

道路構造物の被災等を踏まえた課題・論点と今後の対応

【課題・論点】

【今後の対応】

橋梁・地震動

兵庫県南部地震より前の基準を適用した橋梁における耐震補強等の効果の検証

緊急輸送道路等の重要な橋について、被災後速やかに機能を回復できるよう耐震補強を加速化

ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋から得られる教訓

部分的な破壊が落橋につながることを防ぎ、速やかな機能回復を可能とする構造系への転換

地盤変状による被災から得られる教訓

現行基準の配慮事項に地質・地盤調査、橋の構造形式、設置位置等の配慮事項を追記

設計の意図とは異なる壊れ方から得られる教訓

高い信頼性をもって全体の損傷形態を制御する設計手法を基準類に反映

・一部の周期帯でレベル2地震動の設計スペクトルを超過
・熊本は地震動を低減させる地域(地域別補正係数0.85)

設計地震動、地域別補正係数の妥当性について引き続き検討



写真-1 支承部の損傷 (九州自動車道・木山川橋)



写真-2 支承部の損傷 (県道熊本高森線・桑鶴大橋)



写真-3 府領第一橋のロッキング橋脚と落橋の状況 (県道小川嘉島線・府領第一橋)



写真-4 地盤変状による橋台の沈下 (県道熊本高森線・俵山大橋)



写真-5 斜面崩壊による桁端部の損傷 (村道柘の木～立野線・阿蘇長陽大橋)



写真-6 ゴム支承の破断 (県道熊本高森線・大切畑大橋)



写真-7 ダンパー取付部の損傷 (国道325号・南阿蘇橋)

兵庫県南部地震以降の基準を適用したと考えられる橋梁のうち、99.7%で落橋・倒壊等の致命的な被害はない

土工

集水地形上の盛土や水辺に隣接する盛土等の被災から得られる教訓

高さ10m以上の盛土で全国的に取り組んでいる対策を加速させるとともに、今回被災した盛土と類似の地形について対策の必要性を検討

落石・岩盤崩壊等による被災から得られる教訓

重要な緊急輸送道路から、防災対策事業を加速化

液状化による変状から得られる教訓

・液状化の影響を受ける占用物件に対する対策について検討
・液状化後の空洞探査を実施することで、地下埋設物との関連性を調査



写真-8 国道443号における盛土崩壊の状況



写真-9 九州自動車道における盛土崩壊の状況



写真-10 落石の状況 (国道212号)



写真-11 液状化による電柱の沈下 (熊本市南区近見)



写真-12 共同溝上の路面沈下 (国道57号東バイパス田井島交差点)

トンネル

覆工コンクリートの崩落から得られる教訓

山岳トンネルの計画・調査・設計・施工・維持管理における耐震の観点からの配慮事項を明確化



写真-13 覆工コンクリートの崩落 (俵山トンネル)



写真-14 覆工コンクリートのひび割れ (南阿蘇トンネル)

社会資本整備審議会 道路分科会

道路技術小委員会

平成 28 年 6 月 24 日（金）15:00～17:00
中央合同庁舎 4 号館 12 階共用 1208 特別会議室

議事次第

1. 開 会

2. 挨 拶

3. 議 事

（１）熊本地震による被災及び復旧状況

資料1

（２）道路構造物の被災状況のとりまとめ

資料2

添付

（３）調査検討事項

① 今回の被災等を踏まえた課題・論点

資料3

添付

② 課題・論点に対する今後の対応

・ 橋梁分野

資料4－1

添付

・ 土工分野

資料4－2

添付

・ トンネル分野

資料4－3

添付

（４）その他報告事項

・ 西日本高速道路株式会社からの報告

資料5

・ 点検要領策定に関する状況報告（舗装）

資料6

（５）今後の予定

資料7

4. 閉 会

社会資本整備審議会 道路分科会

道路技術小委員会 委員名簿

(50音順、敬称略)

○:委員長

あ き ば し ょ う い ち
秋葉 正一

日本大学生産工学部教授

あ き や ま み つ よ し
秋山 充良

早稲田大学創造理工学部教授

お お も り ふ み ひ こ
大森 文彦

東洋大学法学部教授

こ ば や し き よ し
小林 潔司

京都大学経営管理大学院
経営研究センター長・教授

さ さ は ら か つ お
笹原 克夫

高知大学教育研究部自然科学系農学部部門教授

と き だ け ん い ち
常田 賢一

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻
社会基盤工学部門地盤工学領域教授

な す せ い ご
那須 清吾

高知工科大学マネジメント学部教授

に し む ら か ず お
西村 和夫

首都大学東京副学長、都市環境学部教授

に わ じ ゅ ん い ち ろ う
二羽 淳一郎

東京工業大学大学院理工学研究科教授

は ま の ち か や す
濱野 周泰

東京農業大学地域環境科学部教授

○ み き ち と し
三木 千壽

東京都市大学学長、総合研究所教授

も と だ よ し た か
元田 良孝

岩手県立大学名誉教授

道路構造物の被災状況のとりまとめ

橋梁の被害の概要

- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における橋梁数は約15,700橋であり、このうち、軽微な損傷を含め、何らかの被災が生じた橋梁は182橋※1
(軽微な損傷には、橋梁取り付け部に生じた段差等、橋梁以外の損傷も含む)

※1 地方公共団体が管理する橋梁の被災は国交省所管施設災害申請ベース(平成28年5月31日時点)

