

# 熊本地震による道路構造物の 被災等を踏まえた対応

---

# 熊本地震による道路構造物の被災等を踏まえた対応

	課題・論点	6/24 技術小委員会	今回の技術小委員会での調査検討事項
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	—
	・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	・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	・現行の設計地震動の妥当性の検討結果について(P2~8)
	・地盤変状による被災の対応	・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	・具体的な配慮事項について(P9, 10)
	・制震ダンパーの取り付け部の被災への対応	・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	
土工	・集水地形上の盛土等の被災への対応	・高さ10m以上の盛土で全国的に取り組んでいる対策、および盛土防災対策事業を加速化	—
	・落石・岩盤崩壊等による被災への対応	・重要な緊急輸送道路から、防災対策事業を加速化	—
	・液状化による変状への対応	・液状化の影響を受ける占用物件に対する対策について必要性を整理し、適切に対応 ・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整理し、適切に対応	—
トンネル	・覆工コンクリートの崩落への対応	・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	—

# レベル2地震動タイプIIの妥当性の検証

設計スペクトルの妥当性を検証するにあたって以下の2点について検討

①地震動そのものの大きさはどうであったか

②地震動の影響によって橋に生じた状態は目標とする耐震性能を満足するものであったかどうか

①熊本地震の地震動と、設計スペクトル並びに兵庫県南部地震の地震動との比較

→ 現行の設計スペクトルやその設定根拠となった地震動との比較に基づく評価

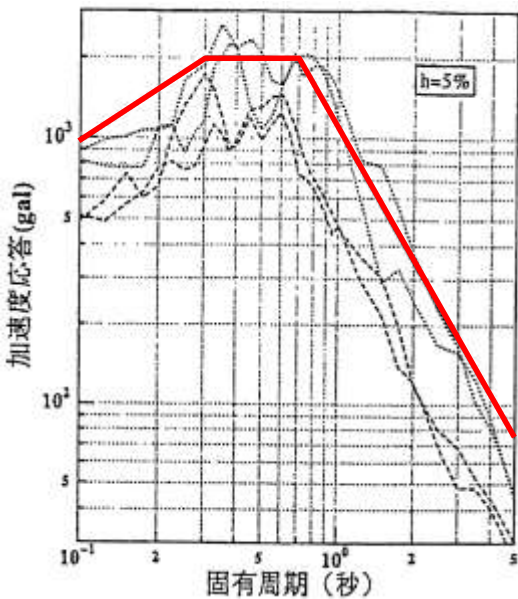
②兵庫県南部地震以降（レベル2地震動タイプII導入後）の基準を適用した橋の被害

→ 熊本地震による地震動の影響によって、兵庫県南部地震以降の基準に基づいて設計された橋の耐震性能の達成状況の検証

# 兵庫県南部地震の記録とレベル2地震動の設定思想

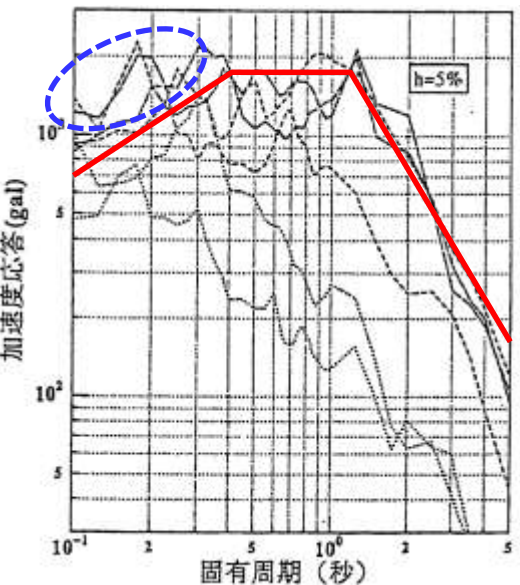
- 平成8年以降の道路橋示方書では、内陸直下型地震が構造物に与える影響という観点で、それまでに地表面で観測された中で最も強い地震動を与えた兵庫県南部地震の地震動を、「レベル2地震動タイプII」として耐震設計に導入。
- 兵庫県南部地震の際に地表面で観測された地震動の加速度応答スペクトルを計算し、特別に大きなピークを平滑化した設計スペクトルを規定。

