は、入手が比較的容易である標高データを模したデータとして、地表面データ

から構造物を除いた標高データ作成し、標高データを異なるメッシュサイズ（1m から伝播計算の 50m 以浅で必要とされる 50m まで）で示した。

図 3-2、図 3-3 より、道路や建物の構造物の再現には 2.5m 程度のメッシュサイズが、おおまかな地形表現には 10m 程度のメッシュサイズが必要なことがわかる。メッシュサイズの違いによる建物・道路の再現状況と、各メッシュサイズで浸水シミュレーションを行った場合に考えられる使用用途について表 3-2 に検討結果をまとめた。

表 3-2 メッシュサイズと地物表現の再現程度

メッシュ	建物	道路	浸水シミュレーションの用途
1m	低層建物も一戸単位での再現可能	街区内の幅4m道路	住民個々の避難シミュレーション
2.5m	中高層建物の再現可能であるが、低層建物の一戸単位での再現は不可能	街区を区切る幅4m～6m道路	街区単位での避難シミュレーション。構造物への影響評価
5m	中高層建物の再現可能であるが、街区内の低層建物は再現できない。	街区を区切る幅6m以上の道路	市町村単位での防災計画（街区を基本にした被害想定が可能）
10m	高層建物の再現は可能	街区をつなぐ幅15m～の道路	県単位での防災計画（メッシュを基本にした被害想定が可能）
25m	建物の表現は不可	幅20m～以上の道路	被害予測
50m	建物の表現は不可	道路の再現は不可	おおまかな被害予測

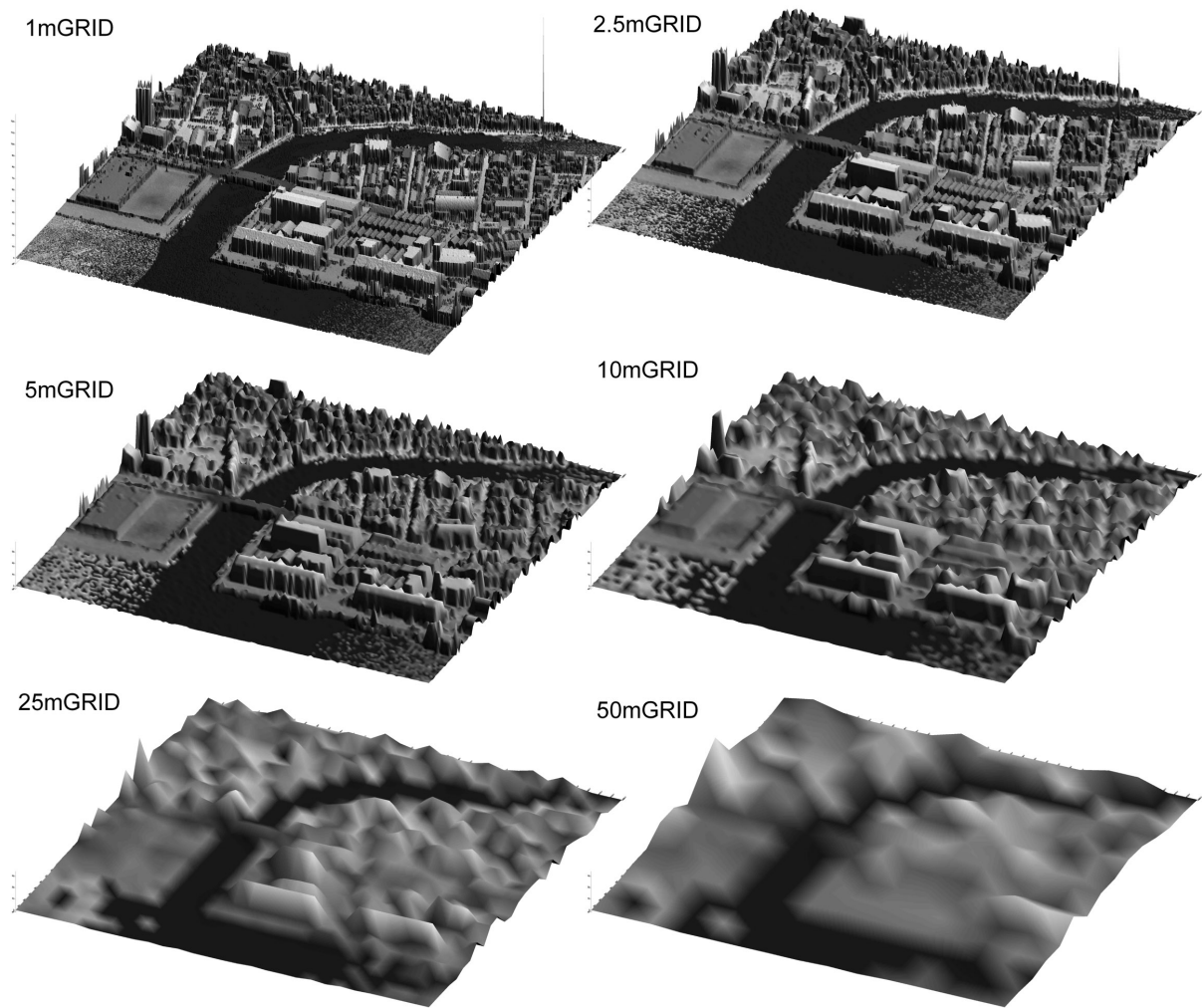


図 3-2 メッシュ (GRID) サイズ毎の地形表現 (地形+構造物) の違い

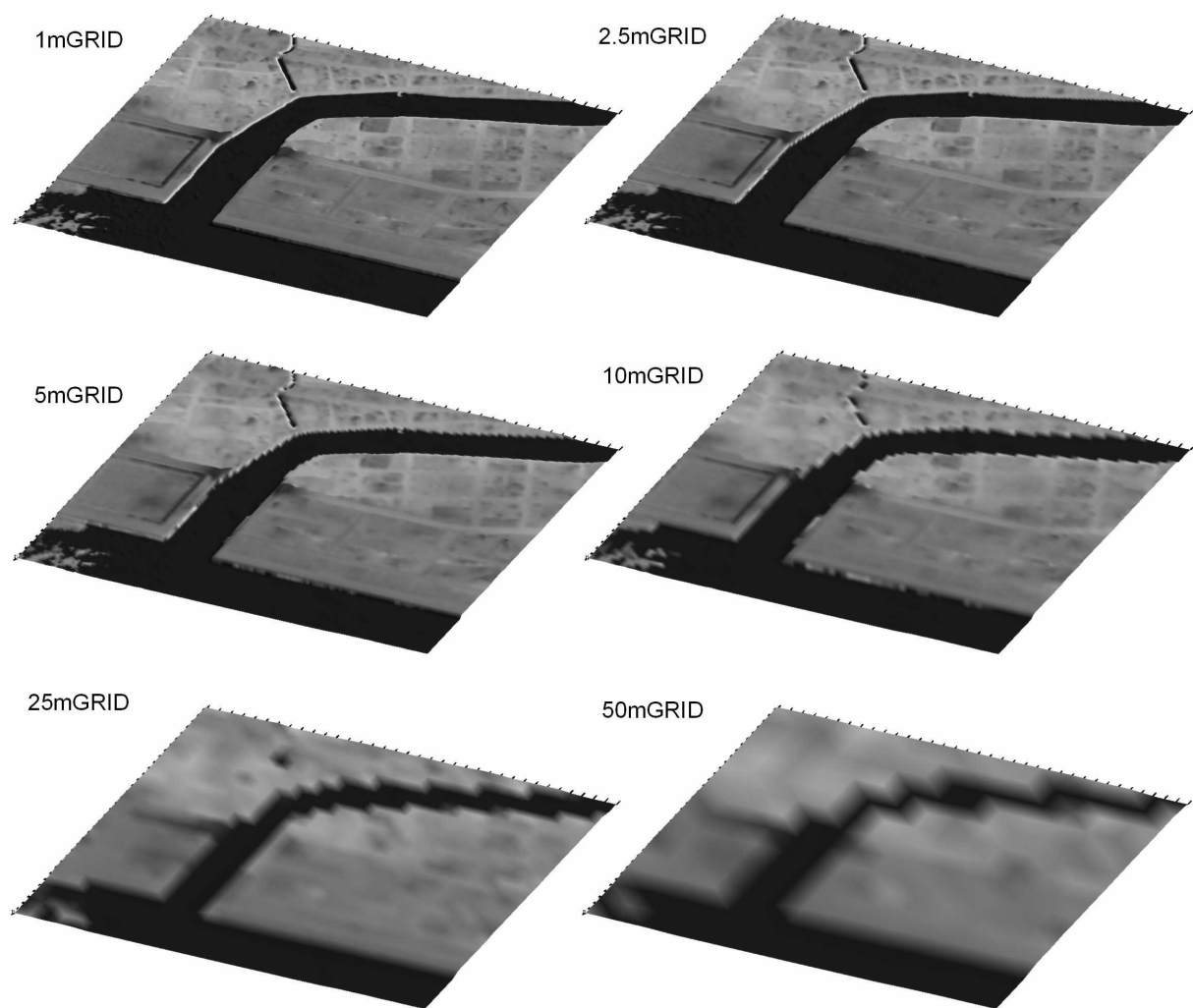


図 3-3 メッシュ (GRID) サイズ毎の地形表現（地盤データのみ）の違い

(2) 土地利用に関して

遡上計算時に地面の摩擦を考慮することにより、遡上域での土地利用状況を考慮した浸水計算を行うことができる。

津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾では、遡上計算時の土地利用状況に応じた粗度を考慮することを記述し、小谷・今村・首藤らの粗度係数の設定値^{5) 6)}を示している。

粗度係数の設定にあたり、国土数値情報は、ほぼ全国が整備されているが、細密数値情報は首都圏、中部圏、近畿圏の一部地域のみでの整備である。粗度係数により遡上計算結果に影響がでるため、用途に応じた粗度係数の設定が必要であるが、不明の場合、全ての地域について最小値である 0.02 を使うことで安全側の評価ができる。

表 3-3 粗度係数の設定値（津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾に追記）

土地利用	粗度係数	国土数値情報(100m)	細密数値情報(10m)
住宅地	0.04～0.08	建物用地	一般低層住宅地 密集低層住宅地 中高層住宅地 商業・業務用地
工場地等	0.04		工業用地 その他公共公益施設用地
農地	0.02	田、その他農用地	田、畑、その他の農地
林地	0.03	森林	山林・荒地等
水域	0.025	河川地及び湖 沼 海浜 海水域	河川・湖沼等 海
その他	0.025	荒れ地 その他の用地 (空き地等) 幹線交通用地 ゴルフ場	公園・緑地など 造成中地 道路用地 空き地 その他

※ 津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾の記述に、中央防災会議東南海・南海地震等に関する専門調査会(第16回)の資料⁶⁾を追記

(3) 地形データの収集

地形データは、伝播計算・遡上計算時に用いるメッシュデータを作成するために用いる。以下に利用可能な海底地形（水深）データ、遡上地域（標高）データについて説明する。

原子力発電所の津波評価技術⁷⁾では、計算に用いる地形データは、最新の海底地形図、陸上地形図をもとに作成することを基本とすることを記述し、活用可能な水深データ・陸上域地形データについて示している（表 3-4）。

津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾では、津波シミュレーションに用いる標高値は浸水深に直接影響を及ぼすため、精度の高いデータが必要となること、特に津波による浸水が予想される地域の標高データは、浸水深の評価のため1mより詳細な精度が必要であることを記述し、地理院の1/25000地形図でなく都市計画図（国土基本図）1/2500の使用について示している（表 3-5）。

中央防災会議東南海・南海地震等に関する専門調査会（第16回）での参考資料⁶⁾では、津波シミュレーションに用いる粗度データ（土地利用状況）について、表 3-6の資料を用いて作成を行っている。

表 3-4 地形データ（原子力発電所の津波評価技術⁷⁾）

	データ種類	提供団体	備考
水深	海図・海の基本図	海上保安庁水路部	
	1kmメッシュ海底地形図※	(財)日本水路協会	
	深浅測量結果		既に評価地域で実施されていた場合に有用
	5分メッシュ地形データ	NOAA(1988)	遠地津波等広範囲を対象
	2分メッシュ地形データ	Smith and Sandwell(1977)	広範囲かつ深海域を対象
遡上地域	数値地図	国土地理院 (財)日本数値地図センター	海岸付近の地形精度は十分ではないことに注意が必要

※ 1km メッシュ海底地形図に変わり、JODC（日本海洋データセンター http://www.jodc.go.jp/index_j.html）より 500m メッシュ海底地形データを入手することが可能である。

表 3-5 地形データ（津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾）

	データ種類	提供団体	備考
標高	1/25,000地形図	国土地理院	10m間隔の等高線で標高が表現されている。被害が発生しやすい水際線付近の標高の再現が難しい
	1/50,000地形図	国土地理院	
	50m格子標高値	国土地理院	1/25,000地形図より作成されているため。1/25,000と同程度の精度
	1/2500地形図 (国土基本図)	自治体	1m間隔の等高線で標高が表現されている。精度の高い標高データを作成することが可能である。

表 3-6 土地利用に関するデータ（中央防災会議⁶⁾）

	データ種類	提供団体	備考
土地利用状況	国土数値情報(土地利用)	国土交通省	インターネットで公開
	細密数値情報(10メッシュ土地利用)首都圏1994年版	国土地理院	
	細密数値情報(10メッシュ土地利用)中部圏1994年版	国土地理院	
	細密数値情報(10メッシュ土地利用)近畿圏1994年版	国土地理院	

本検討の目的の一つは、道路施設に対する被災度評価である。被災度評価の際に避難についても検討も行う場合、浸水域では 2.5m のメッシュサイズが必要と考えられる。しかし、津波の伝播計算を行う際には 500m メッシュで全体を計算し、地域を絞ってメッシュサイズを小さくしていくことが可能である。メッシュサイズの小さなデータから大きなメッシュサイズのデータを作成することは可能であるが、逆は不可能である。従って用途に応じたサイズ・規模を適切に選ぶ必要がある。ここでは、データの収集手法の検討結果をメッシュサイズ毎に整理し表 3-7 に示す。

表 3-7 メッシュデータの収集手法の検討

	メッシュサイズ	データ名	備考
伝 播 計 算	500m	J-DOSS	日本海洋データセンター(JODC)のオンラインサービス座標系はWGS84で提供されている。
	250m	大陸棚の海の基本図	大陸棚の海の基本図(海上保安庁)は縮尺が1:1000000～1:200000で整備されている。各基本図より250mメッシュが作成可能
	125m	大陸棚の海の基本図	大陸棚の海の基本図(海上保安庁)は縮尺が1:1000000～1:200000で整備されている。
	50m	沿岸の海の基本図	沿岸の海の基本図(海上保安庁)は縮尺が1:10000～1:50000で整備されている。1:50000の基本図より50mメッシュが作成可能。
河 川 遡 上 浸 水 計 算	25m	沿岸の海の基本図	1:25000～1:10000の沿岸の海の基本図(海上保安庁)より25mメッシュが作成可能
	10m	深淺測量結果	特に河口付近で必要な場合には、ナローマルチビーム等を利用した面的な深淺測量結果を利用することも可能
	50m	数値地図50m	国土地理院より1/25000地形図をベースに作製されている。
	25m	1/25000地形図	1/25000地形図より、25mメッシュが作成可能である。
	10m	数値地図10m	国土地理院より1/10000及び1/5000をベースに作成されている。主に火山地域で作成されている。
	5m	数値地図5m	国土地理院により航空レーザスキャナ測量による精密地盤高計測により求めた数値標高モデル。現在、関東と中部の一部エリアが公開されている。
浸 水 計 算	2.5m	国土基本図 都市計画図など	1/2500～1/5000の大縮尺の実測図、たいていの市町村の都市計画区域内で整備されている。
	2.5m以下		特に浸水計算で必要な場合には、航空レーザスキャナ測量等を利用した面的な測量結果を利用することも可能

3.1.2 地盤変位の算出による初期変位の算出

津波伝播の計算条件として、海底面の鉛直変位分布を初期変位として設定する。

原子力発電所の津波評価技術⁷⁾では、一般的に用いられている鉛直変位分布算出手法として、地震発生地盤が等方で均質な弾性体であると仮定して地震断層運動に伴う周辺地盤の変異分布を計算する Manisinha and Smylie(1971)の方法が示されている。Manisinha and Smylie(1971)の方法を用いた初期変位の算出手順を図 3-4 に示す。

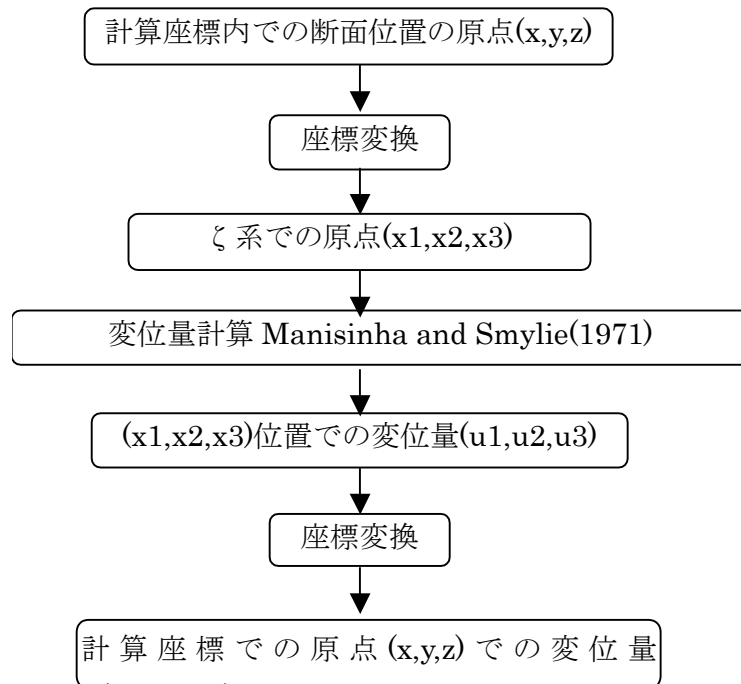


図 3-4 初期変位の算出手順

3.1.3 伝播計算

津波のシミュレーションでは、海面水位変動量の初期値の決定後、津波の伝播計算を海水の浅水波理論に基づいて行う。津波のシミュレーションでは、支配微分方程式の近似解法として、leap-frog 法による差分法を用いて、水位と流速を用いて津波の挙動を算出する。

以下に、津波の伝播計算に用いる浅水波理論による支配方程式を示す。

連続の式 (3-1)

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \eta}{\partial x} [u(h + \eta)] + \frac{\partial \eta}{\partial y} [v(h + \eta)] = 0$$

運動方程式 (3-2)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0$$

η : 静水面からの水位の変位

x, y : 位置座標

t : 時間座標

u, v : xy 方向の流速

$\tau_x / \rho, \tau_y / \rho$: xy 方向の摩擦力

g : 重力加速度

3.1.4 遡上計算

津波の陸上遡上や引き波に伴う海底露出を再現するためには、陸域と海域の移動境界を設定する必要がある。

遡上計算を行うための移動境界に関するアルゴリズムが岩崎・真野⁸⁾により、一様水深域でのモデル計算による遡上高と理論式による遡上高との比較、及び三陸海岸の山田湾における 1896 年三陸大津波の再現計算(浅水長波の運動方程式と連続方程式を leap frog 法による差分計算で実施、陸側の境界条件にこの論文での手法を適用)が示されている。

この方法は、岸側の格子点の地盤高より沖側格子点の水位が低い場合に、境界の流量を 0 とし高い場合に流量を算出する手法である(図 3-5)。この手法に基づく処理手順を図 3-6 に示す。

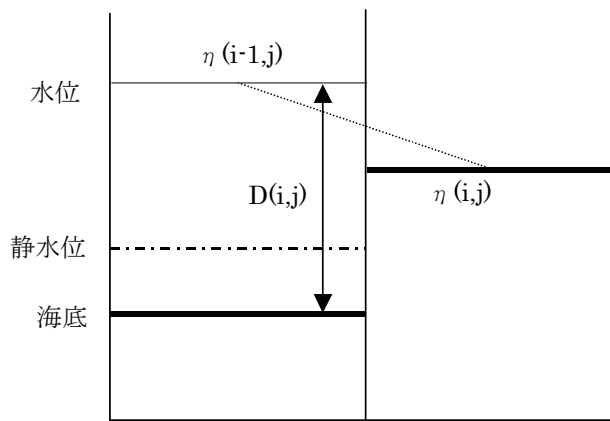


図 3-5 岩崎・真野による遡上計算概念図⁸⁾

遡上計算を行うための移動境界に関する処理手順において、線流量の計算方法の見直しが小谷ら⁹⁾によって行なわれている。この手法では以下の手順で線流量の計算を行う。

流量を計算するための全水深は、先端部での水位と dry 計算点の地盤高さの差とし、差が負の場合は流量を 0 とする。

移流項の計算の際に全水深が 0 または下限値より小さくなった場合には、全水深を分母としてもつ項のみを省略する。

小谷ら⁹⁾の手法の計算概念図を図 3-7 に示す。

3.2 津波外力に関する既往検討調査

道路施設の被災度の検討にあたり、津波による津波外力の算定が必要となる。津波による外力は、表 3-8 のように波圧・波力、掃流・洗掘、浮力・揚圧力、漂流物衝突力が想定される。本節では、津波外力に関する既往の検討を調査した。調査した項目を以下に示す。

表 3-8 津波外力に関する既往の検討

	対象	可能性	式	対象	レビュー資料	備考
波圧・波力	津波	◎	合田式	沿岸に建設された堤防	港湾の施設の技術上の基準・同解説 ¹⁰⁾	橋梁への利用の場合、適用水深の問題有り
	津波	◎	朝倉ら	沿岸に建設された建物(津波避難ビル)	津波に対する構造物の構造設計法(素案) ¹¹⁾	陸上に遡上後の津波を対象
	津波	○	池野ら	段波を受ける構造物	原子力発電所の津波評価技術 ⁷⁾	陸上に遡上中の津波を対象
	平均波	△	広井公式	深い水深の橋脚	道路橋示方書 ¹⁴⁾	水深の浅い所では考慮の必要が無いとの記述
掃流	津波	×	浅井ら	大掃流による土砂移動	—	移動床混合砂モデル
洗掘	河川流	△	Andru他	最大洗掘深さと橋脚幅の関係式	水理公式集 ¹⁶⁾	実験式のまとめを示している
揚圧力	重複波	△	合田	水面付近の水平板(栈橋等)	港湾の施設の技術上の基準・同解説 ¹⁰⁾	
	重複波	△	伊藤、竹田ら	栈橋	港湾の施設の技術上の基準・同解説 ¹⁰⁾	栈橋模型実験を基にした算定式
浮力	津波	◎		沿岸に建設された建物(津波避難ビル)	津波に対する構造物の構造設計法(素案) ¹¹⁾	津波避難ビルに対する浮力
衝突力	津波	○	松富	流木の縦衝突を対象	原子力発電所の津波評価技術 ⁷⁾	津波段波を用いた実験式
	津波	○	池野ら	各種形状漂流物の衝突力と衝突応力	原子力発電所の津波評価技術 ⁷⁾	津波段波を用いた実験式
	平均波	△		流木その他の流送物の衝突	道路橋示方書 ¹⁴⁾	

可能性(評価への適用)について ◎: 現在、基準として津波評価に利用されている。

○: 津波を対象とした算出手法としてレビューを受けている。

△: 津波を対象としていないが評価技術として使われている。

×: それ以外

3.2.1 波圧・波力

沿岸に建設された堤防に対する波圧に関して、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に、合田式による波圧算定式(3-3)が示されている。

$$\eta = 1.5H \quad (3-3)$$

$$p = 1.1\rho_0 gH$$

η : 静水面上波圧強度が0となる高さ(m)

H : 津波波高(m)

p : 波圧強度(kN/m^2)

ρ_0 : 水の密度(t/m^3)

g : 重力加速度(m/s^2)

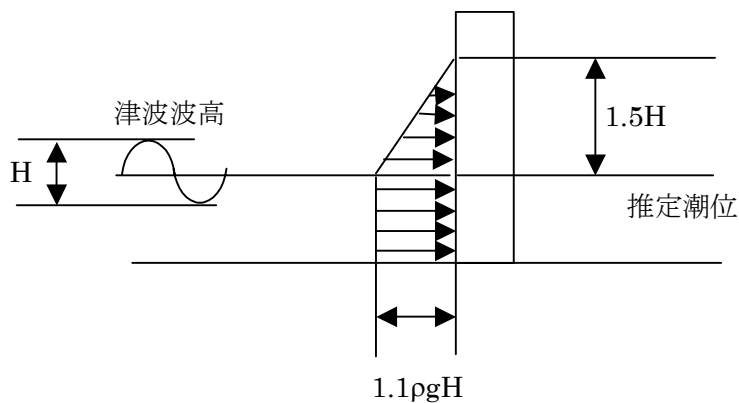


図 3-8 合田式による波圧分布¹⁰⁾

津波被害が予想される沿岸域での津波避難ビルに対する波圧に関して、津波に対する構造物の構造設計法(素案)¹¹⁾に、朝倉ら¹²⁾に基づく波圧算定式(3-4)が示されている。

$$\eta = 3.0h \quad (3-4)$$

$$p = 3.0\rho_0 gh$$

η : 波圧強度が0となる高さ(m)

h : 浸水高(m)

p : 波圧強度(kN/m^2)

ρ_0 : 水の密度(t/m^3)

g : 重力加速度(m/s^2)

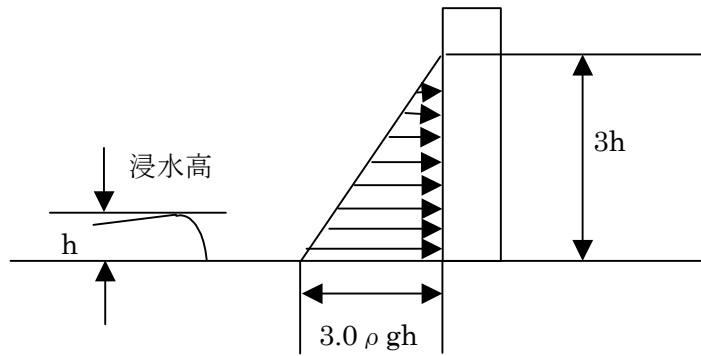


図 3-9 朝倉らによる波圧分布¹²⁾

砕波段波の波圧分布式(3-5)が、貯水タンクのゲート開放実験より、池野ら¹³⁾によって算出されている。

$$\eta = 3ah \quad (3-5)$$

$$pm(z) = 2.2 \cdot (ah - z/3) \alpha \rho g \quad (0 \leq \frac{z}{ah} \leq 3)$$

$$pm(z) = 2.2 \cdot ah \cdot \alpha \rho g \quad (\frac{z}{ah} < 0)$$

η : 静水面上波圧強度が 0 となる高さ(m)
 ah : 津波段波振幅 (m)
 $pm(z)$: 波圧強度 (kN/m^2)
 z : 陸上地面を基準とした 正の座標

ρ_0 : 水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

α : 砕波時の割増係数

$$\alpha = 1.36 \quad \text{静水面上} : (0 \leq \frac{z}{ah} \leq 3) \quad \alpha = 1.36 \cdot (1 + 0.52 \cdot \frac{z}{ah}) \quad \text{静水面直下} : (-0.5 \leq \frac{z}{ah} \leq 0)$$

$$\alpha = 1.0 \quad \text{静水面下} : (\frac{z}{ah} \leq -0.5)$$

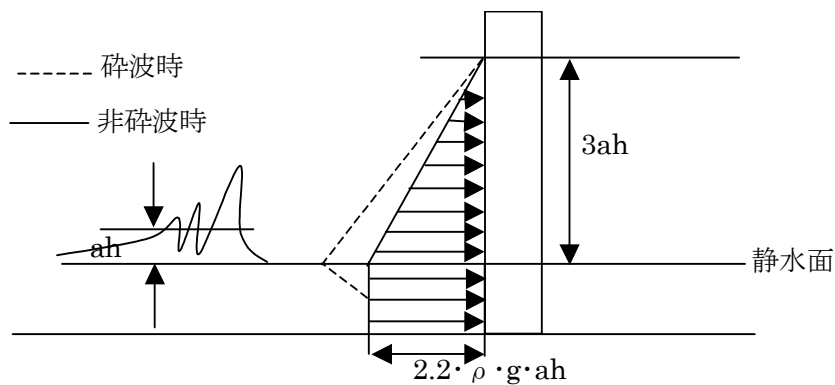


図 3-10 池野らによる波圧分布¹³⁾

(参考) 波圧に関して、道路橋示方書¹⁴⁾に、防波堤全体に受ける平均波力を表す広井公式に基づく波圧算定式(3-6)が示されている。

$$\eta = 1.25H_0 \quad (3-6)$$

$$p = 1.5wH_0$$

η : 波圧強度が作用する高さ(m)

H_0 : 沖波の波高(m)

p : 砕波の波力(kN/m²)

w : 海水の単位重量(kN/m³)

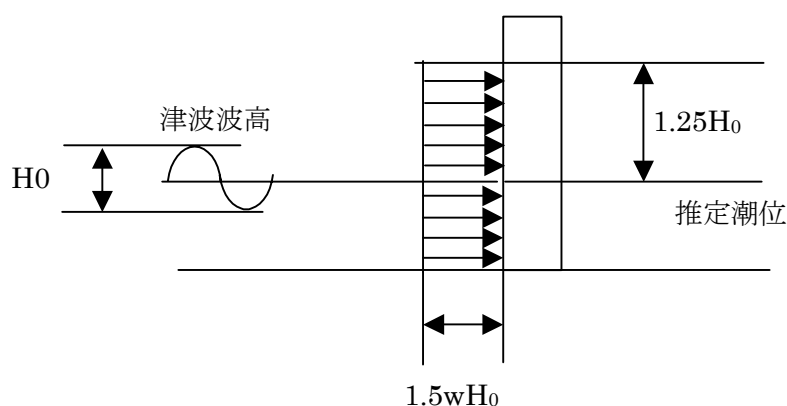


図 3-11 広井公式による波圧分布 ¹⁴⁾

ただし、波圧は、河中・湖中等に設けられている橋脚に関しては、水深が浅いことから無視してよいと記述されている。

※注意

- ・ 津波高（最大偏差）：推定潮位より実潮位が高い場合の偏差の最大値（式(3-4)、式(3-5)）
- ・ 津波波高：推定潮位（C.D.L）を負側から正側へ津波波形が横切る点から次に横切る点までを一つの波として、その間の最高水位と最低水位の差（式(3-3)、式(3-6)）

3.2.2 掃流・洗掘

津波の掃流について、安政東海地震津波における伊豆半島入間の場合での移動床混合砂モデルによる土砂移動の再現可能性が浅井ら¹⁵⁾により検討され、堆積量は土砂移動の観点から良好な結果が得られること、算出に用いた地形に問題があること、最大濃度に検討が必要なことが示されている。図 3-12 に移動床混合砂モデルの掃流層と浮遊層に分離した微小区間モデルを示す。

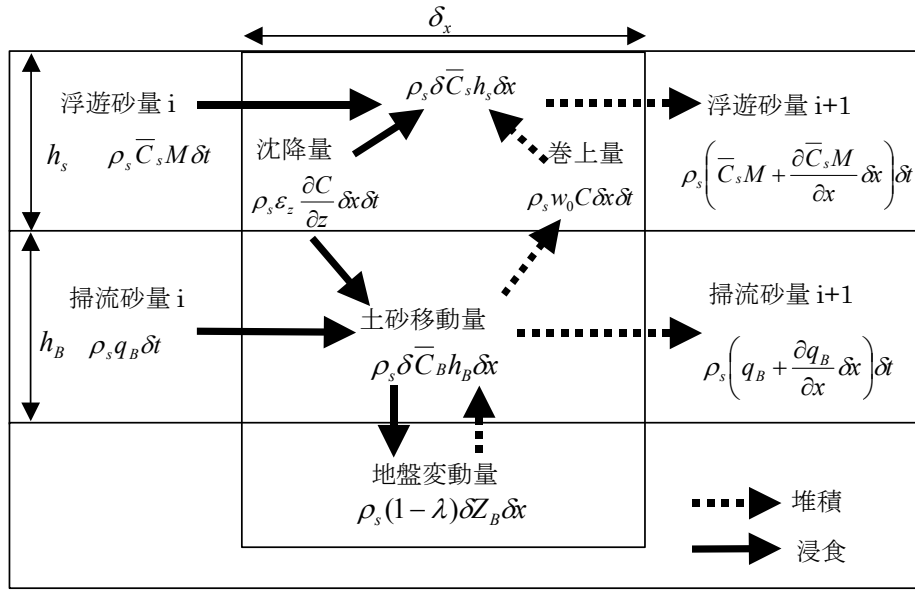


図 3-12 移動床混合砂モデル（浅井ら¹⁵⁾）

洗掘について、橋脚による局所洗掘に関して、水理公式集¹⁶⁾に、一様粒径での最大洗掘深さと橋脚幅について式(3-7)の関係式が示され、既往の研究の推定式が表 3-9 の通り示されている。

$$\frac{Z_s}{D} = f\left(N_s, \frac{d}{D}, \frac{h_0}{D}, S\right) \quad (3-7)$$

Z_s : 一様粒径の場合の最大 洗掘深さ

D : 橋脚幅

N_s : sediment 数 ($\equiv \frac{u_0}{\sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd}}$)

u_0 : 橋脚の影響を受けない 断面での平均流速

h_0 : 平均水深

σ : 砂の密度

d : 砂粒粒

ρ : 水の密度

S : 橋脚形状に関する係数

表 3-9 平衡洗掘深さの推定式（水理公式集¹⁶⁾）

研究者	推定式	備考
Andru(1956)	$\frac{Z_s}{h_o} = 0.8$	
Laursen(1960)	$\frac{D}{h_o} = 5.5 \frac{Z_s}{h_o} \left\{ \left(\frac{Z_s}{11.5h_o} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right\}$ $\frac{D}{h_o} = 5.5 \frac{Z_s}{h_o} \left\{ \frac{\left(\frac{Z_s}{11.5h_o} + 1 \right)^{7/6}}{(\tau_* / \tau_c)^{1/2}} - 1 \right\}$	動的平衡 静的平衡 (河川実測値に基づく算出式)
Neil(1965) Cunha(1970)	$\frac{Z_s}{D} = k \left(\frac{h_o}{D} \right)^{0.3}$	方形 K=1.5 円形 K=1.35
Tarapore(1962)	$\frac{Z_s}{D} = 1.35 \quad \frac{h_s}{D} > 1.15$ $\frac{Z_s}{h_o} = 1.17 \quad \frac{h_o}{D} \leq 1.15$	
Larras(1963)	$Z_s = 1.05KD^{0.75}$	円形 K=1.0 方形 K=1.4
Breusers(1965)	$Z_s = 1.4D$	円形
Carstens(1966)	$\frac{Z_s}{D} = 0.546 \left\{ \frac{N_s^2 - N_{sc}^2}{N_s^2 - (2N_{sc})^2} \right\}^{3/4}$	動的平衡
Shen(1969)	$Z_s = 0.0022R_e^{0.619} (\text{m - 単位})$	$R_e = \frac{u_o D}{\nu}$
小川(1966) 齊藤・浦・柴田(1969) 吉川・福岡(1971)	$\frac{Z_s}{h_o} = f(F_r)$	$F_r = \frac{u_o}{\sqrt{gh}}$
中川・鈴木(1974)	$Z_{sd} = h_o \quad h_o < D$ $\frac{Z_{sd}}{D} = 3.4 - 0.9 \log_{10} \frac{D}{d} \quad h_o > D$ $\frac{Z_{sd}}{D} = \left(\frac{2N_s}{N_{sc}} - 1 \right) \frac{Z_{sd}}{D}$	動的平衡 静的平衡
土木研究所(1974)	$\frac{Z_s}{D} = f \left(F_r, \frac{h_o}{D}, \frac{h_o}{d} \right)$	$F_r = \frac{u_o}{\sqrt{gh}}$ (実験結果)

3.2.3 浮力・揚圧力

水面付近の水平板に作用する揚圧力に関して、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に、合田らによるカルマンの理論をもとにした重複波による揚圧力の算定式(3-8)が示されている。

$$P = \zeta \frac{\rho_0 g}{4} HLB \tanh \frac{2\pi h}{L} \left(\frac{H}{s'} - \frac{s'}{H} \right) \quad (3-8)$$

$$s' = s - \pi \frac{H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L}$$

$$\tau = \frac{\pi T l^2}{L^2} \frac{s'}{\sqrt{H^2 - s'^2}}$$

p: 全揚圧力 (kN)

ξ : 補正係数

ρ_0 : 海水の密度 (t/m³)

g: 重力加速度 (m/s²)

H: 進行波の波高 (m)

L: 進行波の波長 (m)

B: 幅員 (m)

h: 水深 (m)

τ : 継続時間 (s)

T: 波の周期 (s)

l: 水平板の長さ (m)

s: 静水面上のクリアランス (m)

s': 波高中分面上 (波の峰と波との高さを2等分する面) のクリアランス (m)

水平板の長さを1とし、 $\xi = 1.0$ とした場合 $\frac{H}{s'} \leq 2$ で使用する。

栈橋に働く揚圧力に関して、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に、伊藤、竹田らによる栈橋模型実験を基にした重複波による揚圧力の算定式(3-9)が示されている。

$$p = \rho_0 g (8H - 4.5S) \quad (3-9)$$

p: 揚圧力強度のピーク値の平均値 (kN/m²)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m³)

g: 重力加速度 (m/s²)

H: 入射波高 (m)、Hmaxを想定

S: 潮位から渡板下面までの距離 (m)

デタッチド・ピア（陸岸から離れた杭式の構造物の上に、クレーンなどの荷役機械の軌条を設けた係留施設）に働く進行波による揚圧力に関して、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に、伊藤、竹田らによるデタッチド・ピア模型の床板に発生する応力を測定し、実験結果の上限値から、等分布の等価荷重の算定式(3-10)が示されている。

$$p = 2\rho_0 g H \quad (3-10)$$

p: 揚圧力強度の等分布の等価荷重 (kN/m²)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m³)

g: 重力加速度 (m/s²)

H: 入射波高 (m)、Hmaxを想定

津波被害が予想される沿岸域での津波避難ビルに対する浮力に関して、津波に対する

構造物の構造設計法(素案)¹¹⁾に浮力算定式(3-11)が示されている。

$$Qz = \rho g V \quad (3-11)$$

Qz : 浮力(kN)

ρ : 水の密度(t/m^3)

g : 重力加速度(m/s^2)

V : 津波に浸かった建築物の体積(m^3)

3.2.4 漂流物衝突力

砕波段波による流木の縦衝突を基本とし、実験で得られた衝突力特性に基づく流木の衝突水平力の算定式(3-12)が、松富ら¹⁷⁾によって提案されている。

$$\frac{F_H}{gM} = \frac{6.4}{\pi} C_{MA} \left[\frac{V_H}{\sqrt{gD}} \right]^{1.2} \left[\frac{\sigma_f}{\gamma_D L} \right]^{0.4} \quad (3-12)$$

F_H : 流木の衝突力

V_H : 流木の衝突前の移動速度

D : 流木の直径

L : 流木の長さ

C_{MA} : 見かけの質量定数

$= 1.7$ (開度 $\lambda \geq 40\%$)

$= 0.03\lambda + 0.5$ (開度 $\lambda < 40\%$)

開度: 受波圧壁の空隙面積の割合

M : 流木の質量

$$M = \frac{1}{4} \rho_D \pi D^2 L$$

ρ_D : 流木の密度($= 600\text{kg/m}^3$)

γ_D : 流木の単位面積重量($= \rho_D g$)

σ_f : 流木の降伏応力($= 19.6\text{MPa}$)

g : 重力加速度

砕波段波による各種形状漂流物による衝突力・衝突応力式(3-13)が、貯水タンクのゲート開放実験より、池野ら¹³⁾によって提案されている。

$$\frac{F_H}{gM} = 20 C_{MA} \left[\frac{V_H^2}{g} \right]^{1.25} \left[\frac{1}{DL} \right]^{0.625} \quad (3-13)$$

$$\frac{\sigma_H}{gM'} = 20C_{MA} \left[\frac{V_H^2}{g} \right]^{1.25} \left[\frac{1}{DL} \right]^{0.625}$$

$$V_H \cong C_H = \sqrt{\frac{g(a_H + h)(a_H + 2h)}{2(a_H + h - \kappa \cdot a_H)}}$$

F_H : 漂流物の衝突力 (N)

g : 重力加速度 (m/s^2)

M : 漂流物の重量 (t)

C_{MA} : 見かけの質量係数 (= 0.5)

D : 漂流物の代表高さ (m)

L : 漂流物の代表長さ (m)

V_H : 漂流物の衝突前の移動速度 (m/s)、近似的に段波の波速 とする。

C_H : 段波の波速 (m/s)

σ_H : 漂流物の衝突応力 (N)

M' : 漂流物の単位奥行き当たりの質量

κ : 抵抗係数 (例えば 0.12)

(参考) 衝突力に関して、道路橋示方書¹⁴⁾に、流木その他の流送物の衝突を想定した衝突力算定式(3-14)が示されている。

$$P = 0.1 \cdot W \cdot v \quad (3-14)$$

P : 衝突力(kN)

衝突力は、水面位置に作用させる

W : 流送物の重量(kN)

v : 表面流速(m/s)

3.3 津波外力により想定される被災形態

2.3 節に示した構造物の被災シナリオから、津波外力により想定される道路施設の被災形態を網羅的に示すと表 3-10、図 3-13 のようになる。

表 3-10 津波外力により想定される道路施設の被災形態（ロングリスト）

		切土・盛土	橋梁			付帯施設
			橋台	橋脚	橋桁	
津波外力	波力・波圧	円弧すべりの発生	波圧による移動	波圧による破壊	波圧による移動破壊	波圧による機能停止
	掃流力	円弧すべりの発生	局部洗掘による損失	局部洗掘による損失	掃流力による落橋	洗掘による機能停止
	浮力・揚圧力				浮力・揚圧力による浮上・移動	
	漂流物衝突	衝突による法面破壊	衝撃力による破壊、移動	衝撃力による破壊、移動	衝撃力による破壊、移動	衝撃力による破壊、移動
浸水	浸水	溜水				浸水による機能停止
被災度	大	流出による通行止め	流出による通行止め	流出による通行止め	流出による通行止め	
	中	沈下・段差の発生	沈下・段差の発生			
	小	浸水による通行止め堆積物による通行障害			堆積物による通行障害	付帯施設の停止による通行支障

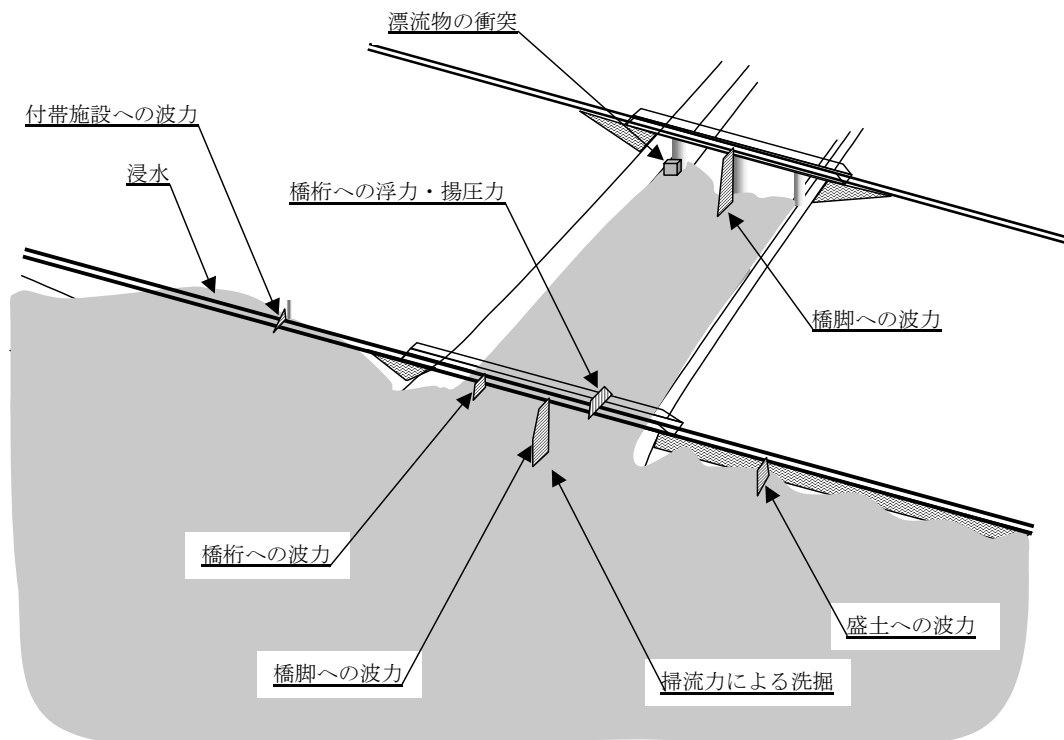
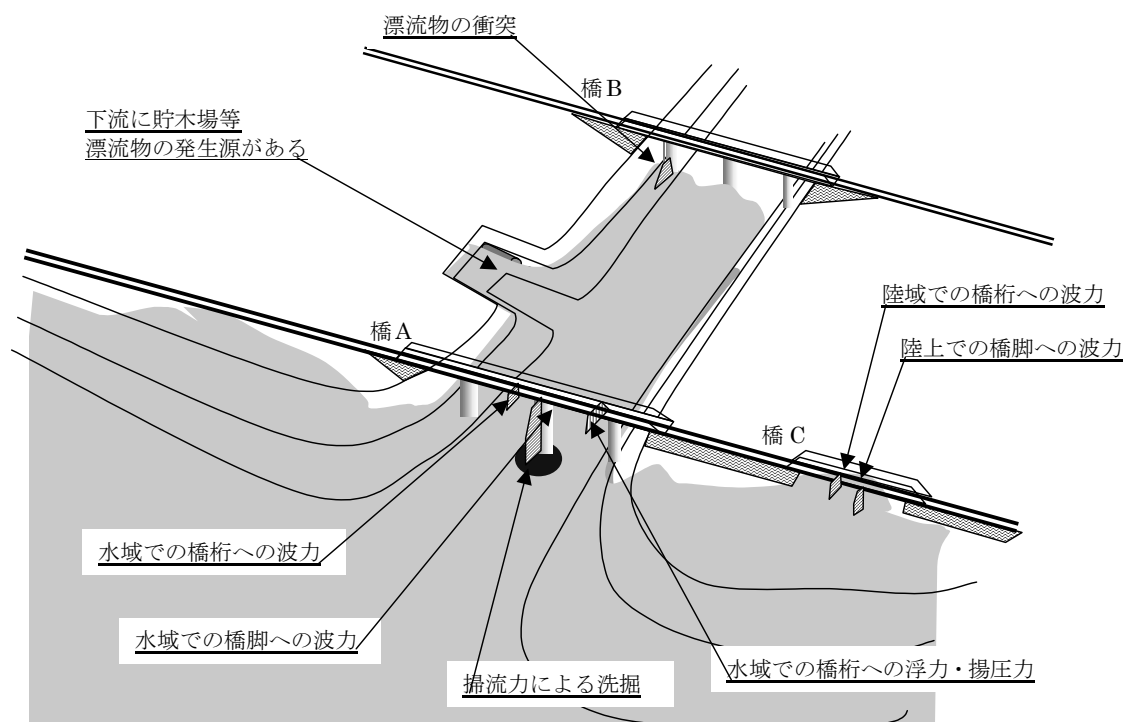


図 3-13 津波外力により想定される道路施設被害

3.4 橋梁の被災度評価フロー

本節ではこれまでの結果を総合し、比較的構造物諸元が把握しやすく、大被害を受けると迅速な復旧が困難となる橋梁を例として、津波による被災度の評価フローを検討する。

前節の図表において、津波による橋梁の被災として、伝播した津波の波力・浮力・揚圧力による破壊もしくは転倒、津波により発生した漂流物の衝突による破壊、津波の流れによる洗掘等を想定した。図 3-14 に橋梁での被災発生箇所と評価項目について示す。



橋 A～C の評価項目

	架設場所	橋脚	津波高さ	上部工		下部工		衝突		洗掘
				波力	浮力・揚圧力	波力	転倒	上部	下部	
橋A	河口付近(水域)	有り	上部工位置以上	○	○	○	○	×	×	○
橋B	河川内(水域)	有り	上部工位置を越ない	×	×	○	○	×	○	×
橋C	浸水地域内(陸上)	有り	上部工位置以上	○	○	○	○	×	×	×

図 3-14 橋梁での津波被害

橋梁の被災度評価では、図 3-14 のような橋梁を想定する。表 3-11 に評価項目と使用する評価式を示す。なお、表 3-11 の評価式は、表 3-8 の既往検討調査に基づいて選択した。また、表 3-12 に各評価式で推定する際に必要な緒元を示す。

また、橋梁の被災度評価は、津波の浸水高さと橋梁の高さの比較、津波流速と河川高水位流速の比較、漂流物の発生源、橋梁の架設位置（水域、陸域）等を考慮して行う、図 3-15 に評価を行う際のフローを示す。

表 3-11 橋梁の被災度評価項目

津波外力	評価項目	評価式	備考
波力	上部工の評価	(水域) 合田式 ¹⁰⁾	津波高さが上部工位置まで達した場合のみ上部工に対する評価を行う。 転倒は、上部工・下部工評価で推定された波力を用いて評価を行う。 水域では、港湾の施設の技術上の基準・同解説に基づき合田式を採用した。 陸域では、津波に対する構造物の構造設計法(素案)に基づき朝倉らの推定式を採用した。
		(陸上) 朝倉ら ¹²⁾	
	下部工の評価	(水域) 合田式 ¹⁰⁾	
		(陸上) 朝倉ら ¹²⁾	
	橋脚転倒に対する評価	上部工・下部工の評価を使用	
浮力・揚圧力	上部工の評価	(浮力) 津波に対する構造物の構造設計法(素案) ¹¹⁾	津波高さが上部工位置まで達した場合のみ上部工に対する評価を行う。 浮力は、津波に対する構造物の構造設計法(素案)に基づき朝倉らの推定式を採用した。 揚圧力は、橋梁と形状の似ている伊藤、竹田らによるデタッチド・ピアモデルでの推定式を採用した。
		(揚圧力) 伊藤、竹田ら ¹⁰⁾	
衝突荷重	上部工の評価	(衝突力) 池野ら ¹³⁾	橋梁下部に漂流物の発生源がある場合に評価を行う。 津波高さが上部工位置まで達した場合のみ上部工に対する評価を行う。 原子力発電所の津波評価技術でレビューされている池野の推定式を採用した
	下部工の評価	池野ら ¹³⁾	
洗掘	洗掘の評価		津波流速が高水位流速を越えた場合に評価を行う。 現状では、評価に適切な津波高(津波流速)と洗掘深さとの関係式が無い場合、洗掘に対する道路防災総点検の評価を用いて評価とした。

表 3-12 橋梁の被災度評価に用いる諸元

項目	備考
津波諸元	津波高さ(浸水深さ)
	津波流速
河川諸元	高水位流速
橋梁諸元	位置
	架橋位置特性
	橋長
	幅員
	橋梁高さ
上部工諸元	桁高
	桁下高
	上部工重量
	設計水平震度
下部工諸元	橋脚重量
	断面寸法
衝突に関して	流域図
	衝突物の代表的な大きさ
洗掘に関して	道路防災点検結果
	洗掘に関する点検結果