表-1 震度6弱以上を観測した地域における橋梁数、被災橋梁数

	計
橋梁数	15,689
被災橋梁数	182

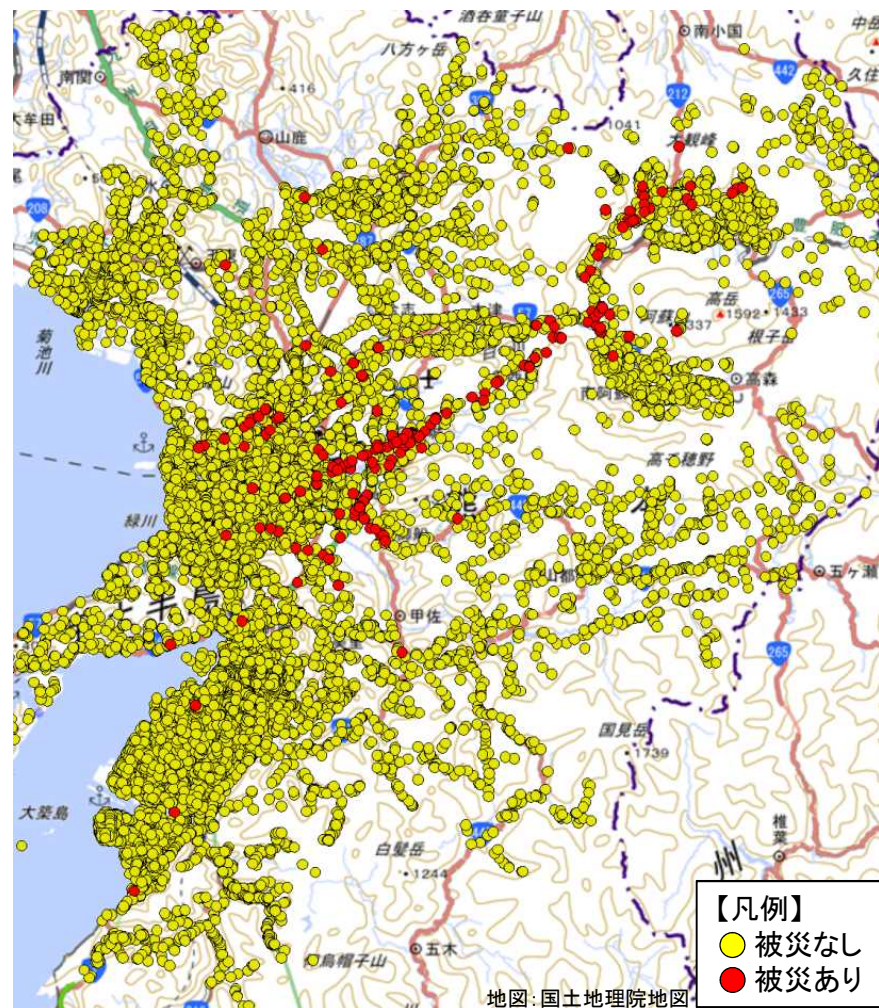
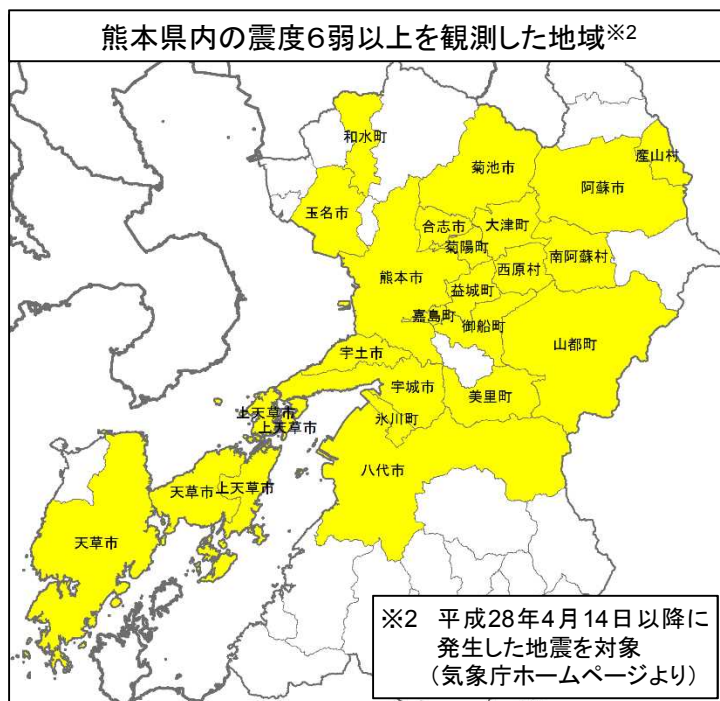


図-1 橋梁の被災状況(熊本県内で震度6弱以上を観測した主な地域)

橋梁の被害の概要

- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における、兵庫県南部地震以降の基準を適用したと考えられる橋梁1,250橋のうち、何らかの被災が生じた橋は20橋であるが、このうち、
 - ・ 落橋、倒壊しないことを目標とした橋は全て目標を達成
 - ・ 一方、「橋としての機能の回復が速やかに行い得る」ことを目標とした橋については、目標を達成できなかった橋は4橋(0.3%)

※高速道路、直轄国道については、兵庫県南部地震と同程度の地震に対して、落橋・倒壊等の致命的被害を起こさないレベルの対策は完了

兵庫県南部地震以降の基準を適用したと考えられる橋※
1,250橋 ※平成9年以降に供用した橋梁



図-1 被災状況の内訳

表-1 被災した20橋の目標とした耐震性能と達成状況

目標とした耐震性能	達成状況	
地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能	4橋	目標を達成できなかった橋
落橋、倒壊しない性能	16橋	



図-2 兵庫県南部地震以降の基準を適用したと考えられる橋の目標達成状況(熊本県内で震度6弱以上を観測した主要地域)

橋梁の被害の概要

①耐震補強が完了していなかった橋の被災



写真-1 市道中央線・中央線陸橋
における段落し部の損傷

②緊急輸送道路の橋の被災



写真-2 九州自動車道・木山川橋
における支承部の損傷

③ロッキング橋脚を有する橋の落橋



写真-3 おがわかしま 府領第一橋の落橋
県道小川嘉島線

④地盤変状による被災



写真-4 県道熊本高森線・依山大橋における橋台の沈下



⑤設計の意図とは異なる壊れ方をした橋



写真-5 県道熊本高森線・大切畑大橋におけるゴム支承の損傷（左）
とおおきりはた
国道325号・南阿蘇橋におけるダンパー取付部の損傷（右）

土工関係被害の概要

- 熊本県、大分県、宮崎県内で震度5強以上を観測した地域を中心に斜面崩壊等が発生
- 県道以上※での通行止め（93箇所）の約半数は緊急輸送道路

※対象：高速道路、一般国道、県道、熊本市道

表-1 地震直後（最大）事象別通行止め箇所数（単位:箇所）

事 象	緊急輸送道路	緊急輸送道路以外	計
土 工	46 (50%)	47 (50%)	93
斜面崩壊	40 (51%)	38 (49%)	78
切土のり面崩壊	4 (44%)	5 (56%)	9
盛土崩壊	2 (33%)	4 (67%)	6