短周期地震動は、地盤から構造物に入力する際に低減する効果等が見込めることから、観測地震動を下回る設計スペクトルを許容



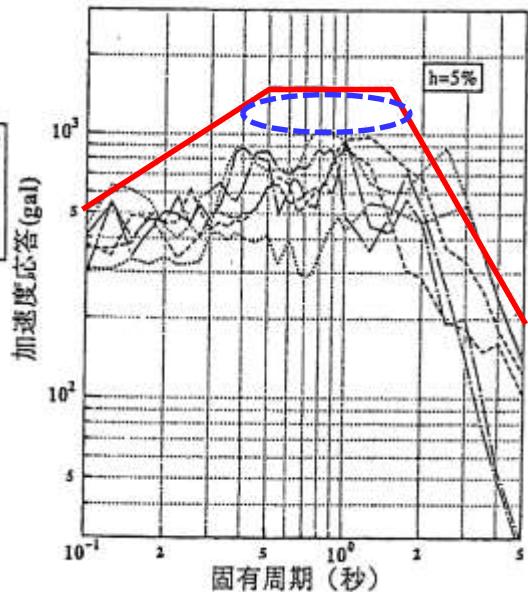
I種地盤  
(良好な洪積地盤及び岩盤)

— 標準加速度応答スペクトル  
— 神戸海洋気象台  
— 猪名川



II種地盤  
(I種・III種以外の地盤)

— 標準加速度応答スペクトル  
— 葺合  
— JR廣取駅  
— 淀川堤防 (枚方)



III種地盤  
(沖積地盤のうち軟弱地盤)

— 標準加速度応答スペクトル  
— 東神戸大橋  
— ポートアイランド  
— 尼崎高架橋

液状化現象による観測加速度の低下が推定されたことから、設計スペクトルのピーク値をI種2000gal→II種1750galの差に合わせIII種を1500galに設定