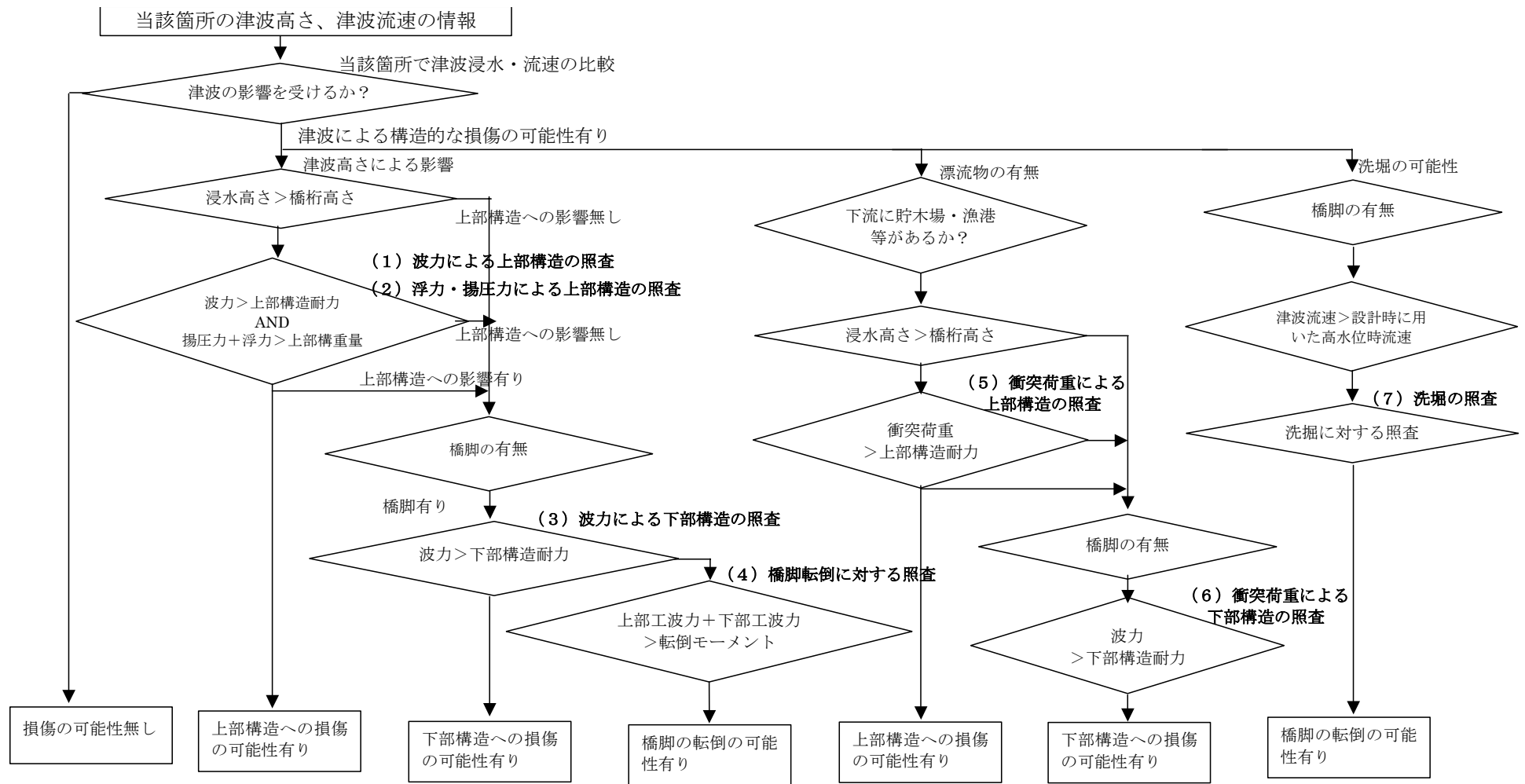


図 3-15 津波による橋梁の被災度判定フロー

(1) 波力による上部工の照査

上部工の位置まで津波が上がってきた場合（＝上部工が津波に浸かった場合）、橋梁の上部構造の耐力 H_u と上部構造にかかる津波波力 Q_u とを比較し、津波波力による上部構造の被災の有無を判定する。 $Q_u > H_u$ の場合に上部構造に損傷の可能性がある。

1) 上部工の耐力

上部工の耐力は、道路橋示方書¹⁴⁾の記述に基づき、式(3-15)から算出する。

$$H_u = W_u \times K_h u \quad (3-15)$$

H_u : 上部工耐力(kN)

W_u : 上部工重量(kN)

$K_h u$: 設計水平震度

2) 上部工への津波波力

上部工への津波波力は、橋梁が水域（河川・海岸）にある場合と、陸上にある場合にわけて算出する。

A. 橋梁位置が水域の場合

海中での上部構造への津波波力は、港湾の施設の技術上の基準・同解説の記述¹⁰⁾に基づき、式(3-16)を波力の作用する範囲で積分し式(3-17)で算出する（図 3-16）。

$$\begin{cases} qx = 1.1\rho_0 g(H)(0 < z < WL) \\ qx = 1.1\rho_0 g(H - \frac{1}{1.5}z)(z > WL) \end{cases} \quad (3-16)$$

qx : 津波の波圧(KN/m^2)

ρ_0 : 海水の密度(t/m^3) $=1.03t/m^3$

g : 重力加速度(m/s^2) $=9.8m/s^2$

H : 津波高（ $\approx$ 浸水高 $\times 2.0$)(m)

z : 波圧を求める位置(m)

WL : 水面の高さ(m)

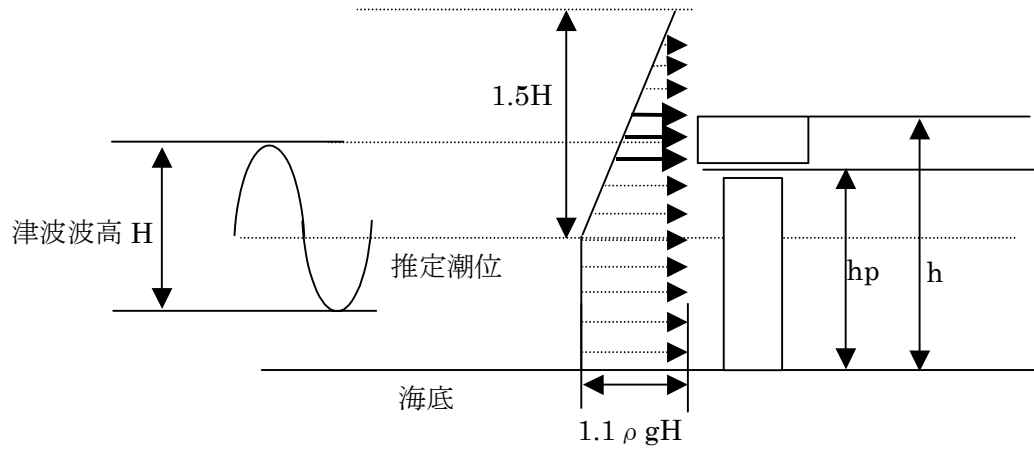


図 3-16 上部工への波力作用範囲

$$\begin{aligned}
 Qu &= 1.1\rho_0 gB \left(\int_{h_p}^h \left(H - \frac{1}{1.5}z \right) dz \right) \\
 &= 1.1\rho_0 gB \left\{ \left(Hh - \frac{1}{3}h^2 \right) - \left(Hh_p - \frac{1}{3}h_p^2 \right) \right\} (h < wl)
 \end{aligned}
 \tag{3-17}$$

Qu : 津波の波力 (KN)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

H : 津波高 ($\approx$ 浸水高 $\times 2.0$) (m)

h_p : 橋脚の高さ (m)

h : 上部工までの高さ (m)

B : 橋桁の波圧を受ける前 部幅 (m)

B. 橋梁位置が陸上の場合

陸上での上部構造への津波波力は、津波に対する構造物の構造設計法（素案）¹¹⁾の記述に基づき、式(3-18)を波力の作用する範囲で積分し式(3-19)で算出する（図3-17）。

$$qx = \rho_0 g (3H - z) \tag{3-18}$$

qx : 津波の波圧 (KN/m^2)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3) $= 1.03 t/m^3$

g : 重力加速度 (m/s^2) $= 9.8 m/s^2$

H : 津波高 ($\approx$ 浸水高 $\times 2.0$) (m)

z : 波圧を求める位置 (m)

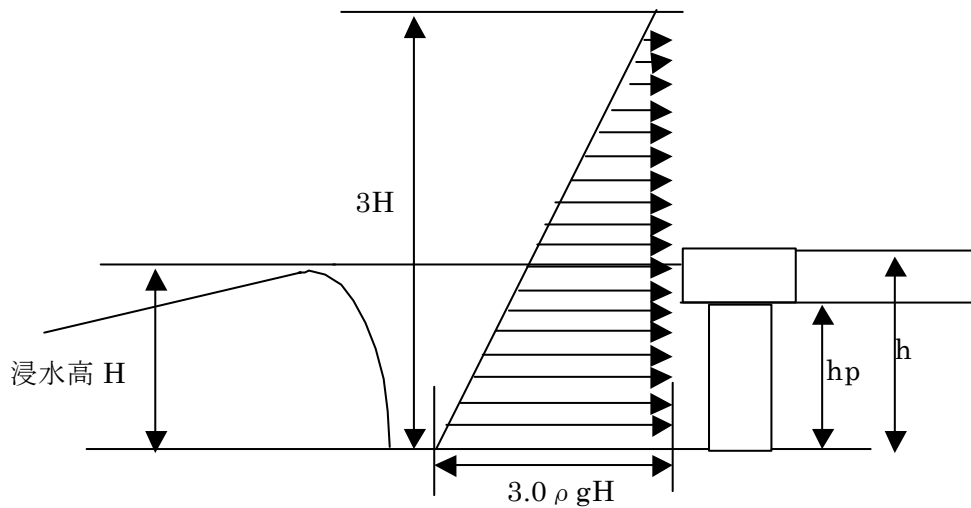


図 3-17 上部工への波力作用範囲

$$Qu = \rho_0 g B \int_{h_p}^h (3H - z) dz = \frac{1}{2} \rho_0 g B \{ (6Hh - h^2) - (6Hh_p - h_p^2) \} \quad (3-19)$$

Qu : 津波の波力 (KN)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

H : 津波高 ($\approx$ 浸水高 $\times 2.0$) (m)

h_p : 橋脚の高さ (m)

h : 上部工までの高さ (m)

B : 橋桁の波圧を受ける前 部幅 (m)

(2) 浮力・揚圧力による上部構造の照査

上部工の位置まで津波が上がってきた場合 (= 上部工が津波に浸かった場合)、橋梁の上部構造重量 W_u と上部構造にかかる浮力 Q_z + 揚圧力 Q_y とを比較し、津波浮力・揚圧力による上部構造の被災の有無を判定する。 $Q_z + Q_y > W_u$ の場合に上部工に損傷の可能性はある。

1) 上部構造重量

上部構造重量 W_u (KN) は、(1) で用いた値を用いる。

2) 浮力・揚圧力

浮力は、津波に対する構造物の構造設計法 (素案)¹¹⁾ の記述に基づき、式 (3-20) を用いる。

$$Qz = \rho_0 g V = \rho_0 g A h \quad (3-20)$$

Qz : 浮力(kN)

ρ_0 : 海水の密度(t/m^3) = $1.03 t/m^3$

g : 重力加速度(m/s^2) = $9.8 m/s^2$

V : 津波に浸かった構造物の体積(m^3)

A : 上部構造の下部面積(m^2)

h : 上部構造の浸水深(m)

揚圧力は、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に基づき、伊藤、竹田らによるデタッチド・ピアの模型実験を基にした進行波による揚圧力の等価荷重を評価する式(3-21)を用いる。

$$p = 2\rho_0 g H \quad (3-21)$$

p : 揚圧力強度のピーク値の平均値(kN/m^2)

ρ_0 : 海水の密度(t/m^3)

g : 重力加速度(m/s^2)

H : 入射波高(m)、 H_{max} を想定

$$Qy = AP = 2A\rho_0 g H$$

Qy : 揚圧力(kN)

A : 上部構造の下部面積(m^2)

(3) 波力による下部構造の照査

下部構造は、水平耐力 P_y と下部構造にかかる津波波力 Q_d とを比較する。 $Q_d > P_y$ の場合に下部構造に被災の可能性がある。

1) 下部構造の水平耐力

水平耐力は、設計図面に基づき算出を行うことが望ましいが、設計図面が無い場合には、「即時震害予測システム (SATURN) の開発」¹⁸⁾の手法に基づき行うことも可能である。

「即時震害予測システム (SATURN) の開発」¹⁸⁾の手法に基づく水平耐力 (= 橋脚の降伏耐力 p_y) の算出手法を以下に示す。この手法で必要となる値は、設計年度、橋脚の断面積、橋脚高、橋脚重量、上部工重量となる。

$$P_y = (W_u + 0.5W_p) * K_{hy} \quad (3-22)$$

P_y :降伏耐力 (KN)

W_u :上部工重量 (KN)

W_p :橋脚重量(KN)

K_{hy} :降伏震度

$$K_{hy} = \beta \times T_y^\gamma \quad (3-23)$$

$$T_y = 2.01 \times ((W_u + 0.3W_p) / K_y)^{1/2}$$

$$K_y = \alpha \times K_0$$

K_{hy} :降伏震度

T_y :等価固有周期(s)

W_u :上部工重量(KN)

W_p :橋脚重量(KN)

K_y :降伏剛性(KN / m)

K_0 :初期剛性(KN / m)

α :初期剛性と降伏剛性の回帰式($K_y = \alpha K_0$)より求めた回帰係数

回帰係数は、橋梁の耐震基準レベルに応じて下表より求める。

β, γ :等価固有周期と降伏震度の回帰式($K_{hy} = \beta T_y^\gamma$)より求めた回帰係数

回帰係数は、橋梁の耐震基準レベルに応じて下表より求める。

表 3-13 回帰係数¹⁸⁾

耐震基準	橋軸方向			橋軸直角方向		
	α	β	γ	α	β	γ
S55年以前	0.39	0.23	-0.463	0.36	0.23	-0.857
S55道路橋示方書	0.39	0.25	-0.328	0.30	0.26	-0.796
H2道路橋示方書	0.39	0.25	-0.277	0.32	0.22	-0.952
復旧仕様	0.39	0.28	-0.240	0.39	0.24	-0.925
復旧仕様(B種)	0.39	0.26	-0.300	0.35	0.26	-0.801
H8道路橋示方書	0.41	0.33	-0.484	0.41	0.32	-0.611

$$K_0 = \frac{3EI}{h^3} \quad (3-24)$$

E :コンクリート弾性係数(KN / m²)

I :橋脚の断面2次モーメント(m⁴)

h :慣性力作用高(m)

$$I = \frac{A \times h p^2}{12} \quad (3-25)$$

I :橋脚の断面2次モーメント(m⁴)

A :橋脚の断面積(m²)

hp :橋脚の高さ(m)

2) 下部構造への津波波力

下部工への津波波力は、上部工の場合と同様、橋梁が水域（河川・海岸）にある場合と陸上にある場合にわけて算出する。

A. 橋梁位置が水中の場合

水中での下部構造への津波波力は、港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁰⁾に基づき、式(3-26)の波圧式（合田式）を波力の作用する範囲で積分し式(3-27)で算出する（図 3-18）。

$$\begin{cases} qx = 1.1\rho_0 g(H) & (0 < z < WL) \\ qx = 1.1\rho_0 g(H - \frac{1}{1.5}z) & (z > WL) \end{cases} \quad (3-26)$$

qx : 津波の波圧 (KN/m^2)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3) $= 1.03t/m^3$

g : 重力加速度 (m/s^2) $= 9.8m/s^2$

H : 津波高（ $\approx$ 浸水高 $\times 2.0$ ）(m)

z : 波圧を求める位置 (m)

WL : 水面の高さ (m)

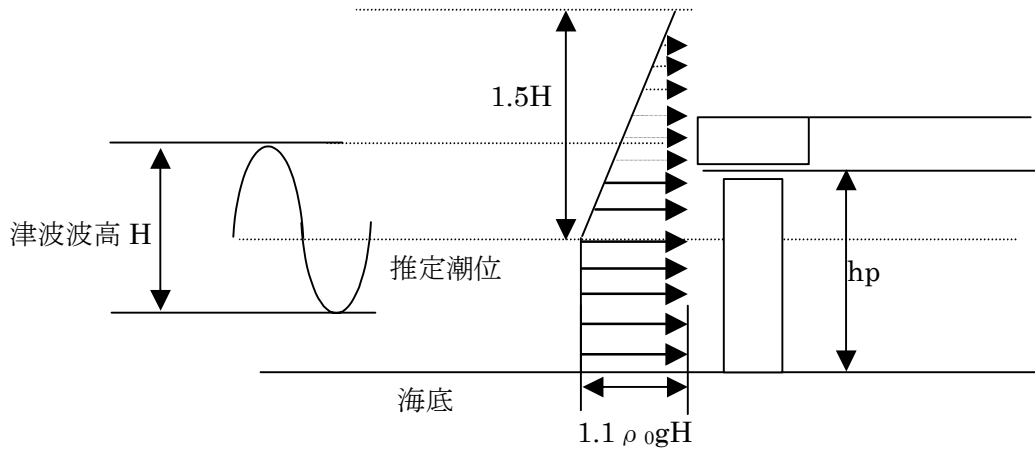


図 3-18 下部構造への波圧分布

$$\begin{aligned} Qd &= 1.1\rho_0 gB \left(\int_0^{WL} H dz + \int_{WL}^{hp} (H - \frac{1}{1.5}z) dz \right) \\ &= 1.1\rho_0 gB \left[(Hwl) + \left\{ (Hhp - \frac{1}{3}hp^2) - (Hwl - \frac{1}{3}wl^2) \right\} \right] \quad (0 < wl < hp) \end{aligned} \quad (3-27)$$

Qd : 津波の波力 (KN)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

H : 津波高 ($\approx$ 浸水高 $\times 2.0$) (m)

h_p : 橋脚の高さ (m)

B : 橋桁の波圧を受ける前 部幅 (m)

B. 橋梁位置が陸上の場合

陸上の上部構造への津波波力は、津波に対する構造物の構造設計法（素案）¹¹⁾に基づき、式（3-28）の波圧式を波力の作用する範囲で積分し式(3-29)で算出する（図3-19）。

$$qx = \rho_0 g (3H - z) \quad (3-28)$$

qx : 津波の波圧 (KN/m^2)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

H : 浸水高 (m)

z : 波圧を求める位置 (m)

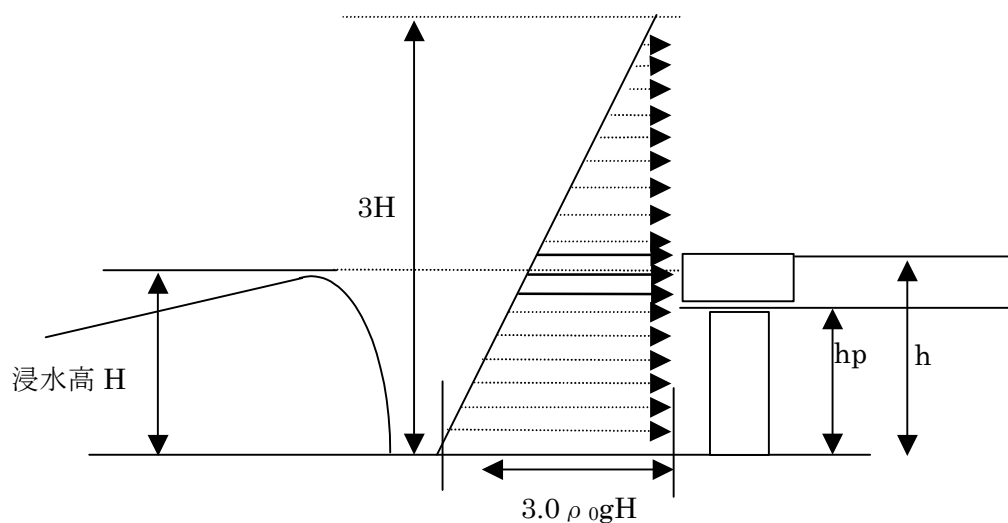


図 3-19 下部構造への波圧分布

$$Qd = \rho_0 g B \int_0^{h_p} (3H - z) dz = \frac{1}{2} \rho_0 g B \{ (6Hh_p - h_p^2) \} \quad (3-29)$$

Q_d : 津波の波力 (KN)

ρ_0 : 海水の密度 (t/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

H : 浸水高 (m)

h_p : 橋脚の高さ (m)

B : 橋桁の波圧を受ける前 部幅 (m)

(4) 橋脚転倒に対する照査

橋脚の基礎が直接基礎の場合、橋脚の転倒の照査を行う。橋脚の転倒可能性の照査では、橋脚の死荷重から算出される抵抗モーメント(式(3-30))と津波外力によって発生する転倒モーメント(式(3-31))とを比較する。直接基礎以外の杭基礎やケーソン基礎は、適用示方書の年次によらず、基礎本体より先に橋脚躯体に損傷が生じ、基礎の損傷により橋脚が転倒する可能性が低いと考えられるため、検討対象を直接基礎のみとした。 $M_T > M_R$ の場合に転倒の可能性がある。

1) 抵抗モーメント

$$M_R = (W_p + W_U) \times \frac{D}{2} \quad (3-30)$$

M_R : 抵抗モーメント(KN・m)

W_p : 橋脚重量(KN)

W_U : 上部工重量(KN)

D : フーチングの橋軸直角 方向の長さ(m)

2) 転倒モーメント

$$M_T = Q_u \times h_u + Q_d \times h_p \quad (3-31)$$

M_T : 転倒モーメント(KN・m)

Q_u : 上部工への波力(KN)

h_u : フーチング底面から上部工の射影面中心までの高さ

Q_d : 下部工への波力(KN)

h_p : フーチングの底面から 橋脚の射影面の中心ま での高さ

(5) 衝突荷重による上部構造の照査

橋梁の下流に貯木場・漁港・港湾等が存在し、漂流物が発生する恐れがあるとともに上部工の位置まで津波が上がって来る場合(=上部工が津波に浸かる場合)、漂流物の衝突に関する照査を行う。

漂流物の衝突に関する照査は、橋梁の上部構造の耐力 H_u と上部構造への衝突力 F_h とを比較し、津波波力による上部構造の被災の有無を判定する。 $F_h > H_u$ の場合に上部

構造に損傷の可能性がある。

1) 上部工の耐力

上部工の耐力 H_u (KN) は、(1) と同じ値を用いる。

2) 上部構造への衝突力

上部構造への衝突力 F_u (KN) は、池野ら¹³⁾による衝突力の記述に基づき式(3-32)を用いる。

$$F_h = gM \cdot 20C_{MA} \left[\frac{V_H^2}{g} \right]^{1.25} \left[\frac{1}{DL} \right]^{0.625} \quad (3-32)$$

$$V_H \cong C_H = \sqrt{\frac{g(a_H + h)(a_H + 2h)}{2(a_H + h - \kappa \cdot a_H)}}$$

F_u : 漂流物の衝突力 (KN)

g : 重力加速度 (m/s^2)

M : 漂流物の重量 (t)

C_{MA} : 見かけの質量係数 (= 0.5)

D : 漂流物の代表高さ (m)

L : 漂流物の代表長さ (m)

V_H : 漂流物の衝突前の移動速度 (m/s)、近似的に段波の波速とする。

C_H : 段波の波速 (m/s)

σ_H : 漂流物の衝突応力 (N)

M' : 漂流物の単位奥行き当たりの質量

κ : 抵抗係数 (図3-20)

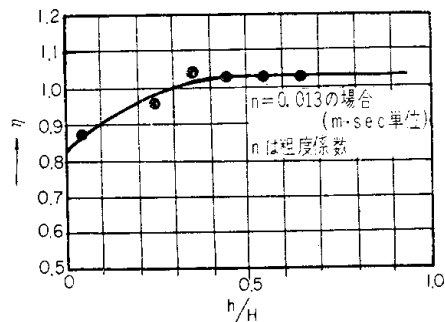


図 3-20 抵抗係数 κ ¹⁹⁾

(6) 衝突荷重による下部構造の照査

橋梁の下流に貯木場・漁港・港湾等が存在し漂流物が発生する恐れがある場合、橋梁の下部構造に対する漂流物の衝突に関する照査を行う。

漂流物の衝突に関する照査は、橋梁の下部構造の水平耐力 P_y と上部構造への衝突力

F_h とを比較し、津波波力による上部構造の被災の有無を判定する。 $P_y > H_d$ の場合に上部構造に損傷の可能性がある。

1) 下部工の水平耐力

下部工の水平耐力は、(3)と同じ値を用いる。

2) 下部構造への衝突力

下部構造への衝突力 F_u (KN) は、(5)と同じ値を用いる。

(7) 洗掘の照査

洗掘は、津波の影響範囲であり、更に津波流速が設計時の高水位流速を上回る範囲での照査を行う。

現状では、津波によって生じる洗掘が橋梁下部構造へおよぼす影響について、既往の調査成果、研究成果が乏しく力学的照査による検討を実施することはできない。

そこで橋脚洗掘に対しては、まず道路防災総点検における“橋梁基礎の洗掘に関する安定度評価”に近年の研究成果を反映し修正された安定度評価シート（図 3-21）に基づき検討を実施する。なお、洪水と津波では、流速、水位高、流向など、流水の状況が異なるため、防災総点検における配点および総合評価におけるランク分けについては津波外力に適応した値に修正する必要があると考えられる。これは今後の調査、実験、研究などによって補正すべきである。

[河床・護岸の安定性]
(橋台[調査橋台:A])

要因	評価区分	配点	評点
河床勾配(急流河川である)	1/100 以上	5	
	1/100 未満	0	
架設年代	昭和 20 年以前	40	
	昭和 21 年～40 年	30	
	昭和 41 年以降	0	
最小径間長	10m 以下	15	
	10m 超 20m 以下	5	
	20m 超	0	
河積阻客率	7%以上	20	
	5%以上 7%未満	5	
	5%未満	0	
橋脚の構造	パイルベント	15	
	隔壁のないラーメン構造	15	
	該当しない	0	
		0	
幅員	5m 未満	0	
	5m 以上	0	
		0	
水深(H.W.時)	3m 未満	20	
	3m 以上	0	
合計		(A)(125～0)	点

[変状]
(橋台[調査橋台:A])

項目	評点区分	配点	評点
護岸の基礎の洗掘・変状	洗掘や変状が大きい	50	洗掘(a) max100
	洗掘や変状が見られる	30	
	変状なし	10	
護岸の変状	大きな変状が認められる	50	
	変状が見られるが小さい	30	
	変状なし	10	
護岸の堤防との取付部の沈下・変状	沈下や空隙などの変状が大	50	
	沈下や空隙などの変状が小	30	
	変状なし	10	
基礎形式	ケーソン基礎	0.8	(b)
	杭基礎	0.8	
	直接基礎	1.0	
	不明	1.0	
合計		(C)=a×b(100～24)	点

(橋脚[調査橋脚:P])

要因	評価区分	配点	評点
橋脚位置	水衝部または深掘れ部	10	
	その他	0	
架設年代	昭和 20 年以前	15	
	昭和 21 年～40 年	0	
	昭和 41 年以降	0	
最小径間長	10m 以下	30	
	10m 超 20m 以下	0	
	20m 超	0	
架台の設置位置	橋台が河川内に突出している	5	
	橋梁位置の川幅が上下流に比べて狭い	5	
	該当しない	0	
		0	
水深(平常時)	1m 未満	10	
	1m 以上	0	
架橋地点の地形	セグメントⅢ	40	
	セグメントⅠ	0	
	セグメントⅡ, 3	20	
合計		(B)(125～0)	点

(橋脚[調査橋脚:P])

項目	評点区分	基礎形式		小計
		浅い基礎・不明	深い基礎	
基礎周辺河床の洗掘	洗掘なし	20	15	
	わずかな洗掘	50	40	
	フーチングまたは頂版上面の露出	90	75	
	フーチング下面露出	100	90	
	合計	(D)=a×b(100～15)	点	

[総合評価]

得点	ランク		
(A)～(D)のうちの最大点	60 点以上	ランクⅠ	対策が必要とされる
点	60 点未満	ランクⅡ	特に新たな対応を必要としない

図 3-21 橋梁基礎の洗掘に関する安定度評価

4. 津波による経済的損失の評価に関する検討

前章では、道路施設の津波に対する被災度評価手法について検討した。津波により道路施設が被災すると、その施設の復旧に伴う直接的な損失だけでなく、道路を利用した緊急活動、避難活動、復旧活動に影響し、様々な間接的損失が発生する。将来発生する津波による損失を最小化するためには、このような間接的に発生する損失まで評価した上で、合理的な対策計画を立案、実施する必要がある。

本章では、津波による道路施設の被災から波及して発生する経済的損失の評価手法を確立する上で参考となる、既往の事例の調査と基礎的な検討の結果を示す。まず、自治体等による既往の被害想定事例を調査し、被害事象を抽出する。これらの被害事象を時間毎、場所毎に整理し、道路上での被害とその影響をとりまとめる。この結果をもとに、津波による経済的損失の評価フローを検討し、評価が可能な被害事象に関する素案を示す。

4.1 被害想定の実例調査

各自治体のホームページから津波被害想定情報が公開されている自治体を調査し、津波被害想定に先進的と考えられる6自治体を選定して事例調査を行った。

選択した自治体の中で、宮城県は宮城県沖地震、静岡県、高知県は東海・東南海・南海地震の際に津波による被害が懸念されている自治体である。

また、これら自治体の資料の他に、平成15年度まで実施されていた中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」の資料を収集し、中央防災会議での被害想定方法についての調査も行った。

さらに、関連する被害想定の実例として、ライフライン(主に電力)被害や災害ゴミについての調査も行った。

事例調査に用いた被害想定資料を表4-1以下に示す。また、自治体・中央防災会議等における被害想定の実例は、項目毎に表にまとめて参考資料に示した。

表 4-1 被害想定資料

想定機関	被害想定資料
<地方自治体>	
宮城県	宮城県地震被害想定調査に関する報告書(H16.3) ²⁰⁾
神奈川県	神奈川県地震被害想定調査報告書(H11.3) ²⁰⁾ 神奈川県地震被害想定調査手法編報告書(H11.3) ²⁰⁾
静岡県	第3次地震被害想定報告書(H13.5) ²¹⁾

愛媛県	愛媛県地震被害想定調査報告書(H14.3) ²³⁾
高知県	高知県津波防災アセスメント調査事業報告書(H12.3) ²⁴⁾ 第2次高知県津波防災アセスメント調査事業報告書(H14.3) ²⁵⁾
宮崎県	宮崎県地震被害想定調査報告書(H9.3) ²⁶⁾
＜中央防災会議＞	
東海	第1～15回(議事次第、記者発表、資料) ²⁷⁾
東南海・南海	第1～18回(議事次第、記者発表、資料) ⁶⁾
富士山ハザードマップ検討委員会	第1～2回(議事次第、記者発表、資料) ²⁸⁾
＜その他＞	
フォーラム・エネルギーを考える	広域停電が消費者に与える影響調査報告書 ²⁹⁾
八都府県市廃棄物問題検討委員会	震災廃棄物の適正処理に関する調査報告書 ³⁰⁾

ここでは以下の3項目について、既存の被害想定を道路網被害の波及的な影響評価や施設利用状況の定量的評価に利用する際の留意点について検討した。

(1) 被害量の推定手法に関して

自治体による被害量の推定式は、以下の特徴をもつ。

- ・被害想定が防災計画の策定にあるために、公的な対策に必要な、避難（避難者数）、建物被害の推定に重点がおかれている。
- ・被害量の推定は、過去の被災事例と地震動・津波高さから建物被害を算出している。
- ・建物被害以外のライフライン等の被害評価は、建物被害を基に算出している。
- ・津波に対する評価としては、浸水評価が行われている。

従って、既往の被害量の推定式を利用するには、以下の点に留意する必要がある。

- ・スケール・地域性の考慮が必要である。
- ・適用する時間帯等への考慮が必要である。（ただし、救助や消防に関しては、時間毎の推定も多くなされており、そのまま利用できる推定手法（例えば、神奈川県被害想定手法で用いられる閉込め箇所数と救出者数の推定手法²²⁾）もある。）

(2) 交通網の被害想定手法に関して

自治体による道路（交通）の被害想定は、以下の特徴をもつ。

- ・道路施設の被害想定は、震度と被害率の関係をを用いて行われている。
- ・津波に対する評価は浸水による通行可否のみである。
- ・道路網に関しては、周辺自治体からの応援を考慮した広域輸送に特化した被害シナリオが多い。

(3) 被災シナリオに関して

自治体による被災シナリオは、以下の特徴をもつ。

- ・自治体職員に関して、被害発生期においては参集を中心として、救助・復旧期においては公助（自治体が運営する避難所）を中心としたシナリオが多い。
- ・住民に関して、被害発生期においては避難、救助・復旧期においては避難所を中心としたシナリオが多い。
- ・津波被害については、到着時間での地域分け・時間分けが行われており、住民の行動として津波避難、被害状況として浸水が示されている。

従って、既往の被災シナリオを道路網の観点から利用するには、以下の点に留意する必要がある。

- ・救助・復旧期において被災地の住民の多くは、自宅にとどまっている。全ての住民が避難所にいるわけではない。
- ・住民同士の互助による救助・生活・安否確認行動、コンビニ・量販店等の物品の配送など被害想定で定量化しにくい交通量もある。

以上でまとめた自治体の被害想定では、①地域的に津波の到着時間に差があること、②津波からの避難が行われること、③浸水被害があることの3つが津波被害の特徴として示されている。

以下に、時間差（地域差）、避難、浸水について、地震動被害と津波被害の違いを示す。

(4) 時間差(地域差)

地震動被害と津波被害の違いに、被災地内での時間差（地域差）があげられる。被災地内では、被害が発生する地震動は、長くても1分程度の差しか生じないが、津波は被災範囲において数分から数時間の時間差をもつ。津波は、地震直後に発生－伝播－沿岸部という経路を辿る。この内、時間差は、伝播経路の地形特性及び波源域からの距離により生じる。中央防災会議や自治体では、津波による時間差を以下の様に扱っている。表 4-2～表 4-12 に抽出した事例を示す。

- ・中央防災会議では、津波到達時間と地理的条件毎にシナリオを分けて示している。
- ・各自治体では、時間区分はシナリオ毎にほぼ共通とし、津波の到着時間による被害の違いは被害拡大期に到着時間を記述している。

従って、津波被害の検討にあたって、地震発生から津波到着までの時間差に留意する必要がある。

1) 中央防災会議(東南海・南海地震同時発生)

中央防災会議(東南海・南海地震等に関する専門調査会)での設定⁶⁾では、津波の到達時刻及び地形・人的環境により5つに分けた地域毎に被災シナリオを想定している。中央防災会議による、各地区の津波到達時間を表4-2に、各地区での時間区分の違いを表4-3～表4-7に示した。

表 4-2 中央防災会議による津波到達時間（東海・東南海地震の事例）⁶⁾

規模	到達時間	想定
5～10mの津波	数分～数十分以内	背後が急傾斜地(紀伊・四国の漁村など)
5～10mの津波	数分～数十分以内	平地で周囲に高台が無い(紀伊・四国の市街地)
2～5mの津波	十分～数十分以内	平地で周囲に高台が無い&遠浅で海水浴場有り(東海地方沿岸部)
2～3mの津波	1時間後	0mを含む高台の無い平地&港湾で船舶が多い(大阪湾)
1～2mの津波	2時間後	漁港&養殖筏が多い

表 4-3 時間区分（紀伊半島・四国の海岸付近で避難困難地区）⁶⁾

体制	初動体制の確立			即時対応期			救急対応期		応急対応期
時間	直後	数分～数十分	1時間後	1～6時間後	6時間後	12時間後	24時間後	3日後	1週間後
津波・地震	震度6強以上の強い揺れ	第1波到着(津波高は5m～10m)	繰り返し津波到着		津波は徐々に沈静化				

※ 発災後数分から十数分で津波到達。津波高は5mから場所により10mを超える。背後に急傾斜地が迫る漁村で避難が困難な環境。高齢化が進行。

表 4-4 時間区分（紀伊半島・四国の海岸付近の市街地）⁶⁾

体制	初動体制の確立			即時対応期			救急対応期		応急対応期
時間	直後	数分～数十分	1時間後	1～6時間後	6時間後	12時間後	24時間後	3日後	1週間後
津波・地震	震度6強以上の揺れ	第1波到着(津波高は5m～10m)	繰り返し津波到着		津波は徐々に沈静化				

※ 発災後数分から十数分で津波到達。津波高は5mから場所により10mを超える。平地で周囲に高台がない。

表 4-5 時間区分（東海地方沿岸部）⁶⁾

体制	初動体制の確立				即時対応期			救急対応期	応急対応期
時間	直後	数分～数十分	1時間後	1～6時間後	6時間後	12時間後	24時間後	3日後	1週間後
津波・地震	震度6強以上の揺れ	十分～数十分後に第一波到達(津波高は2～5m)	繰り返し津波到着		津波は徐々に沈静化				

※ 発災後10分から数十分で津波到達。津波高さ2～5m前後。周囲に高台が少ない広大な平野。遠浅で多数の海水浴場

表 4-6 時間区分（大阪湾地域）⁶⁾

体制	初動体制の確立				即時対応期			救急対応期	応急対応期
時間	直後	数分～数十分	数十分後	1～2時間後	6時間後	12時間後	24時間後	3日後	1週間後
津波・地震	震度5強以上の揺れ			第一波到達(津波高は2～3m)繰り返し津波到着	津波は徐々に沈静化				

※ 津波到達までには1時間程度の余裕。津波高さ2～3m。ゼロメートル地帯を含む高台の無い平地。港湾内には多量の船舶等が停泊・航行中。

表 4-7 時間区分（四国、中国の瀬戸内海沿岸部）⁶⁾

体制	初動体制の確立				即時対応期			救急対応期	応急対応期
時間	直後	数分～数十分	数10分後	1～2時間後	6時間後	12時間後	24時間後	3日後	1週間後
津波・地震	震度5強以上の揺れ			第一波到達(津波高は1～2m)繰り返し津波到着	津波は徐々に沈静化				

※ 津波到達までには2時間程度の余裕。津波高さ1～2m。多数の漁港、養殖筏の存在

2) 静岡県

静岡県では、東海地震の警戒宣言発令時と突然発生時の2ケースを想定している²⁾。県の体制シナリオ、ライフライン等の施設被害シナリオ、避難シナリオ等に分けて時間設定が行なわれている。

表 4-8 静岡県による津波到達時間（東海地震を対象にした事例）²⁾

規模	到達時間	想定
数m～10mの津波	直後～5分	駿河湾内
2、3m～7mの津波	直後～10分	遠州灘
5mの津波	10分～15分	伊豆半島南部
3、4mの津波	30分後	伊豆半島北部

表 4-9 時間区分（駿河湾内、遠州灘、伊豆半島南部、伊豆半島北部）²⁾

体制	災害発生期1		災害発生期2	災害発生期3	災害沈静期・応急復旧期		本格・応急復旧期
ライフライン	災害発生期	災害拡大期				応急復旧期	本格復旧期
避難	災害発生期		災害拡大期		災害沈静期		—
時間	直後	数分後	2,3時間後	12時間後	24時間後	2,3日後	1週間後
津波・地震	震度5強以上の揺れ	直後～5分後：駿河湾内(津波高：数m～10m) 直後～10分後：遠州灘(津波高：2,3m～7m) 10～15分後：伊豆半島南部(津波高：5m程度) 30分後：伊豆半島北部(津波高：3,4m程度)	繰り返し余波(12時間以上は警戒)が続く		最大余震	余震減少	

3) 愛媛県

南海地震に関して、建物等の被害シナリオ、ライフライン等の被害シナリオ、避難シナリオ等に分けた時間設定が行なわれている²³⁾。

表 4-10 愛媛県による津波到達時間（南海地震を対象にした事例）²³⁾

規模	到達時間	想定
2.5m～4mの津波	30分～60分	宇和海沿岸
2.5m～5mの津波	60分～180分	伊予灘

表 4-11 時間区分（宇和沿岸、伊予灘）²³⁾

建物等	災害発生期		災害混乱期	災害沈静期		－
ライフライン	災害発生期	災害拡大期			応急復旧期	本格復旧期
避難	災害発生期			応急対策期		災害沈静期
時間	直後	数分後～	12時間後	24時間後	2,3日後	1週間後
津波・地震	震度5弱～震度6弱の地震発生	30分～60分：宇和海沿岸(津波高2.5m～4m) 60分～180分：伊予灘(津波高2.5m～5m)	繰り返し津波到着	余震発生の可能性有り	余震発生の可能性有り	余震発生の可能性有り

4) 宮城県

宮城県沖地震に関しての活動体制、避難・救援、交通・輸送、ライフライン、救出・救急・医療、住宅関連、経済影響、情報の被害想定シナリオが記述されている。各シナリオの時間区分は、ほぼ同じ設定となっている²⁰⁾。

表 4-12 宮城県による津波到達時間（宮城県沖地震を対象にした事例）²⁰⁾

規模	到達時間	想定
5m以上の津波	10数分	牡鹿町・女川町
5m以上の津波	30分後	三陸海岸沿い
2.m前後の津波	1時間後～	仙台湾

表 4-13 時間区分（牡鹿町・女川町、三陸海岸沿岸、仙台湾）²⁰⁾

建物等	災害発生期					災害混乱期	災害沈静期		—
ライフライン	災害発生期	災害拡大期					応急復旧期		本格復旧期
避難	災害発生期					応急対策期		災害沈静期	
時間	直後	10分後～	1時間後～	3時間後～	12時間後～	1日後～	3日後～	1週間後～	
津波・地震	震度6弱～震度6強の地震発生	10数分：牡鹿町・女川町 30分後：三陸側（津波高は、5m以上）	1時間～：仙台湾（津波高は、2m前後）	最大震度5クラスの余震		余震が頻発	余震発生の可能性有り	余震が次第に減少	

(5) 避難による軽減

地震動被害と津波被害の違いに、津波災害は発生前に避難が可能な場合があることが挙げられる。避難による人的被害の軽減は自明であるが、その必要性は、例えば「東南海・南海地震対策大綱」³⁰⁾では、以下の記述で取り上げられている。

東南海・南海地震は、今世紀前半にも発生するおそれがあり、発生した場合には、非常に広域で甚大な被害が想定される。東海地震による被害と比較しても、特に津波により大きな被害の発生が想定される。このため、海岸堤防や河川堤防等の津波防災施設の耐震点検や補強を行う等、必要な施設整備を今のうちから計画的に着実に進めておく必要がある。

また、津波による被害軽減のためには、的確な避難が重要である。専門調査会による被害想定においても、住民が津波に対する高い意識をもち、迅速に避難を行うこと

で人的被害はかなり軽減されるという結果が出ており、大きな津波の来襲が懸念される地域に対して強力な意識啓発を実施することが極めて重要である。さらに、避難地・避難路の整備等ハード・ソフトが一体となった津波対策を構築しておく必要がある。

また、避難による軽減を行うためには、避難路、避難場所等の整備や、ハザードマップの作成等ハード・ソフトの両面が必要となる。このような防災対策の連携については、例えば津波・高潮ハザードマップマニュアル⁵⁾では、以下の記述がある。

ハード面とソフト面の防災対策の連携とは、「被害の最小化」を図るために、適切な施設整備などハード面の防災対策により防護水準を向上させつつ、防災情報の共有等のソフト面の防災対策により住民の自衛力向上をはかり、被害の軽減を促進させることである。

従って、津波被害の検討にあたって、津波からの避難や避難路について留意する必要がある。

(6) 浸水による被害

津波被害には波力以外にも浸水による被害がある点が地震動被害と異なっている。

自治体では浸水被害として、以下の事項に対して被害想定が行なわれている。

- ・ 床上浸水・床下浸水等の建物の浸水被害
- ・ 港湾施設、道路の冠水被害

河田³⁾は、都市型津波災害の被災シナリオの中で、津波による浸水被害に関して以下のシナリオを挙げている。

- (1) 臨海低平地の地下空間に津波氾濫水が浸入し水没する。そこには地下鉄、地下街があり、多くの人が滞在している。
- (2) 地下の給電施設やビルのコンピュータ・動力施設が水損して、回復に長期間を要する。
- (3) 市街地で多くの自動車が走行不能となり、応急対応期に障害物となる。また、地下駐車場の車も水没する。

従って、津波被害の検討にあたって、以下の点に留意する必要がある。

- ・ 床上浸水・床下浸水等の建物の浸水被害
- ・ 地下埋設物への浸水被害
- ・ 電力を使う施設への被害
- ・ 自動車等の浸水被害

4.2 道路上での被害事象の整理

4.1 節の既存被害想定の調査より、道路網に対する地震・津波被害想定を作成するには、津波被害の特徴である時間差・避難・浸水について検討する必要があることがわかった。

本節では、道路上での被害事象の整理として以下の検討を行う。

- ① 津波被害の生じる時間区分の設定
- ② 時間毎の分類、場所・要因毎の分類、因果関係の図化

4.2.1 時間区分の設定

最初に時間区分について検討する。地域に依存しない被害シナリオを作成する場合、津波の地域毎の伝播計算が行えないため、地震発生から何分という絶対的な時間設定を行うことができない。従って、地震発生時、地震発生から津波到着まで、津波到着時、救助時、応急復旧時という津波到着時間を基本としたおおよその時間区分を用いる。検討に用いた時間区分を表 4-14 に示す。

表 4-14 設定した時間区分

おおよその時間	時間区分	自然現象	算出根拠
発生	地震発生	地震・津波発生	—
～数分	津波から避難	津波来襲中	地震発生から津波到着までの時間 ※「震源からの距離」に応じて時間が決定する。「初期海面変位」と「海底地形」から到達時間算出
～数分	津波被害拡大	津波1波来襲	津波1波到着の時間 ※「震源からの距離」に応じて時間が決定する。「初期海面変位」と「海底地形」から到達時間算出
～数10分		津波n波来襲	津波n波到着の時間 ※「初期海面変位」と「海底地形」から到達時間算出（陸地との反射波が含まれる）
～24時間	救助	—	救助可能な時間 ※人間の生存限界までの時間（被災後、24時間を想定）
～数日	応急復旧	—	生活ができる状態までの時間 ※ライフラインの中で電気復旧までの時間

4.2.2 道路上での被害項目

被害項目は、被害が、いつ、どこで、どのような要因で発生したかを示す。ここでは、道路上での被害項目の検討を、①地震・津波によって想定される被害事象の時間毎の分類、②場所・要因毎に分類、③因果関係を図化、④道路上での被害項目の抽出の順に行う。

(1) 時間毎の分類

時間毎の分類は、A. 被害事象の洗い出し、B. 被害事象の時間区分、C. 被害事象の始点検討の順で行った。時間毎の分類結果について表 4-22 に示す。

A. 被害事象の洗い出し

地震・津波によって想定される被害事象を、以下の例のように列挙する。列挙する項目は、4.1 節の事例調査を参考にする。

例)

- ・地震直後に津波が怖いので避難所へ避難した。
- ・道路通行中に道路上で落下物により被災した。
- ・

B. 被害事象の時間区分

列挙した被害事象が、いつ発生したかを時間的に区分する。時間区分には 4.2.1 で設定した時間区分を用いる。項目毎に時間区分を行い発生時間順に並び替える。例として、被害事象の時間区分を行い、発生時間順に並び替える状況を示す。

例)

- ・地震直後に津波が怖いので避難所へ避難した。→地震発生直後(時間区分)
 - ・道路通行中に道路上で落下物により被災した。→地震発生時
- ↓(並び替え)
- ・道路通行中に道路上で落下物により被災した。→地震発生時
 - ・地震直後に津波が怖いので避難所へ避難した。→地震発生直後

C. 被害事象の始点検討

各被害事象は、それが移動を伴う行動であれば始点と終点の2つの場所で表すことができる。事象毎に、始点→通行の状況→終点の形で示し、時間毎の分類とする。例として、時間毎の分類を行った状況を示す。

例)

時間区分	状況例	始点	→通行状況	→終点
地震発生時	道路通行中に道路上で落下物により被災した。		道路上で被災	→医療施設
地震発生直後	地震直後に津波が怖いので避難所へ避難した。	自宅	→避難中	→一時避難所

(2) 場所・要因毎の分類

場所・要因毎の分類は、A. 被害事象の場所の区分、B. 被害事象の時間区分、C. 事象の推定手法検討、D. 並び替えの順に行った。場所・要因毎の分類結果について表 4-25 に示す。

A. 被害事象の場所の区分

被害事象の場所の区分は、表 4-22 の始点を対象に行う。場所の区分については、表 4-22 の始点・終点より、一般住宅地（地震のみ）、一般住宅地（津波の影響あり）、災害拠点、医療施設、避難所、物資集積所、仮置場、一時避難所、物資供給所（地震のみ）、物資供給所（津波のみ）、物資供給所（避難所機能有り）の 11 分類とする。以下に区分作業の例を示す。

例 1)

(列挙した項目)地震発生:地震動により、建物被害が発生した 区分無し

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(地震のみ)、一般住宅地(津波の影響有り)

例 2)

(列挙した項目)地震直後:津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので避難

住宅地→避難者が移動→一時避難所

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(津波の影響有り)

B. 被害事象の時間区分

被害事象の時間区分は、場所の区分を行った後に、4.2.1 で設定した時間区分毎に行う。以下に例を示す。

例 1)

(列挙した項目)地震発生:地震動により、建物被害が発生した 区分無し

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(地震のみ)、一般住宅地(津波の影響有り)

(時間の区分) 地震発生時

例 2)

(列挙した項目)地震直後:津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので避難

住宅地→避難者が移動→一時避難所

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(津波の影響有り)

(時間の区分) 地震直後・津波来襲中

C. 事象の要因・推定手法検討

場所及び時間を区分した事象について、被害事象の要因と推定手法を検討する。以下に例を示す。

例1)

(列挙した項目)地震発生:地震動により、建物被害が発生した 区分無し

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(地震のみ)、一般住宅地(津波の影響有り)

(時間の区分) 地震発生時

(事象) 地震動により建物被害が発生する。

(要因) 地震動が建物の耐力を超えたために建物被害が発生する。

また、建物の耐力は、建築年代毎に異なる。

(推定手法) 「建物の建築年代」と「地震動」から「建物の被災度」推定

例2)

(列挙した項目)地震直後:津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので避難

住宅地→避難者が移動→一時避難所

↓変換

(場所の区分) 一般住宅地(津波の影響有り)

(時間の区分) 地震直後・津波来襲中

(事象) 津波の危険性を感じて避難を行う。

避難は、一時避難所・避難所への移動となる。

(要因) 住民は地震が来ると津波が来ることを知っている。

但し、実際に避難をするかどうかの意識は、バラバラである。

(推定手法) 「住民数」と「避難意識」から「避難者数」推定

D. 並び替え

場所・時間での並び替え後、推定手法で複数出てくる項目について抜き出しまとめ、各場所で想定される地震・津波被害の状況を場所毎に示す。例として、住宅地でのまとめの例を表 4-15 に示す。

表 4-15 住宅地での事例 (表 4-25 の一部)

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10
状況	災害拡大			
道路周辺での状況 ／住宅地／ ・住宅地は道路の周辺状況として、住居・オフィスを持つ住宅地とする。 ・住宅地には、「建物数」「被災時間帯の住民数」「世帯数」等が割り当てられている。 ・住宅地では、地震発生→住民の避難・帰宅・救助	／住宅地／ ＜建物被害に関して＞ 地震動により建物被害が発生する。 ・「地震動」により「建物被災度」が推定される。 ・「建物被災度」、「建物数」から「建物被害数」の算出。 崖くずれ等により建物被害が発生する ・地震動により崖崩れが発生する。 ・「崖くずれ範囲」「建物数」により「建物被害数」の算出 液状化により建物被害が発生する	／住宅地／ ＜住宅地内での救助活動(自助)＞ 建物内救助に関して住民同士での救助社業が行なわれる。 ・建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・非木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・救出者は、医療施設へ搬送される。 ＜地震による避難＞		／住宅地／ ＜建物内救助に関して住民同士での救助社業が行なわれる。＞ ・木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・非木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・救出者は、医療施設へ搬送される。