※ 高速道路については、通行止区間の主要な被害を計上
 ※ 災害報告より集計

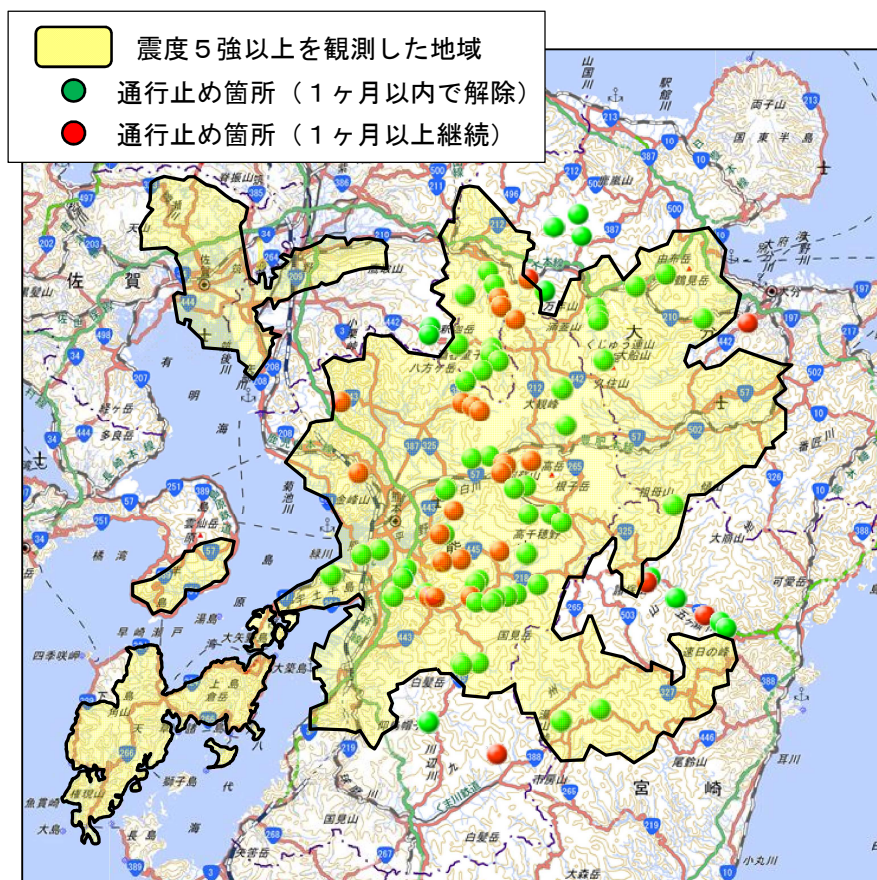


図-1 土工関係被災による通行止め箇所（93箇所）

土工関係被害の概要

①盛土崩壊



ましきまち
(九州自動車道益城町)
写真-1 盛土崩壊の状況

③斜面崩壊



みなみあそ
(国道57号南阿蘇村)
写真-3 斜面崩壊の状況

⑤その他(液状化による被害等)



ましきまちでらさこ
(国道443号益城町寺迫)
写真-5 マンホールの浮き上がり及び周辺
地盤の沈下の状況

②切土のり面崩壊



ゆふ
(大分自動車道由布市)
写真-2 切土のり面崩壊状況

④落石・岩盤崩壊



みふねまちたきお
(国道445号御船町滝尾)
写真-4 岩盤崩壊の状況



みなみくちかみ
(町道 熊本市南区近見)
写真-6 電柱の沈下の状況

トンネル被害の概要

- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における 234本（総延長約84km）の道路トンネルに関して、以下のトンネルを除き被害は無し
- 活断層近傍の県道熊本高森線「俵山トンネル（L=2,057m, NATM, 2002年完成）」において、覆工コンクリートの崩落、盤ぶくれ、せん断ひび割れが発生
- また、俵山トンネルに隣接した「南阿蘇トンネル（L=757m, NATM, 2000年完成）」では、1断面で輪切り状のひび割れとわずかなはく落が生じた

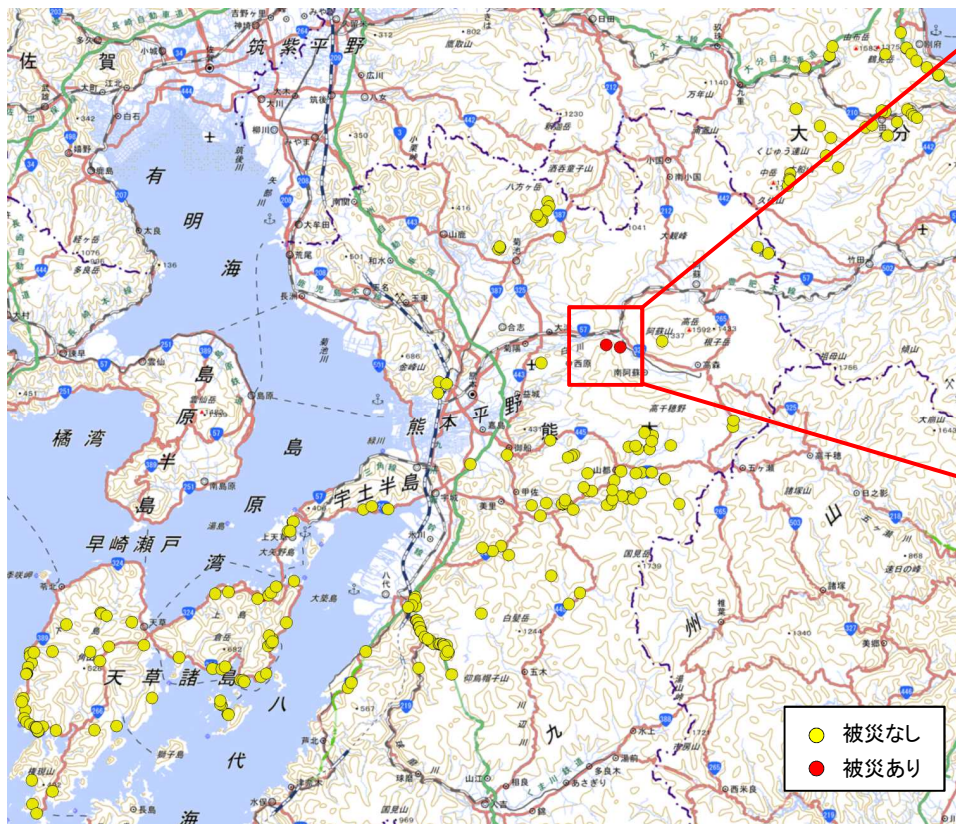


図-1 震度6弱以上を観測した地域におけるトンネル位置図



出典：産業技術総合研究所「活断層データベース」に加筆

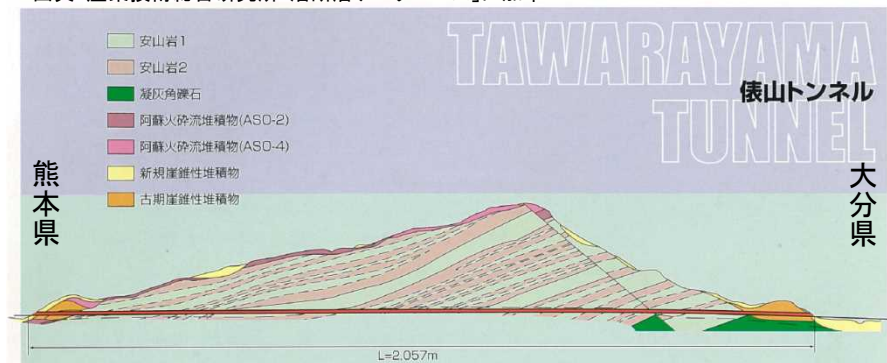


図-2 俵山トンネル概略図（出典：熊本県パンフレット）



写真-1 覆工コンクリートの崩落（俵山トンネル）



写真-2 覆工コンクリートのひび割れ（南阿蘇トンネル）

今回の被災等を踏まえた課題・論点

今回の被災等を踏まえた課題・論点

分野	主な被害等
橋梁	橋梁の被災による通行止め等が発生
	特殊な構造(ロッキング橋脚)を有する橋梁の落橋が発生 (例:府領第一橋)
	地盤変状による橋台の沈下等が発生 (例:熊本高森線)
	破壊されないよう設計されたゴム支承や制震ダンパーの取付部に損傷が発生(例:南阿蘇橋)
	- 一部の周期帯でレベル2地震動の設計スペクトルを超過 - 熊本は地震動を低減させる地域(地域補正係数0.85)
土工	集水地形上の盛土や水辺に隣接する箇所に構築した盛土が崩壊する事例が発生(例:国道443号、益城バスストップ)
	落石・岩盤崩壊等が発生(例:国道445号)
	液状化によると考えられる占用物件等の変状や路面陥没が多数発生(例:益城町)
トンネル	トンネルの被害は限定的だが、覆工コンクリートの崩落、盤ぶくれ等の発生事例が存在(例:俵山トンネル)



