

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。

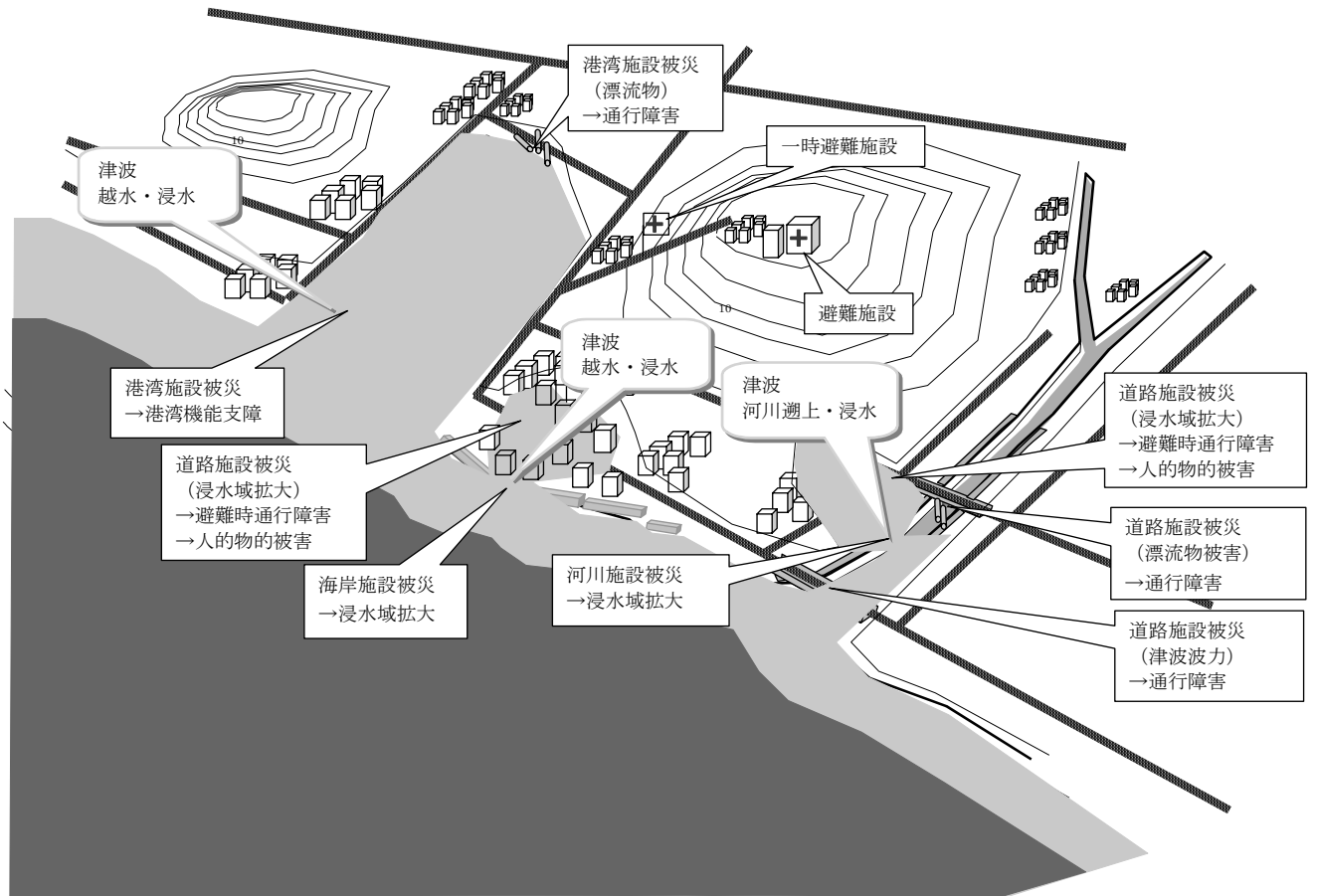


図 2-1 海岸沿いの地域で想定される津波の被害

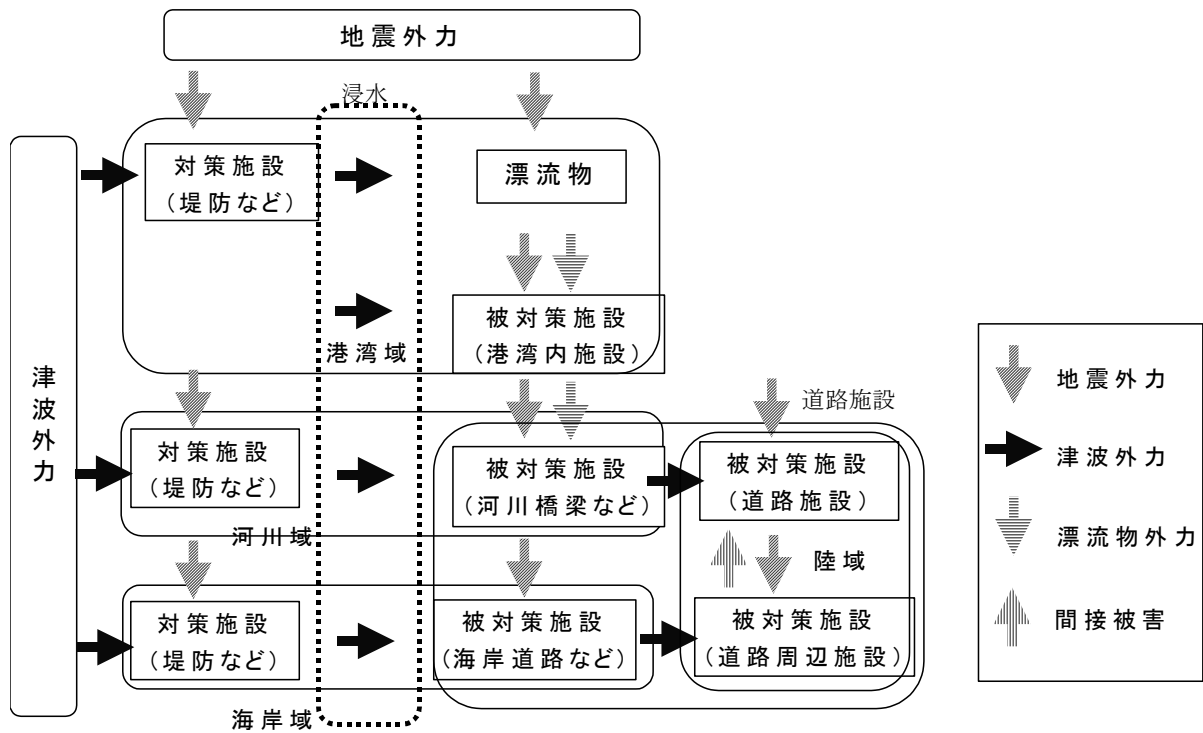


図 2-2 津波・地震外力と対策・被対策施設

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。

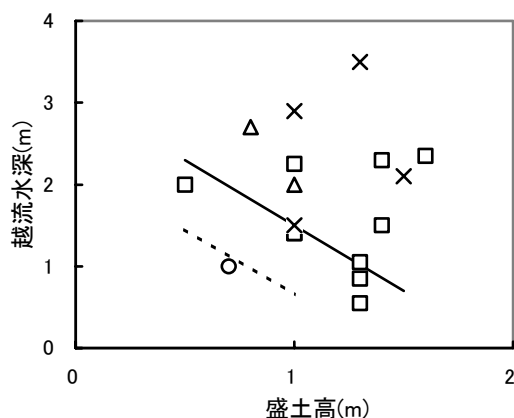
- ① 越流する津波の落下による法面破壊
(押し波では内法が、引き波では外法が洗掘される)
- ② 陸閘・橋梁などに集中する流水によって発生する構造物周辺の洗掘