(3) 因果関係の図化

各被災事象の因果関係の整理は、(1)～(2)まで区分した被災の状況を時間帯毎に図示した。表 4-16 に因果関係の時間毎の事象と対応する図を示す。

表 4-16 時間区分と因果関係

時間区分	図番号	事象
地震直後	図 4-2	地震直後、道路施設は地震動による被害を受ける。道路上では通過車両が地震動による道路被害に巻き込まれて人的被害が発生する。住宅地・大規模店舗では、地震動による建物被害により要救助箇所・人的被害が発生するほか、各施設も地震動による施設被害が生じる。
津波からの避難時期 (地震後～避難時期)	図 4-3	津波からの避難時期において津波の浸水が予想される地域では、住民が避難を行う。地震動による道路被害は、避難時の障害となり避難の遅れとなる。住宅地・大規模店舗では建物被害が発生に伴う要救助箇所において救助活動が行われる。地震動による道路被害は、救助のための移動時、資機材輸送時に障害となる。また、負傷者を移送する場合は、処置までの遅延時間に応じて人的被害が発生する。
津波直後	図 4-4	津波直後、道路施設は津波により被害を受ける。道路上では避難に遅れた住民や、道路被害により避難が完了しなかった住民に人的被害が発生する。また、津波が来ることを知らない圏外からの通過車両や、津波の来襲を予測していなかった点検者などが津波に巻き込まれる被害が発生する。
救急時期	図 4-5	津波直後、津波が浸水した範囲では地震被害に加えて、建物被害・浸水被害に伴う要救助箇所が発生、救助活動が行われている。この時期に道路には地震・津波による道路被害・道路閉塞があり、救助のための移動時の障害・資機材輸送時の障害、負傷者を移送する場合に遅延時間による人的被害が発生する。また、住民の安否確認・帰宅に関わる行動に迂回・渋滞などの障害が発生する。
復旧時期	図 4-6	住宅地では、地震・津波により破損した住宅の片付け、ライフラインの復旧が行われる。この時期には地震・津波による道路被害・道路閉塞、地震・津波により破損した住宅の片付けにより道路上に災害ゴミが出されることによる道路閉塞があり、片付けやライフライン復旧時の資機材の運搬等に迂回・渋滞などの障害が発生する。

(4) 道路上での被害事象

(3)から道路上で発生する被害事象を抽出する。道路上で発生する事象について、津波の影響のある道路上での状況を表 4-17 のように時間帯毎に並べる。結果については表 4-23 に示す。また、比較として地震被害のみ（津波の影響のない）道路上での状況をについても行い表 4-24 に示した。

表 4-17 道路上での状況例（表 4-23 の一部）

想定時間帯	発生	～数分	～数分
状況	地震発生	津波からの避難	津波1波来襲
道路被害 (地震と津波による道路施設・道路の被害) ・道路施設は、橋梁・架設ライフライン・盛土・埋設物、信号機などを想定する。 ・道路の被害は、地震発生→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土	／地震・津波の影響を受ける／ ＜道路施設の地震動被害＞ 地振動により橋梁に被害が発生する。 ・「地震動」と「設計耐力」との比較による「橋梁被災度」「通過の可否」の推定 地振動により盛土に被害が発生す	／地震・津波の影響を受ける／ ＜津波避難への通行障害＞ 津波に対する避難が(住宅地→一時避難所)行われる。道路施設の被害により通行支障が生じる。 ・「避難可能時間」は「津波の来襲までの時間」 ・「住宅地」と「一時避難所」までの	／地震・津波の影響 (津波対策工が機能しない) 上以外の津波は防げない ＜道路施設の津波被害＞ 河川遡上をする津波により橋梁に被害が発生する。 ・「津波波力」「津波の設計耐力」との比較

4.3 経済的損失の評価フロー

経済的損失の評価フローの作成は、①道路上の被害事象を分類し、損失の大きさ、損失算定の難易度、防災投資効果の観点から評価項目を抽出する②損失算定の難易度、損失の大きさ、防災投資効果の観点から評価項目を整理する③評価項目をもとに地震・津波の被害の特徴を考慮した算出フローを作成する、の順に行った。

4.3.1 評価項目の抽出

フローの作成には、評価項目を特定する必要がある。ここでは、4.2 節で作成し表 4-23 に示した道路上の被害項目を基に、評価項目の抽出を行う。抽出は以下の順に行った。その結果を表 4-26 に示す。

- A. 被害事象を津波の影響のある道路上で生じる被害事象を時間帯毎にまとめる。

表 4-18 被害事象のまとめ例（表 4-21 の一部）

被害事象のまとめ			
被害事象	種別	損失内容	被災
<地震発生時>			
道路施設の地震動による被害	直接	物的損失(道路施設)	地震
・橋梁			
・盛土			
・崖崩れ			
・建物崩壊による道路閉塞			
添架ライフラインの地震動による被害	直接	物的損失(ライフライン)	地震
添架ライフラインの供給停止	間接	空間機能低下	地震
地震動による人的被害(通過車両・人)	直接	人的損失	地震
・津波による被害			

- B. 直接的損失・間接的損失に分類し、更に直接損失は物的損失と人的損失に、間接損失は交通機能低下と空間機能低下に分類する。

表 4-19 被害事象の分類例（表 4-21 の一部）

事象の分類				
象		種別	損失内容	被災要因
発生時＞				
設の地震動による被害		直接	物的損失（道路施設）	地震動
り				
崩壊による道路閉塞				
イフラインの地震動による被害		直接	物的損失（ライフライン）	地震動
イフラインの供給停止		間接	空間機能低下	地震動
による人的被害（通過車両・人）		直接	人的損失	地震動
からの避難＞				
からの避難時間		間接	空間機能低下	津波

- C. 分類後、並べ直し項目毎にまとめる。分類時の評価項目は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針³³⁾及び、「道路施設に対する地震の損失項目」³⁴⁾を参考とし、津波特有の項目については追記する。

表 4-20 被害事象の分類と項目毎のまとめ例（表 4-21 の一部）

評価項目毎に分類					
	種別	損失内容	被災要因		評価項目
	直接	物的損失（道路施設）	地震動		道路施設の物的損失
	直接	物的損失（ライフライン）	地震動		道路施設の物的損失
	間接	空間機能低下	地震動		道路施設への土砂堆積・溜水
）	直接	人的損失	地震動		道路施設へのゴミ
					道路利用者の人的・物的損失
	間接	交通機能低下	津波		添架ライフラインの物的損失
	間接	交通機能低下	津波		
	間接	交通機能低下	津波		
害	直接	物的損失（道路施設）	津波		
	直接	物的損失（ライフライン）	津波		
	間接	空間機能低下	津波		
	間接	人的損失	津波		
	直接	人的損失	津波		

4.3.2 評価項目の整理

4.3.1 で抽出した評価項目について、損失算定の難易度、損失の大きさ、防災投資効果の観点から整理を行う。抽出は以下の順に行った。その結果を表 4-21 に示す。

防災投資効果の考慮の観点は、「道路施設そのもの損失（緊急路の確保）」、「人命に関係がある」、「生活への影響が大きい」、「経済活動への影響が大きい」のいずれかの項目に該当し、更に被害額評価が容易な項目を○、被害額評価が困難な項目を

△とする。また、下記に示す手法（１）～（４）のいずれかを用いることが可能である場合に、定量的評価が可能と判断した。

（１）直接評価のうち施設に関連のある項目

施設被害のある項目についての定量的な評価は、「道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究」³⁴⁾の手法で示す式(4-1)を基に以下の様に行う。

$$\text{施設被害額} = \text{施設被災度に応じた再調達額} \quad (4-1)$$

施設被災度に応じた再調達額：施設被災度を設定しそれに応じた再調達額
施設被災度について津波による施設の被害度判定は、３章での検討結果を用いる。

（２）直接評価のうち人的損失に関連のある項目

人的損失のある項目についての定量的な評価は、「道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究」³⁴⁾の手法で示す式(4-2)をもとに以下のように行う。

$$\begin{aligned} \text{人的被害額} = & \text{施設利用人数} \\ & \times \text{施設損傷状況に応じた被害者率} \times \text{被災状況別金銭的対価} \end{aligned} \quad (4-2)$$

施設利用人数：地震発生時・津波発生時の通過人数とする。

国総研では地震発生時の瞬間を１分とし、交通センサスの通行量から施設通過人数の推定式を作成している。

$$\text{通過人数} = \frac{24\text{時間通行台数}}{24\text{時間} \times 60\text{分}} \times \frac{\text{施設長さ(m)}}{\text{移動速度(m/s)}} \times \text{車種別平均乗車人数}$$

施設損傷状況に応じた被害者率：被災者数／利用者数

車両速度や制動停止距離などから算出した被災者数と

利用者数から、施設被災度に応じた被害者率を作成

被災状況別金銭的対価：人身損失の金銭対価

人身損失の金銭対価は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針³³⁾により、以下のように考える

<人的損失額>

- ・「逸失利益」は、被害者の収入に基づき算定されるため、収入の違いを適切に反映する必要があるが現実的には被害者を特定できないことが多い。そのため事業実施により影響を受ける地域レベルの平均的な収入データの適用が望ましい。算定方法としては、ライプニッツ方式を用いる。ただし、被害者の属性を考慮した逸失利益が、保険・裁判等により算定されている場合は、これを用いてもよい。
- ・「医療費」は、災害・事故等による傷害の程度で大きく異なるが、災害・事故の規模やそれに伴う傷害の程度を事前に予測することは困難なため、過去の類似事故・災害事例等の実績データから平均的な「医療費」を設定する。

- ・「精神的損害」は、過去の類似事故・災害事例等において支払われた「慰謝料」をもとに設定する。
- ・ただし、事故などによる人命の損失は、本来「支払意思額による生命の価値」、により計測すべきである。現在、日本において適用されている人的損失額原単位は、このような考え方に基づいて設定されておらず、諸外国に比べて低い。したがって、今後、諸外国の計測事例などを踏まえ、評価手法の確立、評価値の算定に向けた検討が必要である。

(3) 間接項目のうち時間に制約のある項目

救急等の時間的制約のある事項についての定量的な評価は、「道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究」³⁴⁾で示す式(4-3)を基に以下の様に行う。

迂回距離の通貨時間>制限時間の場合に被害額が発生 (4-3)

被害額＝発生被害数×貨幣換算

この手法の具体例として、「道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究」³⁴⁾で示されている「救護活動車両の通行障害」を示す。

例)「救護活動車両の通行障害」の場合

この手法は、地震により住宅地で被災した住民を医療施設まで、処置可能時間内に移送可能かどうかを判定し、移送できない場合は死亡するという手法である。それぞれの指標は以下の様に設定される。

迂回距離の通過時間：住宅地から医療施設まで、道路施設の通行可否を考慮した最短経路を、災害時の救急車両の速度で除して算出

制限時間：30分

発生被害数：住宅地での地震動による建物被害で発生する負傷者数

貨幣換算：人的損失の金銭単価((2)での人身損失の金銭対価と同じ)

(4) 間接項目のうち迂回に置き換える項目

迂回損失の定量的な評価は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針³³⁾示される「機会費用法」の移動時間の手法の式(4-4)を基に以下の様に行う。

迂回損失＝(最短迂回距離の通貨時間－無被害時の最短距離の通貨時間)
×貨物・車両等の時間単価 (4-4)

最短迂回距離：始点から終点まで道路施設の通行可否を考慮した最短距離

無被害時の最短距離：始点から終点まで道路施設に被害が無い場合

(総て通行可能な場合)の最短距離

貨物・車両等の時間単価：1時間当りの価格で示される貨幣換算の指標

貨物・車両等の時間価値は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針³³⁾より、以下の様に考える。

<貨物・車両等の時間価値>

- ・ 貨物・車両等の時間価値を「機会費用法」により設定する場合、できる限りその貨物特性や車両特性等を反映し、市場において取り引きされている価格データ等を用いる。
- ・ ただし、それらの特性を把握することが困難である場合、また各種データの入手が困難な場合は、全国平均値などを適用する。
- ・ 具体的には、貨物・車両等のうち貨物の時間価値については、貨物の輸送時間が短縮することにより、その短縮相当分だけ早く市場で取り引きされ、その収益を新たな投資に回すことができることによる収益として、当該貨物の価値額に単位時間あたりの金利を乗じることにより求める。
- ・ また、車両等の時間価値については、移動時間の短縮により、自動車保有者が当該車両等を別の余暇機会や営業機会に充当することができるものとし、単位時間あたりレンタル・リース価格などの価格を適用する。

4.3.3 評価フローの作成

表 4-21 の評価項目を基に、実用的な損失評価フローを作成した。損失評価フローは、地震による被災度評価、津波による被災度評価、地震、津波による直接損失、間接損失の構成とし、以下の点に留意して作成した。作成したフローについて、図 4-7 に示す。

- ・ 地震被害と津波被害は、時間差をもって発生するので、地震による被災度評価の後に津波による被災度評価を行う。
- ・ 津波被害と地震被害の違いとして、浸水による土砂堆積・溜水等があげられる。損失評価フローでは、津波による直接被害として推定を行う。
- ・ 津波からの避難は、地震発生～津波来襲の時間内で行われる。評価フローでは、地震動による道路施設被害を反映した道路ネットワークで、津波からの避難による間接被害の推定を行う。
- ・ 地震発生～津波来襲の時間が長い場合、住宅地では自助・互助による救助が行われ、医療施設への負傷者の搬送が行われる。評価フローでは、地震発生～津波来襲の時間が長い場合に地震動による道路施設被害を反映した道路ネットワークで、救助車両の通行障害による間接被害の推定を行う。
- ・ 迂回損失等の間接被害の多くは、津波来襲後に発生する。評価フローでは、地震動と津波による道路施設被害を反映した道路ネットワークで、各間接被害の推定を行う。
- ・ 地震動被害＋津波被害の場合、地震被害単独と比較して、建物への浸水により避難所へ避難する住民が多いと考えられる。評価フローでは、地震動と津波による道路施設被害を反映した道路ネットワークで避難所維持のための物資輸送車両の通行障害による間接被害の推定を行う。

表 4-21 損失評価項目の整理

項目			損失算定の 難易度	損 失 の 大きさ	防災投資効 果の考慮	備 考		
直接被害	地震	道路施設の物的損失	普通	中	○	地震動による道路施設の被害を対象とする。 道路施設の被害内容、復旧工事の施工手法の想定により定量的評価が可能。道路施設そのものの損失であることから評価対象とする。		
		道路利用者の人的・物的損失	普通	大	○	地震発生時に通過中の車両・人を対象とする。 地震動による道路施設の被害に応じた被害数を予測することで定量的評価が可能。人命に関係があることから評価対象とする。		
		添架ライフラインの物的損失	普通	小	△	地震動による道路施設の被害に応じたライフラインの被害を予測することで定量的評価が可能であり生活への影響が大きいことから、被災状況（影響範囲）の設定が可能であれば評価対象とする。		
		跨線橋下部の鉄道等他施設の損失	普通	大	△	地震動による道路施設の被害を予測することで定量的評価が可能であり、道路施設に起因する損失であるため、被災状況・被災額の設定が可能であれば評価対象とする。		
		道路施設の物的損失	普通	中	○	津波による道路施設の被害を対象とする。 道路施設の被害内容、復旧工事の施工手法の想定により定量的評価が可能。道路施設そのものの損失であることから評価対象とする。		
	津波	道路施設への土砂堆積・溜水	普通	中	△	津波による土砂堆積・溜水など、道路施設には被害が生じないが、道路として使用ができない場合を想定。道路上の土砂堆積・溜水を除去する工事の想定により定量的評価が可能。道路施設上での損失であることから評価対象とする。		
		道路利用者の人的・物的損失 (状況に応じて困難になる)	普通	大	○	津波の来襲中に通過中の車両・人を対象とする（津波に対する運転者の避難意識の差異で津波来襲時の交通量が大きく変わることが予想される）。道路を利用して津波から避難を行う車両・人は含まない。津波による道路施設の被害に応じた被害人数を予測することで定量的評価が可能。人命に関係があることから評価対象とする。		
		添架ライフラインの物的損失	普通	小	△	津波による道路施設の被害に応じたライフラインの被害を予測することで評価が可能であり生活への影響が大きいことから、被災状況（影響範囲）の設定が可能であれば評価対象とする。		
		跨線橋下部の鉄道等他施設の損失	普通	大	△	津波による道路施設の被害を予測することで評価が可能であり道路施設に起因する損失であることから、被災状況・被災額の設定が可能であれば評価対象とする。		
		道路施設へのゴミ	困難	小	△	津波による浸水被害を受けた地域では、復旧時に水を含んだゴミが大量に発生し道路の閉塞が予想される。瓦礫量の金銭価値に関しては、仮置場への輸送コストで算出が可能であるが、住宅地より排出される瓦礫量の推定が難しい。項目としては、生活への影響が大きいことから定性的評価を行う。		
間接被害	交通機能低下	津波	災害時交通	津波からの避難	普通	大	○	津波来襲までに一時避難所に到達できないことにより、津波に巻き込まれ死亡する人身損失として定量的な評価が可能。人命に関係があることから評価対象とする。
				救助車両の通行障害 (津波来襲までに余裕のある地域を対象とする)	普通	大	○	津波来襲までに時間的な余裕がある場合には、地震動による閉じ込め者に対して住民による救助活動が行われる。救助後、処置可能時間内に病院に到達できない場合救命処置が受けられずに死亡するとした定量的な評価が可能。人命に関係があることから評価対象とする。
				交通事故増加	困難	小	×	津波来襲までの避難時に道路施設の被災を起因とする交通事故の発生が予想される。費用便益マニュアルでは交通事故現象便益として考慮されているが、災害時の交通事故の評価が難しいため項目から除いた
		通常交通	迂回損失	普通	大	○	利用者の走行時間・走行経費の増加に伴う損失であり、通常の道路投資の利用者便益でも計算されている。最短迂回路通行時の最短路通行時に対する増加経費を予測することで定量的評価が可能。経済活動への影響が大きいことから評価対象とする。	
			交通の取りやめ	困難	大	×	道路利用者が災害後に道路利用を停止することにより発生する損失であり、需要交通量に対し、待機する時間の原単位を考慮した待機損失として評価可能であるが、災害時の道路利用者の交通需要の変化を推定することが難しいため項目から除いた。	
			公共サービスの低下	困難	小	×	災害直後の通常の公共サービスの低下は、ある程度受容されると考えられる為に評価しない項目とした。	
			交通事故増加	困難	小	×	夜間に段差に衝突する等の道路施設の被災を起因とする交通事故の発生が予想される。費用便益マニュアルでは交通事故現象便益として考慮されているが、災害時の交通事故の評価が難しいため項目から除いた	
			生活維持物資の確保への障害	困難	小	△	被災地域内の自宅等の避難所以外で生活する住民は、生活維持の為に物資を、開いている物資供給所（コンビニ・大型店舗）で購入することが予想されるが、定量的な評価は難しい。項目としては、生活への影響が大きいため定性的評価を行う。	
			災害時交通	救助車両の通行障害	普通	大	○	津波来襲後の生存限界までを対象とする。処置可能時間内に病院に到達できないことにより、救命処置が受けられずに死亡する人身損失として定量的な評価が可能。人命に関係があることから評価対象とする。
				復旧工事車両の通行障害	困難	大	×	地震・津波による施設被災に対する復旧工事とする。平常時の工事と比較して時間価値・走行経費が増加すると考えられる。復旧工事の遅延は、最短迂回路通行時の最短路通行時に対する増加経費を予測することで、定量的評価が可能であるが、復旧工事の対象により一貫性のある評価が難しい。
	物資輸送車両（避難所維持の為）の通行障害	普通		小	△ (津波影響範囲のみ)	津波による被災地では、浸水により自宅が居住不能となり避難所生活者が発生する。避難所生活者数は地震災害時より多いこと、また一箇所の避難所規模が大きいことが予想される。避難所の維持は、生活への影響が大きいことから評価の対象とし、最短迂回路通行時の最短路通行時に対する増加経費を予測することで定量的評価が可能。生活への影響が大きいことから評価対象とする。		
	避難支障	困難		小	×	2次災害防止に伴う避難命令による避難を対象とする。通常は、時間をかければ避難は可能であること、津波避難と違い時間的制約が小さいことから項目から除いた。		
	安否・状況確認への障害	困難	不明	×	地域的生活者にとって、地震直後の安否確認、状況確認ができないことが精神的な損失となる他、地震直後の安否確認が救助につながる場合もある。また、災害時には、自動車利用を控えるべきとの意見も多いため項目から除いた。			
	空間機能低下	添架ライフラインの供給停止	普通	大	△	ライフライン事業者の損失は、供給量の減少に販売単価を乗じることで定量評価が可能である。ライフライン利用者の損失は、アンケートによる支払い意思額や代替品の購入額での定量評価が可能である。生活への影響が大きいことからライフラインの影響範囲の評価が可能であれば評価対象とする。		
		跨線橋下部の鉄道機能停止	普通	大	△	跨線橋の落橋により跨線橋下部の鉄道が停止することによる鉄道事業者の損失は、減少路線に単価を乗じることで定量評価が可能である。鉄道利用者の損失は、代替交通機関への支払い額での定量評価が可能である。生活への影響が大きいことから鉄道利用に関わる評価が可能であれば評価対象とする。		

表 4-22(1) 地震発生時、津波からの避難時の被災状況

場所 時間↓	想定される被災事象	始点	方向	状況	方向	終点
地震発生	津波の発生を伴う大きな地震が発生した					
	地震により、住居に被害が発生した。	建物被害発生 建物施設内での人的被害が発生 建物内の人的被害発生				
	避難所となる各施設が被災した。	避難所の施設被災				
	災害時の拠点となる市役所等が被災した	災害拠点の施設被災 施設内での人的被害が発生				
	医療施設が被災した。	医療施設の施設被災 施設内の患者の悪化(転送対象) 施設内での人的被害が発生				
	大型店舗(物資供給所)が被災した。	物資供給所の施設被災 施設内での閉じ込めが発生 施設内での人的被害が発生				
	建物の被害と同時にライフラインに被害が発生した。	ライフライン被害発生				
	地震により橋に被害が発生した。	道路に被害		架設しているライフラインに被害 橋梁の被災による通行障害が発生		
	地震により跨道橋・跨線橋に被害が発生した。	道路に被害		架設しているライフラインに被害 下部を通過している鉄道等に被害		
	盛土に被害が発生した。	道路に被害		盛土の被災による通行障害が発生		
	崖崩れによる被害が発生した	道路の閉塞		崖崩れによる道路閉塞		
	付帯施設(信号)に被害が発生した	道路に被害		信号停止による通行障害が発生 信号停止による交通事故が発生		
津波からの 避難 (地震直後・ 津波来襲 中)	道路通行者が、道路上で軽傷、自力で避難場所へ移動した。(避難)			道路上で負傷をする。 負傷者が移動	→	避難所
	道路通行者が、道路上で身動きが取れなくなる(崖崩れに巻き込まれたなど)、消防署から来たレスキューに助けられ、病院に搬送された。(救助)	災害拠点	→	道路上で要救出者発生(地震) 救助者が移動し救助 救出者(負傷者)を移送	→	医療施設
	道路通行中に、信号停止(停電による信号停止)により交通事故が発生する	災害拠点	→	道路上で要救出者発生(地震) 救助者が移動し救助 救出者(負傷者)を移送	→	医療施設
	道路通行者が、道路上で被災した(落下物など)。			人的被害発生(地震)		
	道路通行者が、道路上で地震にあったがそのまま移動を続けた。(帰宅)			移動(徒歩、車両)	→	道路網外部へ
	道路通行者が、道路上で地震にあったので不安で家に帰った。(帰宅)			移動(徒歩、車両)	→	住宅地
	津波の影響のない高台に住んでいるが、余震が怖いので避難所へ避難した。(避難)	住宅地・避難者発生(地震)	→	避難者が移動(徒歩、車両)	→	避難所
	津波の影響のない高台に住んでいる。家が崩れて閉じこめられたが、付近の人に助けられて、病院に運ばれた。(救助)	住宅地・要救出者発生(地震) 救助(互助)	→	負傷者を移送	←	病院
	津波の影響のない高台に住んでいる。家が崩れて閉じこめられたが、災害拠点(消防署)から来たレスキューに助けられ、医療施設に移送された。(救助)	住宅地・要救出者発生(地震) 救助(公助)	← →	救助者(レスキュー)が移動 救出者(負傷者)を移送	← →	災害拠点 病院

表 4-22(2) 津波からの避難時の被災状況

場所 時間↓	想定される被災事象	始点	方向	状況	方向	終点
津波からの避難 (地震直後・津波来襲中)	自宅で救助されて医療施設へ移送中に、道路が被災して通れずに、移送途中で亡くなった。	住宅地	→	道路上で移送中に死亡		
	津波の影響のない高台に住んでいる。家が崩れて閉じこめられた	住宅地・人的被害発生(地震)				
	建物被害があるが避難しなかった。	住宅地・自宅周辺に留まる人発生				
	勤務先で地震にあい、自宅に帰宅した。(帰宅)	住宅地・勤務先	→	移動(徒歩、車両)	→	住宅地・自宅
	自宅が心配なので、外部から帰宅した。(帰宅)	道路網外部	→	移動(徒歩、車両)	→	住宅地・自宅
	大型店舗(物資供給所)で、地震により閉込められたが、災害拠点(消防署)から来たレスキューに助けられ、医療施設に搬送された。(救助)	物資集積所・要救出者発生 物資集積所で救助	← →	救助者が移動 負傷者を移送	← →	災害拠点 医療施設
	大型店舗(物資供給所)で、地震により閉込められ、被災した。	物資集積所・人的被害発生				
	大型店舗(物資供給所)で、地震にあい、余震に備えた避難誘導により避難所へ移動した。(避難)	物資集積所で避難者発生	→	避難(徒歩、車両)	→	避難所
	大型店舗(物資供給所)で、地震にあい、余震に備えた避難誘導により帰宅した。(帰宅)	物資集積所で避難者発生	→	移動(徒歩、車両)	→	住宅地・自宅
	津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので避難所へ避難した。(避難)	避難者発生(地震直後)	→	避難者が移動	→	標高の高い所(一時避難所)
	津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので道路上の高い所へ避難した。(避難)	避難者発生(地震直後)	→	避難者が移動(高い所)		
	津波が来る所に居る。津波警報が出たので避難所へ避難した。(避難)	避難者発生(警報直後)	→	避難者が移動	→	標高の高い所(一時避難所)
	津波が来る所に居る。地震直後に津波が怖いので道路上の高い所へ避難した。(避難)	避難者発生(地震直後)	→	避難者が移動(高い所)		
	津波が来る所に居る。大丈夫だと思って避難しなかった。(避難)	避難しない				
	津波の影響のある所に居る。家が崩れて閉じこめられたが、付近の人に助けられて、病院に運ばれた。(救助・互助)	要救出者発生(地震直後) 救助(互助)	→	負傷者を移送	→	医療施設
	津波の影響のある所に居る。家が崩れて閉じこめられたが、付近の人に助けられて、一時避難所へ移動した。(救助・互助)	要救出者発生(地震直後) 救助(互助)	→	負傷者を移送	→	標高の高い所(一時避難所)
	道路を移動中、津波が来る事が判らず、移動を続けた。			移動	→	道路網外
	道路を移動中、津波が来る事が判ったので、高い所で止まった。(避難)			高い所で停止		
	大型店舗(津波の影響がある)で地震を受けたが、大型店舗が津波避難ビルになっており、周辺の人、中の人と一緒に上の階に逃げた(避難)	物資集積所(大型店舗)で避難者発生、 店舗上部の一時避難所へ				
	大型店舗(津波の影響がある)で地震を受けた、誘導に従って、一時避難所への避難を行なった。(避難)	物資集積所(大型店舗)で避難者発生	→	避難者が移動	→	標高の高い所(一時避難所)
	大型店舗(津波の影響がある)で地震を受けた、不安なので帰宅した。(帰宅)	物資集積所・大型店舗	→	移動	→	住宅地・自宅

表 4-22(3) 津波来襲時、津波直後～津波 n 波到着時の交通状況

場所 時間↓	想定される状況例	始点	方向	状況	方向	終点
津波被害拡大 (津波来襲)	被害を及ぼすような大きな津波が来襲した。					
	建物が津波により流された。流された建物で道路が埋まった。	建物被害発生	→	道路上の瓦礫 道路の瓦礫による閉塞		
	津波により床上・床下浸水をした	建物被害発生				
	建物内に津波による土砂が入った	建物被害発生				
	下水に津波が入り、逆流した。	ライフライン被害発生				
	水道管に津波による泥が入った。	ライフライン被害発生				
	津波により電柱が折れた。停電の発生と電話が普通になった。	ライフライン被害発生				
	水門が津波の波力で壊れた。	津波対策工の被災(効果がなくなる)				
	防波堤より津波が高かった	津波対策工の効果が無い				
	橋脚が津波の波圧により壊れた。	道路被害		架設しているライフラインに被害 橋梁の被災による通行障害が発生		
	橋脚が漂流物で壊れた。漂流物が岸に乗り上げた	道路被害		架設しているライフラインに被害 橋梁の被災による通行障害が発生 漂流物による道路閉塞		
	橋桁が津波により流された	道路被害		架設しているライフラインに被害 橋梁の被災による通行障害が発生		
	跨道橋や跨線橋が津波の波圧により壊れた。	道路被害		橋梁下部で、施設・人的被害が発生		
	盛土が津波により壊れた	道路被害		盛土の被災による通行障害が発生		
	道路上を津波により運ばれた瓦礫が埋めた。	道路被害		道路の瓦礫による閉塞		
	道路上に水が溜まった	道路被害		道路の溜水による閉塞		
	道路上に土砂が積もった	道路被害		道路の土砂堆積による閉塞		
	地震により崩れた盛土が津波により広がった	道路被害		盛土の被災による通行障害が発生		
	通信施設が津波による海水で短絡事故を起こし、信号がとまった	付帯施設の被害		信号故障による通行障害		
津波被害拡大 (津波直後 津波 n 波到着)	道路を移動中に津波により橋脚が破損し、橋梁上に取り残された。			道路上被害・要救出者発生(津波)		
	道路を移動中に津波により道路上で流されて被災した。			道路上被害・人的被害発生(津波)		
	住宅地から避難が遅れて、避難中に津波により道路上で流された	住宅地	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
	住宅地から避難中に、地震により道路が通れずに、避難中に津波により道路上で流された	住宅地	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
	道路を移動中に津波により橋梁が流されて巻き込まれた			道路上被害・人的被害発生(津波)		
	道路を移動中に津波により盛土が被災し、崩れた盛土に巻き込まれた。			道路上被害・人的被害発生(津波)		
	道路を点検・応急復旧に向う道路上で流されて被災した。	災害拠点	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
	津波により道路が浸水していて、車が水没した。			道路上被害・要救出者発生(津波)		
	津波により道路が浸水していたが、そのまま走向を続けた			移動	→	道路網外
	地震により建物被害を受けた家で閉込められた、そのまま津波により被災した	住宅地・建物被害による人的被害発生 (地震・津波)				
	津波により、建物ごと流され、建物内で閉込められた	住宅地・建物被害による要救出者発生 (津波)				

表 4-22(4) 救出優先時の交通状況

場所 時間 ↓	想定される状況例	始点	方向	交通状況	方向	終点
津波被害拡大 (津波来襲 津波n波到着)	津波により、建物が、床下浸水を受けた。	住宅地・建物被害による避難者発生(津波直後)	→	避難者が移動	→	標高の高い所(一時避難所)
	大型店舗内で地震により閉込められた、そのまま津波により被災した	大型店舗(物資供給所)で人的被害発生(地震・津波)				
	大型店舗内で、津波により閉込められた。	大型店舗(物資供給所)で避難者発生(地震・津波)				
	大型店舗から避難中に、避難が遅れた為に津波により道路上で流された。	大型店舗(物資供給所)	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
	大型店舗から避難中に、地震により道路が通れずに、津波により道路上で流された。	物資供給所・大型店舗	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
	大型店舗で救出され、医療施設に移送中に、地震により道路が通れずに、津波により道路上で流された。	物資供給所・大型店舗	→	道路上被害・人的被害発生(津波)		
救出優先 (～24時間)	被災地外から、医療施設へ、緊急医療の応援がきた(救助)	道路網外(県外)	→	移動(救急車、車両、人)	→	医療施設
	医療施設での継続治療の難しい重傷者が、被災地内の病院から被災地外へ搬送された。(救助)	医療施設	→	重傷者が救急車で移動	→	道路網外(県外の病院)
	地震・津波により、建物の中に閉込められていた。避難所から戻った、付近の住民が救出し、病院に搬送された。(救助・互助)	住宅地・建物被害による要救助者(地震・津波)	← →	住民が移動 救出者(負傷者)を移送	← →	一時避難所 医療施設
	地震・津波により、建物の中に閉込められていた。災害拠点(消防車)から来た、救助隊に助けられ、医療施設に搬送された。(救助・公助)	住宅地・建物被害による要救助者(地震・津波)	← →	救助者(レスキュー)が移動 救出者(負傷者)を移送	← →	災害拠点より救助隊が 移動 医療施設
	医療施設への移送中に、地震・津波により道路が通れずに、移送途中で死亡した。	住宅地	→	道路上で人的被害発生		
	地震・津波により、大型店舗の中に閉込められていた。災害拠点(消防車)から来た、救助隊に助けられ、医療施設に搬送された。(救助・公助)	物資供給所・大型店舗内で要救助者(地震・津波)	← →	救助者(レスキュー)が移動 救出者(負傷者)を移送	← →	災害拠点より救助隊が 移動 医療施設
	医療施設への移送中に、地震・津波により道路が通れずに、移送途中で死亡した。	物資供給所・大型店舗	→	道路上で人的被害発生		
	津波の避難中に、道路上で流された。災害拠点(消防車)から来た、救助隊に助けられ、医療施設に搬送された。(救助・公助)	災害拠点より救助隊が出動	→	道路上被災・津波による救助者 救助者(レスキュー)が移動 救出者(負傷者)を移送	→	医療施設
	地震・津波により道路施設(橋梁等)上に取り残されていた。災害拠点(消防車)から来た、救助隊に助けられ、避難所に移送された。(救助・公助)	災害拠点より救助隊が出動	→	道路上被災・施設上に閉じ込め 救助者(レスキュー)が移動 救出者(負傷者)を移送	→	避難所

表 4-22(5) 復旧時の交通状況

場所 時間↓	想定される状況例	始点	方向	交通状況	方向	終点
救出優先 (～24時間)	津波の来襲に備えて標高の高い所に逃げていたが、津波が収まったので避難所へ移動した。(避難)	一時避難所	→	避難	→	避難所
	津波の来襲に備えて標高の高い所に逃げていたが、津波が収まったので自宅へ戻った(避難・自宅に留まる)	一時避難所	→	帰宅	→	住宅地・帰宅
	被災地外のライフライン業者への応援が来た。(復旧)	道路網外(県外)	→	点検・工事車両が移動	→	災害拠点
	被災地外から大型店舗(物資供給所)復旧に応援が来た。(生活)	道路網外(県外)	→	移動(車両・人)	→	物資供給所・大型店舗
	被災地外から大型店舗に物資が輸送されてきた。(生活)	道路網外(県外)	→	物資輸送(車両)	→	物資供給所・大型店舗
	被害地域の外から、自宅に帰ってきた。(避難・自宅に留まる)	自宅	←	移動	←	ノード外・ネットワーク外
	被害地域の外から、自宅に帰ってきたが、自宅が被災していたので避難所へ移動した。(避難)	自宅	← →	移動避難	← →	ノード外・ネットワーク外 避難所
	近親の安否確認を行なう為に数力所を移動する。	自宅	→	移動	→	避難所、医療施設、災害拠点
	自治体により物資集積所が開設された。(生活)	災害拠点	→	避難所開設の為に式材を輸送	→	物資集積所
	避難所に必要物資(食料・水)が運ばれた。(生活)	物資集積所	→	避難所宛の食料を輸送	→	避難所
	被災地の外から、援助物資が運ばれてきた。(生活)	道路網外	→	物資輸送(車両)	→	物資集積所
	道路被災箇所の内、瓦礫により埋まっていた道路の開削が行なわれた。(復旧)	災害拠点	→	工事車両の移動道路開削による瓦礫の撤去瓦礫の搬送	→	ゴミの仮置場
	被災地内業者によるライフライン(電気・ガス・水道)の点検・復旧が始まった。(復旧)	災害拠点	→	点検・工事車両が移動	→	住宅地・ライフラインの点検復旧
応急復旧 (～数日)	復旧工事に対して、県外からの応援業が来た。(復旧)	道路網外	→	道路復旧移動(工事車両)	→	災害拠点
	道路被災箇所の復旧工事が業者により始まった。(復旧)	災害拠点	→	工事車両の移動 道路被災箇所の復旧		
	ライフラインの復旧が遅れている事により避難所に避難した。(避難)	住宅地・自宅	→	車両等による移動	→	避難所
	家屋診断により大破と診断され、避難勧告により避難所に避難した。(避難)	住宅地・自宅	→	車両等による移動	→	避難所
	ライフラインの復旧が遅れている事により県外の親戚の家に避難した。(避難)	住宅地・自宅	→	車両等による移動	→	道路網外
	ライフラインの復旧が遅れている事により避難所から県外の親戚の家に避難した。(避難)	避難所	→	車両等による移動	→	道路網外
	ライフラインの復旧により、避難所から自宅に戻った(生活・自)	避難所	→	車両等による移動	→	住宅地・自宅
	ライフラインの復旧により、被災地域外から自宅に戻った(生活・自)	道路網外	→	車両等による移動	→	住宅地・自宅
	自宅にとどまる住人が、家の片づけを始めて、瓦礫を道路に出した。(復旧)	住宅地・自宅	→	道路上への瓦礫の搬出		
	避難所から家を片づける為に家との往復をした。(復旧)	避難所 避難所	→ ←	車両等による移動 <道路への瓦礫の搬出> 車両等による移動	→ ←	住宅地・自宅
	自治体が、被災地内の住宅の片づけにより道路に出された瓦礫を回収した。(復旧)	仮置場(空の車両が移動)	→	道路上の瓦礫の回収	→	仮置場
	県が管理する物資集積拠点より避難所に生活物資(食料・水等)が配送された。(生活・公)	物資集積所	→	小型車両による物資輸送	→	避難所
	県が管理する物資集積拠点より避難所に衛生機材(簡易トイレ等)が配送された。(生活・公)	物資集積所	→	小型車両による物資輸送	→	避難所

表 4-22(6) 復旧時の交通状況

場所 時間 ↓	想定される状況例	始点	方向	交通状況	方向	終点
応急復旧 (～数日)	県が管理する物資集積拠点より避難所に衛生機材(簡易トイレ等)が配送された。(生活・公)	物資集積所	→	小型車両による物資輸送	→	避難所
	県外の地方自治体から、集積拠点に援助物資が運ばれてきた。(生活・公)	道路網外	→	大型車両による物資輸送	→	物資集積所
	県外から、被災地の大型店舗(物資供給所)に商品(生活物資)が輸送されてきた。(生活・自)	道路網外	→	大型車両による物資輸送	→	物資供給所
	県外から、被災地の住人に対してお見舞い・安否確認等が行なわれた。(確認)	道路網外(県外)	→	車両等による移動	→	住宅地
	住人(自宅周辺に留まる人)が、必要物資の買い出しを行なった。(生活・自)	住宅地・自宅	→ ←	車両等による移動 車両等による移動	→ ←	物資供給所(大規模小売店で買い物)
	住人(避難所に居る人)が、水・食料等の買い出しを行なった。(生活・自)	避難所	→ ←	車両等による移動 車両等による移動	→ ←	物資供給所(大規模小売店など)
	住人(自宅周辺に留まる人)が、被災地外の会社に勤務を開始した。(経済)	住人(自宅周辺に留まる人)	→ ←	車両等による移動 車両等による移動	→ ←	道路網外
	住人(避難所に居る人)が、被災地外の会社に勤務を開始した。(経済)	住人(自宅周辺に留まる人)	→ ←	車両等による移動 車両等による移動	→ ←	道路網外

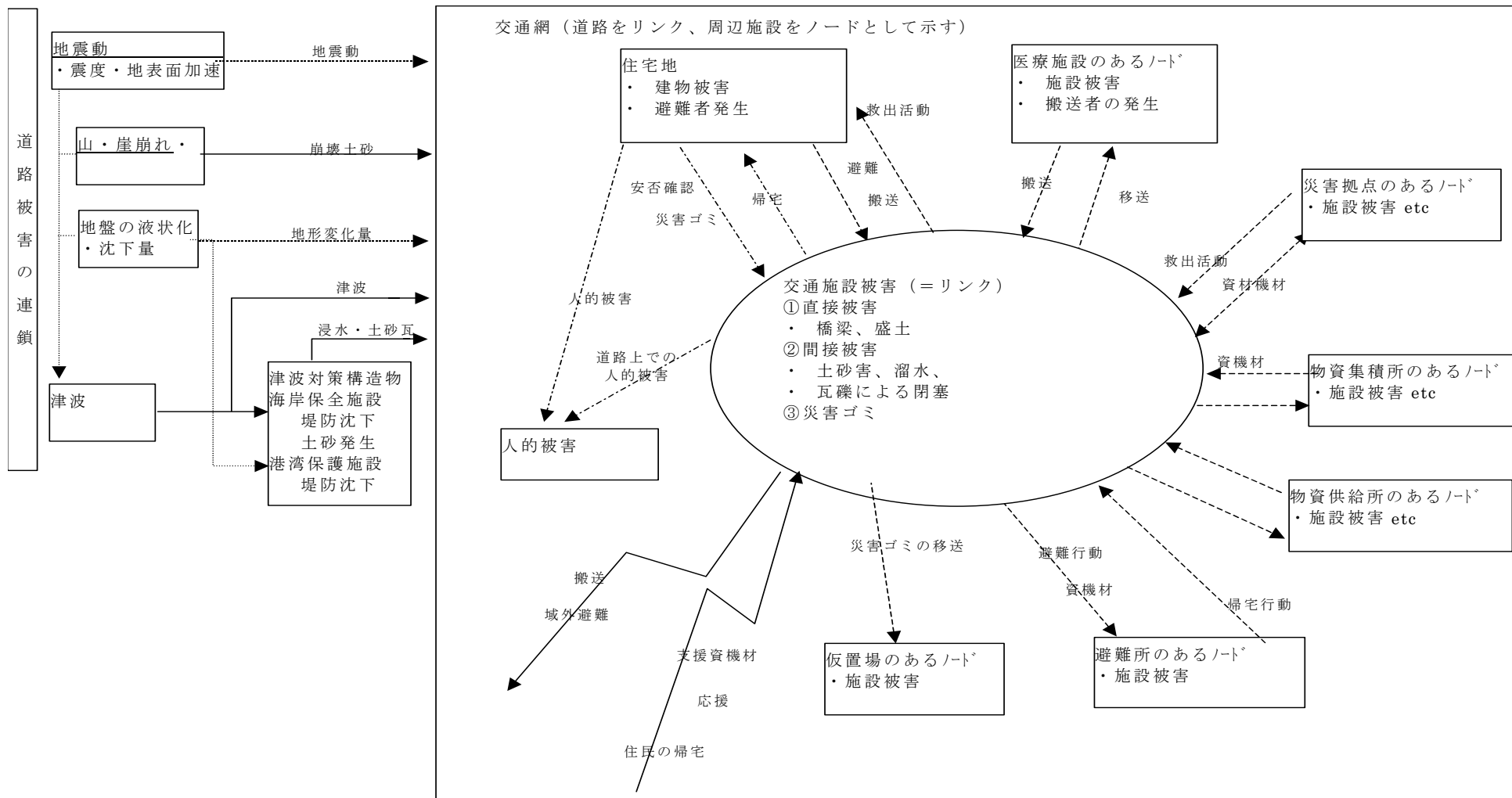
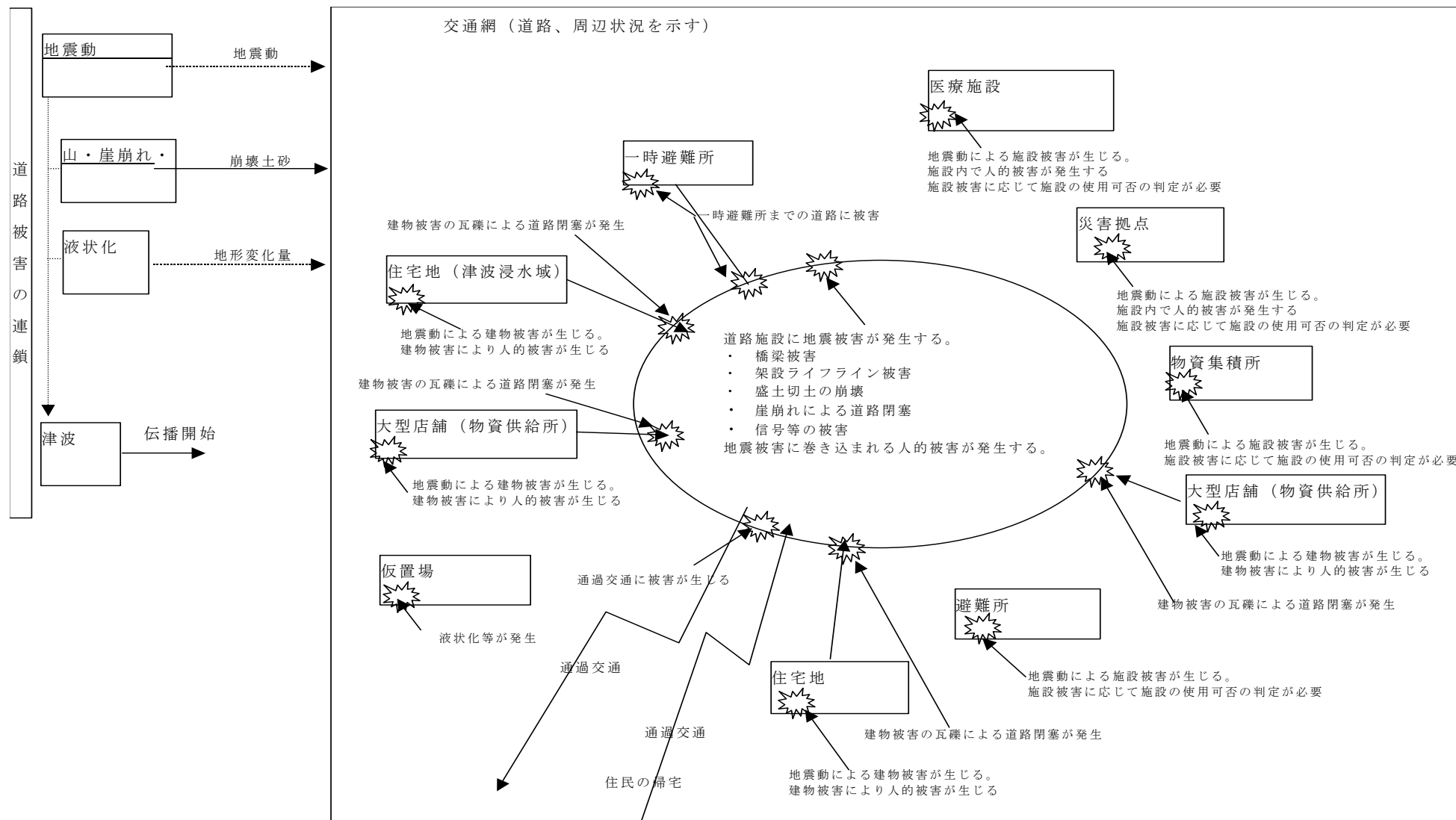
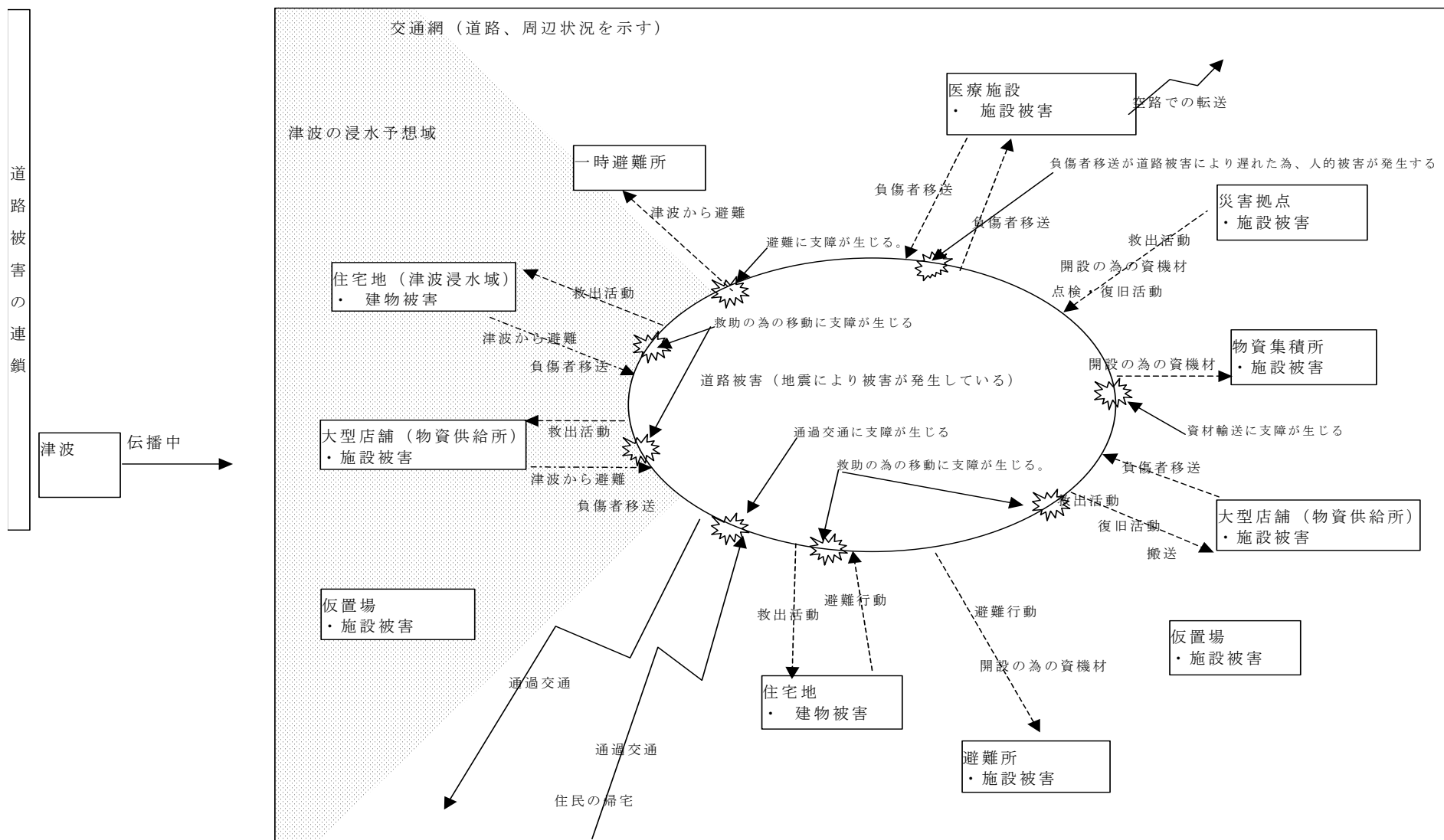


図 4-1 被害連鎖(交通網)