課題・論点
兵庫県南部地震より前の基準を適用した橋梁における耐震補強等の効果の検証
ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋から得られる教訓
地盤変状による被災から得られる教訓
設計意図と異なる壊れ方から得られる教訓
設計地震動、地域別補正係数の妥当性
集水地形上や水辺に隣接する盛土等の被災から得られる教訓
落石・岩盤崩壊等による被災から得られる教訓
液状化による変状から得られる教訓
覆工コンクリートの崩落から得られる教訓

課題・論点に対する今後の対応 (橋梁分野)

耐震補強の効果の検証

- 兵庫県南部地震を受けて、耐震設計基準の改訂、緊急輸送道路等について耐震補強などを進めてきた結果、一部の橋梁を除いて、地震の揺れによる落橋・倒壊などの致命的な被害は生じていない。

【兵庫県南部地震による被害との比較】

表-1 地震の揺れによる落橋・倒壊事例

	兵庫県南部地震	熊本地震
発生年	平成7年	平成28年
最大震度	震度7	震度7
落橋数	11橋(47径間)	2橋(6径間)※

※府領第一橋(後述)、田中橋(斜面崩壊等によるものを除く)



写真-1 県道小川嘉島線 府領第一橋



写真-2 平田・小柳線 田中橋

【土木学会会長特別調査団 調査報告】 (H28.4.30)

- ・兵庫県南部地震などの過去の地震被害を教訓に、耐震設計基準の改訂、耐震補強などを進めてきた。
- ・今回の地震被害を見ると、この成果が着実に効果をあげていることが確認された。

【耐震補強の効果があった事例】

(緊急輸送道路としての機能を速やかに回復した事例)



写真-3 国道3号 跨線部

国道3号の橋梁では、耐震補強の実施により、損傷は限定的であった。



写真-4 阿蘇口大橋
(国道57号)

支承が損傷したものの、アンカーバーによる補強により、損傷は軽度であった。(ブロックのひび割れから、アンカーバーに力が作用したことがわかる)



写真-5 アンカーバー
のイメージ



写真-6 支承の破損の状況

【耐震補強が未実施で 被害を受けた事例】



写真-7 段落し部の損傷
市道(1-3)中央線・中央線陸橋

耐震補強の効果の検証

- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における緊急輸送道路において、速やかに機能を回復するという目標を達成できなかった橋が12橋あり、緊急輸送等の大きな支障となった。
- これまで取り組んできた耐震補強により、落橋しないための対策は完了※していたものの、速やかに機能を回復するための対策が十分でなかったこと等が原因と考えられる。
- 今後、緊急輸送道路等の重要な橋について、被災後速やかに機能を回復できるよう耐震補強を加速化する必要がある。

※高速道路、直轄国道については、兵庫県南部地震と同程度の地震に対して、落橋・倒壊等の致命的被害を起こさないレベルの対策は完了



ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋

- 熊本県内の高速道路を跨ぐ跨道橋において、4橋が被災し、このうち1橋が落橋した。
- 落橋した橋は、上下端がヒンジ構造の複数の柱で構成され、単独では自立せず、水平方向の上部構造慣性力を支持することができない特殊な橋脚（ロッキング橋脚）を有する橋であった。
- 同橋は、耐震設計基準に準拠して橋台部に横変位拘束構造が追加設置されていたが、大きな地震力により横変位拘束構造が破壊され、上部構造の水平変位を制限することができなくなり、さらに、上部構造の水平変位に伴い、中間支点の鉛直支持を失い落橋に至ったと考えられる。
- 同様の構造は大地震時に落橋に至る可能性があるため、適切な補強又は撤去を行うことが必要。



写真-1 府領第一橋（落橋前）



写真-2 横変位拘束構造の破壊、落橋（県道小川嘉島線・府領第一橋）

表-1 被災した跨道橋

橋梁名	管理者	跨道橋下路線名	主な被害の状況
ふりょう府領第一橋	熊本県	九州自動車道	落橋（ロッキング橋脚）
ひとつばし一ツ橋側道橋	熊本県	九州自動車道	鋼桁のずれ（支承損傷、段差発生）
こうぞの神園橋	熊本市	九州自動車道	橋脚傾斜（ロッキング橋脚）
ひむき日向二号歩道橋	熊本市	九州自動車道	橋脚損傷