- ③ 越流津波の掃流力による破壊
- ④ 津波の水圧による破壊
- ⑤ 大漂流物の衝突による破壊

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⁾

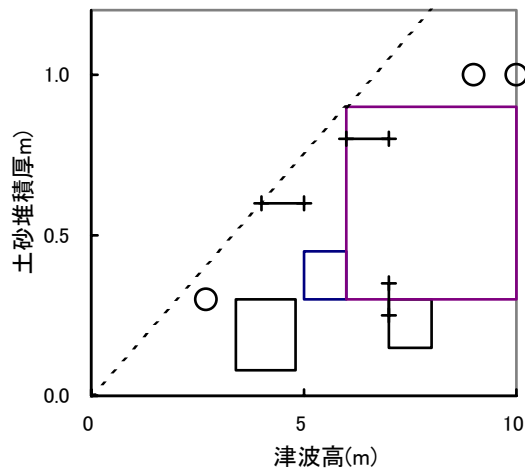
押波・引波の越流による被害	盛土道路・鉄道堤	決壊・流出・破損	法面洗掘から破壊が始まる。盛土高0.5m以下で、しかも越流水深1m以下ならば、ほぼ無被害
水流集中による被害	陸コウ・橋梁取り付け部の翼端周辺	翼端周辺から始まる堤体洗掘	橋梁の傾斜・落下につながる可能性がある。
	橋脚	橋脚周りの洗掘	
漂流物衝突による被害	橋梁	破壊・流出	コンクリート橋では大被害が起こりにくい
	線路	曲折	鉄道橋の変形・移動が原因
浮力による被害	線路	浮上・移動	枕木に働く浮力が原因