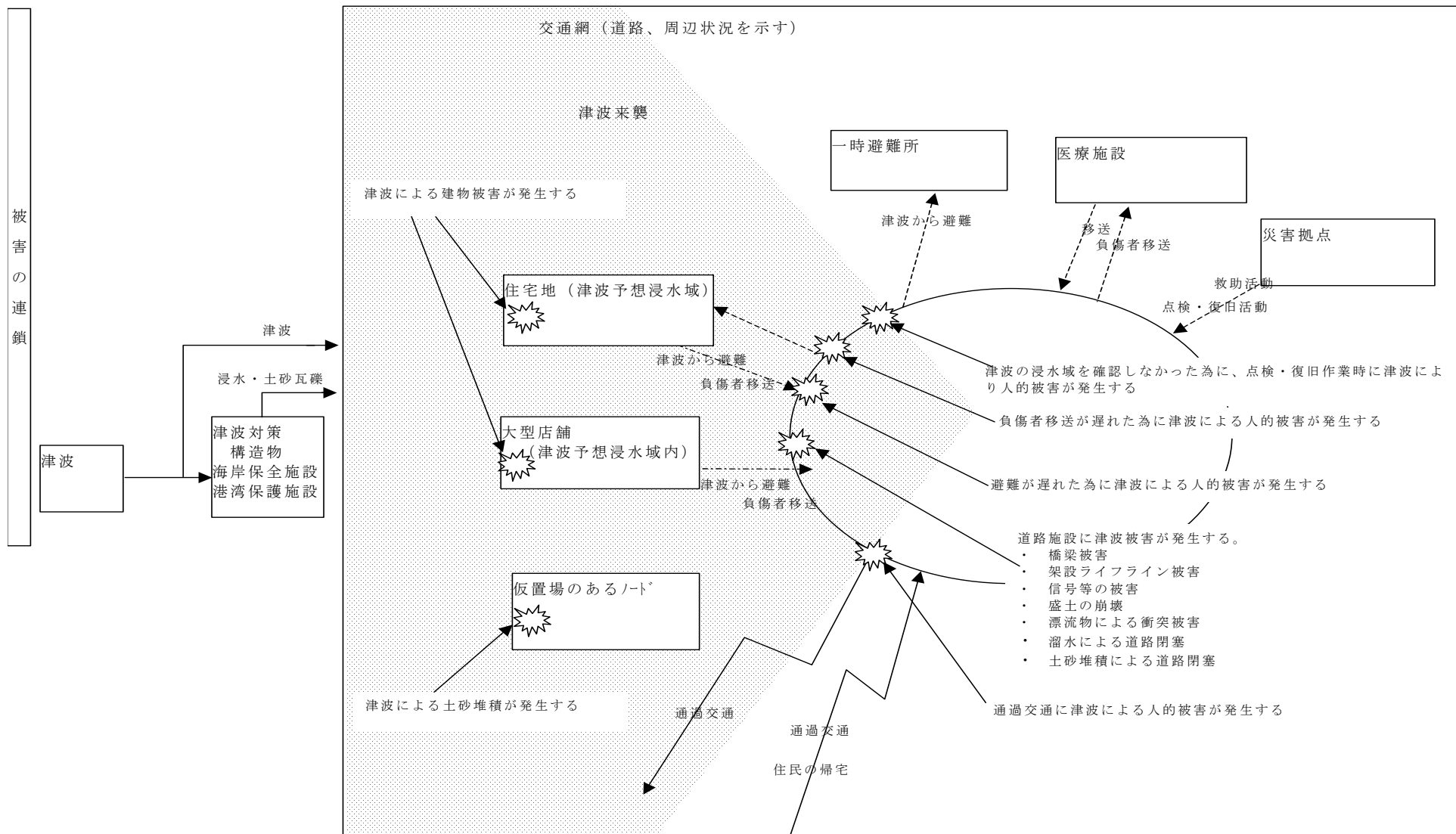


図 4-4 津波直後の被害状況

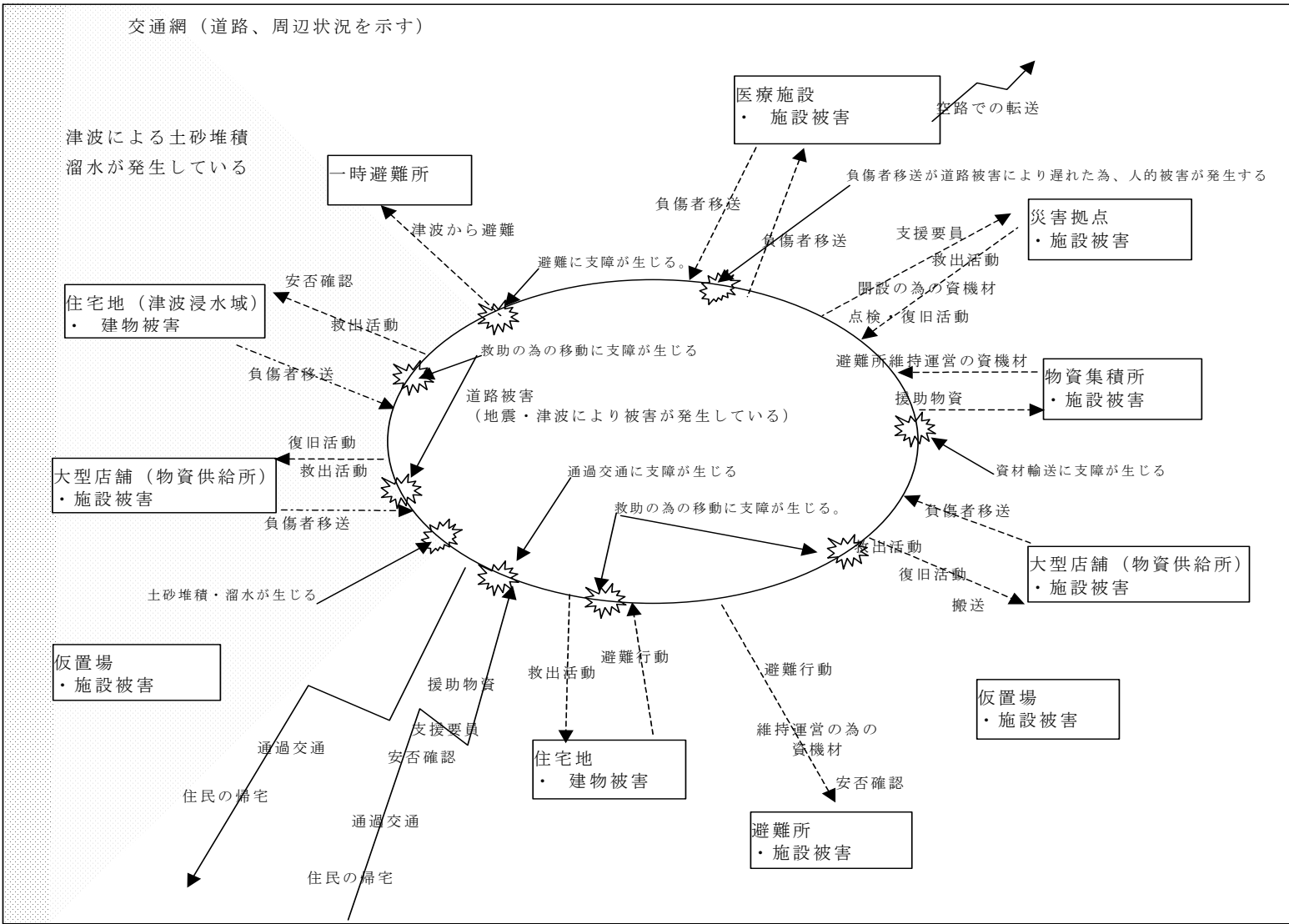


図 4-5 救急時期の状況

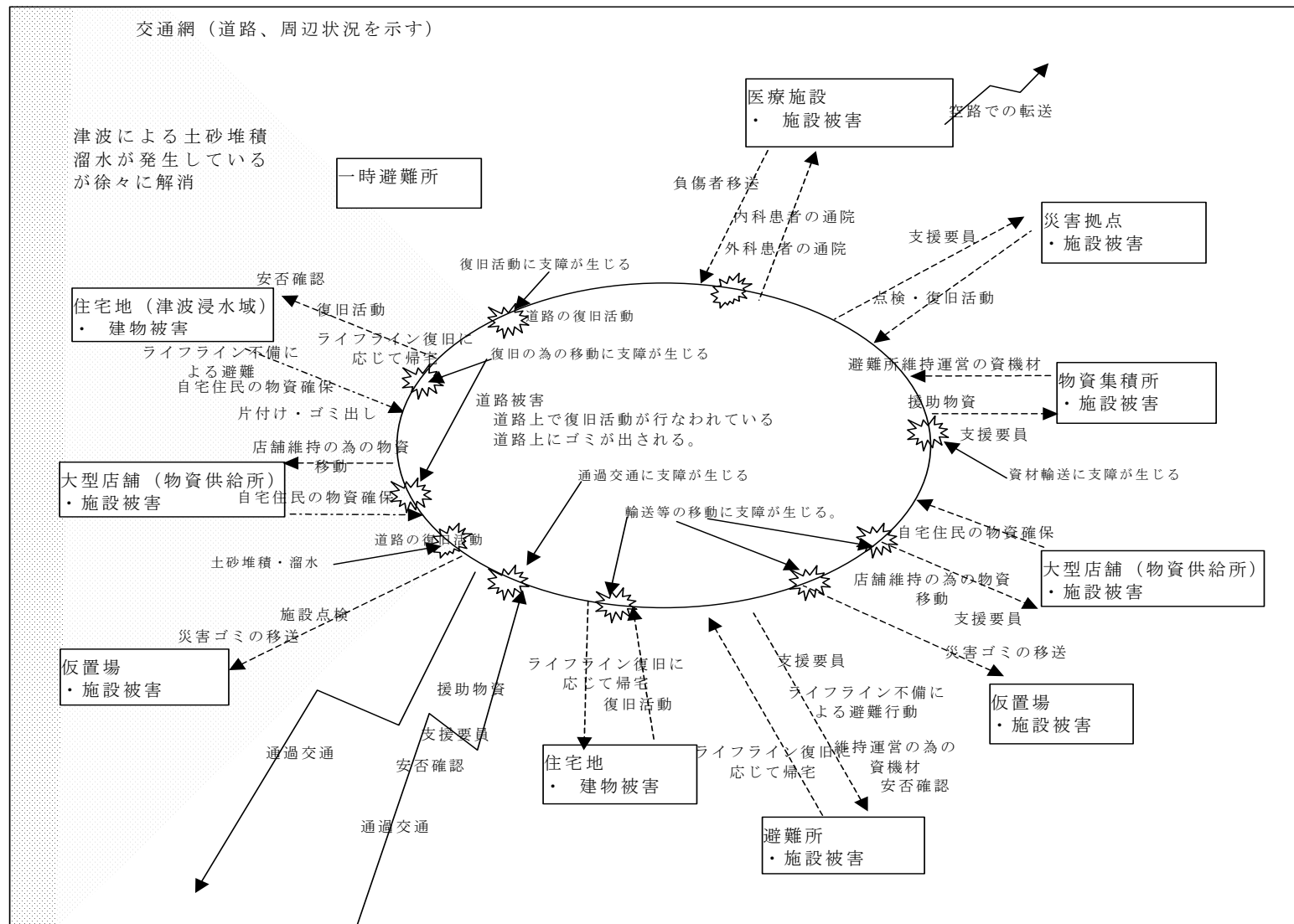


表 4-23(1) 時間帯毎に想定される道路上での被害（津波の影響有り）

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	地震発生	津波からの避難	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路被害 (地震と津波による道路施設・道路の被害) ・道路施設は、橋梁・架設ライライン・盛土・埋設物、信号機などを想定する。 ・道路の被害は、地震発生→橋梁被害→架設ライライン被害→盛土被害→埋設ライライン被害→崖崩れによる閉塞→建物・ブロック塀被害による閉塞→津波来襲→橋梁被害→架設ライライン被害→盛土被害→瓦礫・土砂等による閉塞→浸水による通信機器故障→溜水→点検・道路開削・復旧・ゴミの片付けの順で進む ・道路には、「施設位置」、「道路周辺の崖」、「道路周辺の建物・ブロック塀」等が割り当てられている。 <入力項目> ・地震動 ・液状化 ・防災総点検の結果 ・設計耐力 ・液状化 ・津波波力 ・浸水深、浸水流速 ・震災ゴミ量 <出力項目> ・橋梁被災度 ・盛土被災度 ・道路閉塞率 ・倒壊率(電柱・信号) ・通行の可否 ・津波波力、津波揚力、津波掃流力 ・堆積土砂量 ・湛水量 ・道路上のゴミ堆積量 ・各通行支障	／地震・津波の影響を受ける／<道路施設の地震動被害> 地振動により橋梁に被害が発生する。 ・「地震動」と「設計耐力」との比較による「橋梁被災度」「通過の可否」の推定 地振動により盛土に被害が発生する。 ・「地震動」と「被災度」「通過の可否」の推定 地震動により道路が液状化する。 ・土質により液状化が発生する 道路周辺の建物崩壊・ブロック塀崩壊により道路閉塞が発生する。 ・「地震動」による経験式での「道路閉塞率」・「通過の可否」の推定 道路周辺の崖くずれにより道路閉塞が発生する。 ・「防災総点検の結果」と「地震動」によるランク別の崖くずれの可能性と「通過の可否」の推定 道路上の信号機・電柱等の倒壊により道路閉塞が発生する。 ・「地震動」による経験式での震度毎の「倒壊率」・「通過の可否」の推定 <添架ライラインの被害> 橋梁の被災により添架されているライラインに被害が発生する。 ・橋梁に架設されている、水道管や下水管、通信施設に被害が発生する 道路が液状化し、埋設ライラインに被害が発生する。 ・道路に埋設されている、水道管や下水管被害、通信施設に被害が発生する。 <橋梁下への被害> 橋梁が跨道橋、跨線橋で落橋した場合、橋梁下の施設被害、人的被害が発生する。	／地震・津波の影響を受ける／<津波避難への通行障害> 津波に対する避難が(住宅地→一時避難所)行われる。道路施設の被害により通行支障が生じる。 ・「避難可能時間」は「津波の来襲までの時間」 ・「住宅地」と「一時避難所」までの間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <救助車両への通行障害> 津波到着までに時間がある場合は、負傷者が移送(住宅地→医療施設)される。道路施設の被害により通行支障が生じる ・「移送限界時間」は「負傷者の移送限界時間」 ・「住宅地」と「医療施設」間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <交通事故の発生> 道路上の信号機が停電により停止し、交通事故・渋滞が発生する。事故発生と共に人的被害が発生する。	／地震・津波の影響を受ける／(津波対策工が機能し、河川遡上以外の津波は防げた。) <道路施設の津波被害> 河川遡上をする津波により河川橋梁に被害が発生する。 ・「津波波力」「津波揚力」と「設計耐力」との比較による「橋梁被害」「通過の可否」の推定 ・橋脚の回りに洗掘が発生する。洗掘がすすむと橋梁が被災する。 津波の河川遡上時に漂流物を運んできた。その漂流物の衝突により橋梁に被害が発生する。 ・「衝突力」と「設計耐力」との比較による「橋梁被害」「通過の可否」の推定 <添架ライラインの被害> 橋梁の被災により添架されているライラインに被害が発生する。 ・橋梁に架設されている、水道管や下水管、通信施設に被害が発生する <人的被害(通過車両・人)> 津波による橋梁被害で人的被害と閉込め被害が発生する。 ・「被害範囲」、「被災度」、「常時通行量」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定	／地震・津波の影響を受ける／(津波対策工が機能せずに、津波による浸水を受けた。) <道路施設の津波被害> 津波浸水により橋梁に被害が発生する ・「津波波力」「津波揚力」と「設計耐力」との比較による「橋梁被災度」「通行の可否」の推定 ・橋脚の回りに洗掘が発生する。洗掘が進むと橋梁が被災する。 津波浸水により盛土に被害が発生する。 ・「津波波力」「津波掃流力」と「設計耐力」との比較による「盛土被災度」「通行の可否」の推定 津波により発生した漂流物が橋梁に衝突し被害が発生する。 ・「衝突力」と「設計耐力」との比較による「橋梁被害」の推定 津波により大量の瓦礫・土砂・汚泥が堆積、もしくは湛水被害が発生する。 ・「浸水深」による経験式で「堆積土砂量」、「湛水量」の算出。「堆積土砂量」「湛水量」による「通行可否」の推定 <添架ライラインの被害> 橋梁の被災により添架されているライラインに被害が発生する。 ・橋梁に架設されている、水道管や下水管、通信施設に被害が発生する 津波により大量の瓦礫・土砂・汚泥が堆積、もしくは湛水被害が発生する。 ・道路に埋設されている水道管や下水管に津波により運ばれた汚泥による被害が発生する ・道路に埋設されている通信施設に津波浸水による回線短絡による通信障害が発生する。	／地震・津波の影響を受ける／<救助車両への通行障害> 地震・津波後に、負傷者が移送(住宅地→医療施設)される。道路施設の被害により通行支障が生じる ・「移送限界時間」は「負傷者の移送限界時間」 ・「住宅地」と「医療施設」間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <避難資機材輸送時の通行障害> 地震・津波後に、避難所・物資集積所等が開設される。道路施設の被害により資機材の輸送に通行支障が生じる ・「災害拠点」→「避難所」→「物資集積所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。	／地震・津波の影響を受ける／<震災ゴミによる閉塞> 住民が建物の片付けを開始する。家からの震災ゴミ等が道路上に出され道路閉塞が発生する。 ・「震災ゴミ量」から「道路への排出量」の推定 <ゴミ回収への通行障害> 道路上のゴミの回収が開始される(住宅地→仮置場)。ゴミ回収時に通行支障が生じる。 ・「住宅地」と「仮置場」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <ゴミ回収作業> 道路上のゴミを回収する。 ・「震災ゴミ」と「仮置場への移動ゴミ量」から「復旧時間」の推定 <復旧作業への通行障害> 津波後に応急復旧を開始する(災害拠点→被災箇所)。資機材輸送の際に通行支障が生じる。 ・「災害拠点」と「被災箇所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <復旧作業> 地震・津波後に盛土の段差等のすり付け作業を行う 地震・津波後に橋梁の応急復旧作業を行う 津波後に道路の開削作業として土砂・瓦礫の片付けを開始する。 ・「堆積土砂量」と「片付けられる土砂量」から「復旧時間」の推定 津波後に道路の開削作業として排水作業を開始する。 ・「湛水量」と「排水量」から「復旧時間」の推定

表 4-23(2) 時間帯毎に想定される道路上での被害（津波の影響有り）

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	地震発生	津波からの避難	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路被害 (地震と津波による道路施設・道路の被害) ・道路施設は、橋梁・架設ライフライン・盛土・埋設物、信号機などを想定する。 ・道路の被害は、地震発生→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土被害→埋設ライフライン被害→崖崩れによる閉塞→建物・ブロック塀被害による閉塞→津波来襲→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土被害→瓦礫・土砂等による閉塞→浸水による通信機器故障→溜水→点検・道路開削・復旧・ゴミの片付けの順で進む ・道路には、「施設位置」、「道路周辺の崖」、「道路周辺の建物・ブロック塀」等が割り当てられている。 <入力項目> ・地震動 ・液状化 ・防災総点検の結果 ・設計耐力 ・液状化 ・津波波力 ・浸水深、浸水流速 ・震災ゴミ量 <出力項目> ・橋梁被災度 ・盛土被災度 ・道路閉塞率 ・倒壊率(電柱・信号) ・通行の可否 ・津波波力、津波揚力、津波掃流力 ・堆積土砂量 ・湛水量 ・道路上のゴミ堆積量 ・各通行支障	／地震・津波の影響を受ける／ <人的被害(通過車両・人)> 道路の施設被害(橋梁・盛土被害)で人的被害が発生する 道路上の崖崩で人的被害が発生する 道路上へ建物等から崩れた壁で人的被害が発生する ・「被害範囲」・「施設被災度」・「常時通行量」から「死傷者」の推定 道路の施設被害(橋梁・盛土の段差等)による閉込め被害が発生する ・高架道路等での段差発生等により車両が移動できなくなる ・「被害範囲」、「施設被災度」、「常時通行量」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定	／地震・津波の影響を受ける／ 津波からの避難 ／地震・津波の影響を受ける／ (津波対策工が機能し、河川遡上以外の津波は防げた。) <人的被害(避難車両・人)>＝津波への通行障害 道路周辺(住宅地等)の住民が避難の為に道路上にでる。津波による橋梁被害で避難中に人的被害と閉込め被害が発生する。 ・「避難者数」、「車両」のうち、津波到達時に道路上に居る「避難者数、車両」の推定 ・道路内で「被害範囲」、「施設被災度」、「避難者数、車両」から「死傷者」の推定	／地震・津波の影響を受ける／ (津波対策工が機能せず、津波による浸水を受けた。) <橋梁下への被害> 橋梁が跨道橋、跨線橋で落橋した場合、橋梁下の施設被害、人的被害が発生する。 <人的被害(通過車両・人)> 道路の施設被害(津波による橋梁被害、盛土の被害)での人的被害が発生する 道路上で津波の浸水による人的被害が発生する ・「被害範囲」、「施設被災度」、「常時通行量」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定 <人的被害(避難車両・人)> 道路周辺(住宅地等)の住民が避難の為に道路上にでる。 道路の施設被害(津波による橋梁被害、盛土の被害)、浸水被害(津波により流される)での人的被害が発生する。 ・「避難者数、車両」のうち、津波到達時に道路上に居る「避難者数、車両」の推定 ・「被害範囲(浸水範囲)」、「施設被災度」、「避難者数、車両」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定	／地震・津波の影響を受ける／ (津波対策工が機能せず、津波による浸水を受けた。) <橋梁下への被害> 橋梁が跨道橋、跨線橋で落橋した場合、橋梁下の施設被害、人的被害が発生する。 <人的被害(通過車両・人)> 道路の施設被害(津波による橋梁被害、盛土の被害)での人的被害が発生する 道路上で津波の浸水による人的被害が発生する ・「被害範囲」、「施設被災度」、「常時通行量」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定 <人的被害(避難車両・人)> 道路周辺(住宅地等)の住民が避難の為に道路上にでる。 道路の施設被害(津波による橋梁被害、盛土の被害)、浸水被害(津波により流される)での人的被害が発生する。 ・「避難者数、車両」のうち、津波到達時に道路上に居る「避難者数、車両」の推定 ・「被害範囲(浸水範囲)」、「施設被災度」、「避難者数、車両」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定	／地震・津波の影響を受ける／ <復旧作業への通行障害> 津波後に応急復旧を開始する。 被災箇所まで移動(災害拠点→被災箇所)時に通行支障が生じる。 ・「災害拠点」と「被災箇所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <復旧作業> 地震・津波後に盛土の段差等のすり付け作業を行う 地震・津波後に橋梁の応急復旧作業を行う 津波後に道路の開削作業として土砂・瓦礫の片付けを開始する。 ・「堆積土砂量」と「片付けられる土砂量」から「復旧時間」の推定 津波後に道路の開削作業として排水作業を開始する。 ・「湛水量」と「排水量」から「復旧時間」の推定 <安否・状況確認への通行障害> 津波後に住民が安否確認等を行う地点まで移動する際に通行支障が生じる。 ・「堆積土砂量」と「片付けられる土砂量」から「復旧時間」の推定 津波後に被災地域内・被災地域外で安否確認が行われる。 津波からの避難でほとんどの荷物が持ち出せなかった場合、被災地域外からのお見舞いの増加が予想される。 <命令等による避難への通行障害> 避難命令等により住民が避難所まで移動する際に通行支障が生じる <命令等による避難> 住宅の危険度判定、2次災害防止等からの市町村からの避難命令による避難が行われる。 避難の際に保有車両が無事の場合、車両での避難が多い事が予想される。 <生活物資購入時の通行障害> 必要な生活物資の購入に移動(住宅地→物資供給所)する際に通行支障が生じる ・「住宅地」と「物資供給所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <生活物資購入> 避難所以外で住民が生活をする場合、生活物資を物資供給所(開いている店舗)で購入する。 <企業活動の通行障害> 被災地内の移動もしくは通貨する際に通行支障が生じる 「道路網」の2点間での迂回距離の長さで比較する。	／地震・津波の影響を受ける／ <施設維持の資機材輸送の通行障害> 避難所の生活維持を行う為の資機材が輸送される。避難所まで輸送(物資集積所→避難所)時に通行支障が生じる。 ・「物資集積所」と「避難所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <施設維持の資機材輸送> 物資集積所から災害拠点の指示に基づき避難所へ「必要生活物資」「必要維持物資」が配送される。 ・「避難所人数」「必要量/人日」から「必要生活物資」「必要維持物資」を推定する。 津波による浸水域が広い場合、避難所での生活人数が地震時と比較し多い事が予想される。 <安否・状況確認への通行障害> 津波後に住民が安否確認等を行う地点まで移動する際に通行支障が生じる。 <安否・状況確認> 津波後に被災地域内・被災地域外で安否確認が行われる。 津波からの避難でほとんどの荷物が持ち出せなかった場合、被災地域外からのお見舞いの増加が予想される。 <命令等による避難への通行障害> 避難命令等により住民が避難所まで移動する際に通行支障が生じる <命令等による避難> 住宅の危険度判定、2次災害防止等からの市町村からの避難命令による避難が行われる。 避難の際に保有車両が無事の場合、車両での避難が多い事が予想される。 <生活物資購入時の通行障害> 必要な生活物資の購入に移動(住宅地→物資供給所)する際に通行支障が生じる ・「住宅地」と「物資供給所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <生活物資購入> 避難所以外で住民が生活をする場合、生活物資を物資供給所(開いている店舗)で購入する。 <企業活動の通行障害> 被災地内の移動もしくは通貨する際に通行支障が生じる 「道路網」の2点間での迂回距離の長さで比較する。

表 4-24(1) 時間帯毎に想定される道路上での被害（地震の影響のみ）

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	地震発生				救出優先	応急復旧・片付
道路被害 (地震と津波による道路施設・道路の被害) ・道路施設は、橋梁・架設ライフライン・盛土・埋設物、信号機などを想定する。 ・道路の被害は、地震発生→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土被害→埋設ライフライン被害→崖崩れによる閉塞→建物・ブロック塀被害による閉塞→点検・道路開削・復旧・ゴミの片付けの順で進む ・道路には、「施設位置」、「道路周辺の崖」、「道路周辺の建物・ブロック塀」等が割り当てられている。 <入力項目> ・地震動 ・液状化 ・防災総点検の結果 ・設計耐力 ・液状化 ・震災ゴミ量 <出力項目> ・橋梁被災度 ・盛土被災度 ・道路閉塞率 ・倒壊率(電柱・信号) ・通行の可否 ・道路上のゴミ堆積量 ・各通行支障	／地震の影響を受ける／ <道路施設の地震動被害> 地振動により橋梁に被害が発生する。 ・「地震動」と「設計耐力」との比較による「橋梁被災度」「通過の可否」の推定 地振動により盛土に被害が発生する。 ・「地震動」と「被災度」「通過の可否」の推定 地震動により道路が液状化する。 ・土質により液状化が発生する 道路周辺の建物崩壊・ブロック塀崩壊により道路閉塞が発生する。 ・「地震動」による経験式での「道路閉塞率」「通過の可否」の推定 道路周辺の崖くずれにより道路閉塞が発生する。 ・「防災総点検の結果」と「地震動」によるランク別の崖くずれの可能性と「通過の可否」の推定 道路上の信号機・電柱等の倒壊により道路閉塞が発生する。 ・「地震動」による経験式での震度毎の「倒壊率」「通過の可否」の推定 <添架ライフラインの被害> 橋梁の被災により添架されているライフラインに被害が発生する。 ・橋梁に架設されている、水道管や下水管、通信施設に被害が発生する 道路が液状化し、埋設ライフラインに被害が発生する。 ・道路に埋設されている、水道管や下水管被害、通信施設に被害が発生する。	／地震の影響を受ける／ <交通事故の発生> 道路上の信号機が停電により停止し、交通事故・渋滞が発生する。事故発生と共に人的被害が発生する。 <救助車両への通行障害> 負傷者が移送(住宅地→医療施設)される。道路施設の被害により通行支障が生じる ・「移送限界時間」は「負傷者の移送限界時間」 ・「住宅地」と「医療施設」間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <避難への通行障害> ライフラインの不備等による避難が(住宅地→避難所)行われる。道路施設の被害により通行支障が生じる。 <安否・状況確認への通行障害> 地震直後に住民が安否確認等を行う地点まで移動する際に通行支障が生じる。 <安否・状況確認> 地震直後に被災地域内外で安否確認が行われる。 被災地域外に自宅がある場合は帰宅をする。	／地震の影響を受ける／ <救助車両への通行障害> 負傷者が移送(住宅地→医療施設)される。道路施設の被害により通行支障が生じる ・「移送限界時間」は「負傷者の移送限界時間」 ・「住宅地」と「医療施設」間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <避難資機材輸送時の通行障害> 地震後に、避難所・物資集積所等が開設される。道路施設の被害により資機材の輸送に通行支障が生じる ・「災害拠点」→「避難所」→「物資集積所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <避難への通行障害> 住民が避難所まで移動する際に通行支障が生じる <余震等の不安による避難> 余震による不安やライフラインの被害から避難所への避難が行われる。 避難の際に保有車両が無事の場合、車両での避難が多い事が予想される。	／地震の影響を受ける／ <救助車両への通行障害> 地震後に、負傷者が移送(住宅地→医療施設)される。道路施設の被害により通行支障が生じる ・「移送限界時間」は「負傷者の移送限界時間」 ・「住宅地」と「医療施設」間を「避難可能時間」内に移動可能かで通行障害が推定できる <復旧作業への通行障害> 応急復旧を開始する(災害拠点→被災箇所)。資機材輸送の際に通行支障が生じる。 ・「災害拠点」と「被災箇所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <復旧作業> 地震後に盛土の段差等のすり付け作業を行う 地震後に橋梁の応急復旧作業を行う <安否・状況確認への通行障害> 住民が安否確認等を行う地点まで移動する際に通行支障が生じる。 <安否・状況確認> 圏外から帰宅する。	／地震の影響を受ける／ <震災ゴミによる閉塞> 住民が建物の片付けを開始する。震災ゴミが道路上に出され道路閉塞が発生する。 ・「震災ゴミ量」から「道路への排出量」の推定 <ゴミ回収への通行障害> 道路上のゴミの回収が開始される(住宅地→仮置場)。回収時に通行支障が生じる。 ・「住宅地」と「仮置場」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <ゴミ回収作業> 道路上のゴミを回収する。 ・「震災ゴミ」と「仮置場への移動ゴミ量」から「復旧時間」の推定 <復旧作業への通行障害> 応急復旧を行う(災害拠点→被災箇所)。資機材輸送の際に通行支障が生じる。 ・「災害拠点」と「被災箇所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <復旧作業> 盛土の段差等のすり付け作業を行う 橋梁の応急復旧作業を行う	

表 4-24(2) 時間帯毎に想定される道路上での被害（地震の影響のみ）

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	地震発生				救出優先	応急復旧・片付
道路被害 (地震と津波による道路施設・道路の被害) ・道路施設は、橋梁・架設ライフライン・盛土・埋設物、信号機などを想定する。 ・道路の被害は、地震発生→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土被害→埋設ライフライン被害→崖崩れによる閉塞→建物・ブロック塀被害による閉塞→津波来襲→橋梁被害→架設ライフライン被害→盛土被害→瓦礫・土砂等による閉塞→浸水による通信機器故障→溜水→点検・道路開削・復旧・ゴミの片付けの順で進む ・道路には、「施設位置」、「道路周辺の崖」、「道路周辺の建物・ブロック塀」等が割り当てられている。 <入力項目> ・地震動 ・液状化 ・防災総点検の結果 ・設計耐力 ・液状化 ・震災ゴミ量 <出力項目> ・橋梁被災度 ・盛土被災度 ・道路閉塞率 ・倒壊率(電柱・信号) ・通行の可否 ・道路上のゴミ堆積量 ・各通行支障	／地震の影響を受ける／ <人的被害(通過車両・人)> 道路の施設被害(橋梁・盛土被害)で人的被害が発生する 道路上の崖崩で人的被害が発生する 道路上へ建物等から崩れた壁で人的被害が発生する ・「被害範囲」・「施設被災度」・「常時通行量」から「死傷者」の推定 道路の施設被害(橋梁・盛土の段差等)による閉込め被害が発生する ・高架道路等での段差発生等により車両が移動できなくなる ・「被害範囲」、「施設被災度」、「常時通行量」から「閉じ込め車両」と「要救出者」の推定	／地震の影響を受ける／	／地震の影響を受ける／	／地震の影響を受ける／	／地震の影響を受ける／ <復旧作業への通行障害> 応急復旧を開始する。被災箇所まで移動(災害拠点→被災箇所)時に通行支障が生じる。 ・「災害拠点」と「被災箇所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <復旧作業> 地震後に盛土の段差等のすり付け作業を行う 地震後に橋梁の応急復旧作業を行う	／地震の影響を受ける／ <施設維持の資機材輸送の通行障害> 避難所の活動維持を行う為の資機材が輸送される。避難所まで輸送(物資集積所→避難所)時に通行支障が生じる。 ・「物資集積所」と「避難所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <施設維持の資機材輸送> 物資集積所から災害拠点の指示に基づき避難所へ「必要生活物資」「必要維持物資」が配送される。 ・「避難所人数」「必要量/人日」から「必要生活物資」「必要維持物資」を推定する。 <安否・状況確認への通行障害> 住民が安否確認等を行う地点まで移動する際に通行支障が生じる。 <安否・状況確認> 被災地域内・被災地域外で安否確認が行われる。 <命令等による避難への通行障害> 避難命令等により住民が避難所まで移動する際に通行支障が生じる <命令等による避難> 住宅の危険度判定、2次災害防止等からの市町村からの避難命令による避難が行われる。 避難の際に保有車両が無事の場合、車両での避難が多い事が予想される。 <生活物資購入時の通行障害> 必要な生活物資の購入に移動(住宅地→物資供給所)する際に通行支障が生じる ・「住宅地」と「物資供給所」の間を道路施設被害による迂回距離の長さで比較する。 <生活物資購入> 避難所以外で住民が生活をする場合、生活物資を物資供給所(開いている店舗)で購入する。

表 4-25(1) 一般住宅地での状況（地震被害のみ）

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況 道路周辺での状況 ／住宅地／ ・住宅地は道路の周辺状況として、住居・オフィスを持つ住宅地とする。 ・住宅地には、「建物数」「被災時間帯の住民数」「世帯数」等が割り当てられている。 ・住宅地では、地震発生→住民の避難・帰宅・救助→復旧の順に進む ＜入力項目＞ 自然外力 ・地震動、崖崩れの範囲 ・液状化度 救助に関する事 ・建物一軒の搜索時間 避難増加に関する事 ・ライフライン不備による避難率 復旧等 ・就職率 ＜出力項目＞ 建物被害 ・建物被災度、建物被害数 ・要救助箇所 人的被害 ・要救助者数、負傷者数 ・救出者数 避難 ・避難者数、自宅に留まる人数、必要生活物資 ライフライン被害 ・停電世帯数、断水率、断水世帯数、下水被害率、下水支障世帯数 ゴミ ・片づけを行なう人数、災害ゴミ量	災害拡大 ／住宅地／ ＜建物被害に関して＞ 地震動により建物被害が発生する。 ・「地震動」により「建物被災度」が推定される。 ・「建物被災度」、「建物数」から「建物被害数」の算出。 崖くずれ等により建物被害が発生する ・地震動により崖崩れが発生する。 ・「崖くずれ範囲」「建物数」により「建物被害数」の算出 液状化により建物被害が発生する ・地震動により液状化が発生する。 ・「液状化度(P.L.値)」によるランク別判定による「建物被害数」の算出 ＜負傷者・要救助者に関して＞ 建物被害により人的被害が発生する。 ・「建物被害数」「住民数」からの経験式で「要救助箇所」を算出。「要救助者数」から「負傷者数」を算出 ＜ライフライン被害に関して＞ 地震動と建物被害によりライフラインに被害が発生する。 電気(停電)は、建物被害で発生する。 ・「地震時停電比率」「地震動」から算出 ・「建物被害数」と「地震時停電比率」からの経験式で「停電世帯数」の推定 水道(断水)は、地震動で水道管が破損し発生する。 ・「水道管被害率」「地震動(PGV)」から算出。 ・「断水率」を「水道管被害率」から算出。 ・「建物数」と「断水率」から「断水世帯数」の推定 下水道(使用支障)は、地震動で下水管が破損し発生する。 ・「下水被害率」を「(地震動)PGV」から算出。 ・「世帯数」と「下水被害率」から「下水支障世帯数」の推定 ガスは、地震動で供給が停止する。 ・停止区域の世帯数から「ガス支障世帯数」を推定する。 電話は、地震動で施設が壊れる。また、通話が集中し通話規制がかかる。	／住宅地／ ＜住宅地内での救助活動(自助)＞ 建物内救助に関して住民同士での救助社業が行なわれる。 ・建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・非木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・救出者は、医療施設へ搬送される。 ＜地震による避難＞ 地震により自宅周辺の空き地・道路へ移動する。地震により建物が被災し、自宅に留まれないと判断した人が避難所へ避難を行なう。他の住民は自宅に留まる。 ・「建物被害数」、「住民数」から「避難者数」を推定 ・「住民数」、「避難者数」から「自宅に留まる人数」の算出 ＜他の住宅地、道路網の外への移動＞ オフィス等から帰宅が発生する。 ・住民が自宅(他の住宅地)へ移動する(＝道路利用が発生する)。 ・道路網の外部へ住民が移動する(＝道路利用が発生する)。 ・移動により、住民数が減少する。 ＜安否確認＞ ・自宅に戻った住民が、近親者の安否確認を行なう。		／住宅地／ ＜ノード内での救助活動(公助)＞ 建物内救助に関して、消防・警察等による救助が行なわれる。 ・木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・非木造建物:「要救助者数」と「建物1件の搜索時間」から「救出者数」算出 ・救出者は、医療施設へ搬送される。	救出優先 ／住宅地／ ＜ライフライン・修理・点検＞ 電気点検・復旧 ・「停電世帯数」と「復旧工事数/日」から「復旧率」を推定 水道点検 ・「断水世帯数」と「復旧工事数/日」から「復旧率」を推定 ガス点検 ・「ガス支障世帯数(区域毎)」と「復旧工事数/日」から「復旧率」を推定 下水道点検 ・「下水道支障戸数」と「復旧工事数/日」から「復旧率」を推定 電話 ・有線電話は、施設復旧を行なう。 ・無線電話は、中継施設等の施設復旧を行なう。 ＜避難所への移動＞ ライフラインの不備により自宅に留まって居た人が避難をする。 ・「自宅に留まる人数」、各ライフラインの影響世帯、「ライフライン不備による避難率」から「避難者数」を推定 ＜自宅への移動＞ 道路網の外から自宅へ向けての帰宅行動がある。 ・帰宅により、住民数が増加する。 帰宅した住民は、建物の被害による、避難所へ避難するか、自宅に留まるかを決定する。 ・「帰宅した住民数」「建物被災度」から「避難者数」、「自宅に留まる人数」を推定 ＜安否確認＞ ・通信施設の内、バックアップ電源を用いてい施設の電源が停止する。	応急復旧・片付 ／住宅地／ ＜避難所への移動＞ 避難指示・避難勧告(土砂害等の2次災害防止)により自宅から避難所へ避難する。 ・「防災点検」の結果から「影響世帯」を算出し「避難者数」の推定 避難指示・避難勧告(建物被害の判断)により自宅から避難所へ避難する。 ＜自宅への移動＞ ライフラインの復旧により避難所から自宅へ帰宅する。 ・ライフラインの「復旧率」から「自宅に留まる人」の算出 ＜片付け＞ 避難所・自宅に居る人が、地震後の片づけを行なう。 ・「避難者数」から、「片づけを行なう人数」の算出 ・「自宅に留まる人」から「片づけを行なう人数」の算出 片づけを行なうにつれて災害ゴミが発生する。 ・「建物被災度」から「災害ゴミ量(瓦礫量)」の算出 ・「災害ゴミ量」は、ほとんど道路に搬出される。 ＜生活物資確保(自宅に留まる人)＞ 自宅に留まっている人は、物資供給所(開いているコンビニ・大規模小売店)を利用して生活物資(食料・水)を確保する。 ・「自宅に留まる人数」から「必要物資量」の算出 ＜一般企業の活動(3日目を想定)＞ 一般の企業は被災後3日目から、ほぼ通常業務が開始される。 自宅から仕事場へ移動する人が発生する。

表 4-25(2) 住宅地での状況 (地震被害+津波被害)

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／住宅地／ ・住宅地は道路の周辺状況として、住居・オフィスを持つ住宅地とする。 ・住宅地は「建物数」「住民数」等が割り当てられている。 ・住宅地では、地震発生→津波に対する避難→津波終了→住民の避難・帰宅・救助→復旧の順で進む ＜入力項目＞ 自然外力 ・地震動 ・崖崩れの範囲 ・液状化度 ・津波来襲までの時間 ・浸水深 避難に関する事 ・避難意識 ・避難人数(地震時、警報時、避難しない) 救助に関する事 ・建物の搜索時間 避難増加に関する事 ・ライフライン不備による避難率 ＜出力項目＞ 建物被害 ・建物被災度、被害建物数 ・要救助箇所 人的被害 ・要救助者数、負傷者数 ・救出者数 避難 ・津波からの避難者数、避難者数 ・自宅に留まる人数、必要生活物資量 ライフライン被害 ・停電世帯数、断水率、断水世帯数 下水被害率、下水支障世帯数 ゴミ ・片づけを行なう人数、災害ゴミ量 ・洗浄用水量、消毒薬量	／住宅地／ ＜建物被害に関して＞ 地震動により建物被害が発生する。 ・「地震動」により「建物被災度」が推定される。 ・「建物被災度」、「建物数」から「建物被害数」の算出。 崖くずれ等により建物被害が発生する ・地震動により崖崩れが発生する。 ・「崖くずれ範囲」「建物数」により「建物被害数」の算出 液状化により建物被害が発生する ・地震動により液状化が発生する。 ・「液状化度(PL値)」によるランク別判定による「建物被害数」の算出 ＜負傷者・要救助者に関して＞ 建物被害により人的被害が発生する。 ・「建物被害数」「住民数」からの経験式で「要救助箇所」を算出。「要救助者数」から「負傷者数」を算出 ＜ライフライン被害に関して＞ 地震動と建物被害によりライフラインに被害が発生する。 電気(停電)は、建物被害で発生する。 ・「地震時停電比率」を「地震動」から算出 ・「建物被害数」と「地震時停電比率」からの経験式で「停電世帯数」の算出 水道(断水)は、地震動で水道管が破損し発生する。 ・「水道管被害率」を「地震動(PGV)」から算出。 ・「断水率」を「水道管被害率」から算出。 ・「建物数」と「断水率」から「断水世帯数」の算出 下水道(使用支障)は、地震動で下水管が破損し発生する。 ・「被害率」を「(地震動)PGV」から算出。 ・「断水率」を「下水被害率」から算出。 ・「世帯数」と「下水被害率」から「下水支障世帯数」の算出 ガスは、地震動で供給が停止する。 電話は、地震動で施設が壊れる。また、通話が集中し通話規制がかかる。	／住宅地／ ＜津波からの避難＞ 津波の危険性を感じて避難を行なう。避難は、一時避難所・避難所への移動となる。 ・「住民数」と「避難意識」から「地震と同時に避難の人数」の推定 ・「住民数」と「避難意識」から「警報と同時に避難の人数」の推定 ・「住民数」と「避難意識」から「避難しない人数」の推定 避難成功の可否と人的被害 ・「地震と同時に避難の人数」と「避難速度」「津波来襲までの時間」から避難成功の可否と「負傷者数」の推定 ・「警報と同時に避難の人数」と「避難速度」「津波来襲までの時間」から避難成功の可否と「負傷者数」の推定 ・「避難しない人数」から「負傷者数」の推定 ＜救助活動(自助)＞ 津波の到着までに余裕がある場合、住民の自助活動が行なわれる。 救出可能時間に関して ・「地震発生」と「津波1波到着」の各時間から「救出可能時間」の推定 救助に関して ・木造建物の場合「要救助者数」と「建物の搜索時間」「救出可能時間」から「救出者数」の推定 ・非木造建物の場合「要救助者数」と「建物の搜索時間」「救助可能時間」から「救出者数」の推定	／住宅地／ 1波は、対策施設で守られた。 津波による被害 ・「浸水深」より「被害建物数」の算出 ＜津波による人的被害＞ 人的被害 ・「被害建物数」からの経験式で「要救助者数」算出 ・「避難している人」による「要救助者数」の補正 ＜津波によるライフライン被害＞ 津波と建物被害によりライフライン被害が発生する。 電気 ・「建物被害数(内全壊世帯数)」と「停電世帯数の比率」からの経験式で「停電世帯数」の算出 電話 ・「建物被害数(全壊世帯数)」と「通話支障世帯数の比率」からの経験式で「通話支障世帯数」の算出 下水道・水道・ガス等の地中への配管は津波浸水による支障が発生する。 水道 ・「被害率」を「浸水深」から算出。「断水率」を「被害率」から算出。「世帯数」と「被害率」から「断水世帯数」の算出 下水道 ・「被害率」を「浸水深」から算出。「断水率」を「被害率」から算出。「世帯数」と「被害率」から「断水世帯数」の算出 ガス ・「建物非概数(全壊世帯数)」と「ガス支障世帯数の比率」からの経験式で「ガス支障世帯数」の算出 ＜避難所への移動＞ 津波から避難した人が、津波による建物被災により避難所へ移動する。 ・「地震と同時に避難の人数」、「警報と同時に避難の人数」から「津波からの避難者数」の算出 ・「建物被害」と「津波からの避難者数」より避難所へ移動する「避難者数」と「自宅に留まる人数」の算出	／住宅地／ ＜救助活動＞ 建物内救助に関して、消防・警察・住民による救助が行なわれる。 ・木造建物内「被害建物数」と「建物1件あたりの搜索時間」から「救助者数」の算出 ・非木造建物内「被害建物数」と「建物1件あたりの搜索時間」から「救助者数」の算出 ・救出者は、医療施設へ搬送される。 ＜避難所への移動＞ ライフラインの不備により自宅に留まった人が避難所へ移動する。 ・「自宅に留まる人数」、「ライフライン被害世帯数」、「ライフライン不備による被害率」から「避難者数」算出 ＜帰宅移動＞ 帰宅行動が発生する。 ・「建物被害度(中破(=床上浸水)、小破(=床上浸水))」、「建物床面積」及び「標準瓦礫発生量」から「災害ゴミ量」の算出 ・「災害ゴミ量」は、ほとんど道路に搬出される。 洗浄用水量 ・「建物被害度(中破(=床上浸水)、小破(=床上浸水))」、「建物床面積」から「清掃用水量」の算出 消毒薬量 ・「被害棟数」から「消毒用資材量」の算出 ＜生活物資確保(自宅に留まる人)＞ 生活物資確保に関して ・「自宅に留まる人数」から「必要物資量」の算出 ・「自宅に留まる人数」から「物資供給所」への往復量の算出 ＜一般企業の活動(3日目を想定)＞ 一般の企業は被災後3日目から、ほぼ通常業務が開始される。 自宅から仕事場へ移動する人が発生する	／住宅地／ ＜避難所への移動＞ 避難指示・避難勧告(土砂害等の2次災害防止)による避難 ・「防災点検」の結果から「影響世帯」を算出し「避難者数」の算出 避難指示・避難勧告(建物被害の判断)による避難 ＜自宅への移動＞ ライフラインの復旧による帰宅行動 ・「ライフラインの「復旧率」から「自宅に留まる人」の算出 ・「避難所」から自宅へ移動する。 ＜片付け＞ 避難所・自宅に居る人が、地震後の片づけを行なう。 ・「避難者数」から、「片づけに戻る人数」の算出 ・「自宅に留まる人」から「片づけを行なう人数」の算出 片づけを行なうにつれて災害ゴミが発生し、浸水による片づけを行なうための資材が必要となる。 災害ゴミ量 ・「建物被害度(中破(=床上浸水)、小破(=床上浸水))」、「建物床面積」及び「標準瓦礫発生量」から「災害ゴミ量」の算出 ・「災害ゴミ量」は、ほとんど道路に搬出される。 洗浄用水量 ・「建物被害度(中破(=床上浸水)、小破(=床上浸水))」、「建物床面積」から「清掃用水量」の算出 消毒薬量 ・「被害棟数」から「消毒用資材量」の算出 ＜生活物資確保(自宅に留まる人)＞ 生活物資確保に関して ・「自宅に留まる人数」から「必要物資量」の算出 ・「自宅に留まる人数」から「物資供給所」への往復量の算出 ＜一般企業の活動(3日目を想定)＞ 一般の企業は被災後3日目から、ほぼ通常業務が開始される。 自宅から仕事場へ移動する人が発生する	

表 4-25(3) 災害拠点での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／災害拠点／ ・救助の拠点(警察署・消防署を想定)。常に「救出に向かえる人数」が居る。 ・ライフライン企業の活動拠点(工事事務所等)が想定される。常に「対応に向かえる人数」が居る。 ・災害拠点では、地震発生→救助準備→住宅地(地震被害のみ)へ移動→住宅地(地震+津波被害)へ移動→避難所運営→応援部隊の受け入れ <入力項目> 救助隊の「隊員数」 復旧班の「班員数」 応援の「救助隊数」 応援の「対応班数」 <出力項目> 救助に関して「救助隊数」 ライフラインに関して「対応班数」 避難所運営に関して「必要資材数」	／災害拠点／ <救助準備> 救助活動の準備として、救助隊を準備する。 救助人数 ・「救出に向かえる人数」と「隊員数」から「救助隊数」の算出 <点検・復旧準備> ライフライン企業は、ライフラインの被害発生への準備として「対応班」を準備する。 ・発生時の「対応班数」の算出 <避難所運営の準備> ・避難所開設の準備を行なう。	／災害拠点／ <救出活動> 地震被害地へ移動 ・地震による被害箇所へ向けて「救助隊」が移動する。 <点検復旧活動> 地震被害地へ移動 ・地震による被害箇所へ向けて「対応隊」が移動する。 <避難所運営に関して> 避難所開設 ・避難所運営に関わる「必要資材」を「避難所」へ搬送する。 ・避難所と災害拠点の連絡網の作成 物資集積所開設 ・物資集積所運営に関わる「必要資材」を「物資集積所」へ搬送する。 ・物資集積所と災害拠点の連絡網の作成			／災害拠点／ <救出活動> 外部からの受け入れ ・外部からの「救助隊」を受け入れる 地震・津波被害地へ移動 ・地震・津波による被害箇所へ向けて「救助隊」が移動する。 <点検復旧活動> 外部からの受け入れ ・外部からの「対応班」の受け入れ。 地震・津波被害地へ移動 ・地震による被害箇所へ向けて「対応班」が移動する。 <避難所運営に関して> ・「避難所」から「必要物資量の情報」の収集と集約 ・「必要物資量の情報」を「物資集積所」へ伝達 <避難所運営に関して> ・「避難所」から「必要物資量の情報」の収集と集約 ・「必要物資量の情報」を「物資集積所」へ伝達	／災害拠点／ <点検・復旧活動> 外部からの受け入れ ・外部からの「対応班」の受け入れ。 地震・津波被害地へ移動 ・地震による被害箇所へ向けて「対応班」が移動する。 <避難所運営に関して> ・「避難所」から「必要物資量の情報」の収集と集約 ・「必要物資量の情報」を「物資集積所」へ伝達

表 4-25 (4) 医療施設での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／医療施設／ ・病院等を想定する。 ・病院は、地震による被災を受け、高度な処置ができない場合は転送を行なう。 ・医療施設では、地震発生→施設被害→転送患者の把握・準備―被災者の受け入れ―被災者処置―転送手段の受け入れ→転送―応援の受け入れの順(一部並列)に進む <入力項目> 地震動 救出者数 負傷者数 負傷者以外の患者 <出力項目> 提供可能な医療数 転送者数 負傷者数 転送者数 入院者数 避難所へ移動人数 自宅へ移動人数	／医療施設／ <医療施設の被害> 地震動による医療施設被害 ・「地震動」から「医療施設の被災度」の推定 医療施設の容量 ・「被災度」から「提供可能な医療機会」の推定 転送患者数の把握 ・病院の「被災度」から「転送者(病院の被災により処置ができなくなった患者を想定)数」の推定	地震～津波まで	／医療施設／ <地震による負傷者の受け入れ> 地震による負傷者が運ばれてくる。 ・住宅地から自助互助等による「救出者」「負傷者」が自家用車で運ばれてくる。 ・「救出者」が状況に応じて「負傷者」になる。 <処置> 運ばれてきた負傷者に対して、処置が行なわれる。 ・「負傷者」の程度に応じて「入院」、「転送」、「帰宅」の処置(「入院」に対応できない場合は「転送」となる。) ・「帰宅」の処置者は、「避難所」もしくは「自宅」に移動 ・処置を行なう事により「提供可能な医療機会」が減少する。	／医療施設／ <地震による負傷者の受け入れ> 地震による負傷者が運ばれてくる ・住宅地から自助互助等による「救出者」「負傷者」が自家用車で運ばれてくる。 ・住宅地から公助等による「救出者」「負傷者」が救急車で運ばれてくる。 ・「救出者」が状況に応じて「負傷者」になる。 <処置> 運ばれてきた負傷者に対して、処置が行なわれる。 ・「負傷者」の程度に応じて「入院」、「転送」、「帰宅」の処置(「入院」に対応できない場合は「転送」となる。) ・「帰宅」の処置者は、「避難所」もしくは「自宅」に移動 ・処置を行なう事により「提供可能な医療機会」が減少する。 <転送者の転送> 処置で転送となった患者は外部から引き取られる。 ・道路網の外部より「転送手段(救急車、ヘリコプター)」の受け入れ ・「転送者」の道路網の外部への転送	／医療施設／ <応援の受け入れ> 近い県・市から医療の応援がある。 ・道路網の外部より医療資材・医療支援(医者・看護師)の応援の受け入れ ・応援により「提供可能な医療機会」が増加する。 <地震・津波による負傷者の受け入れ> 地震・津波による負傷者が運ばれてくる。 ・住宅地で自助互助等による「救出者」「負傷者」が救急車で運ばれてくる。 ・「救出者」が状況に応じて「負傷者」になる。 ・住宅地で公助等による「救出者」「負傷者」が救急車で運ばれてくる。 ・「救出者」が状況に応じて「負傷者」になる。 <処置> 運ばれてきた負傷者に対して、処置が行なわれる。 ・「負傷者」の程度に応じて「入院」、「転送」、「帰宅」の処置(「入院」に対応できない場合は「転送」となる。) ・「帰宅」の処置者は、「避難所」もしくは「自宅」に移動 ・処置を行なう事により「提供可能な医療機会」が減少する。 <転送者の転送> 処置で転送となった患者は外部から引き取られる。 ・道路網の外部より「転送手段(救急車、ヘリコプター)」の受け入れ ・「転送者」の道路網の外部への転送	／医療施設／ <応援の受け入れ> 遠くの県から医療の応援がある。 ・道路網の外部より医療資材・医療支援(医者・看護師)の応援の受け入れ ・応援により「提供可能な医療機会」が増加する。 <被災者の受け入れ> 地震・津波による負傷者が運ばれてくる。 ・住宅地で公助等による「救出者」「負傷者」が救急車で運ばれてくる。 ・「救出者」が状況に応じて「負傷者」になる。 ・避難所や住宅地から内科患者が来る ・住宅地・避難所より外傷以外の患者(持病を持った通院の必要な患者、風邪等の内科患者)が来る。 <処置> 運ばれてきた負傷者に対して、処置が行なわれる。 ・「負傷者」の程度に応じて「入院」、「転送」、「帰宅」の処置(「入院」に対応できない場合は「転送」となる。) ・「帰宅」の処置者は、「避難所」もしくは「自宅」に移動 ・処置を行なう事により「提供可能な医療機会」が減少する。 <被災者の転送> 処置で転送となった患者は外部から引き取られる。 ・道路網の外部より「転送手段(救急車、ヘリコプター)」の受け入れ ・「転送者」の道路網外部への転送