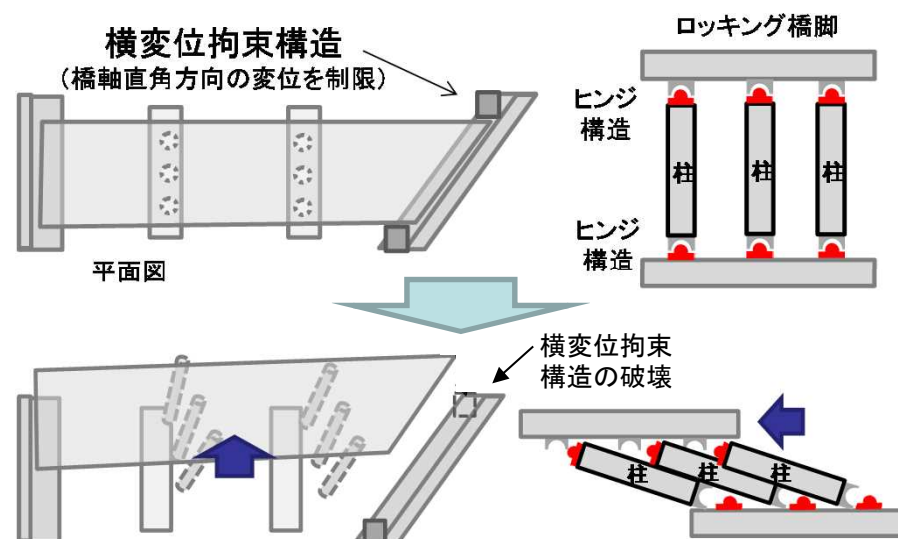


図-1 府領第一橋の想定落橋メカニズム

- ・上下端にピボット支承が取り付けられた橋脚（両端ヒンジ構造）
- ・ピボット支承は鉛直力支持機能と回転機能を有する構造（水平力支持機能を有さない）

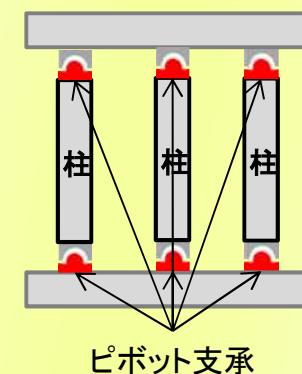


図-2 ロッキング橋脚

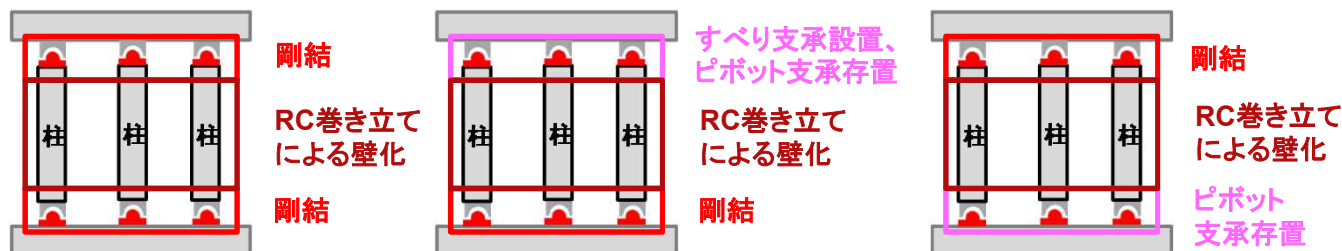
ロッキング橋脚の耐震補強の考え方

- 単独では自立できず、大規模地震による変位が生じると不安定となるロッキング橋脚を有する橋梁では、支承部の破壊により、落橋に至る可能性がある。
- よって、部分的な破壊が落橋につながることを防ぎ、速やかな機能回復を可能とする構造系への転換が必要。
 - ・ ロッキング橋脚に必要な安定性(自立性:水平・鉛直方向に対する抵抗力)の確保
 - ・ 支承破壊による落橋モードを想定した、落橋防止システムの装備

【対策の考え方】

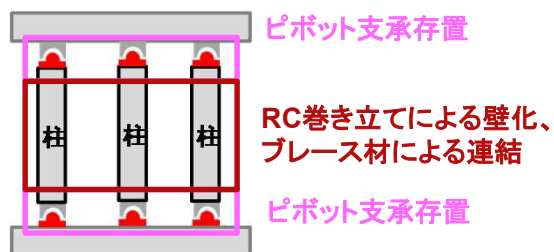
○ロッキング橋脚の安定性を確保するための構造とする

① 単独で自立可能な構造(完全自立構造)を基本とする



ピボット支承には、逸脱防止構造を設置

② 施工上の制約がある場合等には、橋軸方向には単独で自立できないが、橋軸直角方向には自立する構造(半自立構造)とする



ピボット支承には、逸脱防止構造を設置

橋軸方向の抵抗力は別途確保が必要



地盤変状による被災

- 大規模な斜面崩壊による落橋事例、地盤変状による橋台の沈下等により供用性を喪失した事例も存在。必要に応じて、現行基準の配慮事項に地質・地盤調査、橋の構造形式、設置位置等の配慮事項を追記。



写真-1 橋梁周辺での大規模な斜面崩壊(上)
A2橋台側桁端部の損傷(下)
あそ ちようよう
(村道栃の木～立野線・阿蘇長陽大橋)

写真-2 橋台周辺での地盤
変状による橋台の沈下
たわらやま
(県道熊本高森線・俵山大橋)

【参考】配慮事項の例

調査関連

斜面変状の発生の有無・規模・範囲を推定するための山地部における地盤調査に関する記載の充実

下部構造の設置位置、形式・形状

斜面変状の種類・範囲とそれに応じた下部構造の設置位置、形式・形状選定の考え方の具体例の記載

設計の意図と異なる壊れ方をした橋の被害

- 兵庫県南部地震以降の基準で設計されていた橋の支承部において、ゴム支承本体が設計と異なる挙動により破断したと思われる事例等が存在。
- また、耐震補強のために設置された制震ダンパーの取付部で損傷が生じ、制震ダンパーが機能しない事例も存在。
- これらを踏まえ、高い信頼性をもって全体の損傷形態を制御する設計手法を基準類に反映。



写真-1 曲線橋のゴム支承等の破断
(県道熊本高森線・大切畑大橋)



写真-2 ダンパー取付部の損傷
(国道325号・南阿蘇橋)

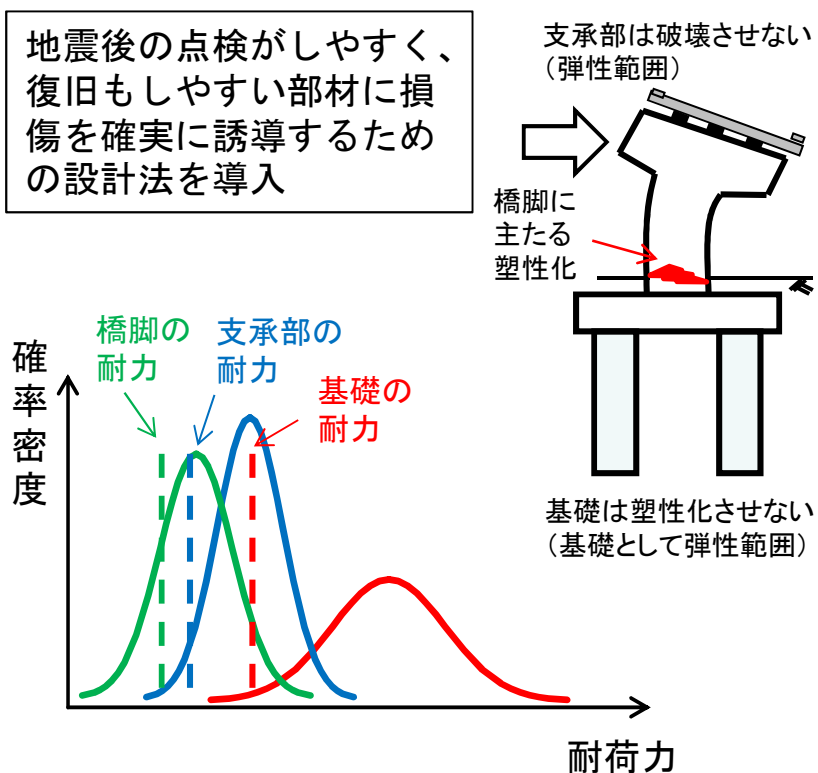


図-1 各部材の設計上の耐荷力

その他(設計地震動、地域別補正係数の妥当性)

- 熊本地震の地震動の中には、一部の周期帯でレベル2地震動の設計スペクトルを超えている地域がある。また、熊本は地震動を0.85倍等に補正する地域である。
- 一方で、今回、震度6弱以上を観測した地域において、兵庫県南部地震以降の基準を適用したと考えられる1,250橋を調べたところ、99.7%の橋梁で、落橋・倒壊等の致命的な被害がないことはもちろん、緊急輸送道路等重要な橋については橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能を発揮していることが分かった。
- 設計地震動、地域別補正係数の妥当性については、こうした状況等を踏まえ、引き続き検討。