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	<p><地振動による被害></p> <ul style="list-style-type: none"> →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 <p><周辺からの被害></p> <ul style="list-style-type: none"> →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 		<p>/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。)</p> <p><津波による被害></p> <ul style="list-style-type: none"> →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 <p><周辺からの被害></p> <ul style="list-style-type: none"> →瓦礫・土あ砂堆積 橋梁の路盤等への堆積 	<p>/津波の影響を受ける/ (津波対策工が機能していない:対策工の后背地への浸水が進んでいる)</p> <p><津波による被害></p> <ul style="list-style-type: none"> →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 <p><津波による機能妨害></p> <ul style="list-style-type: none"> →瓦礫・土砂堆積 →湛水 		<p>/地震・津波の影響を受ける/ <震災ゴミによる閉塞></p> <p>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))</p>
道路復旧 道路の直接被害に対する対応		<p>/地震の影響のみ/ <点検・応急復旧作業></p> <p>段差のすりつけ 橋脚・支障の仮復旧</p> <p><復旧(開削)作業></p> <p>土砂・瓦礫の片付け</p>			<p>/津波の影響を受ける/ <点検・応急復旧作業></p> <p>段差のすりつけ 橋脚・支障の仮復旧</p> <p><復旧(開削)作業></p> <p>土砂・瓦礫の片付け 排水作業</p>	<p><震災ゴミの移動></p> <p>道路上に出されるゴミの移動</p>

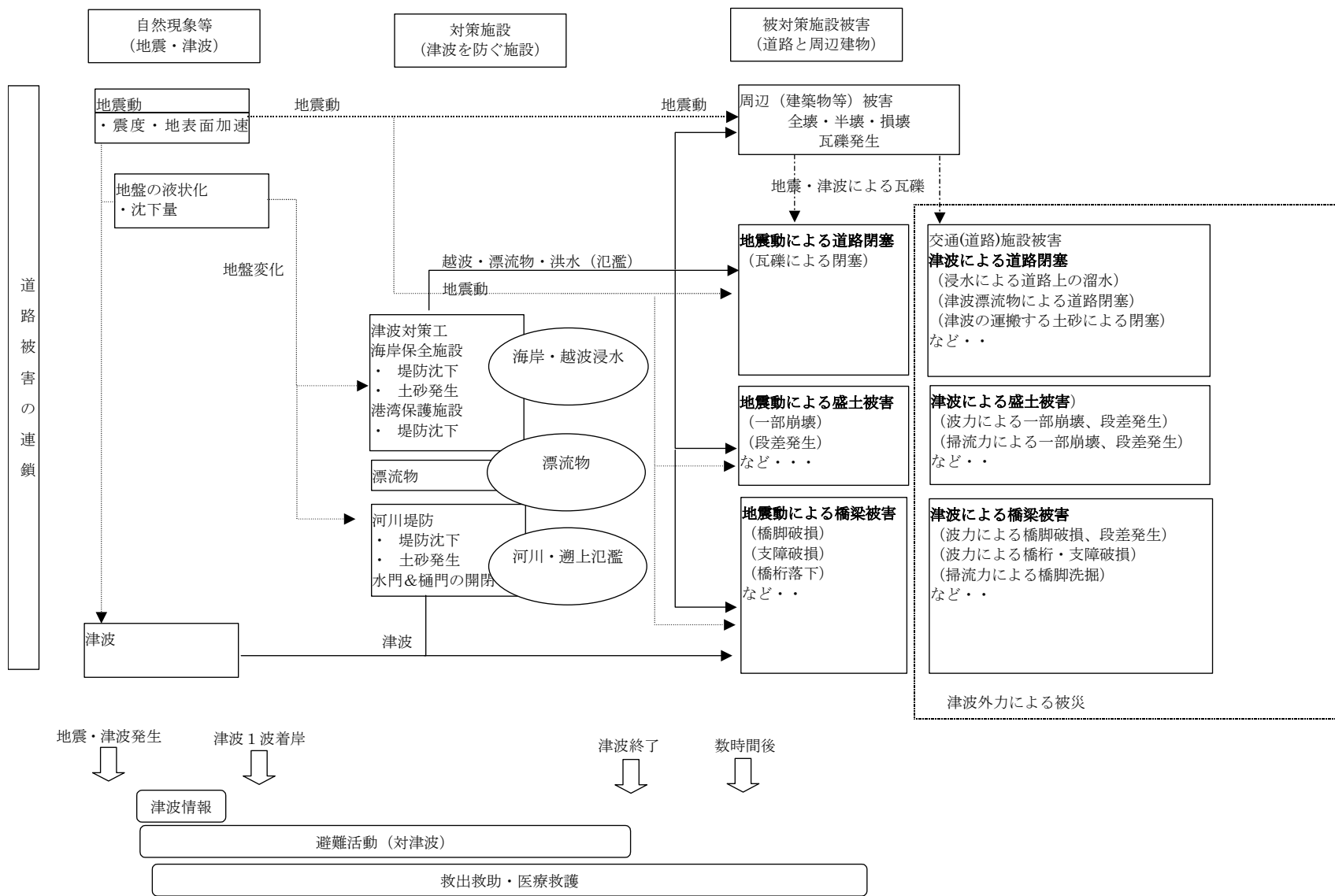


図 2-5 地震・津波による道路施設被災の連鎖