表 4-25(5) 避難所での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／避難所／ ・災害後に、災害拠点から資機材が到着し避難所が開かれる。 ・避難所には、小中学校、公民館などが想定される ・避難所では、地震発生→施設使用の判断→避難所開設→必要機材の受け入れ→避難者受け入れ→避難者数の把握→必要物資量の確保→避難者の帰宅の順で進む <入力項目> ・避難者数 ・圏外への移動率 ・備蓄量 ・必要単位量(ライフラインの代替え手段) ・消費量／日 <出力項目> ・避難所人数 ・必要生活物資量 ・必要機材量(ライフラインの代替え手段) ・必要維持物資量(ライフラインの代替え手段)	／避難所／ <避難施設の使用の可否> 地震動による避難所被害 ・「地震動」から「避難所の被災度」の推定 ・「避難所の被災度」から避難所としての使用の可否を決定する			／避難所／ <開設> 避難所の開設を行なう ・災害拠点より、資機材の移動し避難所を開設。 <避難所人数の増加> 地震被害を受けた住宅地より避難者が到着する。 ・住宅地から「避難者」が移動し「避難所人数」が増加。 避難者は車により避難してくる場合もある ・「避難者」の数から「避難車両」の推定	／避難所／ <避難所人数の増減> 津波の危険性から一時避難所へ移動した避難者が避難所へ移動してくる。 ・一時避難所から「避難者」が移動し「避難所人数」が増加。 ・津波からの避難者は、食料・水・毛布等の必要生活物資が初日から必ず必要となる。 地震被害を受けた住宅地よりライフラインの不備により避難所へ移動してくる。 ・住宅地から「避難者」が移動し「避難所数」が増加。 ・避難者は車により移動してくる場合もある。 圏外の親戚・知り合いの所へ避難者が移動する。 ・「避難所人数」と「圏外への移動率」から「避難所人数」が減少 <必要物資(初日)> 避難所に居る避難者が生活を行なう。生活を行なうには、必要生活物資(食料・水・毛布、燃料など)を消費する。 ・「避難者数」、「備蓄量」、「消費量/日」から「必要生活物資量」の推定 ・「必要生活物資量の情報」を災害拠点に連絡される ・物資集積所から「必要生活物資」の受け入れ 車両で避難してきた場合、燃料が必要となる。 ・ライフライン企業(GS)での個別補充が想定される <必要機材(初日)> 避難所のライフラインに不備がある場合、代替え手段が必要となる。 (停電＝灯、暖冷房) ・「避難者数」から「必要機材量(電気)」の算出 ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要機材量(温度調節)」推定 ・電源車、投光車、暖房機材の受け入れ (ガス＝調理手段) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要機材量」の推定 ・調理機材などの受け入れ (水・ガス＝お風呂) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要機材量」の推定 ・仮設風呂などの受け入れ (下水＝トイレ) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要量(簡易トイレ)」推定 ・仮設トイレの設置	地震被害を受けた住宅地よりライフラインの不備により避難所へ移動してくる。 ・住宅地から「避難者」が移動し「避難所数」が増加。 ライフラインの復旧により帰宅する。 ・「避難所人数」が減少。 圏外の親戚・知り合いの所へ移動する。 ・「避難所人数」と「圏外への移動率」から「避難所人数」が減少 <避難所人数の一時的な増減> 避難所から自宅の片づけや、通勤を行なう為に一時的な移動を行なう。 ・地震後の後片づけのために、自宅に戻る ・安否確認のために、自宅に戻る ・持病や風邪等のために、医療施設へ行く。 ・避難所からの一般企業への通勤を行なう(3日目以降) <必要物資量(生活を維持する為)> 避難所に居る避難者が生活を行なう。生活を行なうには、消費量/日で必要生活物資(食料・水・毛布、燃料など)を消費する。 ・「避難者数」、「消費量/日」から「必要生活物資量」の推定 ・「必要生活物資量の情報」を災害拠点に連絡 ・物資集積所から「必要生活物資」の受け入れ 車両で避難してきた場合、燃料が必要となる。 ・ライフライン企業(GS)での個別補充が想定される <必要物資(機材を維持する為)> 避難所のライフラインに不備がある場合、代替え手段が必要となる。代替え手段には維持が必要となる。消費量/日で必要維持物資(燃料、汲み取り)を消費する。 ・「必要維持物資量の情報」を災害拠点に連絡 ・物資集積所から「必要維持物資」の受け入れ (停電＝灯、温度調節手段) ・「避難者数」から「必要機材量(電気)」の算出 ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要維持物資量」として燃料などを推定 (ガス＝調理手段) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要機材量」の算出 ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要維持物資量」として燃料などを推定 (水・ガス＝お風呂) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要機材量」の算出 ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要維持物資量」として燃料・水などを推定 (下水) ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要量(簡易トイレ)」の推定 ・「避難者数」、「使用単位量」から「必要維持物資量」として汲み取りの手間などを推定

表 4-25(6) 物資集積所での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波2波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／物資集積所／ ・救出優先時期以降、道路網の外部から援助物資が届く ・避難所必要な必要生活物資量(食料、衣料・毛布などを想定)を仕分けして配送する。 ・必要生活物資量の情報は災害拠点から得る。 <入力項目> ・地震動 ・備蓄量 ・応援物資量(必要生活物資、必要維持物資) <出力項目> ・施設の被災度 ・集積所内の必要生活物資量 ・集積所内の必要維持物資量 ・配送車両 ・仕分け要員	／物資集積所／ <施設被害> 地震動による施設被害 ・「地震動」から「施設の被災度」の推定 施設の使用可否を決定する ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否			／物資集積所／ <開設> 物資集積所を開設する。 ・災害拠点より、資機材・要員を移動し物資集積所を開設。 ・集積所内の「備蓄量」を確認し、「集積所内の必要生活物資量」、「集積所内の必要維持物資量」を確認する。 ・避難所へ物資を配送する「配送車両」の手配を行なう ・物資の仕分けを行なう「要員」の手配を行なう。	／物資集積所／ <物資・要員の受入れ> 近くの県からの援助物資を受ける。 ・道路網の外部から援助物資として、「必要生活物資」「必要維持物資」を受け入れる ・道路網の外部から仕分けのための「仕分け要員」を受け入れる ・「集積所内の必要生活物資量」、「集積所内の必要維持物資量」が増加する。 <配送車両の受け入れ> 避難所に配送をする為の車両が集まる。 ・道路網外から「配送車両(応援の運送会社の車両を想定)」の受け入れ ・「災害拠点」から「配送車両(公的機関の車両を想定)」の受け入れ ・「配送車両」が増加する。 <物資の仕分け配送> 災害拠点からの情報により必要生活物資・必要維持物資が、仕分けされ避難所へ配送される。 <仕分け> ・災害拠点より「必要生活物資・必要維持物資量の情報」の把握をする ・「必要生活物資量、必要維持物資量」の仕分けを「仕分け要員」が行ない、「配送車両」に積み込む。 <配送> ・「必要生活物資量」を「配送車両」を用いて避難所へ配送する ・「集積所内の必要生活物資量」、「集積所内の必要維持物資量」が減少する。	／物資集積所／ <物資の受入れ> 遠くの県からの援助物資を受ける。 ・道路網の外部から援助物資として、「必要生活物資」を受け入れる ・道路網の外部から仕分けのための「仕分け要員」を受け入れる ・「集積所内の必要生活物資量」、「集積所内の必要維持物資量」が増加する。 <配送車両の受け入れ> 避難所に配送をする為の車両が集まる。 ・道路網外から「配送車両(応援の運送会社の車両を想定)」の受け入れ ・「災害拠点」から「配送車両(公的機関の車両を想定)」の受け入れ ・「配送車両」が増加する。 <物資の仕分け配送> 災害拠点からの情報により必要生活物資・必要維持物資が、仕分けされ避難所へ配送される。 <仕分け> ・災害拠点より「必要生活物資・必要維持物資量の情報」の把握をする ・「必要生活物資量、必要維持物資量」の仕分けを「仕分け要員」が行ない、「配送車両」に積み込む。 <配送> ・「必要生活物資量」を「配送車両」を用いて避難所へ配送する ・「集積所内の必要生活物資量」、「集積所内の必要維持物資量」が減少する。

表 4-25(7) 物資供給所（施設が津波に耐えられる場合）での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／物資供給所／ ・物資供給所として、大規模小売店、コンビニ等を想定する。 ・救出優先期後に、道路網外から物資が届く ・自宅に留まる人への物資販売を行なう。 ・物資集積所では、地震→津波からの避難→津波終了→救助・復旧・物資受け入れ→販売の順で行なう。 <入力項目> 自然外力 ・地震動 施設 ・施設の床面積 販売 ・自宅に留まる人 <出力項目> 施設の被害 ・施設の被災度 ・災害ゴミ量 ・清掃用水量 ・消毒用資材量 人的被害 ・施設内人数 ・要救助者数 ・救助者数 ・負傷者数 ・避難者数 販売 ・来店者 ・施設内の必要生活物資量	／物資集積所／ <施設被害> 地震動により施設被害が発生する ・「地震動」から「施設の被災度」の推定 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否を決定する。 <人的被害> 地震動により施設内で人的被害が発生する。 ・「施設の床面積」などから「施設内人数」の推定 ・「建物被災度」からの経験式で「要救助者数」を推定。「要救助者数」から「負傷者数」を推定	／物資集積所／ <津波からの避難> 施設が津波に耐えられる場合、津波からの避難は、施設上部へ向けて行なわれる ・津波に備えて、施設の下部に居た人は、施設の一部へ移動する。 ・「施設内人数」から「避難者」の推定		／物資集積所／ <人的被害> 津波により施設内の下部で要救助者から被災者が発生する。 ・「要救助者数」から「負傷者数」を推定 <施設被害> 津波により施設破壊には至らないが、施設被害が発生する。 ・津波により浸水や堆積土砂による建物被災が発生する。 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否を決定する。	／物資集積所／ <救助活動> 建物内救助に関して、消防・警察・店員による救助が行なわれる。 ・建物内の「要救助者数」から「救助者」を推定する。 ・救助者は、医療施設へ搬送される。 <施設の復旧> 建物が使用可能と判断された場合、施設の復旧を行なう。復旧は店員と応援の要員により行なわれる。 ・道路網外から「支援要員」の受け入れ ・「店員」による店舗の復旧 ・津波の被害に応じて、復旧時に災害ゴミが発生し、浸水による清掃・消毒作業が行なわれる。 ・「施設の被災度」に応じた「災害ゴミ量」の推定 ・「施設の被災度」に応じた「清掃用水量」「消毒用資材量」の推定 <物資の受入れ> 復旧後、道路網の外から仕入れを行ない、販売を再開する。 ・道路網外から「必要生活物資」の仕入れを行なう。 ・「施設内の必要生活物資量」が増加する。 <販売> 主に住宅地で自宅に留まっている人が、必要生活物資を購入に来る。 ・住宅地の「自宅に留まる人」から「来店者」を推定。 ・「来店者」から必要生活物資の販売量を推定 ・販売により「施設内の必要生活物資量」が減少する。	／物資集積所／ <施設の復旧> 建物が使用可能と判断された場合、施設の復旧を行なう。復旧は店員と応援の要員により行なわれる。 ・道路網外から「支援要員」の受け入れ ・「店員」による店舗の復旧 ・津波の被害に応じて、復旧時に災害ゴミが発生し、浸水による清掃・消毒作業が行なわれる。 ・「施設の被災度」に応じた「災害ゴミ量」の推定 ・「浸水面積」に応じた「清掃用水量」「消毒用資材量」の推定 <物資の受入れ> 復旧後、道路網の外から仕入れを行ない、販売を再開する。 ・道路網外から「必要生活物資」の仕入れを行なう。 ・「施設内の必要生活物資量」が増加する。 <販売> 主に住宅地で自宅に留まっている人が、必要生活物資を購入に来る。 ・住宅地の「自宅に留まる人」から「来店者」を推定。 ・「来店者」から必要生活物資の販売量を推定 ・販売により「施設内の必要生活物資量」が減少する。

表 4-25 (8) 物資供給所（施設が津波に耐えられない場合）での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／物資供給所／ ・物資供給所として、大規模小売店、コンビニ等を想定する。 ・災害後の、営業再開には、時間を要する。 ・物資集積所では、地震→津波からの避難→津波終了→救助の順で行なう。 ＜入力項目＞ 自然外力 ・地震動 施設 ・施設の床面積 避難 ・避難意識 ＜出力項目＞ 施設の被害 ・施設の被災度 人的被害 ・施設内人数 ・要救助者数 ・救助者数 ・負傷者数 ・避難者数	／物資集積所／ ＜施設被害＞ 地震動により施設被害が発生する ・「地震動」から「施設の被災度」の推定 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否を決定する。 ＜人的被害＞ 地震動により施設内で人的被害が発生する。 ・「施設の床面積」などから「施設内人数」の推定 ・「建物被災度」からの経験式で「要救助者数」を推定。「要救助者数」から「負傷者数」を推定	／物資集積所／ ＜津波からの避難＞ 施設内にいる人が、津波からの避難を行なう。 ・最寄りの一時避難所（道路上で津波の影響の無い所を想定）に避難をする。 ・「施設内人数」、「要救助者数」、「避難意識」から「避難者数」を推定する。 ・「施設内人数」、「要救助者数」、「避難意識」から「避難しなかった人」の推定		／物資集積所／ ＜施設被害＞ 津波により施設被害が発生する。 ・津波による「浸水深」から「施設の被災度」の推定 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否（短時間での復旧は難しいと考えられる。） ＜人的被害＞ 施設内で「避難しなかった人」から被災者が発生する。 ・「建物被害度」、「避難しなかった人」から経験式で「要救助者数」を算出。「要救助者数」から「負傷者数」を推定	／物資集積所／ ＜救助活動＞ 建物内救助に関して、消防・警察・店員による救助が行なわれる。 ・建物内の「要救助者数」から「救助者」を推定する。 ・救助者は、医療施設へ搬送される。	

表 4-25(9) 物資供給所（施設が津波が来ない場合）での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／物資供給所／ ・物資供給所として、大規模小売店、コンビニ等を想定する。 ・災害後に、速やかに営業を災害する。 ・救出優先期後に、道路網外から物資が届く ・自宅に留まる人への物資販売を行なう。 ・物資集積所では、地震→救助・復旧・物資受け入れ→販売の順で行なう。 <入力項目> 自然外力 ・地震動 施設 ・施設の床面積 販売 ・店員 ・支援要員 ・自宅に留まる人 <出力項目> 施設の被害 ・施設の被災度 ・災害ゴミ量 人的被害 ・施設内人数 ・要救助者数 ・救助者数 ・負傷者数 販売 ・来店者 ・施設内の必要生活物資量	／物資集積所／ <施設被害> 地震動により施設被害が発生する ・「地震動」から「施設の被災度」の推定 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否 <人的被害> 地震動により施設内で人的被害が発生する。 ・「施設」の「床面積」などから「施設内人数」の推定 ・「建物被災度」からの経験式で「要救助者数」を推定。「要救助者数」から「負傷者数」を推定	／物資集積所／ <救助活動> 建物内救助に関して、消防・警察・店員による救助が行なわれる。 ・建物内の「要救助者数」から「救助者」を推定する。 ・救助者は、医療施設へ搬送される。			／物資集積所／ <施設の復旧> 建物が使用可能と判断された場合、施設の復旧を行なう。復旧は店員と近所の応援の要員により行なわれる。 ・道路網外から「支援要員」の受け入れ ・「店員」による店舗の復旧 被害に応じて、復旧時に災害ゴミが発生する。 ・「施設の被災度」に応じた「災害ゴミ量」の推定 <物資の受入れ> 復旧後、道路網の外から仕入れを行ない、販売を再開する。 ・道路網外から「必要生活物資」の仕入れを行なう。 ・「施設内の必要生活物資量」が増加する。 <販売> 主に住宅地で自宅に留まっている人が、必要生活物資を購入に来る。 ・住宅地の「自宅に留まる人」から「来店者」を推定。 ・「来店者」から必要生活物資の販売量を推定 ・販売により「施設内の必要生活物資量」が減少する。	／物資集積所／ <施設の復旧> 建物が使用可能と判断された場合、施設の復旧を行なう。復旧は店員と遠方の応援の要員により行なわれる。 ・道路網外から「支援要員」の受け入れ ・「店員」による店舗の復旧 被害に応じて、復旧時に災害ゴミが発生する。 ・「施設の被災度」に応じた「災害ゴミ量」の推定 <物資の受入れ> 復旧後、道路網の外から仕入れを行ない、販売を再開する。 ・道路網外から「必要生活物資」の仕入れを行なう。 ・「施設内の必要生活物資量」が増加する。 <販売> 主に住宅地で自宅に留まっている人が、必要生活物資を購入に来る。 ・住宅地の「自宅に留まる人」から「来店者」を推定。 ・「来店者」から必要生活物資の販売量を推定 ・販売により「施設内の必要生活物資量」が減少する。

表 4-25(10) 仮置場での状況

想定時間帯	発生	～数分	～数分	～数10分	～24時間	～数日
状況	災害拡大	地震～津波まで	津波1波来襲	津波n波来襲	救出優先	応急復旧・片付
道路周辺での状況 ／仮置場／ ・仮置場として、造成地等の施錠された柵に囲まれた空き地を想定する。 ・仮置場では、地震→津波→設置→ゴミの回収・集積の順に進む ＜入力項目＞ 自然外力 ・地震動 ・浸水深 ・平均回収量／台 ・回収車両数 ＜出力項目＞ ・施設の被災度 ・施設の容量 ・回収台数 ・施設内の災害ゴミ量	／仮置場／ ＜施設被害＞ 地震動による施設被害 ・「地震動」から、液状化による「施設の被災度」を検討する。 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否を決定する。	・		／仮置場／ ／津波の影響がある場合／ ＜施設被害＞ 津波による施設被害 ・「浸水深」から「施設の被災度」の算出 ・「施設の被災度」から施設としての使用の可否		／仮置場／ ＜開設＞ 施設が仮置場として使用可能と判断された場合に、仮置場を開設し、ゴミ回収の車両を手配する ・災害拠点より、資機材・要員を移動し仮置場を開設し、「仮置場の容量」を推定する。 ・災害ゴミを回収する「回収車両」の手配を行なう ＜回収＞ 住宅地での住民の片づけ等により災害ゴミが道路に排出される。排出された災害ゴミを回収し、仮置場に集める。 ・住宅地から出る「災害ゴミ量」の推定 ・「災害ゴミ量」と「回収量／台」より回収車が何台必要になるかを推定する。 ・「施設内の災害ゴミ量」が増加する。 ＜満杯＞ 仮置場が満杯になったら、別の仮置場を用いる。 ・「仮置場の容量」と「施設内の災害ゴミ量」を比較し満杯を決定する。

表 4-26 被害事象から評価項目の抽出

被害事象	種別	損失内容	被災要因	評価項目	種別	被災要因
<地震発生時>				道路施設の物的損失	直接被害	地震動
道路施設の地震動による被害	直接	物的損失(道路施設)	地震動	道路利用者の人的・物的損失		
・橋梁				添架ライフライン・橋梁下の物的損失		
・盛土				道路施設の物的損失		津波
・崖崩れ				道路施設への土砂堆積・溜水		
・建物崩壊による道路閉塞				道路施設へのゴミ		
添架ライフラインの地震動による被害	直接	物的損失(ライフライン)	地震動	道路利用者の人的・物的損失	間接被害	津波
添架ライフラインの供給停止	間接	空間機能低下	地震動	添架ライフラインの物的損失		
地震動による人的被害(通過車両・人)	直接	人的損失	地震動	津波からの避難		津波
<津波からの避難>				救助車両の通行障害		
津波からの避難支障	間接	交通機能低下	津波	交通事故増加		
救助車両の通行障害	間接	交通機能低下	津波	迂回損失		地震＋津波
交通事故の発生	間接	交通機能低下	津波	生活維持物資の確保への障害		
<津波1波来襲>				救護車両の通行障害		
道路施設(河川橋梁)の津波による被害	直接	物的損失(道路施設)	津波	復旧工事車両の通行障害		
・橋梁				物資輸送車両の通行障害		
添架ライフラインの津波による被害	直接	物的損失(ライフライン)	津波	避難支障		
添架ライフラインの供給停止	間接	空間機能低下	津波	安否・状況確認への障害		
津波による人的被害(通過車両・人)	直接	人的損失	津波	添架ライフライン・橋梁下施設の供給停止		
津波による人的被害(避難住民)	直接	人的損失	津波	交通の取り止め		
<津波n波来襲>				公共サービスの低下		
道路施設の津波による被害	直接	物的損失(道路施設)	津波	交通事故増加		
・橋梁						
・盛土						
道路施設への土砂堆積・溜水						
・道路面(土砂堆積)						
・道路面(溜水)						
添架ライフラインの津波による被害	直接	物的損失(ライフライン)	津波			
津波による人的被害(通過車両・人)	直接	人的損失	津波			
津波による人的被害(避難住民)	直接	人的損失	津波			
<救出期>						
救助車両への通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
資機材輸送時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
復旧作業時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
安否・状況確認への通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
<応急復旧・片付け期>						
道路施設の被害(ゴミ)	直接	物的損失(道路閉塞)	地震動＋津波			
ゴミ回収時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
復旧作業時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
施設維持の資機材輸送時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
安否・状況確認への通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
避難への通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
生活物資購入時の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			
企業活動の通行障害	間接	交通機能低下	地震動＋津波			

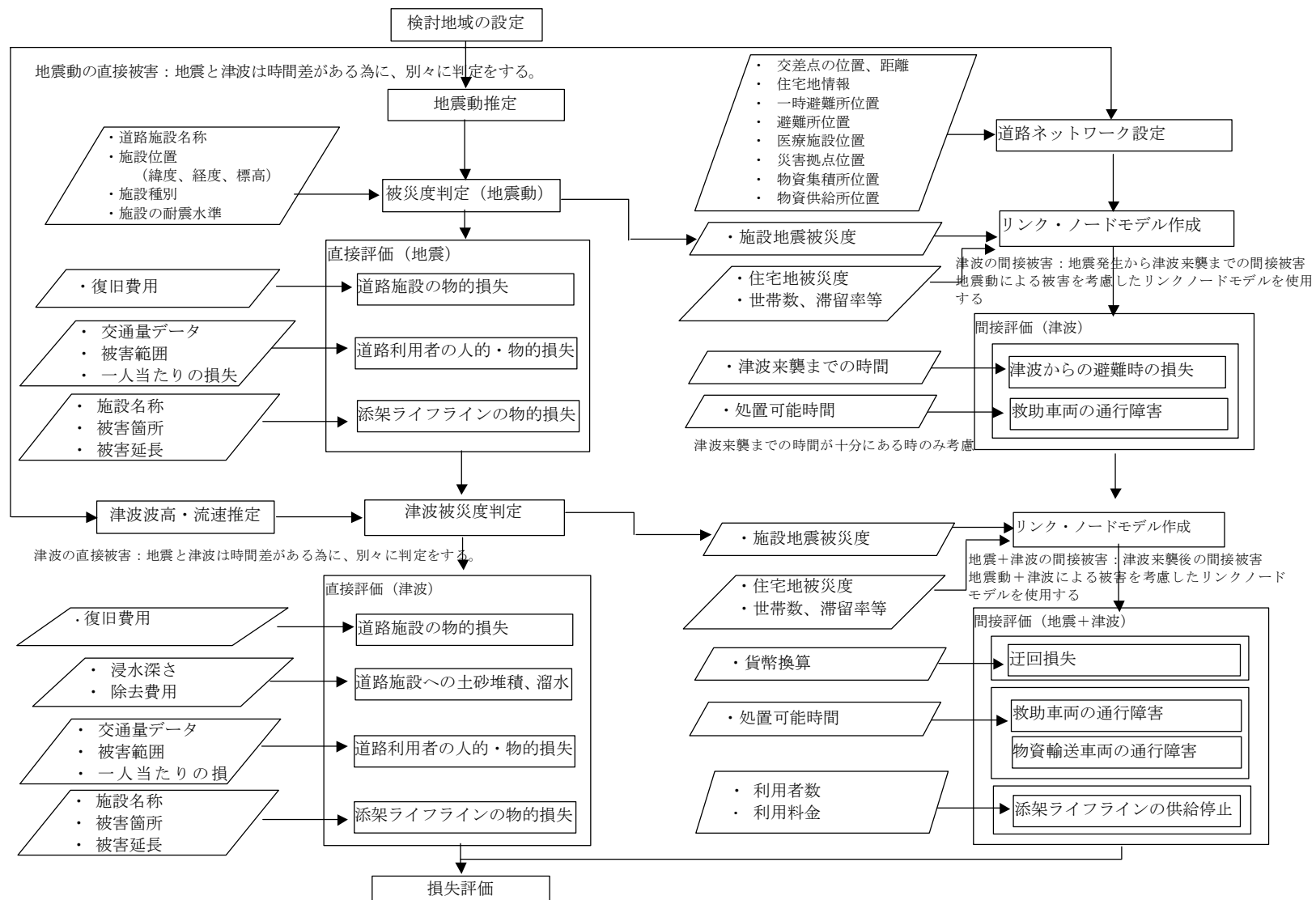


図 4-7 損失評価フロー

5. 津波避難に関わる通行障害の検討

前章では、経済的損失の評価について検討した。素案として作成した経済損失の評価フローのうち、津波特有の避難に関わる部分を対象として、本章では、避難に関わる通行障害による人的損失の推定手法を検討する。この手法の対象は以下の通りである。

- ・そのエリアへの津波到着時間前に、避難可能な人の中で避難意思のある人が、避難場所に行くことを避難とし、その避難時の通行障害による人的損失を対象とする。

また、提案する算定手法は、以下の手順での算定とした。

- ①被災地域のモデル化と諸条件の設定を海岸沿いでのモデルをもとに説明する。
- ②避難に関わる通行障害の評価を①のモデルをもとに説明する。

5.1 被災地域のモデル化と諸条件の設定

以下の3点を設定することにより、被災地域をモデル化する。

- ・各エリアの代表点とするノード
 - ・機能をもつノード
 - ・各エリアの代表点を結ぶ線上での一時避難所（津波の浸水深より高くなる地点）
- 諸条件として、以下の4点を設定する。
- ・地震発生時間
 - ・地域の特徴
 - ・各エリアへの外力（地震動（PGV）、津波（浸水深、割合））
 - ・各エリアの特徴（建物数、住民数）

各諸条件は表 5-1 のようにまとめる。

表 5-1 各ノードの条件

ノード	地震外力 (PGV)	津波外力		来襲時間	建物数	住民数
		浸水深	割合			

例として図 5-1 に示す地震後に津波による浸水を受ける海岸沿いのモデルを仮定する。この海岸沿いのモデルでは、住宅地のノード（1～9の各住宅地の代表点とする）、機能をもつノード（避難所災害拠点、集積所、避難所 1, 2、医療施設、スーパー 1, 2（1 は一時避難所）、仮置場）、一時避難所をもつ。ただし、避難の検討では、住宅地のノード、避難所、一時避難所のみを使用した。モデル以外の諸条件を以下の様に仮定した。

- ・発生は、夕方 18:00 頃
- ・多くの住人は、幹線道路を用いて圏外に通勤している。
- ・津波に対する避難は、海から遠ざかる方向の最短位置を目指すとする。

また、図 5-1 のモデル内で使用する数値について、各ノードの条件を表 5-2、各エリア間の条件を表 5-3 のように仮定した。

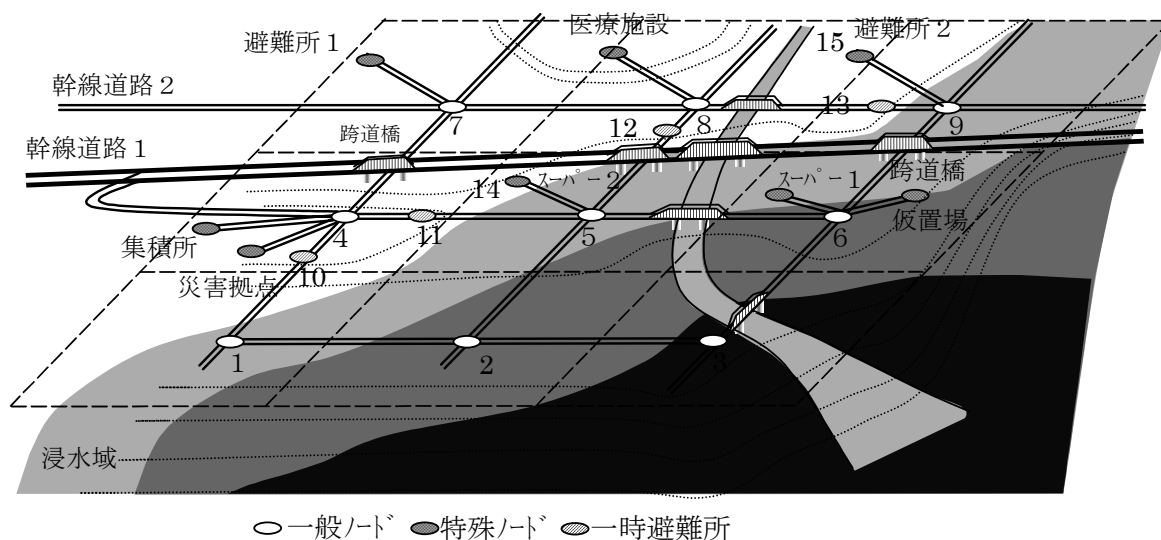


図 5-1 被災地域のモデル

表 5-2 各ノードの条件

ノード	地震外力 (PGV)	津波外力		来襲時間	建物数	住民数
		浸水深	割合			
1	100kine	1～2m	10%	18分	50	130
		0～1m	25%			
2	100kine	1～2m	75%	18分	50	130
		0～1m	25%			
3	100kine	3m～	75%	15分	50	130
		1～2m	25%			
4	100kine	浸水被害無し			50	130
5	100kine	1～2m	25%	18分	50	130
		0～1m	50%			
		無し	25%			
6	100kine	2m～	75%	18分	50	130
		0～2m	25%			
7	100kine	浸水被害無し			50	130
8	100kine	浸水被害無し			50	130
9	100kine	1～2m		18分	50	130
		0～1m				

※ エリア内の建物は、設計年度毎に想定する（本検討では 1982 以降の建物のみとした）。

表 5-3 エリア間の条件

エリア間	距離 (m)	施設	津波外力		平均交通量 (台/h)
			浸水深(m)	割合(%)	
1→2	300m		0～2m	50%	50
			2m	50%	
1→4	300m	・一時避難所(10) (1から75%地点)	0～2m	25%	50
2→3	300m		2m	100%	50
2→5	300m		0～2m	25%	50
			2m	75%	
3→6	300m	・河川橋梁	2m	100%	50
4→5	300m	・一時避難所(11) (4から25%地点)	0～2m	50%	50
			無し	50%	
4→7	300m	・跨道橋	浸水無し		50
5→6	300m	・河川橋梁	0～2m	25%	50
			2m	75%	
5→8	300m	・跨道橋 ・一時避難所(12) (5から75%地点)	0～2m	50%	50
			無し	50%	
6→9	300m	・跨道橋	0～2m	100%	50
7→8	300m		浸水無し		200
8→9	300m	・河川橋梁 ・一時避難所(13) (8から75%地点)	0～2m	25%	200
4→ノード外			浸水無し		
7→ノード外			浸水無し		
9→ノード外			0～2m	100%	
4→災害拠点	100m				
4→集積所	100m				
5→スーパー2	100m		0～2m	75%	
6→スーパー1	100m		0～2m	100%	
6→仮置場	100m		2m	100%	
7→避難所1	100m				
8→医療施設	100m				
9→避難所2	100m		0～2m	25%	

5.2 避難に関わる通行障害の算出

通行障害の算出は、各住宅地ノードで行う。各住宅地ノードで以下の推定を行う。

- ① 避難経路と最短避難時間の算出
- ② 避難人数の算出
- ③ 通行障害による通行可否の判断

(1) 避難経路と最短避難時間

対象とした住宅地ノードでの避難経路と最短避難時間の算出を以下の手順で行う。

- A. 対象としたノードから考えられる避難路（一時避難所、避難所までの経路）を検討する。但し、津波に対する避難は、海から遠ざかる方向を目指すとする。避難距離として、各避難路の距離を避難距離として算出する。
- B. 避難時間は、避難意識による差異を考慮する。具体的には、地震直後の避難については避難準備時間のみ、津波警報後の避難については避難準備時間＋津波警報までの時間をそれぞれ移動時間に加えることにより、避難意識による差異を考慮する。
- C. 避難速度は、津波避難ビルに関わるガイドライン検討会第2回・資料3¹¹⁾に基づき、老人の避難速度 1.3m/秒（78m/分、4680m/時）を使用する。
- D. 通行障害の無い場合の避難の可否を判断する。
- E. 地震直後に津波来襲までに避難可能な経路が複数ある場合は、各経路を等分に避難が行われるとする。

例) ノード3での事例

例として、上で仮定した沿岸部の事例の中で、ノード3の場合を示す。ノード3は、津波来襲までの時間は15分である。

- A. ノード3からの避難経路のうち、最寄の一時避難所もしくは避難所までの経路は、表5-4の1列目に示す通り5通りとなる。各ノードまでの最短距離を避難距離として表5-4の2列目に示す。
- B. 避難意識の差異として、この例では、地震直後の避難では＋3分、警報後は＋8分を追加した。
- C. 最短距離に対し、老人の避難速度 78m/分を用いて移動時間を算出し表5-4の4列目に示す。
- D. 避難経路に支障が無い場合は、どの経路を用いても地震直後の避難であれば避難が可能なことが判った。（表5-4の6列目）
- E. 従って、地震直後の避難は5つの避難路を等分に避難すると考えられる。

表 5-4 ノード3での事例（津波来襲まで15分）

ノード3から陸側の避難所	避難距離	最短経路	移動時間	避難意識による差異			
				地震直後		警報後	
避難所2(15)	700m		9分	12分	避難可	17分	避難不可
8-9上の一時的避難所(13)	625m	○	8.7分	11.7分	避難可	16.7分	避難不可
スーパー2(14)	700m		9分	12分	避難可	17分	避難不可
5-8上の一時的避難所(12)	825m		10.6分	13.6分	避難可	18.6分	避難不可
1-4上の一時的避難所(10)	825m		10.6分	13.6分	避難可	18.6分	避難不可

※ 避難速度は、老人の避難速度 1.3m/秒（78m/分、4680m/時）を使用

※ 津波直後の避難では避難準備として＋3分、津波警報後は避難準備＋3分と警報まで＋5分で計8分を追加する。

※ 避難の不可は、ノード3での津波来襲時間との比較で決定する。

(2) 避難人数の算出

対象としたエリアでの避難人数の算出は、エリア内の住民から、以下の影響を考

慮した人数とする。

- ① 地震による避難人数への影響
- ② 浸水エリアによる避難人数への影響
- ③ 避難意識の差異による避難人数への影響

1) 地震による避難人数への影響

対象エリアで、地震が発生すると建物崩壊等により住民の閉じ込めが生じる。閉じ込められた住民は、津波到達までの短時間では避難ができないと考えられる。

従って提案する手法では、避難人数を、「エリア内の住民数」から「閉じ込められた人数」を引いた人数とする。

地震による閉じ込め人数の推定は、以下の手順で行う。

- A. 地震による建物被災度の算出
- B. 閉じ込め人数の算出

A. 地震による建物被災度の算出

本手法では、建物被災（＝被害家屋率）を建築年度と最大地表速度から推定する地震被害想定支援マニュアル³⁵⁾の手法を用いる。式（5-1）に、木造建物を対象にした木造建物大破率の算出式を示す。算出した木造建物大破率に住宅数を乗じることによってエリア内の被災建物数を推定する（式（5-2））。

$$P(PGV) = \Phi \left\{ \frac{(\log(PGV) - \lambda)}{\varsigma} \right\} = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \varsigma} \cdot e^{-\frac{(\log(-\lambda))^2}{2\varsigma^2}} dx \quad (5-1)$$

$P(PGV)$: 最大地表速度毎の被害率

PGV : 最大地表速度

$\Phi(x)$: 標準正規分布の累積密度関数

λ : $\log(PGV)$ の平均値 (最大地表速度の自然対数値の平均)

ς : $\log(PGV)$ の標準偏差 (最大地表速度の自然対数値の標準偏差)

被災建物数

＝エリア内の住宅数×建物被災度

(5-2)

※但し、被災建物数は、建築年代毎に算出し合計する。

表 5-5（1）木造建物全損率の関数パラメタ（灘区） λ 及び ς

	～1951	1952 ～ 1961	1962 ～ 1971	1972 ～ 1981	1982～
λ	4.36	4.44	4.45	4.73	5.12
平均	4.42			4.73	5.12
ς	0.411	0.353	0.342	0.378	0.496
平均	0.369			0.378	0.496

表 5-5 (2) 木造建物全損率の関数パラメタ（西宮市） λ 及び ξ

	～1951	1952 ～ 1961	1962 ～ 1971	1972 ～ 1981	1982～
λ	4.27	4.48	4.52	4.75	5.32
平均	4.42			4.75	5.32
ξ	0.501	0.525	0.492	0.48	0.599
平均	0.506			0.48	0.599

B. 閉込め人数の算出

本手法では、閉込め人員（＝要救出者数）を、建物被災度、平均構成世帯人数、在宅率等から推定する神奈川県²²⁾の手法を用いる。式(5-3)に木造家屋を対象とした建物崩壊に伴う要救出者数、式(5-4)に家具崩壊等に伴う要救出者数の算出式を示す。また、PGV と震度の変換は、地震被害想定支援マニュアル³⁵⁾に示される式(5-5)を用いる。

・建物崩壊に伴う要救出者数

$$\begin{aligned} \text{要救出者数} &= \text{要救出箇所数} \times \text{平均滞在人数} \\ \text{要救出箇所} &= D1 \times P1 \times \text{閉込め率} \end{aligned} \quad (5-3)$$

$D1$ = 木造大破棟数 $\times$ 崩壊率

崩壊率 = $0.4 \times \text{震度} - 2.1$

$P1$ = 家屋内に人が居る確率 = $1 - nsh$

nsh = 平均滞在人数別に、家屋内に人が居ない確率

平均滞在人数 = 平均構成世帯人数 $\times$ 時間毎の在宅率

閉込め率 = 0.3

・家具崩壊等に伴う要救出者数

$$\begin{aligned} \text{要救出者数} &= \text{要救出箇所数} \times \text{平均滞在人数} \\ \text{要救出箇所} &= D2 \times P1 \times \text{家具閉込め率} \end{aligned} \quad (5-4)$$

$D2$ = 建物数 - (建物崩壊に伴う救出箇所数)

$P1$ = 家屋内に人が居る確率 = $1 - nsh$

nsh = 平均滞在人数別に、家屋内に人が居ない確率

平均滞在人数 = 平均構成世帯人数 $\times$ 時間毎の在宅率

家具閉込め率 = $0.09 \times \text{震度} - 0.485$

平均構成世帯人数²²⁾ : 2.6 人

在宅率²²⁾

00時～06時	06時～10時	10時～16時	16時～23時	23時～24時
100%	100～30%	30%	30～100%	100%

※ 6時～10時 : $(-(35/2)) \times \text{時刻} + 205$ %

※ 16時～23時 : $(10 \times \text{時刻}) - 130$ %

nsh²²⁾

平均滞在人数	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
nsh	0.55	0.45	0.37	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06

- ・ PGV と震度の変換

$$\text{震度} = 2.02 \times \log(\text{PGV}) + 2.4 \quad (5-5)$$

2) 津波浸水エリアによる避難人数への影響

本手法では、分割エリアを大きく取った場合、エリア内に津波による浸水が無い箇所が発生する。浸水が発生しない箇所では、住民の津波に対する避難行動は予想されない。

そこで、津波浸水エリアでの避難人数を、地震による影響を考慮（閉込人数を引いた後）した避難人数にエリア内の津波浸水率を乗じて推定する。エリア内の津波浸水率による避難人数の推定式を式(5-6)に示す。

$$\begin{aligned} \text{「津波浸水率による避難人数」} &= \text{「地震による影響を考慮した避難人数」} \\ &\times \text{「モデル作成時のエリア内の浸水率」} \end{aligned} \quad (5-6)$$

3) 避難意識による避難人数への影響

本手法では、避難意識による避難人数への影響評価を、住民数から地震・浸水による影響を除いた人数に対して行う。

避難意識の差異による避難人数の算出は、以下の手順で行う。

- ・ 地震直後に避難を開始する避難人数は、式(5-7)を用いて算出する。

$$\begin{aligned} \text{「地震直後の避難人数」} &= \text{「住民数から地震による影響を除いた人数」} \\ &\times \text{「地震後すぐに避難の割合」} \end{aligned} \quad (5-7)$$

- ・ 警報後の避難人数は、式(5-8)を用いて算出する。

$$\begin{aligned} \text{「警報後の避難人数」} &= \text{「住民数から地震による影響を除いた人数」} \\ &\times \text{「警報後に避難の割合」} \end{aligned} \quad (5-8)$$

避難意識については、「1993年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達」³⁶⁾での奥尻島・青苗地区のアンケート結果を用い表 5-6 の様に設定した。

表 5-6 避難意識

アンケート結果		分類	
揺れが治まらないうちに避難	23%	地震後すぐに避難	77.9%
津波が来ないうちに避難	54.9%		
津波が来てから避難	11.3%	警報後避難	11.3%
避難できなかった	4.4%	避難しない	10.8%
避難しなかった	0.5%		
その他・無回答	5.9%		

例) ノード3での事例

例として、上で仮定した沿岸部のモデルのノード3での事例を示す。

ノード3に付与されている地震動、建物数、住民数は、表 5-2 の値を用いる。

a.の手法に基づき、建物被災度を算出し被災建物数を 8 棟と算出し表 5-7 の 5 列目に示す。

b.の手法に基づき、閉じ込め人数の算出を建物 4 人、家具 6 人と算出し、表 5-7 の 6,7 列目に示す。閉じ込め人数の補正として、避難対象人数を $130 - (4 + 6)$ で 120 人と算出し表 5-7 の 8 列目に示す。

2)の手法に基づき浸水の補正を行う。エリア 3 での浸水率が 100%であることから、補正後の人数を 120 人として表 5-7 の 10 列目に示す。

4)の手法に基づき避難意識と判定を行う。避難意識の割合で分けると 94 人,14 人,12 人となる。また、避難意識毎の判定は、表 5-4 の最短経路での判定に従い、避難意識毎に全部の経路で避難可能な場合は○、一部可能な場合は△、全てダメな場合は×とする。非難意識毎の避難人数と判定を表 5-7 の 11~16 列目に示す。

結果として、評価対象である「ノード3での通行障害が発生していない場合の避難人数」は 94 人となる。

表 5-7 エリア3での算出例

エリア	PGV (kine)	建物 数	住民 数	被災 建物 数 (棟)	閉 込 め 人 数		避難 対象 (人)	浸 水		避難意識と判定						避難 人数
					建物 (人)	家具 (人)		率 (%)	補正 (人)	すぐに	警 報 後	逃げな い				
3	100	50	130	8	4	6	120	100	120	94	○	14	×	12	×	94 人

小数点以下は切り上げて表記した。在宅率は、18:00 なので 50%とする。本事例では平均世帯人数は、2.6 人を用いた。判定の○×△は、2)の最短経路による。

(3) 通行障害による津波避難への影響

対象とした住宅地ノードでの避難経路上での道路施設被災による通行障害の影響評価を行う。道路施設被災の影響評価は、地震による閉じ込め等の要因を除いた避難者のみを対象に行う。

1) 道路施設被災による通行障害の影響評価

本手法では、避難経路上の被害状況に応じて最短迂回経路を算定し、最短迂回経路で避難中に津波到着時間を超えた場合を避難中の被災とする。

避難箇所が複数ある場合には、住民が地震直後には道路被災状況を知り得ないと考えられることから、(1)に示のように各避難箇所へ住民が等分に分かれて避難すると仮定する。

着目路線の道路施設毎の被災度と通行可能性は、「道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究」³⁴⁾に基づき設定する(表 5-8)。なお、住民の避難速度は、(1)と同様に 1.3m/秒(津波避難ビルに関わるガイドライン検討会第 2 回・資料 3¹¹⁾)を使用する。

表 5-8(1) 橋梁の被災度と地震直後の通行可能性・影響率

被災度	軽微な損傷	中規模損傷	大規模被害	大被害	落橋
通行可否	可能	可能	可能	不可	不可

表 5-8(2) 盛土の被災度と地震直後の通行可能性・影響率

被災度	軽微な損傷	中規模損傷	大規模被害	大被害	崩壊
通行可否	可能	可能	可能	不可	不可

表 5-8(3) 斜面の被災度と地震直後の通行可能性・影響率

被災度	V<10m3	10m3<V<100m3	100m3<V	全面崩壊
通行可否	可能	可能	可能	不可

2) 津波に巻き込まれた場合の人的被害

本手法では、津波に巻き込まれた場合の人的被害は、中央防災会議による津波浸水時の死者率算出手法^{6) 27)}を用いて算出する。式(5-9)に、浸水深を用いた津波による死者率算出手法を示す。算出時の浸水深は、対象とするエリアの平均浸水深を用いる。

$$y = 0.0282e^{0.2328x} \quad (5-9)$$

x : 浸水深(m)

y : 死者率(%)

津波浸水時の死者率を用いた津波からの避難中の通行障害による人的被害は、式(5-10)で算出する。

「通行障害による人的 被害(死者数)」

(5-10)

=「対象とする避難所へ 避難中の人数」×「死者率」

例) エリア 3 での事例

例としてエリア3での事例を示す。この事例では、津波発生時の地震によりノード3→ノード6の間の橋梁が地震により落橋したと仮定した。

1)の影響評価の手法に基づき、避難経路として5通り、避難者は各経路を等分に割り 18or19人とする(

表 5-9 の5列目)。ノード3→ノード6の間の橋梁が落橋した場合この間での避難は不可能となる。従ってこのリンクを含む避難路には迂回が生じる。避難所2(ノード 15)の場合、最短経路は3→6→9→15で移動時間9分、迂回した場合は3→2→5→6→9→15で移動時間が16.6分となり被災の判定となる。また、ノード8-9間にある一時避難所ノード 13 の場合は、3→6→9→13で移動時間 8.7 分に対して、3→2→5→8→13で移動時間 14.4 分となり被災とはならない。判定結果を

表 5-9 の8列目に示す。

2)の人的被害の算出手法に基づき死者率を算出すると、平均浸水深 2.6m の死者率は 0.05 となる。従って、人的被害は 19 人×0.05 で1人となる。算出結果を

表 5-9 の 10 列目に示す。

以上より、ノード3での死者数1人に人的被害額を乗じるとノード3を中心とした住宅地での津波の避難に関わる通行障害による損失額となる。

表 5-9 エリア 3 での事例

ノード	避難者 (補正済)	平均 浸水深	避難所	避難 者数	最短移動時間		避難可 否 津波時	死者率	死者数
					平常時	津波時			
3	94人	2.6m	避難所2(15)	19	9分	16.6分	×	0.05	1
			8-9上の1次避難所(13)	19	8.7分	14.4分	○	—	—
			スーパー2(14)	19	9分	9分	○	—	—
			5-8上の1次避難所(12)	19	10.6分	10.6分	○	—	—
			1-4上の1次避難所(10)	18	10.6分	10.6分	○	—	—

6. まとめ

本研究では、津波に対する道路施設の被災度評価手法と、道路施設の被災による経済的損失の検討を目的とし以下の結果を得た。

(1) 橋梁の津波被災度評価フローの素案作成

従来、被害想定で示されている道路施設の津波危険度評価は、浸水危険性を示すものであったのに対して、道路構造物に対する津波外力（波力、浮力・揚圧力、衝突力）の検討を行い、橋梁の津波被災度評価フローの素案を作成した。

(2) 経済的損失の評価フローの素案作成

経済的損失の算出フローに事象の発生時間帯の考え方を導入し、地震発生時、避難時、津波発生時、救急時、復旧時での直接被害・間接被害を検討して損失評価フローの素案を作成した。また、津波からの避難時の損失について検討した。

本研究の結果、今後さらに検討すべき課題を以下に整理する。

(3) 津波外力について

本研究では、波力・揚圧力・衝突力・洗掘を基に橋梁の被災度判定フローの作成を行った。衝突力については、漂流物の大きさにより大きく異なることから、下流の状況に応じた適切な漂流物の大きさの設定が必要である。

洗掘については、津波による橋脚周辺・橋台周辺での洗掘による被害事例もあり、洗掘の検討が必要である。津波時の洗掘は橋脚付近で発生する乱流による巻上げと、掃流力による土砂移動が要因と考えられるほか、河川の流量、河床の形状などの地形的な要因も大きいと考えられる。洗掘に関しては、橋脚形状、既水量、河床形状を考慮し、津波高（津波流速）と洗掘深さとの関係式を津波実験等による検討が必要と思われる。

(4) 津波伝播・遡上計算について

本研究で対象とした津波伝播・遡上計算は、非線形長波に基づく水深方向を積分した1層シミュレーションである。1層のシミュレーションでは、橋桁まで津波高が上がった場合や、開口をくぐり抜ける場合の津波挙動を捉えることができない。個別の道路施設を加えた大縮尺でのシミュレーションについて、多層化し高度化する必要があるのか、簡便に行うために遡上計算を工夫するのか、その場合の地形モデルをどの様に作成するのか等の検討が必要である。

(5) 地震・津波による経済的損失について

本検討では、津波の影響範囲を想定し、経済的損失のフローを検討した。今後、損失の大きさ・計算の可能性などを考慮し、より現実的なフローへ変換する必要がある。

7. 参考文献

- 1) 中央防災会議(2001)：わが国の震災対策，
<http://www.bousai.go.jp/kazan/menushin2.htm>
- 2) 静岡県(2001)：第3次地震被害想定報告書
- 3) 首藤伸夫(1997)：津波来襲直後の陸上交通障害について，津波工学研究報告 14，1-31
- 4) 首藤伸夫(1998)：津波時の土砂移動に関する過去の記録，津波工学研究報告 15，1-13
- 5) 沿岸開発技術センター(2004)：津波・高潮ハザードマップマニュアル
- 6) 中央防災会議(2001～2005)：東南海・南海地震等に関する専門調査会(第1回～第18回)
公開資料，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index.html>
- 7) 土木学会(2002)：原子力発電所の津波評価技術
- 8) 岩崎敏夫, 真野 明(1979)：オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算, 海岸工学講演
会論文集 26，70-74
- 9) 小谷美佐, 今村文彦, 首藤伸夫(1998)：GISを利用した津波遡上計算被害推定法, 海岸工
学論文集，45，356-360
- 10) 日本港湾協会(1999)：港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 11) 中央防災会議(2004)：津波避難ビル等に係るガイドライン検討会(第3回)/津波に対
する構造物の構造設計法(素案)，
http://www.bousai.go.jp/oshirase/h17/0207/kentoukai_3.html
- 12) 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(2000)：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 47，911-915
- 13) 池野正明, 森信人, 田中寛好(2001)：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 48，846-850
- 14) 日本道路協会(2002)：道路橋示方書・同解説
- 15) 浅井大輔, 今村文彦, 高橋智幸, 首藤伸夫(1999)：地震津波による大量土砂移動の可能
性, 津波工学研究報告 16，119-130
- 16) 土木学会(1985)：水理公式集－昭和60年版－
- 17) 松富英夫(1999)：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性, 土木学会論文集 621，
336-340
- 18) 日下部毅明, 杉田秀樹, 大谷康史, 金子正洋, 濱田雅(2003)：即時震害予測システム
(SATURN)の開発, 国土技術政策総合研究所資料 No. 71