※レベル2地震動(タイプⅡ)の地域別補正係数は、過去千数百年程度の地震発生履歴から作成された地震ハザードマップに基づいて設定

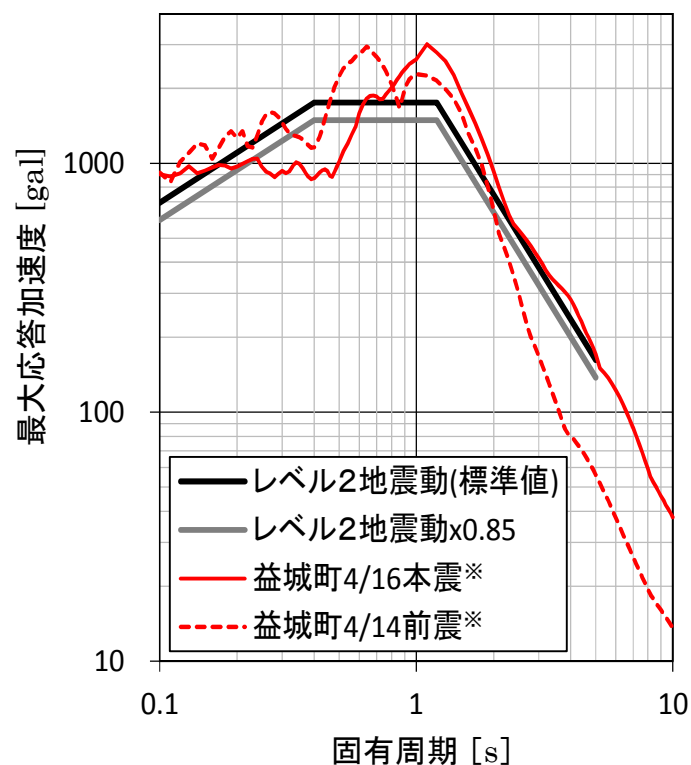


図-1 設計地震動との比較

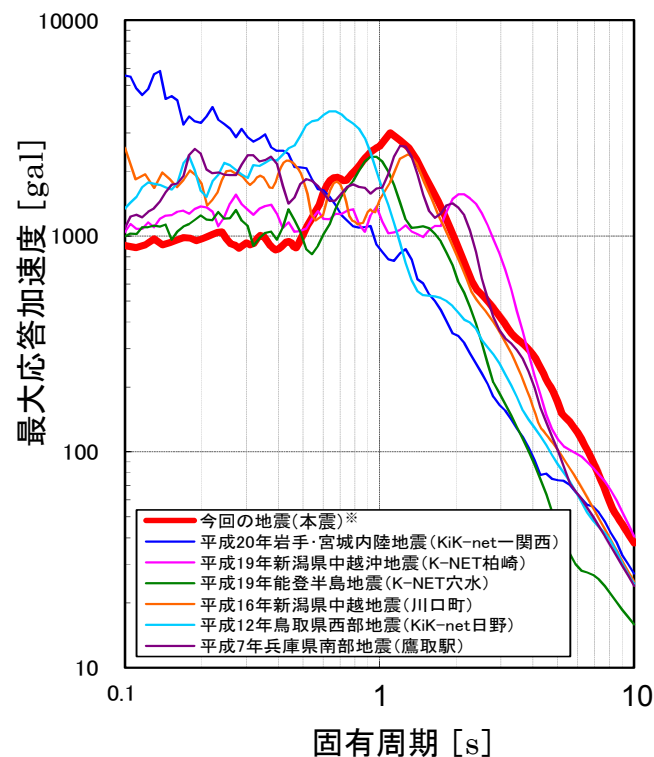


図-2 近年の内陸直下型地震との比較

※益城町での地震動は地震計が設置された場所・地盤条件での計測値であり、道路構造物の設置位置での地震動とは異なる

まとめ(橋梁)

1. 耐震補強の効果の検証

- 兵庫県南部地震を受けて、耐震設計基準の改訂、緊急輸送道路等について耐震補強などを進めてきた結果、一部の橋梁を除いて、地震の揺れによる落橋・倒壊などの致命的な被害は生じていない。
- 熊本県内、大分県内の震度6弱以上を観測した地域における緊急輸送道路において、速やかに機能を回復するという目標を達成できなかった橋が12橋あり、緊急輸送等の大きな支障となった。
- 今後、緊急輸送道路等の重要な橋について、被災後速やかに機能を回復できるよう耐震補強を加速化する必要がある。

2. ロッキング橋脚を有する橋梁の落橋等の原因と対策

- ロッキング橋脚は、単独では自立できず、変位が生じると不安定状態となる特殊な構造であり、支承部や横変位拘束構造等の部分的な破壊が落橋・倒壊等の致命的な被害につながる可能性がある。
- 部分的な破壊が落橋につながることを防ぎ、速やかな機能回復を可能とする構造系への転換が必要。

3. 地盤変状による被災

- 現行基準の配慮事項に地質・地盤調査、橋の構造形式、設置位置等の配慮事項を追記。

4. 設計の意図と異なる壊れ方をした橋の被害

- 全体の損傷形態を制御する設計手法を基準類に反映。

5. その他(設計地震動、地域別補正係数の妥当性)

- H8以降の基準を適用したと考えられる1,250橋を調べたところ、99.7%の橋梁で、落橋・倒壊等の致命的な被害がないことはもちろん、緊急輸送道路等重要な橋については橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能を発揮していることが分かった。
- 設計地震動、地域別補正係数の妥当性については、こうした状況等を踏まえ、引き続き検討。

課題・論点に対する今後の対応 (土工分野)

盛土崩壊

- 集水地形上の盛土や水辺に隣接する箇所に構築した盛土が崩壊した事例あり。
- 集水地形上の盛土が被災した過去の事例※と類似していることを踏まえ、現在、高さ10m以上の盛土で全国的に取り組んでいる対策を加速させるとともに、今回被災した盛土と類似の地形について対策の必要性を検討する。

※駿河湾地震による盛土崩落(東名高速牧之原地区)



写真-1 国道443号の盛土崩壊全景

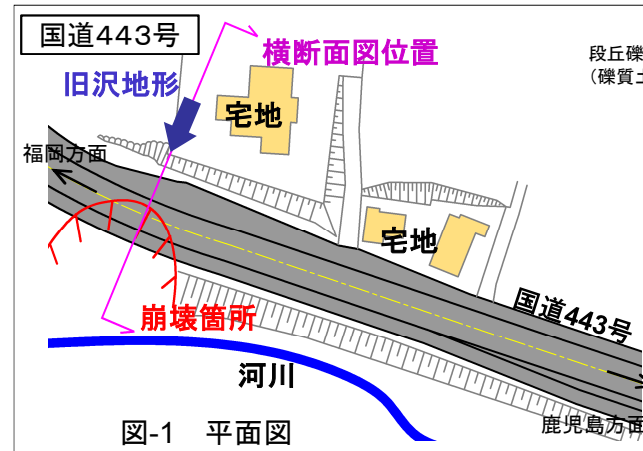


図-1 平面図

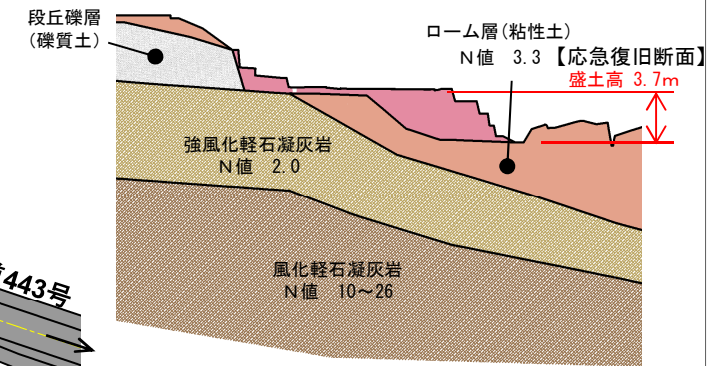


図-2 横断面図 (旧沢地形部)