-
- 19) 福井芳朗, 白石英彦, 中村充, 佐々木泰雄 (1962), 海岸工学講演会講演集 9, 44-49
 - 20) 宮城県 (2004) : 宮城県地震被害想定調査に関する報告書
 - 21) 神奈川県 (1999) : 神奈川県地震被害想定調査報告書
 - 22) 神奈川県 (1999) : 神奈川県地震被害想定調査手法編報告書
 - 23) 愛媛県 (2002) : 愛媛県地震被害想定調査報告書
 - 24) 高知県 (2000) : 高知県津波防災アセスメント調査事業報告書
 - 25) 高知県 (2002) : 第 2 次高知県津波防災アセスメント調査事業報告書
 - 26) 宮崎県 (1997) : 宮崎県地震被害想定調査報告書
 - 27) 中央防災会議 (2001) : 東海地震に関する専門調査会 (第 1 回～第 11 回) 資料,
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/tokai/index.html>
 - 28) 中央防災会議 (2001～2002) : 富士山ハザードマップ検討委員会 (第 1～2 回) 資料,
<http://www.bousai.go.jp/fujisan/>
 - 29) フォーラム「エネルギーを考える」 (2003) : 広域停電が消費者に与える影響調査報告書
 - 30) 八都県市廃棄物問題検討委員会 (1999) : 震災廃棄物の適正処理に関する調査報告書
 - 31) 中央防災会議 (2003) : 東南海・南海地震対策大綱
 - 32) 河田恵昭 (2001) : 巨大災害の様相とその対応対策の考え方, 地学雑誌 110, 924-930
 - 33) 国土交通省 (2005) : 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針
 - 34) 日下部毅明, 谷屋秀一, 吉澤勇一郎 (2004) : 道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料 No. 160
 - 35) 中央防災会議 (2001) : 地震被害想定支援マニュアル
 - 36) 東京大学社会情報研究所 (1994) : 1993 年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達

参考資料

中央防災会議・地方自治体による被害想定	1
1. 地震被害想定	2
2. 津波被害想定	45
3. その他の被害想定	59
参考文献	65

中央防災会議・地方自治体による被害想定

(1) 地震被害想定・津波被害想定

本資料で調査した地震被害想定・津波被害想定について、被害想定を行った機関毎に主な想定地震と想定被害項目を表 1 にまとめた。

表 1 地震・津波についての被害想定項目のまとめ

項目 想定機関	地震																	津波			
	建物・地震動	建物・液状化	建物・人工造成地	建物・急傾斜地崩壊	建物・火災被害	塀の倒壊	落下物	人的被害	上下水道	電力施設	都市ガス	電話施設	交通被害	瓦礫発生量	住宅機能支障	飲食機能支障	医療機能支障	建物被害	人的被害	交通被害	津波ゴミ
中央防災会議 （東海地震）	○	○		○	○			○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	
中央防災会議 （東南海・南海）	○	○		○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
宮城県 （宮城県沖地震）	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○					○	○	○	
愛媛県 （南海地震他）	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
静岡県 （東海地震他）	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	
神奈川県 （東海地震他）	○	○		○				○	○	○	○						○	○	○	○	
宮崎県 （日向灘沖地震）	○	○		○	○			○	○	○	○	○						○	○		
高知県 （南海地震）																					

※ 高知県の被害想定は、浸水予測に特化している為、分類が行っていない。

(2) その他の被害想定

地震・津波被害想定以外の事例調査として、ライフラインに関する事項を中心に火山に関する被害想定、電気に関する被害想定、災害ゴミに関する想定について、表 2 の資料をもとに事例調査を行った。

表 2 地震・津波以外の被害想定調査

想定機関	調査事項
中央防災会議	富士山の火山防災対策
フォーラム・エネルギーを考える	広域停電が消費者に与える影響調査
八都県市廃棄物問題委員会	震災時廃棄物(災害ゴミ)適正処理に関する調査

1. 地震被害想定

(3) 中央防災会議(東海地震に関する専門調査会)

表 3 中央防災会議による地震想定(東海地震)

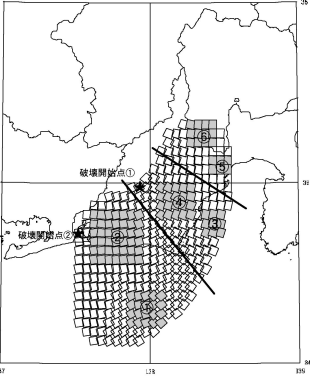
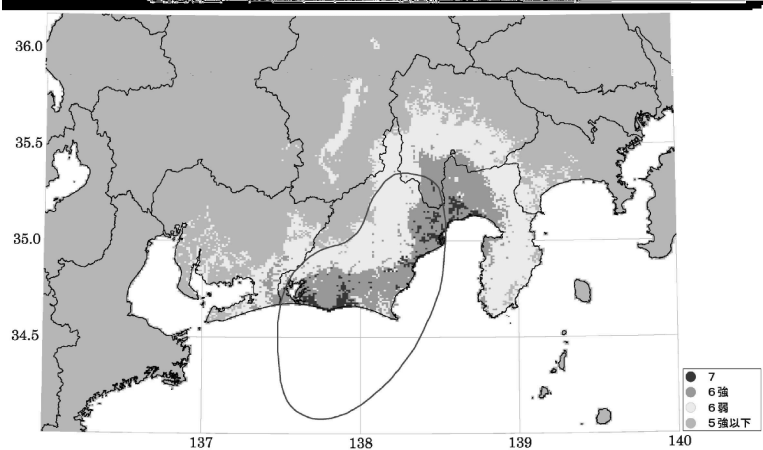
機関	中央防災会議 東海地震に関する専門調査会 東海地震対策専門調査会
想定地震	(想定地震域)  ※図中の灰色部分は、設定したアスペリティ部分 北側：フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界面、北西側：30kmより浅い地域(温度350℃～450℃となる30km以浅で固着状況にある事を想定)¹⁾、南西側：浜名湖付近より以東(昭和19年の東南海地震の未破壊域^{2),3)}、南東側：東海断層系まで、東側：10kmより深い地域(温度100℃～150℃となる10km以深で固着状況にある事を想定)¹⁾
地震動計算手法	(計算方法) 地下構造推定後、強震動計算での計算により、1kmメッシュ毎の震度、加速度、速度の算出 地下構造の推定 地震基盤 ($V_s=3000\text{m/s}$)、工学的基盤 ($V_s=700\text{m/s}$) と設定 $V_s>3000\text{m/s}$(防災科研の地盤構造を参考)、$700\text{m/s}<V_s<3000\text{m/s}$(弾性波探査、常時微動探査、重力異常、深層ボーリングなどを参考に作成)、$V_s<700\text{m/s}$(k-net観測点でのPS検層等を参考、ボーリングデータの無い所は、微地形分類による方法⁴⁾で3構造に分割。 強震動計算 工学的基盤での地震波形の計算は、統計的グリーン関数法を使用。 工学的基盤から地表までは、等価線形及び非等価線形による計算 経験的手法(強震計算結果の評価に使用) 最大加速度の距離減衰式として福島・田中式⁵⁾を使用。 最大速度の距離減衰式として司・翠川式⁶⁾を修正して使用。
地震動算出結果	震度分布(S1.02-S2.12の最大値をとったもの) 

表 4 中央防災会議による被害想定(東海地震)

想定項目	建物被害(地震動、液状化、急傾斜地崩壊による被害想定、火災被害) 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設、都市ガス、交通被害) 瓦礫発生量 住宅機能支障、飲食機能支障、医療機能支障
被害想定手法・地震の係わる項目	建物・地震動 (入力項目) 想定地震による地震動(1kmメッシュ毎) 想定地域内の建物数 (出力項目) 建物全壊率(1kmメッシュ毎) (想定手法) 建物の建築年度・構造の推定 木造(建築年別に3種)、非木造の4種に分ける。 固定資産台帳より年代別の床面積算出後、各県の平均床面積で除して、 建築年代構造別棟数の算出 建築年度・構造事に建物全壊率との関連づけ 中央防災会議としての被害想定ツール ⁷ を使用
	建物・液状化 (入力項目) 想定地震による地震動(1kmメッシュ毎) 想定地域内のボーリングデータ又は微地形データ(1kmメッシュ毎) (出力項目) PL値(1kmメッシュ毎) 建物被害棟数(1kmメッシュ毎) (想定手法) メッシュ毎にPL値を算出・PL値によるランク分け A(15以上)、B(5以上15未満)、C(5未満) ランク毎に液状化発生率を算出 A(18%)、B(5%)、C(2%) 液状化による全壊率 木造・建築年代S35以前(13.3%)、以降(9.6%) 非木造・杭なし23.2%、杭あり(S55以降の20%)0% 液状化の危険度から対象建物数を抽出し、 発生率と液状化による全壊率から被害棟数を算出
	建物・急傾斜地崩壊 (入力項目) 急傾斜地数 急傾斜地内の家屋数 (出力項目) 急傾斜地崩壊による全壊棟数 (想定手法) 急傾斜地崩壊危険箇所調査(土砂災害防止法)の 危険度ランク(A～C)別の崩壊確率の設定 A(95%)、B(10%)、C(0%) (被害率の設定は、宮城県沖地震の結果による) 崩壊箇所の震度別被害率の設定 ～震度4震度5弱震度5強震度6弱震度6強震度7 全壊率0%6%12%18%24%30% 半壊率0%14%28%42%56%70% (被害率の設定は宮城県沖地震、伊豆大島近海沖地震による) 急傾斜箇所の建物数に崩壊率と 震度別被害率から急傾斜地の被害棟数の算出

建物・火災被害	(入力項目) 建物全壊率(1kmメッシュ毎)
	(出力項目) 炎上出火件数(市町村単位)
	(想定手法) 出火要因 一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線を想定(通電火災は含まない) 初期消火の想定 初期消火が50%とし、その残りを推定する。 季節時間 冬の夕方18時、冬の早朝5時、秋の昼12時の3ケースを設定 出火件数 阪神・淡路震災の事例を基に揺れ・液状化による全壊率と出火率との関係から出火件数を算定 延焼による出火件数 不燃領域率と消失率の関係、大阪府の手法 ⁹⁾ で算出
人的被害	(入力項目) 地震動による建物被害(全壊、半壊) 木造、非木造建物内での滞留状況
	(出力項目) 地震動による影響人口
	(想定手法) 死者数(木造建築物) 300人以上の死者を出した最近の5つの地震(鳥取、東南海、南海、福井、阪神・淡路)から関係式を策定し死者数を算出 死者数(非木造建築物) 木造建築で算出した死者数に静岡県の被害想定手法 ⁹⁾ での算出比を求めて算出 負傷者 建物被害率と負傷者比率、大阪府の被害想定手法 ⁸⁾ での算出 重傷者 阪神・淡路大震災の木造・非木造の建物被害と重傷者比率との関係式から算出 滞留者比率による補正 静岡西緑都市圏パーソントリップ調査(1995)から算出、各値に留者比率をかけて補正
上下水道	(入力項目) 想定地震による最大速度(1kmメッシュ毎)/上水 建物全壊率/下水
	(出力項目) 供給支障(上水) 機能支障(下水)
	(想定手法) 上水道の供給支障 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した地表最大速度と被害率の関係(東京都被害想定 ¹⁰⁾ を用いて、地表最大速度から被害率の算出 過去の被害事例から作成した配水管の被害率と供給支障率の関係・川上の手法 ¹⁰⁾ で供給支障の算出 下水道の機能支障 阪神・淡路大震災の被害(神戸周辺)事例から作成した建物全壊率と被災延長率の関係から算出
電力施設	(入力項目) 建物全壊棟数
	(出力項目) 停電世帯数と復旧状況
	(想定手法) 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した 建物全壊率と停電世帯の比率の関係から算出

都市ガス	(入力項目) 全壊棟数
	(出力項目) 供給支障世帯数
	(想定手法) 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した建物全壊率と ガス供給支障世帯の比率の関係から算出
交通被害	(入力項目) 地震動による想定シナリオ
	(出力項目) 道路・鉄道・港湾・空港の被害状況
	(想定手法) 定性的な評価
瓦礫発生量	(入力項目) 建物被害棟数、床面積(地震動)、床上浸水棟数(津波)
	(出力項目) 瓦礫量
	(想定手法) 地震動による瓦礫量 建物被害量を、大破＋中破×0.5で算出 被害量に1棟あたりの床面積をかけて被害面積を算出 被害面積に面積あたり瓦礫重量をかけて瓦礫量を算出 津波による瓦礫量 床上浸水家屋数に、 $15m^3$ をかける。 重量-体積の換算は、木造 $1.9m^3/t$ 、非木造 $0.64m^3/t$ を使用する。
住宅機能支障	(入力項目) 建物被害棟数(全壊・半壊)、断水(上水)率
	(出力項目) 避難者数、避難世帯数
	(想定手法) 影響人口の想定 自宅の全壊・半壊と上水の断水により避難が発生すると想定する 全壊人口＝全壊棟数×人口(世帯) 半壊人口＝半壊棟数×人口(世帯) 断水人口＝断水率×(全人口－全壊人口－半壊人口) 全壊人口・半壊人口・断水人口を加えて影響人口とする 時間経過後の状況 発災直後、1週間後、1ヶ月後の避難先の比率は、 アンケート(静岡、神戸)結果の比率を用いる。 影響人口に避難先の比率をかけて避難世帯数の動向とする
飲食機能支障	(入力項目) 避難者数、備蓄量
	(出力項目) 食料、飲料、生活必需品不足量
	(想定手法) 供給単位の設定 避難所生活者の1.2倍を対象として1日3食を原単位 上水支障1世帯あたり、1日3リットル(1～3日)、1日20リットル(4日以降)を原単位 供給対象 自宅滅失(全壊、半壊)者を原単位 供給量 供給対象に供給単位を掛けて供給量を算出する 備蓄量(家庭内を含む)との差を不足とする。

医療機能支障	(入力項目) 平常時入院患者数、建物被害率(全壊、半壊、焼失)、医療機能低下率 病床数、空床率、人被害(死者＋重傷者)
	(出力項目) 要転院患者数、医療需給過不足数
	(想定手法) 要転院患者数 要転院数＝平常時入院患者数×医療機関建物被害率(全壊＋1/2半壊＋焼失) ×医療機能低下率(定性的判断)×転院率(50%を想定) 医療需給過不足数 医療需給過不足数＝医療需要(死者＋重傷者) －医療供給量(病床数×空床率×医療機関建物被害率×医療機能低下率)

(4) 中央防災会議(東南海・南海)

表 5 中央防災会議による地震想定(東南海・南海地震)

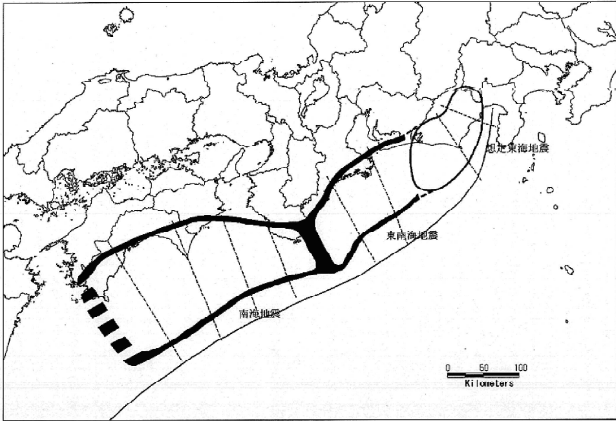
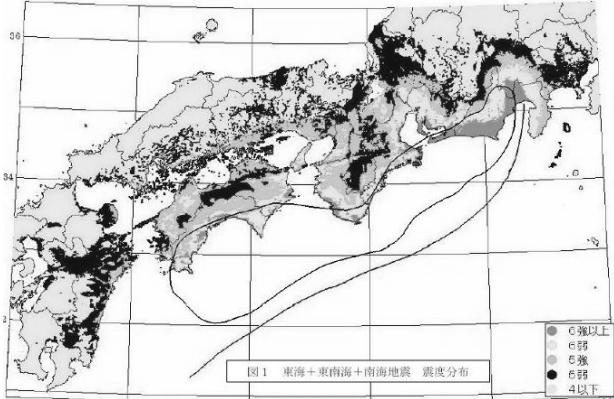
機 関	中央防災会議 中央防災会議・東南海・南海地震等に関する専門調査会
想 定 地 震	(想定地震域) 海溝型地震として以下の5つのケースを想定し、強震波形計算を行う。 (7) 想定東海地震、東南海地震、南海地震の震源域が同時に破壊される場合。 (4) 東南海地震と南海地震の震源域が同時に破壊される場合。 (5) 想定東海地震と東南海地震の震源域が同時に破壊される場合。 (1) 東南海地震単独で発生する場合。 (2) 南海地震単独で発生する場合。 
地 震 動 計 算 手 法	(計算方法) 地下構造の推定、強震波計算、経験的手法での計算により、1kmメッシュ毎の震度、加速度、速度の算出 地下構造 深部から地震基盤までは、気象庁走時表を参照 地震基盤 ($V_s=3000\text{m/s}$、工学的基盤 ($V_s=700\text{m/s}$) は、弾性波探査・常時微動探査から平均的な深さを内挿して計算。重力異常・深層ボーリングを参照 工学的基盤から地表までの速度構造は、ボーリングデータから算出。ボーリングデータの無い部分は微地形より算出する方法⁴⁾を使用 強震波形 統計的グリーン関数を使用、 工学的基盤から地表までは垂直入射とし等価線形計算を行う。 経験的手法 距離減衰式として司・翠川式⁶⁾を修正して使用
震 度 分 布	(結果)  東海+東南海+南海地震

表 6 中央防災会議による被害想定(東南海・南海地震)

想定項目		建物被害(地震動、液状化、急傾斜地崩壊による被害想定、火災被害) 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設、都市ガス、電話施設、交通被害) 瓦礫発生量 住宅機能支障、飲食機能支障、医療機能支障 その他(想定シナリオ)
被害想定手法・地震の係わる項目	建物・地震動	(入力項目) 想定地震による地震動(1kmメッシュ毎) 想定地域内の建物数 (出力項目) 建物全壊率(1kmメッシュ毎) (想定手法) 建物の建築年度・構造の推定 固定資産台帳より年代別の床面積算出後、各県の平均床面積で除して、建築年代構造別棟数の算出 木造(建築年別に3種)、非木造の4種に分ける。 建築年度・構造事に建物全壊率との関連づけ 全壊の定義は、自治体の罹災証明の判別定義に従う 中央防災会議としての被害想定ツール ⁷⁾ を用いる
	建物・液状化	(入力項目) 想定地震による地震動(1kmメッシュ毎) 想定地域内のボーリングデータ又は微地形データ(1kmメッシュ毎) (出力項目) PL値(1kmメッシュ毎) 全壊建物数(1kmメッシュ毎) (想定手法) メッシュ毎にPL値を算出 PL値によるランク分け A(15以上)、B(5以上15未満)、C(5未満) ランク毎に液状化発生率を算出 A(18%)、B(5%)、C(2%) 液状化による建築物毎の全壊率を設定 木造・建築年代S35以前(13.3%)、以降(9.6%) 非木造・杭なし23.2%、杭あり(S55以降の20%)0% PL値と液状化発生率・全壊率から液状化による被害建物数の推定
	建物・急傾斜地崩壊	(入力項目) 急傾斜地数 急傾斜地内の家屋数 (出力項目) 急傾斜地崩壊による全壊棟数 (想定手法) 急傾斜地崩壊危険箇所調査(土砂災害防止法) 危険度ランク(A～C)別の崩壊確率(宮城県沖地震の結果による) A(95%)、B(10%)、C(0%) 崩壊箇所の震度別被害率 (宮城県沖地震、伊豆大島近海沖地震による) ～震度4 震度5弱 震度5強 震度6弱 震度6強 震度7 全壊率 0% 6% 12% 18% 24% 30% 半壊率 0% 14% 28% 42% 56% 70% 急傾斜地域内の建物数、危険度、震度別被害率から被害建物数の推定

建物・火災被害	(入力項目) 建物全壊率(1kmメッシュ毎)
	(出力項目) 炎上出火件数(市町村単位)
	(想定手法) 出火の要因 一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線を想定(通電火災は定性評価) ガスに関しては、マイコンメータの使用を考慮する。 初期消火 初期消火が50%とし、その残りを推定する。 発生時間 冬の夕方18時、冬の早朝5時、秋の昼12時の3ケースを設定 炎上・出火件数 阪神・淡路震災の事例を基に揺れ・液状化による全壊率と出火率との関係から出火件数を算定 延焼は、不燃領域率と消失率の関係・大阪府地震被害想定 ⁸⁾ での手法で算出
人的被害	(入力項目) 地震動による建物被害(全壊、半壊) 木造、非木造建物内での滞留状況 急傾斜地崩壊による建物被害(全壊棟数) 火災による焼失棟数
	(出力項目) 地震動による影響人口
	(想定手法) 地震動による被害 建物被害による死者数 木造建築物：300人以上の死者を出した最近の5つの地震(鳥取、東南海、南海、福井、阪神・淡路)からの関係式を策定し死者数を算出 非木造建築物：木造建築で算出した死者数に静岡県被害想定手法 ⁹⁾ での算出比を求めて算出 建物被害による負傷者 建物被害率と負傷者比率・大阪府被害想定 ⁸⁾ での手法で算出 建物被害による重傷者 阪神・淡路大震災の木造・非木造の建物被害と重傷者比率との関係式から算出 滞留者比率による補正 静岡西緑都市圏パーソントリップ調査(1995)から算出、 死者数・負傷者・重傷者に留者比率をかけて補正する。 急傾斜崩壊による被害 崖崩れによる死者数 $=0.098 \times (\text{崖崩れによる大破棟数}(\text{全壊棟数} \times 0.7))$ 崖崩れによる負傷者数 $=1.25 \times \text{崖崩れによる死者数}$ 火災による被害 火災による死者数 $=0.055 \times \text{焼失棟数}(\text{発災後6時間後の焼失棟数})$ 火災による負傷者数 $=0.21 \times \text{焼失棟数}(\text{〃})$
上下水道	(入力項目) 想定地震による最大速度(1kmメッシュ毎)/上水 建物全壊率/下水
	(出力項目) 供給支障率(=断水率)(上水) 供給支障率(下水)

	(想定手法) 上水道の供給支障 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した地表最大速度と被害率の関係・東京都被害想定手法¹⁰⁾での算出 過去の被害事例から作成した配水管の被害率と供給支障率の関係・川上の手法¹¹⁾での算出 下水道の機能支障 阪神・淡路大震災の被害(神戸周辺)事例から作成した建物全壊率と被災延長率の関係から算出
電力施設	(入力項目) 建物全壊棟数
	(出力項目) 停電世帯数と復旧状況
	(想定手法) 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した 建物全壊率と停電世帯の比率の関係から算出
都市ガス	(入力項目) 全壊棟数
	(出力項目) ガス供給支障人口
	(想定手法) 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した 建物全壊率とガス供給支障世帯の比率の関係から算出
電話施設	(入力項目) 震度、該当箇所の人口
	(出力項目) 電話施設被害に伴う使用不能人口
	(想定手法) 対象人口 震度6地域の人口の14%が使用不可 電話使用不可率 電話使用不可率(直後14%、1週間後10%、2週間後7%)
交通	(入力項目) 地震動による想定シナリオ
	(出力項目) 道路・鉄道・港湾・空港の被害状況
	(想定手法) 定性的な評価
瓦礫発生量	(入力項目) 建物被害棟数、床面積(地震動)、床上浸水棟数(津波)
	(出力項目) 瓦礫量
	(想定手法) 地震動による発生 建物被害量を、大破+中破×0.5で算出 被害量に1棟あたりの床面積をかけて被害面積を算出 被害面積に面積あたり瓦礫重量をかけて瓦礫量を算出 津波による発生 床上浸水家屋数に、15m³をかける。 重量-体積の換算は、木造1.9m³/t、非木造0.64m³/tを使用する。

住宅機能支障	(入力項目) 建物被害棟数(全壊・半壊)、断水(上水)率
	(出力項目) 避難者数、避難世帯数
	(想定手法) 影響人口の想定 自宅の全壊・半壊と上水の断水により避難が発生すると想定する 全壊人口＝全壊棟数×人口(世帯) 半壊人口＝半壊棟数×人口(世帯) 断水人口＝断水率×(全人口－全壊人口－半壊人口) 全壊人口・半壊人口・断水人口を加えて影響人口とする 時間経過後の状況 発災直後、1週間後、1ヶ月後の避難先の比率は、アンケート(静岡、神戸)結果の比率を用いる。 影響人口に避難先の比率をかけて避難世帯数の動向とする
飲食機能支障	(入力項目) 避難者数、備蓄量
	(出力項目) 食料、飲料、生活必需品不足量
	(想定手法) 供給単位の設定 避難所生活者の1.2倍を対象として1日3食を原単位 上水支障1世帯あたり、1日3リットル(1～3日)、1日20リットル(4日以降)を原単位 供給対象 自宅滅失(全壊、半壊)者を原単位 供給量 供給対象に供給単位を掛けて供給量を算出する 備蓄量(家庭内を含む)との差を不足量とする。
医療機能支障	(入力項目) 平常時入院患者数、建物被害率(全壊、半壊、焼失)、医療機能低下率 病床数、空床率、人被害(死者＋重傷者)
	(出力項目) 要転院患者数、医療需給過不足数
	(想定手法) 要転院患者数 要転院数＝平常時入院患者数×医療機関建物被害率(全壊＋1/2半壊＋焼失) ×医療機能低下率(定性的判断)×転院率(50%を想定) 医療需給過不足数 医療需給過不足数＝医療需要(死者＋重傷者) －医療供給量(病床数×空床率×医療機関建物被害率×医療機能低下率)
その他	(入力項目) シナリオ
	(出力項目) 定性的手法
	(想定項目) 保険衛生・防疫・遺体処理 危険物・高圧ガス 文化財被害 応急活動支障

(5) 宮城県(宮城県沖地震他)

表 7 宮城県による想定地震

機 関	宮 城 県 宮 城 県 沖 地 震 他 の 被 害 想 定
想 定 地 震	(想定地震域) 想定断層位置図(宮城県沖地震(連動・海洋型)) 宮城県沖地震(単独・海洋型) 宮城県沖地震(連動・海洋型) 長町-利府ね線断層帯の地震(内陸直下)
地 震 動 計 算 手 法	(計算方法) 統計的グリーン関数を用いた手法 地下構造 地震基盤(S波速度3000m/s)、工学的基盤(S波速度700m/s)を設定し、地震基盤-工学的基盤を深部地盤構造モデル、工学的基盤-地表面を浅部地盤構造モデルとしてモデル化 深部地盤構造モデルは、4つの速度層にわけてモデル化 浅部地盤構造モデルは、平均S波速度(AVS30)を求め(ボーリングデータ、PS検層、微地形分類を使用)、地盤増幅率を500mメッシュで作成。 震度計算 工学的基盤までは、統計的グリーン関数を用いて算出。 工学的基盤から地表までは、地震調査研究推進本部地震調査委員会¹²⁾で検討された方法を参考とし、工学的基盤における最大速度と浅部地盤構造モデルでの地盤増幅率を掛け合わせることで地表の最大速度を算定。 童・山崎の最大速度と計測震度との関係¹³⁾を用いて震度を算定。
震 度 分 布	(結果) 震度分布(宮城県沖地震(単独))

表 8 宮城県による被害想定(三陸地震他)

想定項目	建物被害(揺れによる被害、液状化) 塀に関する想定 落下物に関する想定 火災被害 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設、都市ガス、電話施設) 交通被害(道路、鉄道) その他(想定シナリオ)
被害想定・地震動の関わる項目	建物・揺れ被害 (入力項目) 地震動(メッシュ毎) 微地形区分(メッシュ毎) 建物分布(メッシュ毎) (出力項目) 建物被害棟数(メッシュ毎)
	(想定手法) 被害区分 木造：全壊・半壊の定義は、震災復興都市づくり特別委員会での被災区分¹⁴⁾を使用 非木造：全壊・半壊の定義は、日本建築学会の被災区分¹⁵⁾を使用 被害率の設定 地盤区分(微地形による4区分)毎、建物種別(木造、RC造、S造)毎、による最大速度-建物被害率で示す被害関数により被害率を設定(被害関数は、仙台市被害想定¹⁶⁾を対数近似して使用) メッシュ毎の棟数と被害率から地震動による被害棟数を算出
	建物・液状化 (入力項目) 地震動(メッシュ毎) 想定地域内のボーリングデータor微地形区分(メッシュ毎) (出力項目) PL値(メッシュ毎) 建物被害棟数(メッシュ毎) (想定手法) 液状化のランク分け メッシュ毎に道路橋示方書によるPL値を算出 PL値によるランク分け (=0:かなり低い、0<PL<5:低い、5<PL<15:やや高い、10<PL<20:高い、20<PL:極めて高い) 液状化の被害率設定 PL>20以上の地域の18%(東京都被害想定¹⁷⁾の面積率¹⁷⁾より)が液状化発生を想定 建物種別(木造、RC造、S造)、階数別毎に、面積率を考慮した被害率を設定 メッシュ毎の棟数と被害率から液状化による被害棟数を算出
塀に関する想定	(入力項目) 建物棟数(メッシュ毎) 地震動(メッシュ毎)
	(出力項目) 倒壊塀数(メッシュ毎)
	(想定手法) 塀数の推定 塀数の推定¹⁸⁾：ブロック塀(建物棟数×0.239)、石塀(建物棟数×0.016) 倒壊率の設定 ブロック塀実態調査^{19)、16)}に基づき危険度を3区分にランク付け 塀種別(ブロック塀、石塀)毎・危険度ランク・震度による被害率を設定 メッシュ毎の塀数と被害率から被害塀数を算出

落下物に関する想定	(入力項目) 建物棟数(メッシュ毎) 地震動(メッシュ毎)
	(出力項目) 落下物の危険性のある建物分布(メッシュ毎)
	(想定手法) 対象の設定 落下物の対象となる建物は3階以上の非木造建物とする 発生箇所の設定 古い年代の建物・震度5以上で落下物が生じる被害想定での手法 ¹⁷⁾ を使用 発生分布の算出 震度5,6以上のメッシュでの3階以上の年代別非木造建物棟数分布を算出
火災被害	(入力項目) 建物被災率(メッシュ毎)
	(出力項目) 出火・焼失棟数(メッシュ毎)
	(想定手法) 出火件数を算出、消防による1次消火後、延焼範囲を設定 出火件数 出火件数は、建物の被災状況別(半壊、全壊)に分けて算出。 全壊 全壊建物1棟あたりの出火率(夏昼0.0520%、冬夕0.0745%) (兵庫県南部地震の事例を基に、火気器具時間帯別使用率 ²⁰⁾ に基づき出火件数を算出。) 半壊 半壊建物を対象に建物用途別加速度-出火率 ²⁰⁾ に基づき出火件数を算出 消防力(消防による1次消火が可能かどうか) 条件設定 消防力(消防自動車の数、口数) 駆けつけ時間(この時間に延焼が広がる。延焼速度は東京消防庁での提案式 ²⁰⁾ で算出)、 消防水利(震度6弱以上:防火水槽のみ、震度5強以下:防火水槽+消火栓)の有無、 出火点に対し消火可能かどうかの判定 出火点からホースの届く範囲に消防水利があるか? 火面長を取り囲める放水口数があるか? 判断後の処理 消火終了後の消防の移動は無いとする(=消火は一箇所のみ)。 消火不能なメッシュを延焼出火点とする。 延焼範囲 500mメッシュを4分割し250mメッシュとし、不燃領域率 ⁽²⁾ を算出する。 延焼出火点を250mメッシュに割振り、延焼ブロック(不燃領域率70%以下の領域)毎に延焼計算(延焼拡大は、不燃領域率・風速と焼失率の関係式 ⁽²²⁾ より延焼棟数を算出する)。 延焼範囲
人的被害	(入力項目) 地震動による建物被害(全壊、半壊)(メッシュ毎) 火災による焼失棟数(メッシュ毎)
	(出力項目) 死者、負傷者(重傷者を含む)、要救出者、避難者
	(想定手法) 死者 建物被害・ブロック塀・石塀倒壊・火災での想定をする。 建物被害による死者 建物(木造、非木造建築物)毎の阪神・淡路の震災よりの推定式・東京都の手法 ¹⁰⁾ により算出 ブロック塀・石塀倒壊による死者 1978年の被災状況(仙台市)からの推定式に人口密度の補正を行った関係式より算出 火災(出火)による死者 平常時火災時の死者発生率より算出 火災(延焼)による死者 延焼域の木造建物の要救出者数と同義とする

	負傷者 建物被害と火災による想定をする。 建物被害による負傷者 兵庫県南部地震における町丁目または市区単位で建物被害率と負傷者及び重傷者比率を評価した大阪府の手法⁸⁾により算出 火災による負傷者 平常時の火災と全く同じ要因で負傷するとして想定を行う。 方法は静岡県の手法²³⁾、中央防災会議の手法²⁴⁾により算出 要救出者 要救出者は、木造建物、非木造建物倒壊による下敷き・生き埋め者数を想定 木造 兵庫県南部地震のデータから全壊率と要救出者率との関係を求めた東京都の手法¹⁰⁾により算出 非木造 静岡県の手法⁹⁾により算出 避難者 兵庫県南部地震での神戸市における避難状況と建物の被害から推定した人数および建設した仮設住宅数より長期及び短期避難者数を算出した埼玉県の手法²⁵⁾による
上下水道	(入力項目) 地震動、液状化数(PL値)、管種、管径 (出力項目) 被害箇所数、被害距離、断水世帯数、復旧日数 (想定手法) 上水道 被害箇所 送配水管と給水管に分けて被害箇所の算出 被害箇所数(送配水管)=液状化補正×管種補正×管径補正×地震動による標準被害率 ×設備延長 (各補正係数は、日本水道協会の標準被害率予測曲線(地上最大速度-被害率)及び各種補正係数を用いる。) 被害箇所数(給水管)=送配水管の被害箇所×6.72 (係数は宮城県沖地震時の配水管比概数に対する給水管被害数の割合より算出した仙台市の係数²⁶⁾を使用) 供給支障(=断水) $y(\text{断水率}) = \alpha X_1^{\beta 1} X_2^{\beta 2} X_3^{\beta 3}$ X1:市区町村面積, X2:市区町村内の管径400mm以上の延長距離, X3:市区町村内の送・配水管の総被害箇所数 $\alpha: 3.373, \beta 1: -0.423, \beta 2: -0.892, \beta 3: 1.159$(川崎市の係数²⁷⁾を使用) 復旧日数 復旧方法を幹線(400mm以上)+枝線(75-350mm)+給水管の復旧→給水管の復旧とする。 幹線(400mm以上)+枝線(75-350mm)の復旧は6人/班、給水管の復旧は3人/班とする。 幹線+枝線の復旧所用日数(D1)=総必要人数/投入可能人数(6人/班×班数a) 総復旧日数(D1+D2)=D1+(給水管の総必要復旧作業人員-D1×(3人/班×班数b)) /(6人/班×班数a)+(3人/班×班数b))(仙台市の手法²⁶⁾に準拠) 下水道 被害距離 被害率は、久保・片山の式²⁸⁾を用いる。(各種補正係数は仙台市の手法での値¹⁶⁾を用いる) 被害率=地盤補正×埋設工法補正×管種補正×管径補正×標準被害率 標準被害率=1.7×地表面最大加速度^{6.1}×10⁻¹⁶(Amax<431cm/s²) 2.0(Amax>431cm/s²) 被害距離は、施設距離に被害率を乗じてメッシュ毎に求める 復旧日数 兵庫県南部地震の復旧実績を用いる¹⁶⁾。 復旧日数=4.5ヵ月×(被害率/4.85(ヵ所/km))×233%
施設	(入力項目) 地中送電線数、電柱数、架空配線延長、液状化面積、復旧体制

		(出力項目) 被害箇所数、停電世帯数、復旧状況
		(想定手法) 施設被害 電柱被害本数=液状化による補正係数×電柱被害率(電柱の震度-被害率) ×電柱本数(電柱被害率は、愛知県の手法での採用率²⁹⁾を用いる) 地中配線被害延長=液状化による補正×地中線被害率(地中線の震度-被害率) ×地中配線延長(地中線被害率は、愛知県の手法での採用率²⁹⁾を用いる) 液状化による補正係数=標準液状化被害率(電柱7%、地中ケーブル11%) ×(液状化発生面積率)+1×(1-液状化発生率) 被害延長=電線径間/電柱被害率(=0.4)×径間延長×電柱被害本数 供給支障(=停電世帯数) 停電率=19.5×電線の被害率×0.35(神奈川県被害想定時の送配電ツリーモデル³⁰⁾より算出) 復旧状況 単位被害あたりの復旧人数の手法¹⁰⁾により算出
	都市ガス	(入力項目) 管種、管径、地震動(SI)
		(出力項目) 被害箇所数、ガス供給支障世帯数、復旧状況 (想定手法) 被害箇所数(=被害長) 標準被害率 兵庫県南部地震に基づく、SI値と被害率の関係式、地盤補正係数、 管種補正係数などを乗じてメッシュ毎のガス管の被害率を算定 被害長 被害率とガス管路長よりメッシュ毎の被害長の想定 ガス供給支障世帯数 SI値が60kNを越えた場合ブロック毎(仙台市は117°ブロック、他地域は17°ブロック)の供給エリア でガス供給が停止と判断 復旧 日本ガス協会による復旧期間・要員の推定手法(導管の修繕、開閉栓作業(15戸/人日)、 灯内管(ガスメータから室内側)修繕(2.5戸/人・日)を作業対象)での想定
電話施設		(入力項目) 地中送電線数、電柱数、架空配線延長、液状化面積、復旧体制
		(出力項目) 被害箇所数、停電世帯数、復旧状況
		(想定手法) 施設被害 有線電話を対象に電力施設と同じ手法で行う。 電柱被害本数=液状化による補正係数×電柱被害率(電柱の震度-被害率) ×電柱本数(電柱被害率は、愛知県の被害想定時の被害率²⁹⁾を用いる) 地中配線被害延長=液状化による補正×地中線被害率(地中線の震度-被害率) ×地中配線延長(地中線被害率は、愛知県の被害想定時の被害率²⁹⁾を用いる) 液状化による補正係数=標準液状化被害率(電柱7%、地中ケーブル11%) ×(液状化発生面積率)+1×(1-液状化発生率) 被害延長=電線径間/電柱被害率(=0.4)×径間延長×電柱被害本数 供給支障(=通話支障) 供給支障=2.26985×支持物被害率(ネットワークモデル式による算出式³⁰⁾より) 復旧 NTTによる定性評価(3~10日程度)
道路		(入力項目) 道路延長

		(出力項目) 被害ヵ所数
		(想定手法) 盛土被害(片切・片盛を含む) 被害箇所数＝道路延長×被害率 被害率：液状化度(PL値)・震度毎にヵ所/kmで設定 ³²⁾ 切土被害 被害箇所数＝道路延長×被害率 被害率：震度毎にヵ所/kmで設定 ³²⁾ 橋梁 被害判定基準として久保・片山による評点 ³³⁾ を利用したランク付け。 但し、地盤種は、道路橋示方書の卓越周期 T_g ³⁴⁾ による ランク付けは、評点に基づく埼玉県の手法 ²⁵⁾ による。 トンネル 被害率：震源断層距離と震度毎に％で設定 ²⁵⁾
	鉄道	(入力項目) 鉄道延長
		(出力項目) 被害ヵ所数
		(想定項目) 被害箇所数 鉄道全てを盛土と仮定する。 被害箇所数＝道路延長×被害率 被害率は、地盤種別・震度毎にヵ所/kmで設定 ³⁵⁾ (宮城県(1997))
その他		(入力項目) シナリオ
		(出力項目) 定性的手法
		(想定項目) 活動体制、救難・救援、交通/輸送、ライフライン、救出・救急・医療、住宅関連、経済影響、情報

(6) 愛媛県(南海地震他)

表 9 愛媛県による想定地震

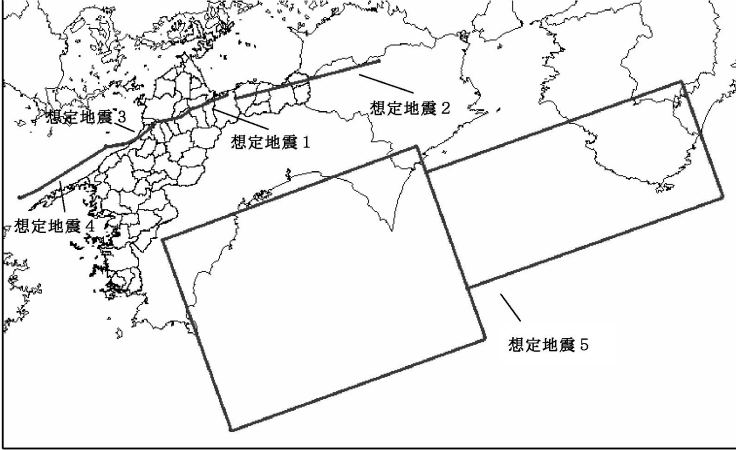
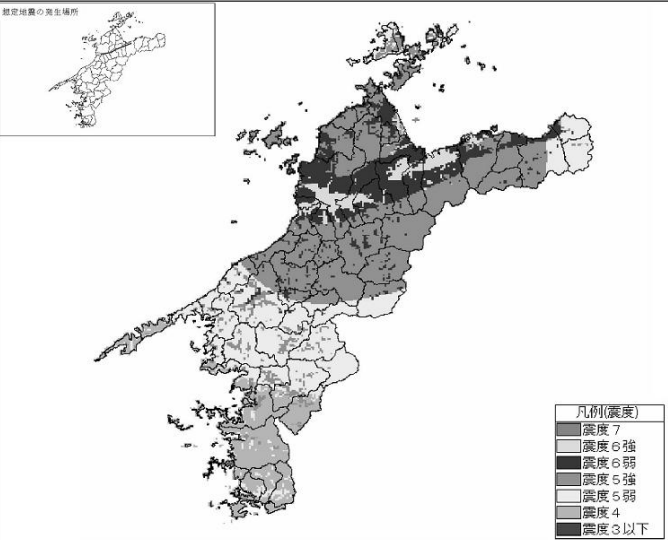
機 関	愛 媛 県 南 海 地 震 他
想 定 地 震	(想 定 地 震 域)  川上・小松断層セグメントが活動して発生する地震 石鎚－池田・三野断層セグメントが活動して発生する地震 伊予断層が活動して発生する地震 伊予灘沖海底活断層が活動して発生する地震 安政南海地震(1854)(相田モデル³⁰⁾)
地 震 動 計 算 手 法	(計算方法) 経験的手法での計算により、500mメッシュ毎の震度、加速度、速度の算出 地下構造 工学的基盤を5種類に分類、表層地盤を56種類に分類 計算手法 工学的基盤面での最大加速度を距離減衰式で算出 (距離減衰式として福島・田中式³⁷⁾を使用し翠川・小林の手法で基盤種別毎(S波速度)に補正) 表層での最大加速度、加速度時刻歴を1次元の地盤応答解析を基に算出 (入力波形は上記の距離減衰を使用して入力波形(内陸部：兵庫県南部地震、海溝型：十勝沖地震)の振幅を調整して使用) 震度は、加速度時刻歴から気象庁変換式で算出。
震 度 分 布	(結果)  凡例(震度) - 震度 7 - 震度 6 強 - 震度 6 弱 - 震度 5 強 - 震度 5 弱 - 震度 4 - 震度 3 以下

表 10 愛媛県による被害想定(南海地震他)

想定項目	建物(揺れ被害、液状化、急傾斜地崩壊) 塀に関する被害想定 落下物に関する被害想定 火災被害 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設、都市ガス、電話施設) 交通被害(道路、鉄道、港湾) 住宅機能支障、飲食機能支障、医療機能支障 その他(想定シナリオ)
被害想定・地震動の関わる項目	建物・揺れ被害
	(入力項目) メッシュ毎の最大速度
	(出力項目) 建物全壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) 被害の定義 全壊、半壊の定義は、災害救助法に従う 建物区分 木造：建築年別に5種に区分 C・SRC造：建築年別に3種に区分 S造り・軽量S造り：建築年別に2種に区分 被害率 最大速度-建物全半壊率との関連づけを行い決定する
	建物・液状化
	(入力項目) 想定地震による地震動(メッシュ毎) 想定地域内のボーリングデータ又は微地形データ(メッシュ毎)
	(出力項目) PL値(メッシュ毎) 建物全壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) 液状化の評価 評価指数として、PL値をメッシュ毎に算出 被害率 液状化被害率=液状化発生率×標準被害率で想定 PL値毎に液状化発生率を算定 A：(=PL:15以上)(18%) B：(=PL:5以上15未満)(5%) C：(=PL:5未満)(2%) 液状化による標準被害率を算定 木造建物・軽量S(全壊率10%、半壊率20%) RC建物(杭の有(0%)無(全壊23%、半壊30%)) メッシュ毎の建物数と被害率から建物被害率の算出
	建物・急傾斜地崩壊
	(入力項目) 急傾斜地崩壊危険箇所 地滑り危険箇所 震度分布
	(出力項目) 定性評価
	(想定手法) 影響戸数の表記のみ
	塀の倒壊
	(入力項目) 木造建物棟数、木造建物全壊率
	(出力項目) 塀の倒壊数
	(想定手法) 塀数の推定 ブロック塀(木造建物棟数×0.3)、石塀(木造建物棟数×0.05)

	倒壊率の推定 ブロック塀倒壊率=木造建物全壊率×0.76 倒壊数の推定 ブロック塀倒壊件数=ブロック塀数×ブロック塀倒壊率 石塀倒壊件数=石塀数×ブロック塀倒壊率(1.0以下の場合は1.0))
落下物に関する被害想定	(入力項目) 建物棟数、震度
	(出力項目) 定性評価(被害のありそうな地域)
	(想定手法) 阪神・淡路震災より条件の抽出 全壊・半壊建物から落下物が多い 開口部がうる被害が多い(震度5で最大5%、震度6で最大10%) S45以前の建物は落下物が多い 上記条件より以下の条件を満たす箇所を抽出 3階以上非木造建物棟数/全建物棟数の比率が20%以上の地域 3階以上非木造建物棟数が20棟数以上の地域 震度5以上が想定される地域
火災被害	(入力項目) 建物全壊率(メッシュ毎) 加速度
	(出力項目) 炎上出火件数(市町村単位)
	(想定手法) 出火想定 阪神・淡路の震災時の全壊と出火の状況から関係式を算出 ：出火率=0.0011×全壊率^{0.73} 時刻による補正は、[水野の時刻係数]及び時刻の影響を受ける発火要因と 受けない発火要因を基に補正係数を算出 通電火災に関しては、考慮せず、地震直後に全て発火と想定 消防想定 消火栓を除く水利(防火水槽・自然水利等)を想定 火災一件に対して最低4口の放水が必要 (消防ポンプ自動車数/2, 小型動力ポンプ数/4) 水利のカバー率：ホース10本分×20m×0.7(市街地考慮)=140m 道路の通行可能性：幅員8m以上、震度5:100%、震度6:80%、震度7:75% 通行可能性=道路の通行可能性(%) / 75(%) 消化可能件数：1.3(阪神・淡路震災に基づく補正係数)× (消防ポンプ自動車数/2+小型動力ポンプ数/4)× (1-(1-3.14×140m×140m)/市街地面積×(当該箇所での通行可能性/0.75)) 延焼想定 500mメッシュの延焼シミュレーション48時間で検討 延焼拡大件数=残火災件数×木造火災件数/(木造出火件数+非木造出火件数) 対象メッシュは木造建ぺい率 (木造建物及び防火造建物の建築面積の地域面積に対する割合) 13%以上を対象
人被害	(入力項目) 地震動による建物被害(全壊、半壊) 木造、非木造建物内での滞留状況 急傾斜地崩壊による建物被害(全壊棟数) 火災による焼失棟数
	(出力項目) 地震動による影響人口

	(想定手法) 建物による被害 死者数(木造、非木造建築物) 建物種別(木造、非木造)別、全壊率-死者数の推定式 (阪神・淡路の震災を基に推定、東京都¹⁷⁾及び、 構造全壊率=自治体全壊率×0.7の変換式⁽⁸⁾より算出 負傷者 建物被害率-負傷者発生率の推定式 (宮城県沖地震・仙台市被害調査¹⁶⁾からの推定式より算出 急傾斜崩壊 死者数、負傷者数 被災戸数(危険性ランク(危険度高い+やや高い)×4%より推定) 建物内存在者数-死傷者数の推定式(伊豆大島近海地震の被災事例からの推定式¹⁰⁾) 火災 死者数 0.066人(平常時火災1件あたりの死者数の平均(愛媛県1996～1998)) ×6時間後焼失棟数 負傷者数 0.212人(平常時火災1件あたりの負傷者数の平均(愛媛県1996～1998)) ×6時間後焼失棟数 ブロック塀・石塀 ブロック塀倒壊率、屋外人口密度-死者数(宮城県沖地震の被災事例を基に推定した 静岡県⁹⁾の推定式⁹⁾を使用 屋外落下物 震度階-死者率(宮城県沖地震の震災を基に推定した火災予防審議会の被害率³⁰⁾を使用。
上下水道	(入力項目)
	地震動、液状化数(PL値)、管種、管径
	(出力項目) 水道管被害箇所数(上水) 流下機能支障(下水)
電力施設	(想定手法)
	上水道 水道管被害箇所数=液状化補正×管種補正×管径補正×地震動による 標準被害率×設備延長(各補正係数については、東京都の手法¹⁷⁾による) 下水道 流下機能支障(=下水道管きよの土砂堆積延長(km))=液状化による補正係数×管きよ延長
	(入力項目) 建物数、地中送電線数、電柱数、架空配線互長、液状化数(PL値)
電力施設	(出力項目)
	停電世帯数
	(想定手法) 施設被害数 電柱被害本数 液状化による補正(日本海中部地震の被害率)×電柱被害率(阪神・淡路の電柱被害率)×電柱本数 地中配線被害互長 液状化による補正(日本海中部地震の被害率)×地中線被害率(阪神・淡路の電柱被害率)×地中配線互長 停電世帯 停電率=19.5×電柱被害率^{0.35}(神奈川県被害想定³⁰⁾より) 世帯数×停電率で停電世帯数の算出
東京都	(入力項目)
	液状化数(PL値)、管種、管径、地震動(地上速度)
東京都	(出力項目)
	・ガス供給支障人口