写真-2 九州自動車道の盛土崩壊全景

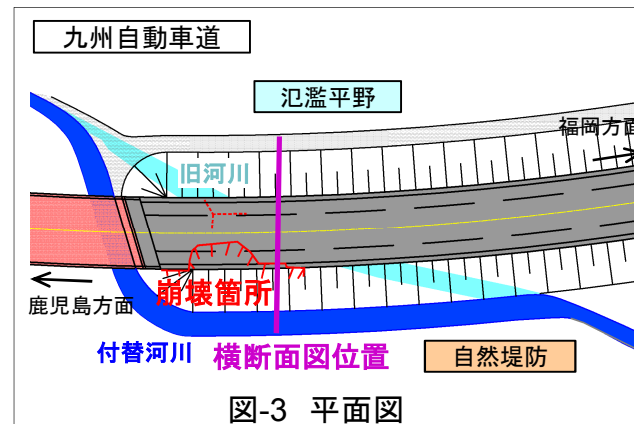


図-3 平面図

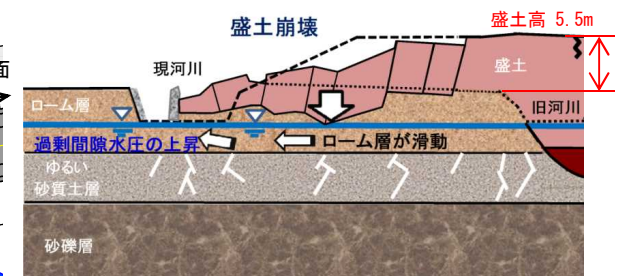


図-4 崩壊発生機構 (イメージ図)

(参考) 駿河湾地震による盛土崩壊の例(東名高速牧之原地区)

- 平成21年8月11日5時7分頃発生した駿河湾を震源とする地震(駿河湾地震)により、東名高速道路牧之原地区で盛土法面が約40mにわたり崩壊。
- 要因としては、「盛土下部に使用された泥岩が、長年の水的作用により強度低下するとともに、透水性が低下し、盛土内の水位が上昇した結果、地震が誘因となって崩壊が発生した」と推定※¹。

○「東名高速道路牧之原地区地震災害検討委員会」を開催
(平成21年8月17日発足)

盛土崩壊について、次のことを確認 ※¹

- 1) のり面崩壊は、盛土内で発生
- 2) 当該地は、道路横断方向が凸、道路縦断方向に凹の地山形状で、水が集まりやすい地形・地質条件。
- 3) 盛土内は高い地下水位。
- 4) 盛土の下部に風化しやすい泥岩を、上部には良質な砂礫を使用。



写真-1 盛土崩壊状況

○盛土崩壊のメカニズム※²

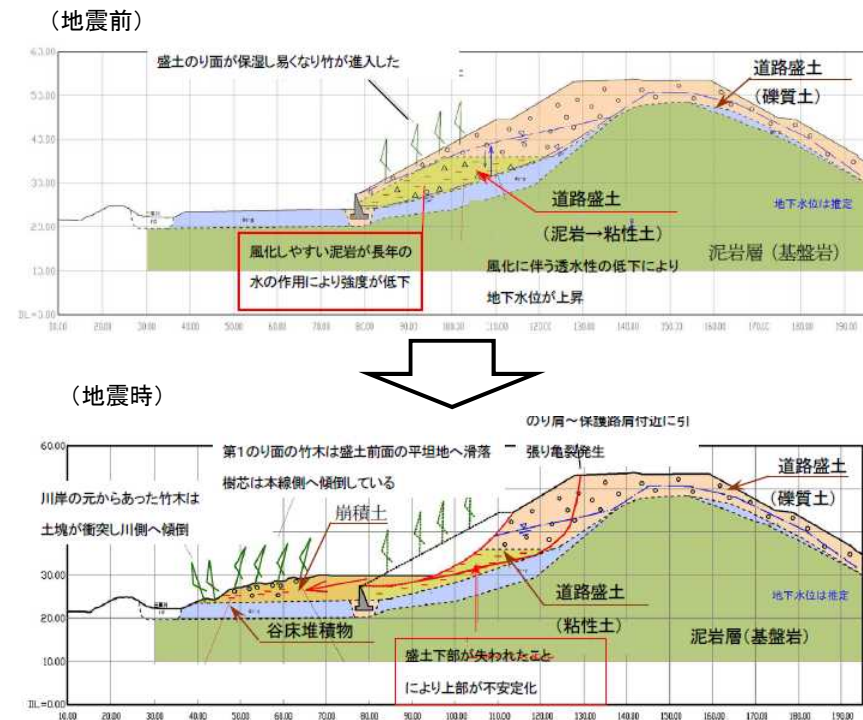


図-1 盛土崩壊のメカニズム

※¹ 出典:「東名高速道路牧之原地区地震災害検討委員会」報告

※² 出典:「東名高速道路牧之原地区地震災害の対応について」中日本高速道路(株)

落石・岩盤崩壊

- 防護施設では防ぐことができなかった落石や岩盤崩壊の事例多数あり。
- 過去の地震による道路災害では、落石等による被害が多いことが知られており、今回も同様の傾向。
- 重要な緊急輸送道路から、防災対策事業を加速化させることが必要。

おおよままちにしおおよま
国道212号 大分県日田市大山町西大山



写真-1 落石防護施設では防ぐことができず、路面に岩塊が到達

ひたし なかつえむら
国道387号 大分県日田市中津江村



写真-2 路面に落下した落石の状況（要対策箇所）

かみましきぐん みふねまち たきお
国道445号 熊本県上益城郡御船町滝尾



写真-3 落石防護施設の脇に崩落し、車線を完全に塞いでいる溶結凝灰岩

(参考)落石・岩盤崩壊

- 適切な構造物対策により、落石による被害の発生を防止した事例あり。

あまがせ まち あかいわ
国道210号大分県日田市天瀬町赤岩

シェッド上方斜面より落石が発生したが、リングネット等による捕捉で道路上には到達するものはなかった



写真-1 斜面崩壊状況



写真-2 支柱の転倒状況



写真-3 シェッド上の岩塊

その他(液状化による被害等)

- 液状化の影響を受ける占用物件に対する対策について検討が必要。
- 路面陥没・路面沈下が多数発生※したことから、液状化後の空洞探査を実施することで、地下埋設物との関連性の調査が必要。

※直轄国道1箇所、自治体管理道路767箇所(5月16日時点)



国道443号におけるマンホールの浮き上がり及び周辺地盤の沈下(益城町寺迫)

写真-1 マンホールの浮き上がり及び周辺地盤の沈下



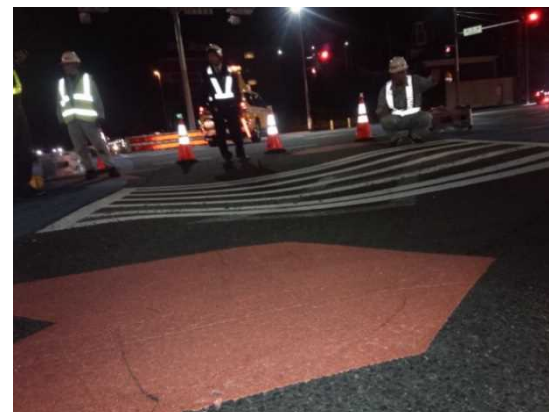
町道における電柱の沈下(熊本市南区近見)

写真-3 液状化による電柱の沈下



下水道埋戻土の液状化によると考えられる路面陥没(益城町)

写真-2 液状化によると考えられる路面陥没



国道57号東バイパス田井島交差点における共同溝上の路面沈下あり(熊本市南区田井島)
液状化による影響の可能性あり

写真-4 共同溝上の路面沈下

まとめ(土工)

1. 盛土崩壊

- 集水地形上の盛土が被災した過去の事例と類似していることから、現在、高さ10m以上の盛土で全国的に取り組んでいる対策を加速させるとともに、今回被災した盛土と類似の地形について対策の必要性を検討する。

2. 切土のり面崩壊・斜面崩壊

- 自然斜面からの落石・岩盤崩壊等による被災について、重要な緊急輸送道路から、防災対策を加速化させることが必要。

3. その他(液状化による被害等)

- 液状化の影響を受ける占用物件に対する対策について検討が必要。
- 路面陥没・路面沈下が多数発生したことから、液状化後の空洞探査を実施することで、地下埋設物との関連性の調査が必要。

課題・論点に対する今後の対応 (トンネル分野)

覆工コンクリートの崩落等

- 俵山トンネルにおいて、覆工コンクリートの崩落、盤ぶくれ、せん断ひび割れが発生したものの、トンネルの空間自体が閉塞するといった致命的な崩壊は無し。
- 地震力を受け、主としてトンネル縦断方向の圧縮力に起因して周辺地山が大きく変形し、その変形に覆工が追従できずに崩落等が生じたと想定。
- 今回の崩落等は、極端な地山の不良箇所であることを過去の記録等で確認。
- 南阿蘇トンネルの被害は軽微であったが、断層・破碎帯の兆候があったことを過去の記録等から確認。

【俵山トンネル】

①覆工コンクリートせん断ひび割れ



被災規模：
縦断方向：
1スパン
(10m程度)
横断方向：
半断面程度

写真-1 覆工コンクリートせん断ひび割れ

②盤ぶくれ



被災規模：
縦断方向：
2～3m程度
横断方向：
トンネル全周

写真-2 覆工コンクリート崩落及び盤ぶくれ

③覆工コンクリート崩落



被災規模：
縦断方向：
1スパン(10m)程度
横断方向：
半断面
(1/2～1/3)程度

写真-3 覆工コンクリート崩落

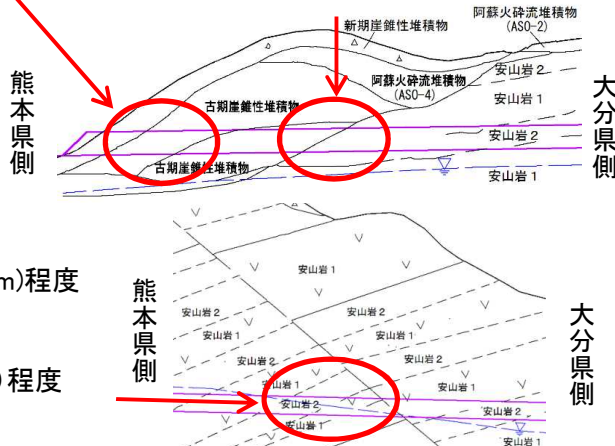


図-1 俵山トンネル側面図

【南阿蘇トンネル】



写真-4 輪切り状のひび割れとわずかなはく落の状況

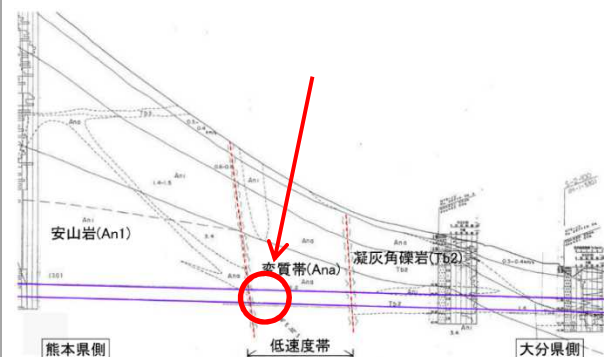


図-2 南阿蘇トンネル側面図

まとめ(トンネル)

- これらの被害の状況を踏まえ、覆工の補強等により利用者被害発生の可能性を低減させる対応が必要。
- このため、山岳トンネルの計画・調査・設計・施工・維持管理における耐震の観点からの配慮事項を明確にする。
- 俵山トンネルを含む阿蘇地域のトンネルを調査した結果、
 - ・活断層近傍であっても被害は狭い範囲に限定的に発生
 - ・被害の程度には地山条件が大きく関係
- したがって、トンネルにおける耐震の観点としては、地山条件等の特殊条件の存在を考慮。

【参考】山岳トンネルの計画・調査・設計・施工・維持管理における耐震の観点からの配慮事項の例

- ・計画・調査段階において、活断層の位置の把握に努める。
- ・設計段階や施工段階において、特殊条件※¹を有する区間は十分な支保構造※²を構築する。
- ・維持管理段階においては、特殊条件※¹が存在し、定期点検等で覆工等に変状※³が見られた場合、変状の原因及び進行状況等を踏まえ、補強等※⁴を含めた措置を検討する。

※¹ 特殊条件とは、例えば、断層・破砕帯や地質の剛性が急変する箇所等で極端な地山の不良箇所や偏圧を受ける地形等。なお、検討にあたっては、既往の災害履歴、トンネルの重要度、活断層の存在や位置等を加味して判断。

※² 十分な支保構造とは、インバートの設置、覆工の鉄筋等による補強を行うなど。

※³ 覆工等に変状とは、主として外力を要因とした変状を対象。これらの変状には、地山条件が影響している場合が多い。

※⁴ 補強等とは、覆工背面空洞の裏込め注入、インバートの設置、ロックボルトの打設、内巻き工の実施など。