		(想定手法) 都市ガス 被害箇所数=液状化補正(日本海中部による)×管種補正地震動による標準被害率×設備延長、各補正係数については、東京都の被害想定手法¹⁷⁾による。 供給停止数：地上速度が60cm/s以上の地域 LPガス 阪神・淡路大震災の容器転倒率とガス漏れ率を用いて、容器転倒戸数及びガス漏れ戸数を想定した 機能支障率：ガス漏れ戸数を消費者戸数で割った数値
	電話施設	(入力項目) 震度、該当箇所の人口
		(出力項目) 定性評価
		(想定手法) 通話支障 電話の故障、自宅倒壊、輻輳、携帯電話、インターネットの不通などを対象
	道路	(入力項目) 緊急輸送路、国道・県道の橋梁と落石・崩壊危険箇所(耐震点検結果)、地盤種類、震度、道路延長、交通センサス
		(出力項目) 通行支障台数
		(想定手法) 路面破損及び盛土崩壊 被害箇所数=道路延長×被害率 被害率：地盤種別及び震度毎で設定(0.0～0.25) 落石・切土崩壊 被害箇所数=Σ耐震ランク毎の落石・崩壊危険箇所数×被害率 被害率：耐震ランク別で設定(0.0～0.54)^{40)・35)} 橋梁 被害箇所数=Σ耐震ランク毎の橋梁数×被害率 県管理の橋梁：ランク(愛知県被害想定⁴⁾及び広島県被害想定に準じる)付け 国管理の橋梁：ランク(仙台市被害想定⁴⁾の被害想定に準じる)付け 被害率：耐震ランク別で設定(0.0～0.63で広島県被害想定(1995)に準じる) 通行支障台数 交通センサスより緊急輸送路の平常時交通量を算出 通行車両台数と施設被害の重ねあわせ(重ねあわせ路線は施設被害箇所数が1を越えた路線)
	鉄道	(入力項目) 鉄道延長(地形図)、震度、地面種別
		(出力項目) 路線別被害箇所数(定量評価)、輸送機能支障(定性評価)
		(想定項目) 施設被害 平坦地路面破裂、橋梁・高架橋の落橋、盛土・切土の崩壊、トンネル出入口土砂崩れ等 被害箇所数=鉄道延長×被害率 被害率：地盤種別及び震度毎に設定(0.0～2.51)(宮城県被害想定³⁵⁾など) 輸送機能支障 定性的評価
	港湾	(入力項目) 甲種及び乙種港湾位置、震度、地盤種別、液状化(PL値)
		(出力項目) 被害発生の可能性(3段階：被害無し、被害小、被害大、)

	(想定項目) 施設被害 地震動、液状化、津波による被害を想定 被害無し：震度4以下の施設又は耐震バース 可能性小：震度5～6弱 可能性大：震度6強以上、液状化危険度A(PL>15)、津波浸水のいずれか 輸送機能支障 定性的評価
住宅機能支障	(入力項目) 夜間人口、建物被害棟数(全壊・半壊)、断水(上水)率
	(出力項目) 発災1日目、1週間目、1ヶ月目の避難所生活者・疎開者数
	(想定手法) 自宅の全壊・半壊と上水の断水による影響人口を想定する。 発災直後 避難・疎開人口 $1.0 \times \text{全壊・焼失人口} + 0.503(\text{阪神・淡路の避難率}) \times \text{半壊人口} + 0.362(\text{阪神・淡路時の断水人口の避難率}) \times \text{断水率} \times \text{被害無し人口}$ 避難所人口 $0.65 \times \text{避難・疎開人口}$ 疎開人口 $0.35 \times \text{避難・疎開人口}$ 1週間後 避難・疎開人口 $\text{全壊・焼失人口} + 0.503(\text{阪神・淡路の避難率}) \times \text{半壊人口} + 0.362(\text{阪神・淡路時の断水人口の避難率}) \times \text{断水率} \times \text{被害無し人口} + (1 - 0.362) \times \text{発災1週間後の断水率} \times \text{被害無し人口}$ 避難所人口 $0.65 \times \text{避難・疎開人口}$ 疎開人口 $0.35 \times \text{避難・疎開人口}$ 1ヶ月後 避難・疎開人口(=応急住宅対策必要人口) $\text{全壊・焼失人口} + 0.503(\text{阪神・淡路の避難率}) \times \text{半壊人口}$ 自力再建困難人口 $\text{全壊・焼失人口} \times 0.4(\text{阪神・淡路震災時の4ヶ月後の避難所生活世帯+仮説住居世帯:0.37より})$
飲食機能支障	(入力項目) 避難者数、備蓄量
	(出力項目) 食料、飲料、生活必需品不足量
	(想定手法) 備蓄量との比較 飲料水 上水支障1人あたり、1日3リットル(1～3日)、1日20リットル(4日以降)を原単位とした給水需要と市町村の災害用確保水量との比較 食料 避難所生活者の1.2倍を対象として1日3食を原単位として発災後2日を想定し、公的備蓄量との比較。
医療機能支障	(入力項目) 平常時入院患者数、建物被害率(全壊・半壊、焼失)、医療機能低下率 病床数(重傷、中等傷、軽傷者対応別)、空床率、人被害(死者+重傷者)
	(出力項目) 医療需給過不足数、日常受療困難者数

	(想定手法) 日常受療困難者数 需要 生活人口 × 受療率 (入院 1593/10万 ・ 外来 6078/10万 [愛媛県]) × 受療増加率 (避難所 =2.0、自宅=1.0) 供給 市町村人口 × 受領率 × (1-医療機関被害率 (全壊 + 1/2半壊 + 焼失)) 医療需給過不足数 医療供給量 病床数 × 空床率 × 医療機関建物被害率 × 医療機能低下率 医療需要 死者 + 重傷者 要転院数 平常時入院患者数 × (医療機関建物被害率 (全壊 + 1/2半壊 + 焼失) × 医療機能低下率 (ライフラインによる被害震度6強以上 0.7、それ以外 0.3) × (1-医療機関建物被害率)) × 転院率 (50%を想定)
--	--

(7) 静岡県(東海地震・神奈川県西部地震)

表 11 静岡県による想定地震(東海地震他)

機 関	静岡県 東海地震・神奈川県西部地震
想 定 地 震	(想定地震域) 東海地震石橋モデル⁴²⁾ 中央防災会議モデル⁴³⁾ 神奈川県西部地震 富士川河口断層帯地震
地 震 動 計 算 手 法	(計算方法) 経験的手法での計算により、500mメッシュ毎の震度、加速度、速度の算出 地下構造 表層地盤を17種類に分類、道路橋示方書⁴⁴⁾に合わせて耐震設計地盤3種に分離 手法 500mメッシュごとの震源距離設定 東海地震：工学基板上でのShima, et. alの距離減衰式⁴⁵⁾に 応答倍率(地盤分類毎)をかけて最大加速度を算出。 神奈川西部：工学基板上での福島・田中の距離減衰式⁴⁶⁾に 応答倍率(地盤分類毎)をかけて求めた最大加速度に$1/\sqrt{2}$を乗じた値を使用 道路橋示方書⁴⁴⁾より、速度/加速度比の算出 震度は、実行加速度から換算
震 度 分 布	(結果) 震度7 震度6強 震度6弱 震度5強 東海地震の震度分布

表 12 静岡県の被害想定(東海地震他)

想定項目	建物被害(地震動、液状化、人工造成地、急傾斜地崩壊による被害) 火災被害 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設、電話、都市ガス) 瓦礫発生量 住宅機能支障、飲食機能支障、医療機能支障 その他(想定シナリオ)
被害想定手法・地震の係わる項目	建物地震動
	(入力項目) 町丁目別の地震動の大きさ別面積比率 町丁目別の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出)
	(出力項目) 建物全壊率(町丁目別)
	(想定手法) 被害率 阪神・淡路震災より建築年代別、地表速度別の 全・半壊率の推定テーブル作成 推定テーブル内で静岡県の耐震化策を考慮 全壊率 建築年代・種別毎に被害率に建物数をかけて被害建物数を推定 被害建物数から全壊率を算出
建物液状化	建物液状化
	(入力項目) 町丁目別の液状化ランク(PL値)別面積比率 町丁目別の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出)
	(出力項目) 建物全壊率(町丁目別)
建物人工造成地	(想定手法) PL値算出 メッシュ毎にPL値を算出 ランク付け PL値によるランク分け(A(15以上), B(5以上15未満), C(5未満)) 被害率 町丁目毎に液状化ランク別(PL値15以上), PL値5以上15未満, PL値5未満)面積比率作成 液状化ランクに応じて建物の大・中破率をかけ町丁目毎に被害棟数を算出
	建物人工造成地
	(入力項目) 造成地面積、木造棟数、軽S造棟数
	(出力項目) 市町村別造成地の家屋被害
	(想定手法) 宅地面積・棟数算出 市町村別宅地面積の算出 造成地の棟数の算出 地盤毎の被害率 第1種, 2種地盤の家屋被害率の算出 家屋被害率に対する補正係数を設定 被害件数 被害件数 = 造成地の棟数 × 家屋被害率 × 補正係数

急傾斜地崩壊	(入力項目) 急傾斜地数 急傾斜地内の家屋数
	(出力項目) 急傾斜地崩壊による全壊棟数
	(想定手法) 危険度ランクの設定 危険度ランク(A～C)別の崩壊確率 (宮城県沖地震の結果によるA:95%、B:10%、C:0%) 崩壊箇所の震度別被害 (宮城県沖地震、伊豆大島近海沖地震による ～震度4 震度5弱 震度5強 震度6弱 震度6強 震度7 全壊率 0% 6% 12% 18% 24% 30% 半壊率 0% 14% 28% 42% 56% 70%
火災被害	(入力項目) 住宅戸数、建物全壊率(メッシュ毎)、危険物施設別出火率、危険物施設数
	(出力項目) 炎上出火件数(市町村単位)
	(想定手法) 出火要因の想定 出火の要因として一般火気器具、電熱器具(電気関係も考慮)、化学薬品、危険物施設 一般火気器具、化学薬品については、初期消火が50%とし、その残りが炎上出火とする。 危険物施設は、施設毎の平均出火率データに施設種別の施設数をかけて炎上出火数を算出 消防想定 出火位置、消防署位置、消防車両データ、水利データより運用(1次、2次)想定 1次想定 発災後1時間を想定(ポンプ車2台1組を想定) 炎上時間・規模：出動まで8分、車両走行速度15km/h、水利と出火点の距離から20mのホースが何本必要か?(ホース延長の時間は17秒、取付け時間を15秒とする)、ホース延長から放水まで1分を合計し東消式97に基づき火面周長さの算出 算出した長さが30m(ポンプ車1台)を越えるかどうかで消化可能かの判断を行う 2次想定 一時間以降を想定 炎上時間・規模：水利は100トン以上の防火・耐震水槽および自然水利、走行速度は15km/h、建ぺい率の高い残火災を優先、1次運用のポンプ車は2次運用に向かう。 非木造火災は1棟のみで鎮火し想定外 活動範囲は420m以内(30本×20m/√2)を越えるかどうかで消化可能かの判断を行う 延焼範囲 2次想定までに消化されなかった火災が広がると想定
人的被害	(入力項目) 地震動による建物被害(全壊、半壊、焼失)、ブロック・石塀の倒壊 木造、非木造建物内での滞留状況 道路の走行台数
	(出力項目) 地震動による影響人口

		(想定手法) 木造、非木造建築物での人的被害 阪神・淡路震災から建物被害との関係式を策定し死者数を算出(時間帯による補正を考慮) ブロック塀・石塀、屋外落下物 宮城県沖震災から塀被害との関係式を策定し死者数を算出 建物内 阪神・淡路震災から建物内の転倒率、屋内人口から関係式を策定 自動車運転中の被害 伊豆・大島近海地震の走行台/kmと運転時の死者数の関係式を策定し死者数を算出 下敷き・生き埋め 建物全壊率と要救助者数との関係式を策定
		(入力項目) 想定地震による最大速度/上水 建物全壊率/下水
		(出力項目) 配水管の被害率(上下水) 断水人口と復旧状況(上水) 供給支障需要(下水)
		(想定手法) 上水道 施設被害 阪神・淡路大震災の被害事例から作成した地表最大速度と液状化条件、管種、管径で施設の被害状況の算出 断水率 被害箇所を基にした1日目(阪神・淡路震災の事例から算出)、4日目の断水率(制水弁閉止を考慮した断水率) 下水道 施設被害 土被り深さ、液状化危険度、管きょ延長から枝線管きょの土砂堆積被害率の算出 機能支障 土砂堆積被害率に普及人口を乗じて硫化機能支障人口を算出 復旧想定は、復旧シナリオより定性的評価
		(入力項目) 電力施設数、亘長
		(出力項目) 停電世帯数
		(想定手法) 施設被害 電柱被害本数=液状化による補正(日本海中部地震の被害率)×電柱被害率(阪神・淡路の電柱被害率)×電柱本数 地中配線被害亘長=液状化による補正(日本海中部地震の被害率)×地中線被害率(阪神・淡路の電柱被害率)×地中配線亘長 停電世帯数 被害率と契約世帯数から影響世帯数の算出 復旧設定については復旧シナリオを基に定性的評価
		(入力項目) 電話施設(主に電柱)、亘長
		(出力項目) 機能支障
		(想定手法) シナリオに基づく定性評価

	都市ガス	(入力項目) 都市ガス施設数、亘長 最大速度
		(出力項目) 機能支障
		(想定手法) 都市ガス 施設被害 被害箇所数=液化化補正×管種補正地震動による標準被害率×設備延長 供給支障 ガスの供給支障地域(保安上の理由での供給支障を含む)、 SI値(この想定では最大速度で代用)が60cm/s以上の地域 復旧設定については、復旧シナリオを基に定性的評価
	瓦礫発生量	(入力項目) 建物被害棟数、床面積(地震動)、床上浸水棟数(津波)
		(出力項目) 瓦礫量
		(想定手法) 地震動 躯体残骸：1平方m当たり、木造0.6トン、非木造1.0トン、焼失建物0.23トン 水害ゴミ 床上浸水家屋数に、15m ³ をかける。 重量-体積の換算は、1.9m ³ /tを使用する。 堆積土砂 90m ³ /1ヘクタールとする。 重量-体積の換算は、0.64m ³ /tを使用する。
	住宅機能支障	(入力項目) 建物被害棟数(全壊・半壊)、断水(上水)率
		(出力項目) 避難者数、避難世帯数
		(想定手法) 自宅の全壊・半壊と上水の断水による影響人口を想定する。 全壊人口 全壊棟数×人口(世帯) 半壊人口 半壊棟数×人口(世帯) 断水人口 断水率×(全人口－全壊人口－半壊人口) 発災直後、1週間後、1ヶ月後の避難先の比率は、 アンケート(静岡、神戸)結果の比率とする。
	飲食機能支障	(入力項目) 避難者数、備蓄量
		(出力項目) 食料、飲料、生活必需品不足量
		(想定手法) 原単位の設定 避難所生活者の1.2倍を対象として1日3食を原単位 上水支障1人あたり、1日3リットル(1～3日)、1日20リットル(4日以降)を原単位 不足量の算出 備蓄量(家庭内を含む)と原単位×影響者数との差を不足とする。
	医療機能支障	(入力項目) 平常時入院患者数、建物被害率(全壊・半壊・焼失)、医療機能低下率 病床数、空床率、人被害(死者+重傷者)
		(出力項目) 要転院患者数、医療需給過不足数

		(想定手法) 要転院患者数 平常時入院患者数 × 医療機関建物被害率(全壊 + 1/2半壊 + 焼失) × 医療機能低下率(定性的判断) × 転院率50%を想定 医療需給過不足数 医療需要と医療供給数の差より算出 医療需要 予想される死者 + 重傷者より算出 医療供給量 病床数 × 空床率 × 医療機関建物被害率 × 医療機能低下率
	その他	(入力項目) シナリオ
		(出力項目) 定性的手法
		(想定手法) 危険物・高圧ガスによる被害

(8) 神奈川県(東海地震・南関東・神奈川県西部地震)

表 13 神奈川県による想定地震(東海地震他)

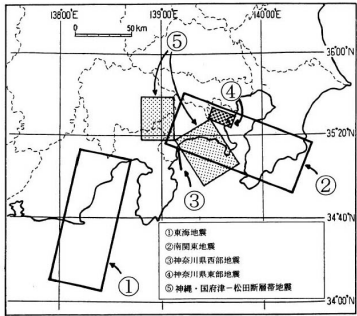
機 関	神 奈 川 県 東 海 地 震 他
想 定 地 震	(想定地震域)  東海地震：中央防災会議で決定した断層モデルを震源とした地震 南関東地震：金森⁽⁴⁷⁾による断層モデル 神奈川県西部地震：神奈川県⁽³⁰⁾による断層モデル 神奈川県東部地震：中央防災会議「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」で検討されたフィリピン海プレート境界面で発生する地震のうち、県庁直下を震源とした断層モデル(新規に計算) 神縄・国府津－松田断層帯地震：同断層帯とその海域延長部を震源とする断層モデル(神縄断層と国府津－松田断層に分割したモデル)(新規に計算)
地 震 動 計 算 手 法	(計算方法) 手法 midorikawa⁽⁴⁸⁾、松岡・翠川⁽⁴⁹⁾による手法等を用い、1kmメッシュ毎の震度、最大速度の算出する。 地盤データ 地盤種別データは、500メッシュのデータを使用 最大速度 最大速度＝最大増幅率×基盤地盤の最大速度 基盤地盤の最大速度(神奈川県東部地震) $\log(\text{基盤地盤の最大速度}) = b - \log(r + c) - k \cdot r$ $b = -0.22M^2 + 3.94M - 13.88 \quad (r < 30\text{km}) \quad b = 0.52M - 0.918 \quad (r \geq 30\text{km})$ $c = 0.01 \cdot 10^{0.43M} \quad (r < 30\text{km}) \quad c = 0.0164 \cdot 10^{0.382M} \quad (r \geq 30\text{km})$ M: マグニチュード r: 震源距離 基盤地盤の最大速度(神縄・国府津－松田断層帯地震) $\log(\text{基盤地盤の最大速度}) = 3.34 + 0.17d - \log(r + 30) - k \cdot r$ $k = 0.006(\text{減衰定数}) \quad r: \text{震源距離} \quad d = 0.5(\text{方向性パラメタ})$ 最大速度増幅率 $\log(\text{最大速度増幅率}) = 1.83 - 0.66 \cdot \log(\text{表層のS波速度}) + 0.16$ $\log(\text{表層のS波速度}) = c1 + c2 \cdot \log(H)$ c1, c2: 地盤種毎に設定
震 度 分 布	(結果)  神縄・国府津－松田断層帯地震

表 14 神奈川県 の被害想定(東海地震他)

想定項目	建物被害(地震動、液状化、崖崩れによる被害) 火災被害 救出箇所・救出活動 人的被害 医療活動 ライフライン被害(上水道、電力施設・有線電話、都市ガス・LPガス)
被害想定手法・地震の係わる項目	建物地震動
	(入力項目) メッシュ毎の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出)
	(出力項目) 建物全半壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) 大破率 国土庁被害想定マニュアル ⁹⁾ に基づく手法 速度別大破率は、地形分類・建築年毎に設定 木造建物の被害 木造大破棟数＝速度(地震による地表面最大速度)別大破率×現況棟数による算出 非木造構造物 非木造大破棟数＝速度(地震による地表面最大速度)別大破率×現況棟数による算出
	建物・液状化
	(入力項目) メッシュ別の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出)
	(出力項目) 建物全半壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) 液状化度 液状化は、地盤データが沖積層で地盤内に2m以上の砂の層を含んでいる物を対象 メッシュ別速度(地震による地表面最大速度)と地盤種別から 液状化度を4段階(大中小無)に設定 木造建物 過去の液状化被害に基づく液状化度に基づく被害率を算出 液状化被害率を基にメッシュ毎の被害件数の算出 非木造建物 液状化による被害は考慮しない。
	建物・崖崩れ
	(入力項目) 既往の点検調査結果
	(出力項目) 土砂災害危険箇所 危険家屋数
	(想定手法) 発生要因 既往の点検結果での危険度が高く、震度6弱以上の箇所を被害発生崖と定義 算出手法 崖崩れの平均被災は崖全長の15%、崖の最前面家屋が被災(大破)とする。
	火災被害
	(入力項目) 住宅戸数、建物全壊率(500mメッシュ毎)、危険物施設別出火率、危険物施設数
	(出力項目) 焼失建物数
	(想定手法) 出火要因 出火の要因として火気器具、電気機器・配線、化学薬品、危険物施設、LP施設

	火気器具による出火(一般家庭) 出火件数＝火気器具の出火率×木造棟数 火気器具の出火率＝0.0018・時刻係数・季節係数・木造全壊率^{0.7055} 木造全壊率＝0.79×木造大破率^{-1.87} 火気器具による出火(飲食店) 出火件数＝火気器具(飲食店)の出火率×飲食点数数 火気器具(飲食店)の出火率＝火気器具(一般家庭)の出火率×補正係数 補正係数は、東京消防庁の値による。 電気機器・配線による出火 加速度(地震動による地表面最大加速度)毎の電気機器・配線による出火率 出火件数＝出火率×建物棟数 化学薬品による出火 加速度(地震動による地表面最大加速度)毎の業態別による出火率 出火件数＝出火率×業態別事業所数 危険物による出火 加速度(地震動による地表面最大加速度)毎の 危険物取り扱い施設別による出火率 出火件数＝出火率×危険物施設数 LPガスによる出火 加速度(地震動による地表面最大加速度)毎のガス容量別による出火率 ガス容量別による出火率は、ガス漏洩率より算出 出火件数＝容量別出火率×LPガスボンベ数 消防想定 1次運用による消火を想定 延焼速度と火面周長は、風向風速、木造率、建坪数等を用いる 東消式97⁽⁵⁾を用いて算出 消火開始までの時間は、 出動時間(10分)＋移動時間＋消火準備時間(5分)で算出 火災現場までの時間は、移動距離(直線距離の1.4倍)÷移動速度 (震度5強以下15km/h、震度6弱以上10km/h)より算出 放水可能な担当周長を30m(常設消防)、10m(消防団)とする。 消火の判断は、担当周長>0.8(建坪率18%以上)or 0.5(建坪率18%以下)×火面周長で算出 延焼被害 消火不能な出火点とメッシュの不燃率からメッシュの延焼率を算出 延焼率1.0の場合は、メッシュ間での燃え移りと想定 メッシュ内の木造棟数と延焼率より焼失棟数を算出
救出箇所・救出活動	(入力項目)
	建物分布、震度分布
	(出力項目)
	要救出者数、救出可能数
	(想定手法)
	算出手法 閉じ込め者が発生する想定(建物内、エレベータ、列車、崖崩れ)毎に要救出者数を救出難易度のランク毎に算出。各ランク(高難度、中難度、低難度)毎に救出主体(消防、警察、自衛隊、住民)を割り振り、想定毎の救出時間に基づき救出可能者数を想定する。 要救出者数(建物崩壊による閉じ込め者数：高難度・中難度救助) 要救出箇所数＝崩壊棟数×建物内の人間存在確率×閉じ込め確率(0.3)/平均階数(木造は1、非木造は3.7) 要救出人数＝要救出箇所数×平均滞在人数 崩壊棟数 木造住家＝大破棟数×崩壊率(0.4×震度-2.1) 非木造＝速度(地震による地表面最大速度)別倒壊率×棟数 建物内の人間存在確率 居住者の在宅率(NHK生活時間調査より定式化)に基づき設定 閉じ込め確率 過去の地震実績より設定

人的被害	救出主体 高難度対応：レスキュー 中難度対応：消防職員・消防団員（消火要員を除く）、広域（県内、県外）消防、警察、自衛 救出所要時間 高難度：4～12h、中難度：2～6h 夜間の場合は2倍を想定。探索所要時間は1h、救出箇所間の移動は1hと想定。 県内からの派遣時間は4h、県外からの派遣時間は距離に応じた時間を想定 要救出者数（家具転倒による閉じ込め者数：低難度救助） 家具による要救出箇所数＝（全壊棟数－要救出箇所数）×建物内の人間存在確率×家具による閉じ込め確率 家具による要救出人数＝要救出箇所数×救出箇所人数（木造住居1人、非木造非住居2人） 救出主体 住民等（自助）を想定 救出所要時間 低難度：1～6h
	（入力項目） 建物被害、ブロック塀等の配置と被害箇所、崖崩れ箇所
	（出力項目） 死傷者数
	（想定手法） 算出手法 死傷者は、各想定（建物被害、倒壊被害、崖崩れ、交通被害）毎に死傷者（死者、負傷者、重傷者）を算出する。 負傷者は、軽傷者：中等傷者の比率を3：5とする。 建物被害による死傷者 対象 建物被害による死傷者を対象 死傷者 死者＝$(0.09 + 0.02 \times (1 - \text{生存救出率})) \times \text{閉じ込め者数}$ （回帰係数は過去の震災資料による） 重傷者＝$(0.06 + 0.02 \times \text{生存救出率}) \times \text{閉じ込め者数}$ （回帰係数は過去の震災資料による） 重傷以外の負傷者＝閉じ込め者数×0.83 生存救出率 生存救出率（24時間以内1.0、24～48時間以内0.5、48時間以上0.0） 閉じ込め者数 閉じ込め者数は、救出活動での項目と同じ ブロック塀倒壊等による死傷者 対象 家具転倒、屋内外落下物、ブロック塀・門柱倒壊、脱出行動に伴う死傷者を想定 死傷者 死者＝$0.000025 \times (\text{震度} - 4.5) \times (\text{人口}) \times (1 - \text{閉じ込め者率})$ （回帰係数は過去の震災資料による） 重傷者＝$0.00025 \times (\text{震度} - 4.5) \times (\text{人口}) \times (1 - \text{閉じ込め者率})$ （回帰係数は過去の震災資料による） 重傷以外の負傷者＝5.0×重傷者 閉じ込め率 閉じ込め者率は、救出活動での項目と同じ 崖崩れによる死傷者数（住家） 対象者 崖崩れは、住家内での被害を想定 死傷者 死者＝$0.5 \times \text{崖崩れによる全半壊家屋数} \times \text{在宅率} \times \text{世帯人数}$ （回帰係数は長崎豪雨資料による） 重傷者＝$0.25 \times \text{崖崩れによる全半壊家屋数} \times \text{在宅率} \times \text{世帯人数}$ （回帰係数は長崎豪雨資料による）

	重傷以外の負傷者=重傷者 崖崩れによる死傷者数（通行中） 対象者 通行中に巻き込まれた被害 通行中の車両 被災車両=0.15×崖崩れ箇所を走行している車両数 死傷者数 死者=0.5×車両内人数（2人）（回帰係数は住家内に準ずる） 重傷者=0.25×車両内人数（2人）（回帰係数は住家内に準ずる） 重傷以外の負傷者=重傷者 延焼火災による死傷者数 対象者 延焼火災対象（救出遅れ及び、避難遅れ） 死者 救出遅れによる死者数=時刻tまでの要救出者数×時刻tまでの未救出率 延焼避難遅れによる死者数：延焼規模と速度より算出 （回帰係数は関東大震災以降の大火より） 死者数=0.0308×（焼失棟数-5880）×α 焼失棟数が5880以上の場合 $\alpha=8\times10^{-4}\times（時間当たりの焼失棟数-600）+1$ 焼失棟数が600以下の場合 $\alpha=1$ 交通機関（列車）被害による死傷者数 対象者 列車の乗客 落橋：考慮しない（東京都の手法に準じる） 脱線（震度6強以上が3メッシュ続いた場所） 死傷者=脱線列車数（列車本数×被災率（震度6強：0.231、震度7：0.929）） ×平均乗客数×死傷率 （死者率=0.084/100、負傷率=5.209/100、重傷者=負傷者×0.2） 脱線・転覆（新幹線被害） トンネル出口での脱線転覆事故を想定 死傷者=乗客数×死傷率（死者率1/3、負傷者率2/3） （ドイツの新幹線事故で死傷率より設定） 脱線・転覆（通勤電車被害の想定） 高架部分を通過中の通勤列車（乗車率150%）が脱線転覆と想定 死傷者=乗客数×死傷率（死者率0.16、負傷者率0.84） （過去の激甚鉄道事故で死傷率より設定）
医療活動	（入力項目） 市町村別医師（医者数、管理者数、参集率、能力）、建物被災率
	（出力項目） 被災地内処置数、搬送数
	（想定手法） 手法 医療活動について、応急治療、搬送での対応可能人数を算出する 応急治療の対応人数 被災地内負傷者処置数（経過時間別） =（市区町村別医師数×建物被災率×医師参集率-管理者数） ×負傷者処置可能数 被災地内負傷者処置数（経過時間別） =（市区町村別時間帯）=病院到達人数-負傷者処置数 搬送 重傷患者の搬送を想定 搬送は、応援の救急車（県内応援の救急車到着の6h後から開始） ヘリコプター（次の夜明けから開始）とする。 搬送手段は、救急車（2名/回、9h（移送片道4h、その他1h）/回、夜間可）、 ヘリコプター（2名/回、3h（移送片道1h、その他1h/回）、夜間不可）とする。
上水道	（入力項目） 供給区分域・供給件数・供給人口、導水管・配水管の分布・管種・管径別延長（上水） 地表最大速度、地盤、液状化指数

		(出力項目) 配水管の被害箇所数と被害率(上水) 供給支障 復旧日数
		(想定手法) 上水道・施設被害 地表面最大速度による被害率と管種・管径・地盤液状化の補正係数からなる関係式で算出 被害箇所数= $C1(\text{液状化補正}) \times C2(\text{管種}) \times C3(\text{管径}) \times R$ (被害率= $2.24 \times 10^{-3}(\text{速度}-20)^{1.51} \times L(\text{延長距離})$) 上水道・供給支障 東京都の被害率との関係式より被災当日の支障率を算出 支障率= $162.79 \times \text{被害率}(\text{箇所}/\text{km}) + 1.86$ ～3日目は当日の支障率、 4日目～は当日の支障率に被害率毎に補正係数を乗じた支障率を使用 上水道・復旧 東京都による直下型地震被害想定より算出 復旧日数は、支障率毎に想定
		(入力項目) 電力施設数、亘長
	電力施設・有線電話	(出力項目) 電力施設被害(電柱の倒壊・折損、架空線被害(=配電線被害))数
		(想定手法) 電力・施設被害 電気・電話の施設被害は、電柱被害と地中線被害に分けて想定 電柱被害数= $C1(\text{液状化による補正}) \times R(\text{震度階毎の被害率}) \times N(\text{現況数})$ 地中線被害= $C1(\text{液状化による補正}) \times R(\text{震度階毎の被害率}) / 100 \times L(\text{延長})$ 電力・機能支障 当日支障率= $1.2 \times \text{電柱の被害率}$ 4日目以降は、復旧日数に応じた支障率を算出 支障率(4日目以降)= $\text{当日支障率} \times (1 - 1/(\text{復旧日数}-2)^2)$ 電力・復旧 復旧日数は、当日支障率に応じて想定 電話・施設被害 有線電話を想定、電気・電話の施設被害は、 電柱被害と地中線被害に分けて想定 電柱被害数= $C1(\text{液状化による補正}) \times R(\text{震度階毎の被害率}) \times N(\text{現況数})$ 地中線被害= $C1(\text{液状化による補正}) \times R(\text{震度階毎の被害率}) / 100 \times L(\text{延長})$ 電話・機能支障 支障率= $1.8 \times \text{電柱の被害率} + 2.7$ (但し、被害率=0の時、支障率=0) 4日目以降は、復旧日数に応じた支障率を算出 支障率(4日目以降)= $\text{当日支障率} \times (1 - 1/(\text{復旧日数}-2)^2)$ 電話・復旧 復旧日数は、当日支障率に応じて想定
		(入力項目) 供給区分域・供給件数・供給人口、配管の分布・管種・管径別延長(上下水) 地表最大加速度、地盤、液状化指数
		(出力項目) 機能支障
		(想定手法) 施設被害 LPガス 市町村別の設備数(=消費者数)を基準とする 被害数=震度階別被害率×設備数より算出
	都市ガス・LPガス	

	都市ガス 地震動の大きさが60カイン以上(=震度6強以上と想定)を停止基準とする。 各市町村の震度が6強以上となった場合、供給エリア全域を供給停止とする。 復旧日数 都市ガス 復旧には1週間以上と想定する
--	--

(9) 宮崎県(日向灘南部・北部地震他)

表 15 宮崎県による想定地震(日向灘南部地震他)

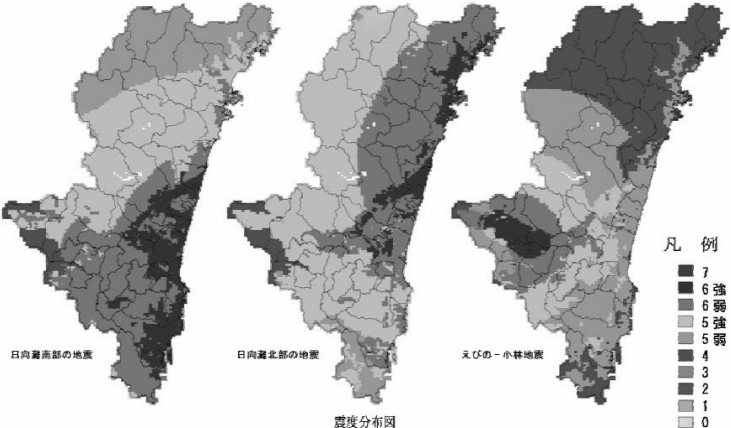
機関	宮崎県 日向灘南部・北部地震 えびの一小林付近の地震
想定地震	(想定地震域)  日向灘南部の地震 日向灘北部の地震 えびの一小林付近の地震
地震動計算手法	(計算方法) 地震基盤での地震動→表層地盤での応答特性→地表地震動の手順で算定 地下構造 地形区分・表層地質区分を行い、浅部地盤モデルとして、低地部・台地部を中心として、ボーリング資料等から浅い地盤を168通りにモデル化し、メッシュ毎に設定 深部地盤は、浅部地盤基底から地震基盤($v_s=3.0\text{km/h}$)までを、表層地質を考慮して区分 手法 震源の破壊形態及び伝達時の減衰を考慮した地震基盤での地震動の算定：プレート境界の地震のデータに基づいて提案された翠川・小林⁽²⁾の方法を使用 表層地盤での応答特性の検討：海洋型地震(1987年日向灘沖地震)内陸型地震(1995年兵庫県南部地震)の加速度時刻歴波形を用いた等価線形法による応答解析 地表地震動の算定：地震基盤における入力加速度に、各地盤モデルの応答特性曲線から得られる応答倍率を生じて500mメッシュ毎に算出 震度は、気象庁計測震度の算定手法に基づき算出
震度分布	(結果)  日向灘南部の地震 日向灘北部の地震 えびの一小林地震 震度分布図 凡 例 7 6 強 5 強 4 強 3 2 1 0

表 16 宮崎県の被害想定(日向灘南部地震他)

想定項目	建物被害(地震動、液状化、急傾斜地崩壊) 火災被害 人的被害 ライフライン被害(上下水道、電力施設・有線電話、都市ガス)
被害想定手法・地震の係わる項目	(入力項目) 町丁目別の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出) 地震動(加速度・メッシュ別)
	(出力項目) 建物全半壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) 木造建物 S55以前の在来工法を対象 木造建築物の固有周期と降伏強度(地震強度)の関係をを用いる。 1996年の日向灘沖地震での地震波形を用いて全壊・半壊に関わる地震強度と被害率の関係を求め、被害テーブルを作成 メッシュ毎の加速度応答スペクトルより地震強度を算出し被害テーブルに基づき建物被害分布の算出 非木造構造物 耐力の指標として構造耐震指標(既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準(日本建築防災協会)より)を使用。 R耐力指標として東京都被害想定での設定値 ¹⁷⁾ を使用。 メッシュ毎の加速度応答スペクトルより地震力(建物一階部分の層せん断係数)を算出し被害テーブル ³⁹⁾ に基づき建物被害分布の算出
	(入力項目) 町丁目別の建物数(固定資産台帳より年代別、建築年代別の棟数の算出) メッシュ毎の液状化ランク
	(出力項目) 建物全半壊率(メッシュ毎)
	(想定手法) メッシュ毎にPL値を算出 ³⁴⁾ 木造建物 PL>20以上(1996年の日向灘沖地震での被害結果に基づく)で、全壊10%、半壊20%として被害率の算出 非木造建物 PL>20以上(1996年の日向灘沖地震での被害結果に基づく)で、建物の階数・基礎毎に被害率を算出
	(入力項目) 既往の点検調査結果
	(出力項目) 土砂災害(急傾斜地崩壊箇所、土石流危険崩壊箇所、地滑り)危険箇所
	(想定手法) 急傾斜地崩壊危険箇所(=崖崩れ危険箇所)の推定のり面・斜面耐震判定、道路協会の手法を基にした判定表を作成 判定結果と既往の崩壊事例より危険度を設定 既往の急傾斜地崩壊危険箇所に対し危険度判定 土石流危険崩壊箇所(=土石流危険箇所)の推定 既往の危険度に対し地震動による危険度判定 地滑り危険箇所の危険度判定 既往調査の危険度に対し地震動による危険度判定
	(入力項目) 住宅戸数、建物全壊率(500mメッシュ毎)、危険物施設別出火率、危険物施設数
	(出力項目) 焼失建物数

	(想定手法) 出火の予測 出火の要因として一般火気器具、危険物施設 一般火気器具からの出火件数の予測は、木造建物数と時刻・季節の係数からなる建設省総研⁽⁵³⁾の手法による。 危険物施設からの出火率は、地震加速度及び液状化時別出火率⁽³⁰⁾による 出火点は業種別・地域別に設定 消防想定 出火位置、消防署位置、消防車両データ、延焼可能域からの想定 消防力は、消防車両4台で一棟の消火が可能とする。 延焼可能域は、不燃地域(公園、広幅員道路)を地図から読み取り設定 延焼速度は、風向風速、建物形状、建物混在率 (普通木造、防火造、耐火造の建物の混在比)等を用いる 浜田式⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾を用いて算出 延焼域(延焼域内)、非延焼域(発火1カ所につき3棟)消防力内 (発火1カ所につき1棟)とし焼失建物数を町長目・時間毎に算出
人 被 害	(入力項目) 地震動による建物被害数
	(出力項目) 地震動による死傷者 地震動による長時間避難者
	(想定手法) 死傷者 太田ら⁽⁵⁶⁾の全壊建物数との関係式で算出。 負傷者 塩野・小坂⁽⁵⁷⁾の住家被害率と負傷者発生率との関係式で算出。 長期避難者 メッシュ内人口とメッシュ内被害建物/メッシュ内建物の比率で算出
上 下 水 道	(入力項目) 供給区分域・供給件数・供給人口、導水管・配水管の分布・管種・管径別延長(上下水) 地表最大加速度、地盤、液状化指数
	(出力項目) 配水管の被害箇所数と被害率(上下水) 供給支障 復旧日数、最大要応急給水量
	(想定手法) 上水道・施設被害 久保・片山⁽²⁸⁾の地表面加速度と被害率の関係及び管種・管径・地盤液状化の補正係数からなる関係式で算出 上水道・供給支障 川上⁽⁵⁸⁾の断水率と被害率の関係式より供給支障率を算出 町丁目毎に供給支障人数の算出 上水道・復旧 過去の地震時を参考とした復旧人員と復旧率から復旧までの日数の算出 過去の地震時を参考とした結果日数-復旧率と復旧関数の作成 復旧関数を基に各町丁目での最大要応急給水量の算出 下水道・施設被害 久保・片山⁽²⁸⁾の地表面加速度と被害率の関係及び管種・管径・地盤液状化の補正係数からなる関係式で算出 補正係数は、東京都被害想定手法⁽¹⁷⁾、川崎市被害想定手法⁽²⁷⁾の値を用いる 下水道・機能支障 東京都防災会議での液状化・埋設深さ・管路延長などに基づく関係式よりメッシュ毎に供給支障人数の算出 下水道・復旧 過去の地震を参考とした被害箇所数と応急処置日数・本復旧月数などを求める関係式により復旧までの日数などを算出

電力他	(入力項目) 電力施設数、亘長
	(出力項目) 電力施設被害(電柱の倒壊・折損、架空線被害(=配電線被害))数
	(想定手法) 電力・施設被害 過去の被災事例より作成した神奈川県 ³⁰⁾ の地表面加速度-被害率の関係式で算出 電力・機能支障 神奈川県 ³⁰⁾ の架空線被害率と機能支障率の関係より支障率を算出し、町丁目毎の支障世帯数を算出 電力・復旧 過去の地震時の復旧実績より復旧要員の算出 過去の地震を参考とした経過時間と復旧率を求める関係式より復旧までの日数などを算出 電話・施設被害 有線電話を想定 過去の被災事例より作成した神奈川県 ³⁰⁾ の地表面加速度-被害率の関係式で算出 電話・機能支障 神奈川県 ³⁰⁾ の架空線被害率と機能支障率の関係より支障率を算出し、町丁目毎の支障世帯数を算出 電話・復旧 通信事業者数と、復旧効率より復旧日数の算出
都市ガス	(入力項目) 供給区分域・供給件数・供給人口、配管の分布・管種・管径別延長(上下水) 地表最大加速度、地盤、液状化指数
	(出力項目) 機能支障 供給支障 復旧
	(想定手法) 機能支障 上水道の被害予測式である久保・片山 ³³⁾ の地表面加速度と被害率の関係及び管種・管径・地盤液状化の補正係数からなる関係式で算出 管種・管径の補正係数は、被害事例を基に算出 供給支障 想定SI値とガス供給ブロックの関係に基づき算出 復旧 過去の災害事例に基づき復旧曲線を作成し、それに基づき算出

(10) 高知県(南海地震)

表 17 高知県による想定地震(南海地震)

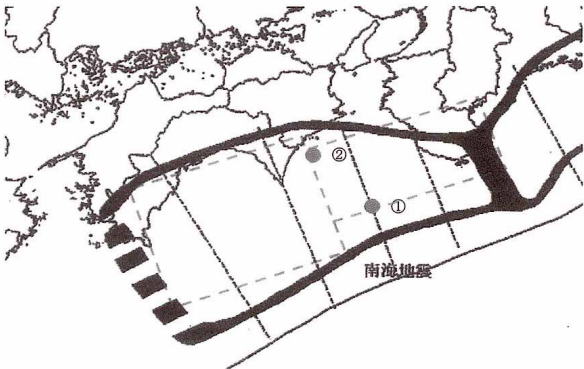
想定機関	高知県 (南海地震)
想定地震	(想定地震域)  1854年安政南海地震モデル(相田1981b) 「南海トラフの地震を想定した地震動評価手法について」地震調査研究推進本部(H13)に基づくアスペリティモデル 「東海地震に関する専門調査会」(H13)に基づくアスペリティモデル 上記2つと同じ位置でのアスペリティ無しモデル
地震動計算手法	(計算方法) 地震基盤での地震動→表層地盤での応答特性→地表地震動の手順で算定 地下構造 地形区分・表層地質区分を行い、浅部地盤モデルとして、低地部・台地部を中心として、ボーリング資料等から浅い地盤を168通りにモデル化し、メッシュ毎に設定 深部地盤は、浅部地盤基底から地震基盤($v_s=3.0\text{km/h}$)までを、表層地質を考慮して区分 推定手法 震源の破壊形態及び伝達時の減衰を考慮した地震基盤での地震動の算定：プレート境界の地震のデータに基づいて提案された翠川・小林⁵²⁾の方法を使用 表層地盤での応答特性の検討：海洋型地震(1987年日向灘沖地震)、内陸型地震(1995年兵庫県南部地震)の加速度時刻歴波形を用いた等価線形法による応答解析 地表地震動の算定：地震基盤における入力加速度に、各地盤モデルの応答特性曲線から得られる応答倍率を生じて500mメッシュ毎に算出 震度は、気象庁計測震度の算定手法に基づき算出
震度分布	(結果)  震度分布 震度0.4 震度0.5 震度0.6 震度0.7 震度0.8 震度0.9 震度1.0

表 18 高知県の被害想定(南海地震)

項目

被害想定手法・地震の係わる項目

最終防潮堤の被害

地震動・液状化
最終防潮堤の機能支障

(入力項目)
・地震動(最大加速度)
最終防潮ラインの設計情報

(出力項目)
最終防潮堤が使えるか使えないか？

(想定手法)
安定性評価と劣化評価を行い、両評価が△で×との評価をする。
＜安定性に対する検討＞
以下のフローに従う

START

情報「設計時の設計震度(kh)」の有無

有

設計時の設計震度(kh) > 照査震度(kh)

yes

健全: O

無

照査震度(kh)
安政南海地震動対象

設計時の設計震度(kh) > 照査震度(kh)

no

被害発生
の可能性が高い: △

無

情報「完成年」の有無

有

港湾基準より設計時の
設計震度(kh)の設定

無

判定不能: ?

設計時の設計震度と照査震度(想定地震の最大加速度から算出)との比較
設計震度との比較(設計震度が無い場合、港湾基準における設計基準を用いる)

審名	発行	監修	発行年	設計震度(高知県)
港湾の施設の技術上の基準・同解説	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1999年4月	kh=0.13(地域別震度)×地盤種別係数(0.8~1.2) ×重要度係数(0.8~1.5)
港湾の施設の技術上の基準・同解説	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1989年6月	kh=0.10(地域別震度)×地盤種別係数(0.8~1.2) ×重要度係数(0.5~1.5)
港湾の施設の技術上の基準・同解説	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1979年3月	kh=0.10(地域別震度)×地盤種別係数(0.8~1.2) ×重要度係数(0.5~1.5)
港湾構造物設計基準 ^(*)	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1907年4月	kh=0.10(地域別震度)×地盤種別係数(0.8~1.2) ×重要度係数(0.5~1.5)
港湾工事設計要覧 ^(*)	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1959年6月	kh=0.05~0.20
港湾工事設計示方要覧 ^(*)	(社)日本港湾協会	運輸省港湾局	1950年5月	kh=0.05~0.30

(*)1,2,3の要覧及び基準が名称変更して「港湾の施設の技術上の基準・同解説」となりました。

照査震度khは、最大加速度-照査震度関係式(日本港湾協会(1999)を使用)で算出する。

地盤種別は、0.8, 1.0, 1.2の三種(不明の場合は1.0を使用)、重要度係数は、0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5の五種(最終防潮では1.2を使用、不明の場合は1.2を使用)

$$kh < \frac{\alpha}{g} (\alpha \leq 200gal)$$
$$kh = \frac{1}{3} \left(\frac{\alpha}{g} \right)^{\frac{1}{3}} (\alpha > 200gal)$$

＜劣化に対する検討＞
以下のフローに従う

START

情報「完成年」の有無

有

供用期間 < 耐用年数

yes

健全: O

無

被害発生
の可能性が高い: △

無

判定不能: ?

耐用年数は、50年とする。

＜液状化に対する検討＞

1～3次の予測により液状化による評価を行う。

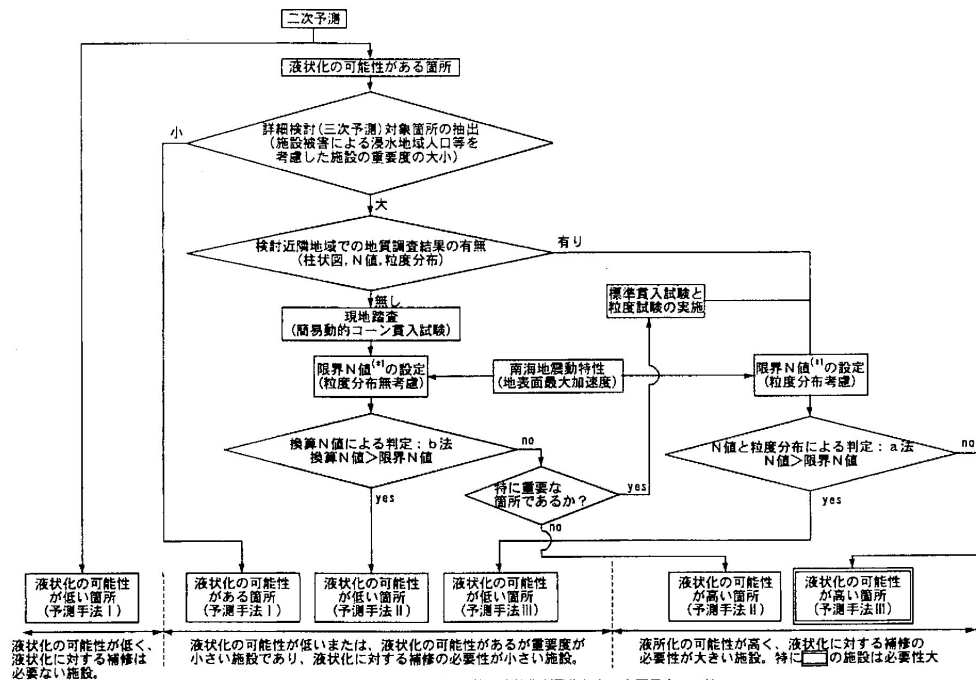
1次予測

地形区分(1/20万)及び液状化履歴による

2次予測

1次予測で「場合によって可能性がある」「可能性がある」箇所について微地形区分図(1/5万)による判定を行う

3次予測



(*) 限界N値：液状化が発生しない必要最小のN値

予測手法Ⅰ：微地形区分図を用いた予測

予測手法Ⅱ：南海地震動特性とN値(補正N値)のみによる液状化強度特性を用いた予測

予測手法Ⅲ：南海地震動特性とN値、粒度分布による液状化強度特性を用いた予測

N値と粒度分布による判定を行う。

換算N値による(簡易貫入試験を行い、液状化の可能性が高い重要な場所は、標準貫入試験を行う。)

※この被害想定は、津波による浸水エリアの特定に特化した被害想定である為、他の自治体の被害想定と異なる。

2. 津波被害想定

中央防災会議（東海地震に関する専門調査会）

表 19 中央防災会議による想定津波（東海地震）

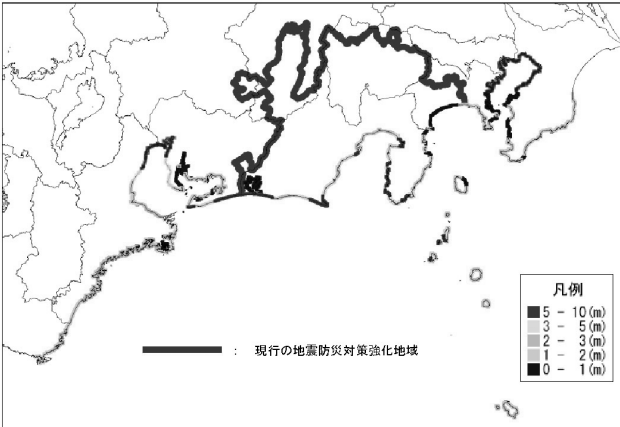
機関	中央防災会議 東海地震に関する専門調査会 東海地震対策専門調査会
津波発生想定地震	（初期変位位置）  検討ケースは、以下の3通り ① 想定震源域 + A ② 想定震源域 + A+B+C ③ 想定震源域 + A+B+D ※ A, B, C, Dは付加的な地殻変動領域 （初期変位量） 海面初期変位は、海底地殻変動量と等しいとし下の値とする。 想定震源域：4m、付加断層A：1.5m、付加断層BCD：4m 海面初期変位は、全範囲で時間差無しとする。
シミュレーション手法	（支配法定式） 深い海域（水深50m以深）：線形長波 浅い海域（水深50m未満）：摩擦・移流を考慮した非線形長波 （計算方法） 支配法定式を差分法（leap-frog法）により計算する。 差分法のメッシュサイズは、深海部（1,350m）、沿岸部に（450m、150m、50m）、遡上域は（50m）で行う。 陸上の遡上部分においては、家屋等、障害物の効果は粗度係数で表現する。 陸地地形データは、国土地理院発行の50mメッシュ標高データ及び一級河川横断断面図を用いて作成する。 海底地形データは、水路部発行の、沿岸の海の基本図（縮尺：1/10,000～1/50,000）及び海図（港泊図。縮尺1/3,000～1/15,000）を用いて作成する。
シミュレーション結果	（結果）  津波の高さは、各3ケースでの最大値とする。

表 20 中央防災会議による被害想定(東海地震)

想定項目	建物被害 人的被害
被害想定手法・津波の係わる項目	(入力項目) 建物被害の要因としては、津波水位の効果のみを使用 パラメータとして、津波浸水深を用いる
	(出力項目) 建物(全壊、半壊、浸水、軽微)
	(想定手法) 過去の津波の被害事例に基づき、浸水深と被害区分との関係を導き出している 首藤の手法 ⁽⁶⁾ を用いて、津波による建物被害を想定する。 内陸部における浸水では、流速が弱まっているものと考え、家屋は破壊には 至らないものと考えられる。このため、全壊棟数・半壊棟数については、海 岸線等に接している1km メッシュからのみ発生するものとする。 上記に加え、各都県からの浸水地域の実態(砂浜等で家屋がない等)を聞き取 り、個別に補正を行う。
	(入力項目) 浸水エリア内における滞留人口 当該地震の発生時刻における滞留人口 津波高さ(高さに応じた死者率) 津波第一波の到達時間(死者数補正) 堤防等の損壊状況(死者数補正) 防災意識の差異(死者数補正)
	(出力項目) 津波による影響人口(死者数・負傷者数・重傷者数)
	(想定手法) 浸水深が1m以上となるエリア内の滞留人口を「津波影響人口」と考える。 津波影響人口をもとに、津波による死者数をフローによって算出する。 地震の揺れと津波の複合災害を定義化するため、浸水エリア内の地震の揺れ による重傷者数及び要救助者数については、津波到達時間が60分以内の場合 は逃げるのが困難であることから、死者としてカウントする。

(11) 中央防災会議(東南海・南海)

表 21 中央防災会議による津波想定(東南海・南海地震)

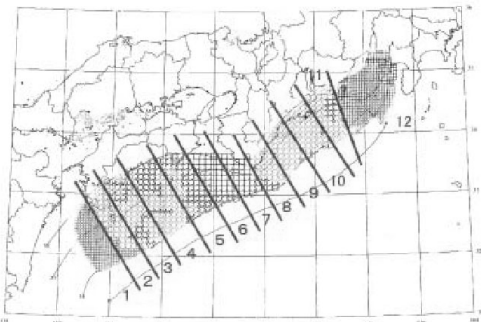
機関	中央防災会議 中央防災会議・東南海・南海地震等に関する専門調査会																																							
津波発生想定地震	(初期変位位置)  <table border="1" data-bbox="298 896 1085 969"><thead><tr><th>改良モデル</th><th colspan="12">各セグメントのすべり量分布(m)</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr></thead><tbody><tr><td>想定断層モデル</td><td>8.00</td><td>10.00</td><td>4.50</td><td>12.50</td><td>7.00</td><td>5.00</td><td>7.00</td><td>5.00</td><td>7.50</td><td>6.00</td><td>5.50</td><td>0.00</td></tr></tbody></table> (初期変位量) 波源域は、50km毎にセグメント化する。セグメント毎の滑り量は上の表の値とする。 海面初期変位は、海底地殻変動量と等しいとし、全範囲で時間差は無しとする。	改良モデル	各セグメントのすべり量分布(m)													1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	想定断層モデル	8.00	10.00	4.50	12.50	7.00	5.00	7.00	5.00	7.50	6.00	5.50	0.00
改良モデル	各セグメントのすべり量分布(m)																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																												
想定断層モデル	8.00	10.00	4.50	12.50	7.00	5.00	7.00	5.00	7.50	6.00	5.50	0.00																												
シミュレーション手法	(支配法定式) 深い海域(水深50m以深)：線形長波 浅い海域(水深50m未満)：摩擦・移流を考慮した非線形長波 (計算方法) 支配法定式を差分法(leap-frog法)により計算する。 差分法のメッシュサイズは、深海部(1,350m)、沿岸部に(450m、150m、50m)、遡上域は(50m)で行う。 陸上の遡上部分においては、家屋等、障害物の効果は粗度係数で表現する。 陸地地形データは、国土地理院発行の50mメッシュ標高データ及び一級河川横断断面図を用いて作成する。 海底地形データは、水路部発行の、沿岸の海の基本図(縮尺：1/10,000～1/50,000)及び海図(港泊図。縮尺1/3,000～1/15,000)を用いて作成する。																																							
シミュレーション結果	(結果) 																																							

表 22 中央防災会議による被害想定(東南海・南海地震)

想定項目	建物被害 人的被害 交通・輸送施設(＝港湾：定性的評価) その他(瓦礫、危険物、文化財など)被害
被害想定手法・津波の係わる項目	建物被害
	(入力項目) 建物被害の要因としては、津波水位の効果のみを使用 パラメータとして、津波浸水深を用いる
	(出力項目) 建物(全壊、半壊、浸水、軽微)
	(想定手法) 過去の津波の被害事例に基づき、浸水深と被害区分との関係を導き出している 首藤の手法 ⁶⁰⁾ を用いて、津波による建物被害を想定する。 内陸部における浸水では、流速が弱まっているものと考え、家屋は破壊には 至らないものと考えられる。このため、全壊棟数・半壊棟数については、海 岸線等に接している1km メッシュからのみ発生するものとする。 上記に加え、各都県からの浸水地域の実態(砂浜等で家屋がない等)を聞き取 り、個別に補正を行う。
	人的被害
	(入力項目) 浸水エリア内における滞留人口 当該地震の発生時刻における滞留人口 津波高さ(高さに応じた死者率) 津波第一波の到達時間(死者数補正) 堤防等の損壊状況(死者数補正) 防災意識の差異(死者数補正)
	(出力項目) 津波による影響人口(死者数・負傷者数・重傷者数)
	(想定手法) 浸水深が1m以上となるエリア内の滞留人口を「津波影響人口」と考える。 津波影響人口をもとに、津波による死者数をフローによって算出する。 地震の揺れと津波の複合災害を定義化するため、浸水エリア内の地震の揺れ による重傷者数及び要救助者数については、津波到達時間が60分以内の場合 は逃げるのが困難であることから、死者としてカウントする。
	港湾
	(入力項目) 津波浸水域
	(出力項目) 定性的な評価
	(想定手法) 発災後長時間にわたり津波が繰り返す事による機能停止
	その他
	<瓦礫発生に関しての想定> (入力項目) 床上浸水家屋数(津波水害ごみは、津波による浸水が原因)
	(出力項目) 瓦礫発生量(津波水害ごみ)
	(想定手法) 床上浸水家屋数×15.0立方メートルで算出 重量から体積への変換は、木造1.9立方m/トン 非木造0.64立方m/トンを用 いる。

(12) 愛媛県(南海地震他)

表 23 愛媛県による津波想定(南海地震)

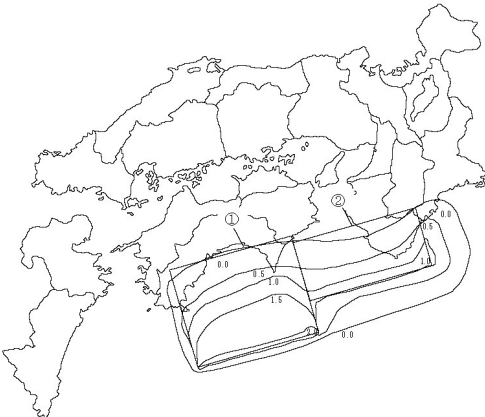
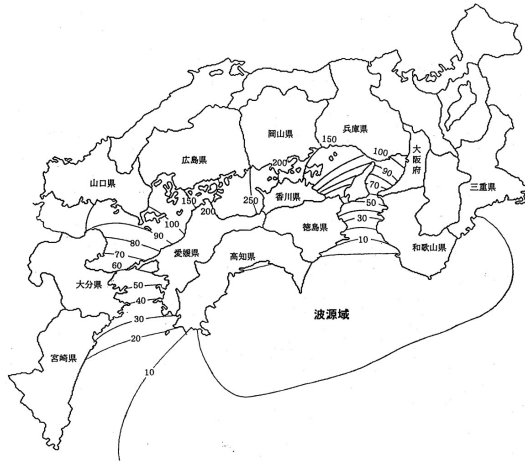
機 関	愛媛県 H16/3月にHP上で公開 (南海地震)
津 波 発 生 想 定 地 震	(初期変位)  ・初期条件波源域として安政南海地震モデル(相田モデル⁶³⁾)に基づく鉛直変位分布を設定
シ ミュ レー シ ョ ン 手 法	(支配法定式) モデル方程式非線形平面2次元モデル 運動方程式(流量、流速を計算) 連続方程式(水位を計算) (計算方法) 数値解法有限差分法による数値解析を実施 (ラックスウエンドロフ法とリープフロッグ法を併用) 差分法のメッシュサイズは、沖合(1,000m)、愛媛県沿岸部に(500m)。 境界条件・沖合海洋及び関門海峡では自由透過境界、海岸部では完全反射境界を設定 設定潮位・安政南海地震津波に対する検証では、発生時(1854年12月24日の午後4時)の理論潮汐値で補正、愛媛県沿岸での被害想定時には、松山港における朔望平均満潮面(H.W.L.: T.P.+1.6m)に基準潮位を設定 計算時間・津波の最大波を十分含む時間(地震発生後6時間) 河道内の津波の遡上に関しては河道の幅に比較してメッシュが大きいことから、今回は想定外。
シ ミュ レー シ ョ ン 結 果	(結果)第1波までの時間 

表 24 愛媛県による被害想定

想定項目	建物被害 人的被害 交通施設(＝港湾：定性的評価)
被害想定手法・津波の係わる項目	建物
	(入力項目) 沿岸域の予想浸水深図 浸水地域の地形図、建物分布
	(出力項目) 市町村別の浸水建物数
	(想定手法) 津波被害想定結果を1/25,000地形図へ書き写し、浸水域ごとの浸水家屋数を数える 浸水深(地盤標高からの水深)と建物被害の対応には、浸水域の建物を全て木造建物と仮定して、浸水深(H)が2.0m以上を床上(大破)、 $1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$ を床上(中破)、 $0.5\text{m} \leq H < 1.0\text{m}$ を床上(軽微) $0 < H < 0.5\text{m}$ を床下浸水とする
	人的被害
	(入力項目) 沿岸域の予想浸水深図 浸水域での建物状況
	(出力項目) 津波による死者数 津波による負傷者数
	(想定手法) 死者数 北海道南西沖地震時の回帰式を使用 津波による死者数 $= 0.0424 \times \exp\{0.1763 \times (\text{全壊} + 1/2 \times \text{半壊棟数率}\%)\} / 100 \times \text{人口}$ (全壊率+1/2半壊率 $\geq 4.94\%$ の場合) 津波による死者数 $= 0.0381 \times (\text{全壊} + 1/2 \times \text{半壊棟数率}\%) / 100 \times \text{人口}$ (全壊率+1/2半壊率 $< 4.94\%$ の場合) 負傷者数 北海道南西沖地震時の回帰式を使用 津波による重傷者数 $= 0.0340 \times (\text{津波による全壊} + 1/2 \times \text{半壊棟数率}\%) / 100 \times \text{人口}$ 津波による中等傷者数 $= 0.0822 \times (\text{津波による全壊} + 1/2 \times \text{半壊棟数率}\%) / 100 \times \text{人口}$
	港湾
	(入力項目) 各地区毎の地震動 沿岸域の予想浸水深図
	(出力項目) 被害予測(大、中、小)
	(想定手法) 過去の地震被害事例等を参考に以下の目安を用いる。 被害発生の可能性 適用条件 被害なし 震度4以下の施設又は耐震バース 被害発生の可能性小 震度5～震度6弱の施設 被害発生の可能性大 震度6強以上、液状化危険度A(PL値>15)の施設 津波で岸壁が浸水する施設

(13) 静岡県(東海地震)

表 25 静岡県による津波想定(東海地震)

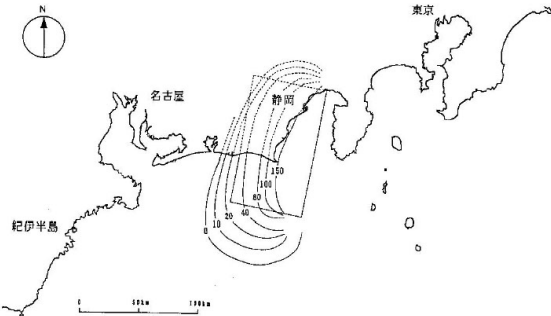
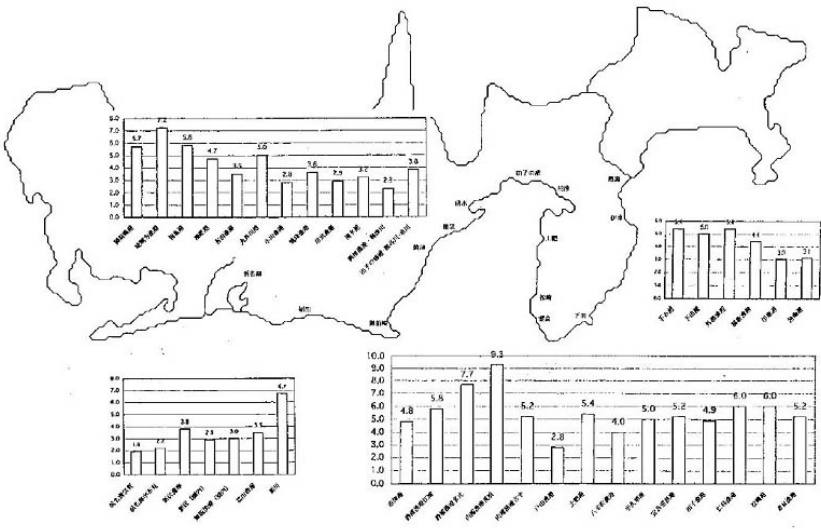
機関	静岡県 H13/5月 東海地震(第3次被害想定)
津波発生想定地震	(初期変位)  解析領域想定東海地震津波の波源域及び静岡県全沿岸域を含む太平洋初期条件波源域として想定東海地震(石橋モデル)にもとづく海底地盤の鉛直変位量を初期水位分布と設定
シミュレーション手法	(支配法定式) モデル方程式非線形平面2次元モデル 運動方程式(流量、流速を計算) 連続方程式(水位を計算) (計算方法) 数値解法有限差分法による数値解析を実施(ラックスウェンドロフ法とリーブフログ法を併用) 差分法のメッシュは、沖合での6,480m から沿岸に向かって順次分割していき、県沿岸域は240m、特定の港湾・漁港区域は80m または40m 境界条件沖合海洋では透過境界、海岸部では反射境界を設定 朔望平均潮位相当を十分含む最大満潮位(T.P.+1.0m、浜名湖内でT.P.+0.7m)に基準潮位を設定 地震による地盤の隆起沈降量を別途設定(駿河湾西岸から浜岡で1m 福田周辺で0.5m の隆起舞阪以西で0.5m の沈降) 計算時間津波の最大波を十分含む時間(地震発生後3時間)
シミュレーション結果	結果) 

表 26 津波による被害想定(東海地震)

想定項目	建物被害 人的被害 交通施設(=道路：定性的評価)
津波に関わる被害項目	建物 (入力項目) 沿岸域の予想浸水深図 浸水地域の地形図、建物分布
	(出力項目) 各市町村別の被災棟数
	(想定手法) 被害区分 木造・非木造別に、浸水による区分を設定した 木造： 床上(全壊=大破) $2.0\text{m} \leq H$ 床上(半壊=中破) $1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$ 床上(軽微=一部損壊) $0.5\text{m} \leq H < 1.0\text{m}$ 床上浸水 $H < 0.5\text{m}$ 非木造：床上(軽微) $0.5\text{m} \leq H$ 床上浸水 $H < 0.5\text{m}$ 建築物の物的被害 浸水による建築物の物的被害を各町丁目ごとに求めた。
	人的被害 (入力項目) 浸水域の建物状況、被災発生時間帯、津波到着までの時間、避難ビルの効果、警戒宣言の有無 (出力項目) 死者数、負傷者数、要因別に死傷者数を推定する。 (想定手法) 死者・負傷者 人的被害は、過去の地震被害事例(北海道南西沖のデータ)における建物被害などの物的被害等を指標として人的被害の回帰式等(基本式)を求め、標準死傷者数の想定をする。 標準死傷者数に対して、時間帯補正、津波避難に関する普及啓発の効果、津波到達時間差、避難ビルの効果などの補正を行う 死傷者数 死者数 $= 0.0424 \times \exp\{0.1763 \times (\text{津波による大破} + 1/2 \times \text{中破棟数率})\} / 100 \times \text{人口}$ (ただし、ここで死者率については北海道南西沖地震の最大である4.5%を上限とする) 重傷者数 $= 0.0340 \times (\text{津波による大破} + 1/2 \times \text{中破棟数率}) / 100 \times \text{人口}$ 中等傷者数 $= 0.0822 \times (\text{津波による大破} + 1/2 \times \text{中破棟数率}) / 100 \times \text{人口}$ 時間帯補正 バックデータは北海道南西沖地震(夜10時発生)に基づいており、かなりの人が起きている想定と思われる。時間帯の補正として朝5時の場合は10%死傷者数が多いと仮定 津波避難に関する普及啓発の効果、津波到達時間差の考慮 補正係数 $= ((5-1) \times 60 \times \text{北海道南西沖地震時の早期避難率}(54\%)) / [(\text{津波到達時間}[\text{分}] - 1) \times 60 \times \text{静岡県での早期避難意識率}(54\%)]$ 避難ビルの効果 補正係数 $= (1 - \text{対策実施率}) (\text{対策実施率} = \text{避難ビル収容可能人数} / (\text{中破以上被害棟数} \times 1 \text{棟当たり人員}))$ 警戒宣言時対応 補正係数 $= \{\text{危険地指定率} \times (1 - \text{警戒宣言時対応係数A}[85\%]) + (1 - \text{危険地指定率}) \times (1 - \text{警戒宣言時対応係数B}[73\%])\}$

	道路	(入力項目) 揺れによる構造被害(橋梁・高架橋、盛土、切土、トンネル) 地盤変位(橋梁・高架橋等)、液状化(路面の被害など)、 山・崖崩れ、沿道の建物・工作物の被害、跨道橋の被害、津波浸水
		(出力項目) 道路の機能支障(緊急輸送路被害の想定)
		(想定手法) 道路自体の被害と道路の周辺における被害の波及についてGIS手法を用いて検討する。 区間設定 緊急輸送路を区間毎(区間の区切りはインターチェンジ、緊急昇降路、サービスエリア、交差点、トンネル起終点とする)に分け、区間毎に個別の影響度評価を行う。 影響度の評価 津波の影響度は、東海地震による津波の浸水域(浸水深が施設高を上回る可能性のある区間のみ)を対象とする。 津波浸水域は、GIS上で道路の中心線から15mの範囲が浸水している場合道路が浸水していると判定。 津波による影響度は、津波の浸水域であるならばBとする。 (影響度は、各区間での最大値。津波以外の評価が高ければその値となる。)

(14)神奈川県(東海地震他)

表 27 神奈川県による津波想定(東海地震)

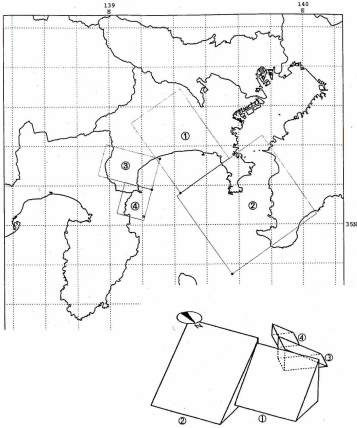
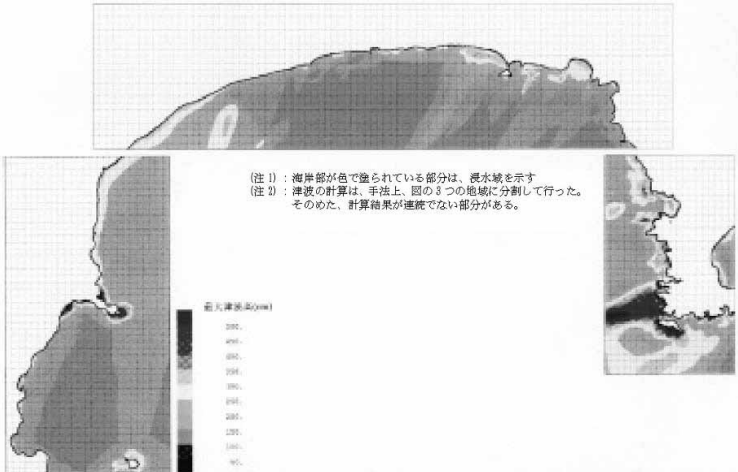
機 関	神奈川県 H11 東海地震、南関東地震、神奈川県西部地震(地震動・津波) 神奈川東部地震、神縄・国府津-松田断層帯地震(地震動)
津 波 発 生 想 定 地 震	(初期変位)  南関東地震での津波波源となる断層図 東海地震 駿河トラフを震源とするM8 南関東地震 相模トラフを震源とするM7.9、1923年の関東大震災を想定 神奈川県西部地震 神奈川県西部を震源とするM7
法 シ ミュ レー シ ョ ン 手 法	シミュレーション手法は、津波災害予測マニュアル⁽⁶⁾による手法を用いる (支配法定式) 運動方程式(流量、流速を計算) 連続方程式(水位を計算) (計算方法) 初期水位は、断層モデルの海底変位より算出 数値解法有限差分法による数値解析を実施(リーフ・フロッグ[®]法) 差分法のメッシュは、200m, 100m, 50mの順に細分化 境界条件沖合海洋では透過境界、遡上域・護岸では相田⁽⁸⁾の手法を用いる。
シ ミュ レー シ ョ ン 結 果	(結果)結果は、南関東地震のもの  (注1): 海岸部が色で塗られている部分は、浸水域を示す (注2): 津波の計算は、手法上、図の3つの地域に分割して行った。 そのため、計算結果が連続でない部分がある。 ・浸水高に関しては、この他に市町村別資料あり。

表 28 津波による被害想定(東海地震)

想定項目	建物被害 人的被害	
津波に関わる被害項目	建物被害	(入力項目) 予想浸水高(※津波の強さ(流量の2乗)に関しては、流量と建物被害を結び付ける指標が無い為使用しないとの記述有り)
		(出力項目) 各市別の被災棟数
		(想定手法) 非木造家屋については、被害無し 木造家屋に対して、4m以上で大破、2～4mで中破被害が発生 浸水被害に関しては想定外
	人的被害	(入力項目) 津波による建物被害
		(出力項目) 各市別の被災人数
		(想定手法) 津波による建物被害を指標とした回帰式を用いる。 回帰式として、富野・呂の式を利用(流出+全壊を大破+1/2中破と読み替え) (死者数)= $0.272 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.018}$ (重症者)= $1.074 \times 10^{-4} \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.961}$ (中等傷者数)= $4.510 \times 10^{-4} \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破})^{1.961}$ 死者：24時間以内の死亡者、重傷者：入院治療が必要、中等傷者：医師治療が必要

(15)宮崎県(日向灘他)

表 29 宮崎県による津波想定(日向灘地震)

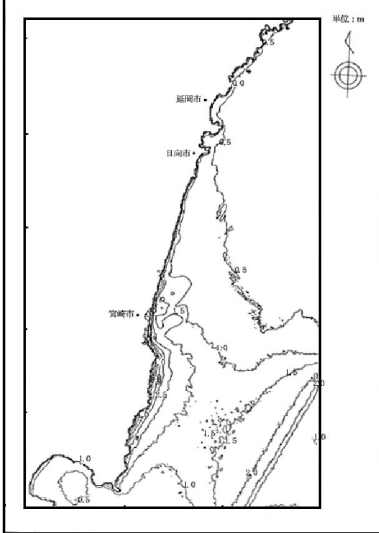
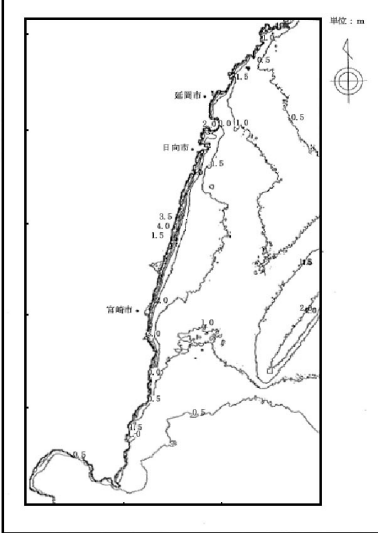
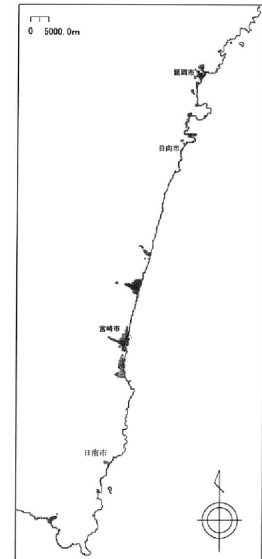
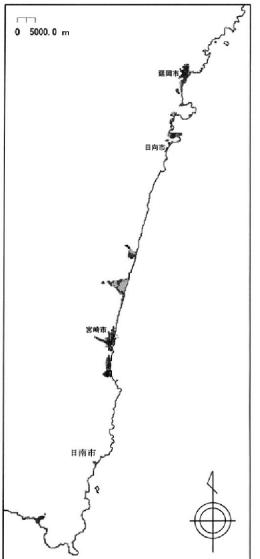
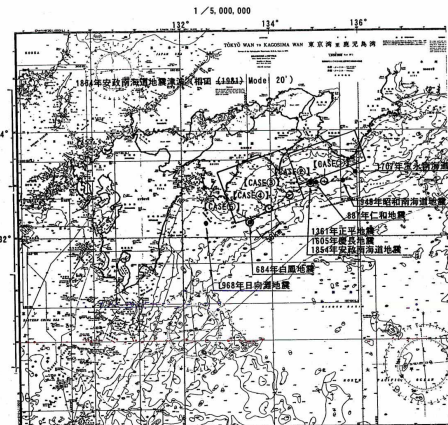
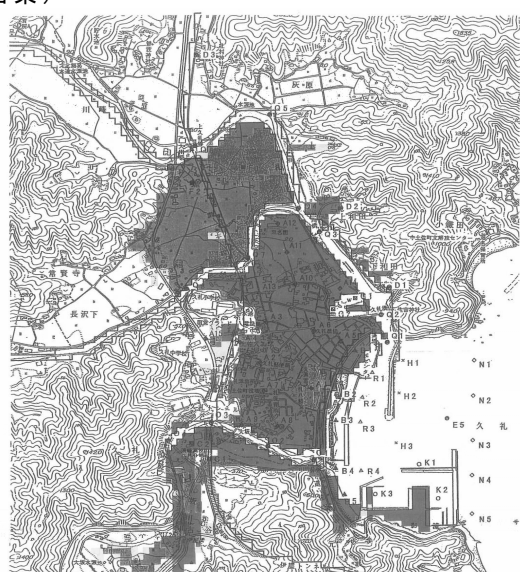
機 関	宮崎県 1997年 日向灘南部地震、日向灘北部地震(地震動、津波) えびの一小林地震(地震動のみ)
津 波 発 生 想 定 地 震	(初期変位)   日向灘南部、日向灘北部の想定地震の検証は、1662年日向灘地震M7.6で実施
手 法	(支配法定式) 浅水理論に基づく 運動方程式(流量、流速を計算) 連続方程式(水位を計算) (計算方法) 数値解法有限差分法による数値解析を実施(リーフ・フロッグ法) 差分法のメッシュは、1280m, 640m, 320m, 160m, 80m, 40m, 20m, 10mの順に8次まで細分化 陸上の遡上部分においては、家屋等、障害物の効果は粗度係数で表現する。 境界条件沖合海洋では透過境界、護岸の越流では本間公式を用いる。 津波計算時に、風波・潮汐の影響は考慮しない。
シ ミュ レー シ ョ ン 結 果	(結果)   浸水高に関しては、各市町村別、港湾別の資料有り。

表 30 津波による被害想定(日向灘地震)

目 被 害 想 定 項	建物被害 人的被害
被 害 想 定 手 法 ・ 津 波 の 係 わ る 項 目	建物に 関 わ る 被 害
	(入力項目) 浸水被害予測(シミュレーション結果) 地域毎の建物分布(固定資産税の家屋データファイルから、町丁目字単位で構造別、階層別、年代別に集計しメッシュ化、木造、非木造でのメッシュ毎の集計を使用)
	(出力項目) 各地区毎の被災状況(大破及び中破の棟数)
	(想定手法) 浸水による建築物の物的被害を各町丁目ごとに求めた。 建築物の被害の区分として、以下の4つの区分を設定し、木造・非木造別に、被害棟数を想定した。 木造：床上(全壊=大破) $2.0\text{m} \leq H$ 床上(半壊=中破) $1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$ 床上(軽微=一部損壊) $0.5\text{m} \leq H < 1.0\text{m}$ 床上浸水 $H < 0.5\text{m}$ 非木造：床上(軽微) $0.5\text{m} \leq H$ 、床上浸水 $H < 0.5\text{m}$
	人的被害
	(入力項目) 津波により全半壊した建物数 (出力項目) 各地区毎の被災状況(死者・重傷者・軽傷者) (想定手法) 宮野・呂の東南海地震津波による死者数と(全壊+流出)棟数の関係式を用いる(但し、(流出+全壊)を(大破+1/2中破)と読み替える)。 (死者数) = $0.072 \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破}) 1.018$ (重傷者数) = $1.074 \times 10^{-4} \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破}) 1.961$ (中等傷者数) = $4.510 \times 10^{-4} \times (\text{大破} + 1/2 \text{中破}) 1.961$

(16) 高知県(第2次)

表 31 高知県による津波想定(南海地震)

機 関	高知県 1997年 南海地震
津 波 発 生 想 定 地 震	(初期変位) 昭和南海地震⁽⁶³⁾のモデルを基本とし、県・市町村毎で一番被害の大きな断層モデルを設定する。 
シ ミュ レー シ ョ ン 手 法	図中のCASE①～CASE⑤が設定モデル (津波・計算方法) シミュレーションは、非線形長波理論式を用いる。差分計算は、leap-frog法を用いる(津波災害予測マニュアル⁶¹⁾による)。 最小格子は200mの箇所と25mの箇所を設定する。 高潮水門は閉門しない。鉄扉は閉門する。 港湾・河川の構造物は、地震動による被害判定をする。 (浸水地域・計算方法) 県全体での計算時は、海岸付近での津波高と津波痕を比較補正し津波遡上高を算出 モデル市町村では、相田の手法⁶²⁾を用いた遡上計算を行う。
シ ミュ レー シ ョ ン 結 果	(結果) 
	・津波到達時間、津波高分布、津波水位・流速の計時変化、浸水危険地域 ・越流箇所

3. その他の被害想定

(17) 火山噴火・異常気象時の被害想定事例(富士山の火山防災対策⁶⁴より)

「富士山の火山防災対策」の被害想定において、火山噴火によるライフラインに関する２次被害の被害連鎖が表 32 に示されていた。

表 32 は、火山噴火・異常気象を対象とする被害想定であるが、ライフラインに関する項目(停電・断水・交通傷害)については、地震・津波発生時でも同様な被害が想定できる

本検討では、表 32 より地震・津波でも想定されるライフラインに関する被害項目を抽出し表 33 に示した。

表 32 火山噴火・異常現象による二次的な被害の連鎖表

火山噴火・異常現象による二次的な被害の連鎖表

障害	要因	波及
停電	電力拠点施設被害、電線短絡・トリップ、電線破断	夜間照明損失(⇒不安、対策効率低下)、上水送水機能喪失(自家発電切り替え、給水力低下・停止)、電気医療機器使用不能(自家発電切り替え、医療機能低下、後方搬送)、信号機能停止(⇒道路交通障害)、鉄道送電停止(⇒鉄道運転停止)、空調機能喪失(⇒避難場所・住環境悪化)、ＴＶ・電話・ＰＣほか情報通信機器機能喪失(⇒対策効率低下)、企業活動停止、避難行動支障(夜間)
断水	送水管破断、上水拠点施設被害、浄水・配水池での降灰沈殿、水質悪化、停電、事業者従業員不在	医療機能低下(特に透析)、飲食機能支障、対策(除灰・消火など)用散水不足、生活用水不足(⇒避難場所・住環境悪化)、大量水消費企業の停止、農業水利不足
交通障害	交通構造物損壊、灰の堆積、粉塵浮遊、視界悪化、車両・機体トラブル、浸水、事故の多発	対策効率低下、避難行動支障、救援不能、流通支障(⇒飲食機能支障、医療機能支障、対策効率低下、企業活動停止、燃料不足、広域的経済停滞、インフレ)、除灰作業
情報通信機能低下	停電、交通障害、デマ・誤報、要員不足	対策効率低下、不安・パニック
住環境不足・悪化	建物損壊・埋没、飲食機能停止、断水、警戒区域設定、停電	避難場所確保(⇒教育機能支障)、飲食量供給(交通機能支障により困難)、疎開、修理、除灰(⇒事故多発)、健康被害、応急仮設住宅、借金増大、精神的ダメージ、孤独死、生活意欲の喪失
農林地損失・土質悪化	火山噴出物堆積、土石流、洪水、水質汚濁	表土流失(⇒農林地被害拡大、土砂災害)、生活基盤損失、借金の増大、商品高騰、経済損失
水質汚濁	降灰	農業被害、給水不能
医療機能支障	停電、医療機器損失、避難区域の設定、患者増大、断水、交通支障	死傷者増大、後方搬送需要増大、病状の悪化
対策効率低下	停電、交通支障、要員不足、障害物(灰)、信号停止、呼吸系への負担、暗がり、視界不良、激しい降灰	死傷者増大、病状の悪化、復旧遅れ(⇒飲食機能支障、医療機能支障、対策効率低下、企業活動停止、燃料不足、広域的経済停滞、インフレ)
企業活動停止	粉塵、避難、交通支障、埋没、機器損傷、可動従業員不足	倒産、生活困難、経済悪化、復興停滞、経済損失
飲食機能支障	停電、断水、ガス供給不能、交通支障、流通停滞、避難	健康被害、住環境悪化、救援策
教育機能支障	避難、避難所開設、教員不足、埋没	教育機会の減少
清掃・衛生機能支障	灰、滞水、呼吸系への負担、粉塵、洪水、下水つまり、避難生活	健康被害、要員確保
健康被害	灰、呼吸系への負担、粉塵、避難生活、清掃・衛生機能支障、医療機能支障	病状の悪化、医療需要の増大、労働力の不足、復興活動停滞、
除灰	灰、交通障害、住環境不足	機材確保、用地確保、健康障害、要員確保、事故、トラブル
経済停滞	交通障害、企業活動停止、農業被害、停電、断水	生産力の低下、謝金の増大、生活水準の低下
その他		

http://www.bousai.go.jp/fujisan/h_map/kentou/katsuyou/002/siryou/ より抜粋

表 33 ライフラインに関する被害想定

(表 32 より地震・津波被害で起こり得る被害連鎖のみを抽出)

障害	要因	波及
停電	電力拠点施設被害、電線短絡・トリップ	上水送水機能喪失(自家発電切り替え、給水力低下・停止)、電気医療機器使用不能(自家発電切り替え、医療機能低下、後方搬送)、企業活動停止、避難行動支障(夜間) 電線破断夜間照明損失(⇒不安、対策効率低下) 信号機能停止(⇒道路交通障害) 鉄道送電停止(鉄道運転停止) 空調機能喪失(⇒避難場所・住環境悪化) ＴＶ・電話・ＰＣほか情報通信機器機能喪失(⇒対策効率低下)
断水	送水管破断、上水拠点施設被害、水質悪化、停電、事業者従業員不在	医療機能低下(特に透析)、飲食機能支障、対策(消火など)用散水不足、大量水消費企業の停止、農業水利不足 生活用水不足(⇒避難場所・住環境悪化)
交通傷害	交通構造物損壊、浸水、事故の多発	対策効率低下、避難行動支障、救援不能 流通支障(⇒飲食機能支障、医療機能支障、対策効率低下、企業活動停止、燃料不足、広域的経済停滞、インフレ)
情報通信機能低下	停電、交通障害、デマ・誤報、要員不足	対策効率低下、不安・パニック
住環境不足・悪化	建物損壊・埋没、飲食機能停止、断水、警戒区域設定、停電	飲食量供給(交通機能支障により困難)、疎開、修理、健康被害、応急仮設住宅、借金増大、精神的ダメージ、孤独死、生活意欲の喪失 避難場所確保(⇒教育機能支障)
医療機能支障	停電、医療機器損失、避難区域の設定、患者増大、断水、交通支障	死傷者増大、後方搬送需要増大、病状の悪化
対策効率低下	停電、交通支障、要員不足、信号停止	死傷者増大、病状の悪化 復旧遅れ(⇒飲食機能支障、医療機能支障、対策効率低下、企業活動停止、燃料不足、広域的経済停滞、インフレ)
企業活動停止	粉塵、避難、交通支障、埋没、機器損傷、可動従業員不足	倒産、生活困難、経済悪化、復興停滞、経済損失
飲食機能支障	停電、断水、ガス供給不能、交通支障、流通停滞、避難	健康被害、住環境悪化、救援策
清掃・衛生機能支障	灰、滞水、呼吸系への負担、粉塵、洪水、下水つまり、避難生活	健康被害、要員確保
経済停滞	交通障害、企業活動停止、農業被害、停電、断水	生産力の低下、謝金の増大、生活水準の低下

(18)停電に関する事項(フォーラム・エネルギーを考えるより)

停電による被害想定「広域停電が消費者に与える影響調査⁽⁶⁵⁾」の中で、停電時の直接影響(下図で青色の枠部分)、間接影響(下図で黄色及び緑色の部分)が表 34 に示されていた。表 34 は、平常時に停電のみが起こった場合の被害想定であるが、地震・津波時の電力被害でも同様な事象が想定できる。

本検討では、表 34 より地震・津波でも想定されるライフラインに関する被害項目を抽出し表 35 に示した。

表 34 広域・長時間停電により影響を受ける項目

(広域停電が消費者に与える影響調査報告書 フォーラム・エネルギーを考えるより抜粋)

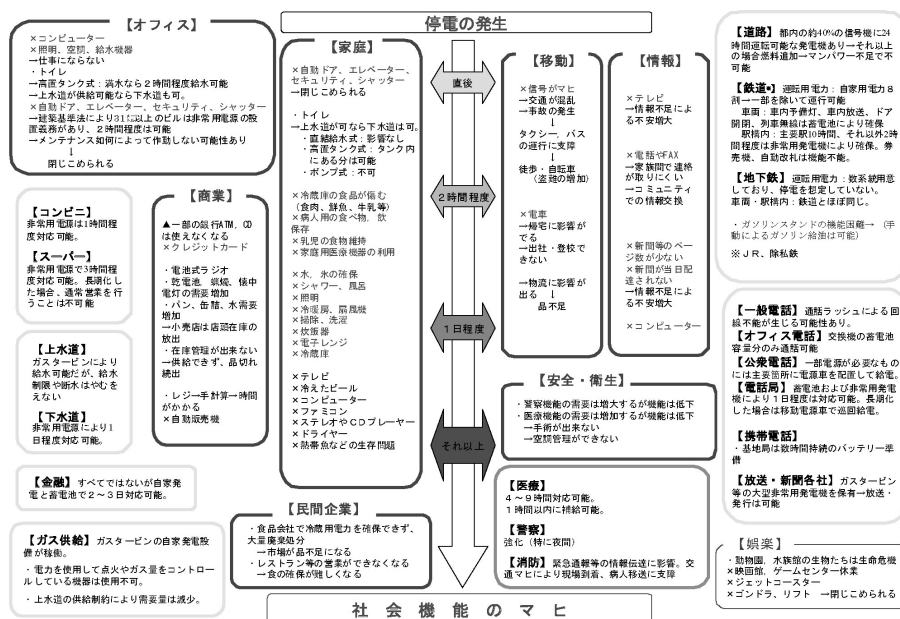


図 1-10 広域・長時間停電により影響を受ける項目と時間経過

表 35 停電による被害連鎖

(表 34 より地震・津波被害で起こり得る被害連鎖のみを抽出)

停電	波及 (被害の少ない建物＝住宅) 上水送水機能喪失 ⇒ 住宅機能支障 家庭内の食品が痛む ⇒ 飲食機能支障・医療衛生機能支障 (病院＝医療) 電気医療機器使用不能(自家発電切り替え(4～9時間)、医療機能低下、後方搬送) (都市ガス) 企業活動停止、避難行動支障(夜間) 電線破断夜間照明損失(⇒不安、対策効率低下) 信号機能停止(⇒道路交通障害) 鉄道送電停止(鉄道運転停止) 空調機能喪失(⇒避難場所・住環境悪化) T V ・電話・P C ほか情報通信機器機能喪失(⇒対策効率低下)
-----------	--

(19) 災害ゴミに関する事項(八都県市廃棄物問題検討委員会より)

震災時廃棄物(災害ゴミ)適正処理に関する調査⁶⁶⁾が、八都県市廃棄物問題委員会により検討されている。この報告書の中で、「南関東地震」を想定し対象とし、震災廃棄物が発生する地域を七都県市域とし、震災廃棄物を「瓦礫等(がれき、粗大ごみ)」と「し尿」の2つにわけ、ケーススタディが行われている。このうち、「瓦礫等」の処理・処分については、「仮置」、「中間処理」、「最終処分」の流れに着目し比較検討が行われている。震災時の「瓦礫等(がれき、粗大ごみ)」は通常の廃棄物と異なり一度に大量に発生する。従って廃棄物処理も通常と異なり、「仮置」という一時的に「瓦礫等」を溜めておく保管場所の想定が必要となる。表 36 は、八都県市廃棄物問題委員会での「仮置場所」について各県の設置要項の比較である。

表 36 仮置場の考え方

	東京都	神奈川県	埼玉県
設置目的	輸送効率を高めるための積み替え基地 中間処理施設及び再利用施設が円滑に機能するまでの暫定的な貯留地として使用	仮保管	一時に大量に発生する災害廃棄物、震災による交通分断への対応 復旧・復興計画に基づく解体・撤去の速度と処理速度のタイムラグを吸収
緊急時指定方法	発災後速やかに「緊急道路啓開瓦礫」を搬入させるため、第一仮置場用地を指定 その後、貯留施設としての第三仮置場用地を指定し、また解体・撤去開始までに第二仮置場用地を指定	—	—
仮置場算出手法		推計発生量(容量)=推計発生量(重量)÷比重 必要面積=[1]÷積上高÷有効保管面積率×仮保管率	仮置場面積=災害廃棄物量×災害廃棄物必要面積原単位(0.5)+震災で発生する粗大ごみ量×一般廃棄物必要面積原単位(0.57)
候補地選定方法	第一仮置場：最低1ha規模のものを、おおよそ各区に1～2箇所設置 第二仮置場：場避難場所等として利用していたオープンスペースを転用して設置。最低1ha以上のもの 第三仮置場：大規模なもの	災害廃棄物の推計発生量、解体撤去作業の進行、施設の処理能力等を勘案して、十分な容量を持つ場所 災害廃棄物の発生状況とその効率的な搬入ルート进行を想定し、複数の場所を選定 アクセラ道路(搬入路)の幅員を考慮 処理施設等への効率的な搬入ルートを考慮 搬入時の交通、仮保管場所での中間処理作業による周辺住民、環境影響が少ない場所	被災地付近に仮置場を確保することが必要 ある程度まとまった面積が必要 搬入路が整備されていること 周辺環境の保全に配慮

その他	仮置場の種類 第一仮置場：輸送効率を高めるための積み替え基地（設置当初は道路啓開用） 第二仮置場：輸送効率を高めるための積み替え基地 第三仮置場：中間処理施設及び再利用施設が円滑に機能するまでの暫定的な貯留施設	—	所在地が確認できるように、予め地図等の準備が必要 自区内地域（市町村）の仮置場だけでなく、広域仮置場（県内）計画を策定することが必要 市町村別に必要な仮置場の面積を算出している。これに基づき、平成8年現在で以下のような場所を候補地として事前に確保している。 処理施設用地、建設予定地 運動場、広場、市街化調整区域 河川敷、山林、運動場、広場 農地、水田
-----	---	---	--

※ 震災廃棄物の適正処理に関する調査報告書

※ (http://www.8tokenshi.jp/data/1111_07_00.html)より

表 37 仮置場の考え方

	横浜市	川崎市
設置目的	発災時の速やかな災害廃棄物の解体・撤去・処理・処分	－
緊急時指定方法	災害廃棄物の適正な処理を行うために臨時の組織として災害廃棄物対策室（仮称）を設置し、緊急輸送路を確保するための道路啓開に伴うストックヤードの確保を行う	－
仮置場算出手法		
候補地選定方法	搬入・搬出路の幅員は6.5m以上 重機などの設置スペースが確保できること と 破砕、分別作業スペースを十分にとる 搬入廃棄物、処理後廃棄物の保管スペースを十分にとる 2次災害のおそれのない場所 その他	－
その他	ストックヤードの種類 中小規模のストックヤード：一時保管及び分別作業を行う場所 大規模ストックヤード：都心部の災害廃棄物の長期にわたる保管、市域全体の調整等に使用する他、復興資材や埋め立て用材として活用するコンクリートがら等の保管及び可燃性廃棄物の処理施設等を使用するための場所	以下の事項を取りまとめている。 仮保管場所の開設準備：受入時間、受入基準、受入区画と使用順序を示す文書、場内ルート及び仮保管場所周辺の搬入ルートを示す地図を作成し、解体撤去事務担当の発注・作業係に提出し、解体業者、運搬業者へ周知する 等 仮保管場所への搬入作業の管理・指導：入口で、搬入券及び搬入物の確認を行う 等 仮保管場所の運用計画：災害廃棄物の積み上げ高さを5m以下とする 等 再生利用・再資源化施設、処理施設、処分場への搬出

※ 震災廃棄物の適正処理に関する調査報告書

(http://www.8tokenshi.jp/data/1111_07_00.html)より

参考文献

- 1) Hyndman, R. D., Yamano, M. and Oleskevich, D. A. (1997): The seismogenic zone of subduction thrust faults, *The Island Arc*, 6, 244-260.
- 2) Ichinose, G., Thio, H. K., Somerville, P., Sato, T. and Ishii, T. (2001): Rupture model of the 1944 Tonankai earthquake from waveform inversion of teleseismic and regional seismograms, 日本地震学会講演予稿集2001年秋季大会, C65
- 3) 菊地正幸・山中佳子(2001):『既往大地震の破壊過程=アスペリティの同定』, サイスマ, 5(7), 6-7.
- 4) 松岡昌志・翠川三郎(1994): 国土数値情報とサイスマックマイクロゾーニング, 第22回地盤震動シンポジウム資料集, 23-34.
- 5) Fukushima, Y. and Tanaka, T. (1990). A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 80, 757-783.
- 6) 司宏俊・翠川三郎 (1999) :断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 523巻, 63-70
- 7) 中央防災会議(2001):地震被害想定支援マニュアル,
<http://www.bousai.go.jp/manual/manual.html>
- 8) 大阪府(1997): 大阪府地震被害想定調査報告書
- 9) 静岡県(2001): 第3次地震被害想定結果報告書
- 10) 東京都(1997): 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書
- 11) 川上英二(1996): 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム
- 12) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2003): 宮城県沖地震を想定した強震動評価について、http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/03jun_miyagi/
- 13) 童華南、山崎文雄 (1996): 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係; 生産研究48 巻 11 号、pp.31-34.
- 14) 震災復興都市づくり特別委員会(1995): 阪神・淡路大震災被害実態緊急調査被害度別建物分布状況集－縮尺5000分の1－
- 15) 日本建築学会(1980): 1978年宮城県沖地震災害調査報告
- 16) 仙台市(2002): 仙台市地震被害想定調査報告書
- 17) 東京都防災会議(1991): 東京における地震被害想定に関する調査研究
- 18) 仙台市(1981): 仙台市スクールゾーン内コンクリートブロック塀等実態調査報告書
- 19) 仙台市(1998～2001): 指定避難路等実態調査報告書
- 20) 東京消防庁(1997): 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策、火災予防審議会答申
- 21) 建設省(1997): 都市防災実務ハンドブック地震防災編、ぎょうせい
- 22) 建設省(1982): 都市防火対策手法の開発報告書、建設省総合技術開発プロジェクト
- 23) 静岡県(1993): 第2次地震被害想定調査報告書
- 24) 中央防災会議(2002): 中央防災会議「東海地震対策専門調査会」資料
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/tou-tai/index.html>
- 25) 埼玉県(1998): 埼玉県地震被害想定調査報告書
- 26) 仙台市(2002): 平成14年度仙台市地震被害想定調査報告書
- 27) 川崎市(1988): 川崎市地震被害想定調査報告書
- 28) 久保慶三郎・片山恒雄(1975): 地下埋設管の被害予測、川崎市の震災予防に関する報告書、川崎市防災会議地震専門部会
- 29) 愛知県(2003): 愛知県東海地震・東南海地震等被害想定予測調査報告書 - H14年度版-, 愛知県防災会議地震部会.
- 30) 神奈川県 (1993): 神奈川県地震被害想定調査報告書
- 31) 埼玉県(1998): 埼玉県地震被害想定調査報告書

-
- 32) 秋田県(1997): 地震被害想定調査報告書
 - 33) 久保慶三郎、片山恒雄(1978): 東京区部における地震被害の想定に関する報告書
 - 34) 日本道路協会(1980): 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
 - 35) 宮城県(1997): 宮城県地震被害想定調査業務報告書
 - 36) 相田勇(1981): 南海道沖の津波の数値実験地震 Vol.56 pp.71-101 研究彙報
 - 37) 福島美光、田中貞二(1992): 新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂、地震学会講演予稿集、No.2、116.
 - 38) 杉本寛子、山崎文雄、西村明儒、浅野進一郎(1998): 芦屋市における兵庫県南部地震時の建物被害と人的被害の関係、地域安全学会論文報告集、No. 8, pp. 266-271, 1998.1 E
 - 39) 東京消防庁火災予防審議会答申(1989): 地震時における人命危険要因の解明と対策
 - 40) 青森県(1997): 平成8年度青森県地震・津波被害想定調査報告書
 - 41) 愛知県(1995): 愛知県東海地震被害予測調査・全体報告書
 - 42) 石橋克彦(1976): 東海地方に予想される大地震の再検討ー駿河湾大地震についてー、地震学会講演予稿集、No.2
 - 43) 中央防災会議(1979): 地震防災対策強化地域指定専門委員会報告書
 - 44) 日本道路協会(1996): 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
 - 45) Shima, E., Komiya, M., Tonouchi, K.: (1988): Estimation of strong ground motion in the Tokyo metropolitan area during the 1923 Great Kanto earthquake, *Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering*.
 - 46) 福島美光・田中貞二(1992): 新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂、地震学会講演予稿集、No.2
 - 47) Kanamori, H. (1971): Faulting of the Great Kanto earthquake of 1923 as revealed by seismological data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, vol.49, 13-18.
 - 48) Midorikawa, S. (1993): preliminary analysis for attenuation of peak ground velocity on stiff site, *Proceedings of the International Workshop on Strong Motion Data*, Vol.2, pp39-48
 - 49) 松岡昌宏、翠川三郎(1995): 国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価、物理探査、vol.48, No.6, pp519-529,
 - 50) 地震被害想定支援マニュアル(2001): <http://www.bousai.go.jp/manual/index.htm>
 - 51) 東京消防庁(1997): 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策、火災予防審議会
 - 52) 翠川三郎・小林啓美(1980): 震源域及びその周辺での地表面最大加速度分布の推定、日本建築学会論文報告集、第 290 号、pp.83-94
 - 53) 建設省総合技術プロジェクト(1981): 都市防火対策手法の開発
 - 54) 浜田稔(1951): 火災の延焼速度について、火災の研究、第 1 巻、日本損害保険協会
 - 55) 浜田稔(1966): 東京都大震火災時に関する研究(1)、東京都防災会議
 - 56) 太田裕・後藤典俊・大橋ひとみ(1983): 地震時の死者発生数予測に関する実験式の一構成、地震・第 2 輯、Vol.36、No.3、pp.463-466
 - 57) 塩野計司・小坂俊吉(1989): 地震による死者・負傷者の予測、総合都市研究、第38号、pp.113-127
 - 58) 川上英二(1996): 道路交通システムの形状と連結確率の関係、第1回都市直下地震災害総合シンポジウム
 - 59) 神奈川県(1986): 神奈川県地震被害想定調査報告書
 - 60) 首藤伸夫(1992): 津波強度と被害、津波工学研究報告 東北大学工学部災害制御研究センター、vol.9, pp.101-136
 - 61) 国土庁・気象庁・消防庁(1998): 津波災害予測マニュアル

-
- 62) 相田勇：陸上に溢れる津波の数値実験－高知県須崎および宇佐の場合－地震研究所彙報，第52号，pp.441-460，1977
 - 63) 相田勇（1981）：南海道沖の津波 Vol.56 pp.71-101 地震研究彙報 の数値実験
 - 64) 富士山ハザードマップ検討委員会(2001)：第2回活用部会資料
http://www.bousai.go.jp/fujisan/h_map/kentou/katsuyou/002/siryou/
 - 65) フォーラム・エネルギーを考える(2004)：広域停電が消費者に与える影響調査，
<http://www.ett.gr.jp/act/powerfailure01a.pdf>
 - 66) 八都県市廃棄物問題委員会(2000)：震災廃棄物の適正処理に関する調査報告書（平成12年度版），<http://www.8tokenshi.jp/data/index.html>

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 316

March 2006

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒 305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675