図-1 兵庫県南部地震の記録と設計スペクトル

# 強震観測点の位置

■ 地盤種別が判明している観測点の記録を整理し、震度6強以上（I種地盤については震度6強以上がないため震度6弱）の記録の加速度応答スペクトルを計算。

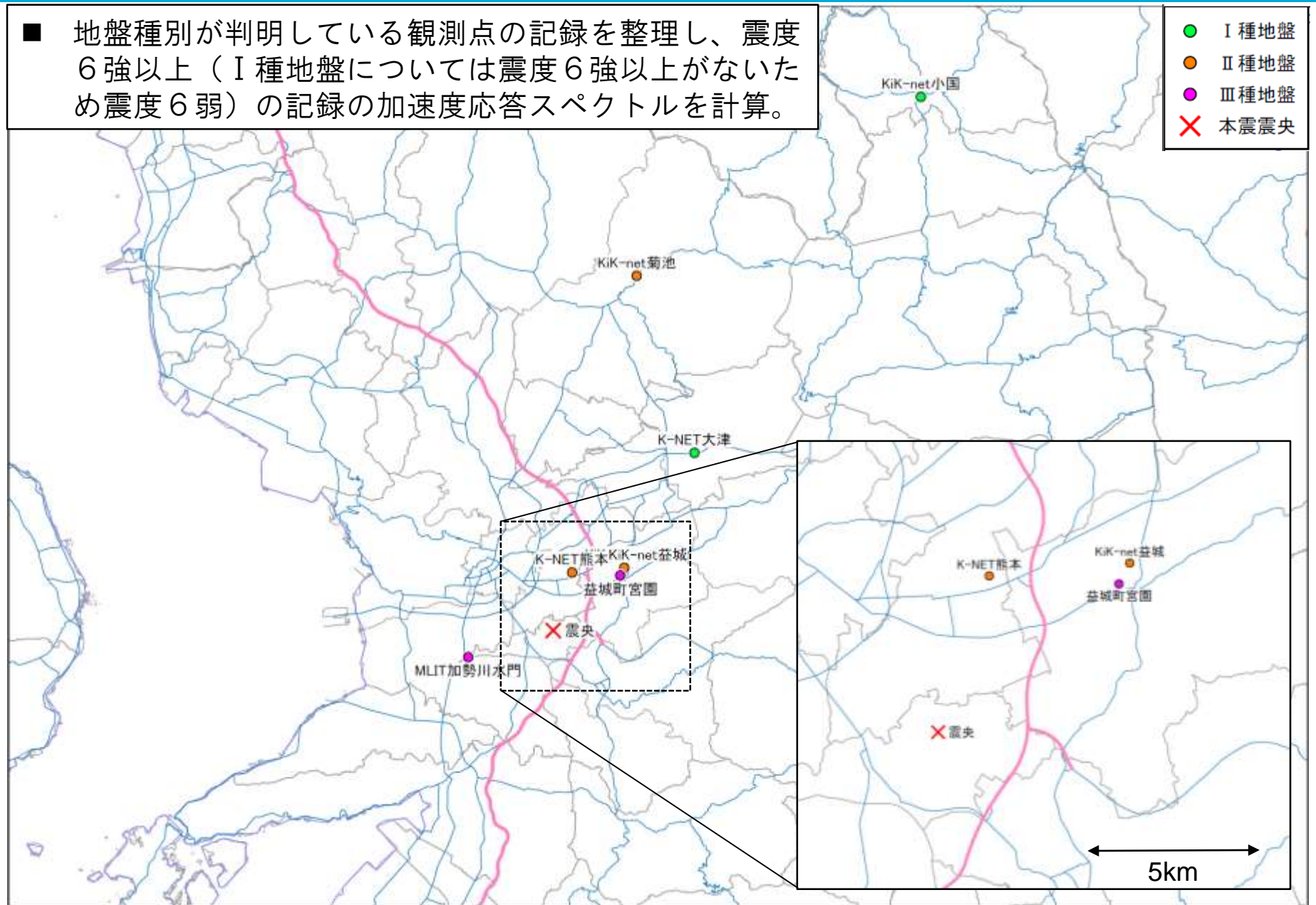


図-1 観測点の位置とその地盤種別



# 熊本地震の記録とレベル2地震動

- 短周期で設計スペクトルを越えている記録について、短周期地震動は地盤から構造物に入力する際に低減する効果等が見込めることから、益城町宮園以外の記録は、全体的には設計スペクトルと同程度と評価できる。
- 益城町宮園の記録については、震度計が役場建物内に設置されており、その建物の振動が影響していることから、橋の耐震性能の照査に用いる設計地震動との比較に適さない。

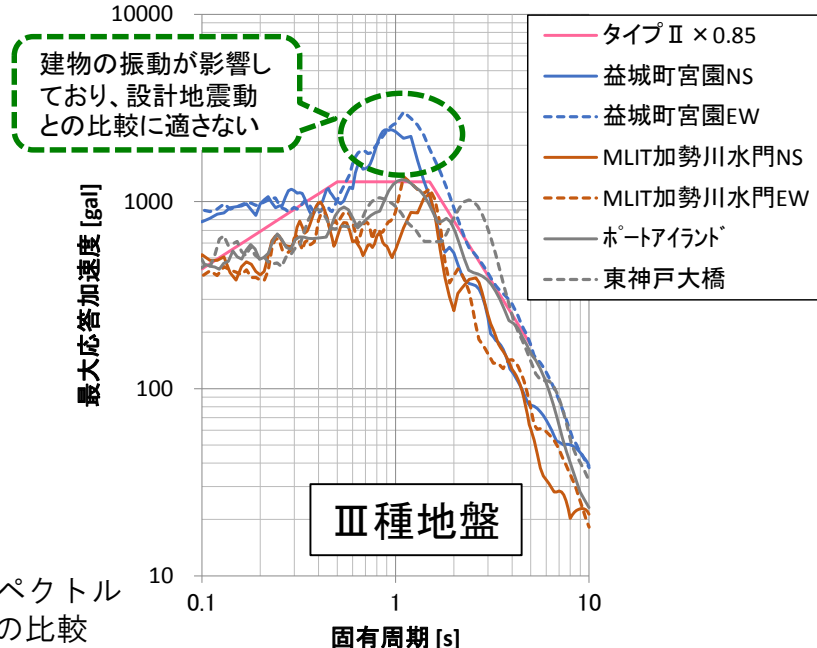
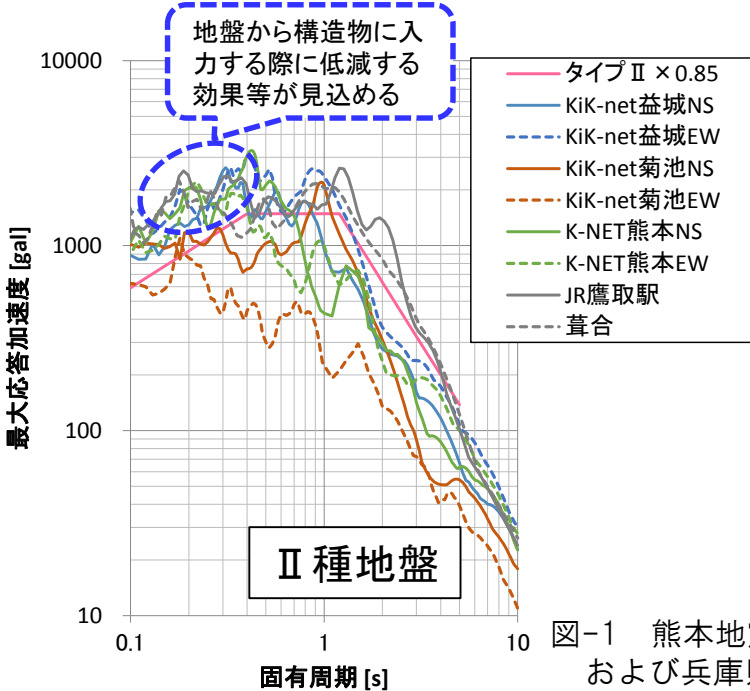
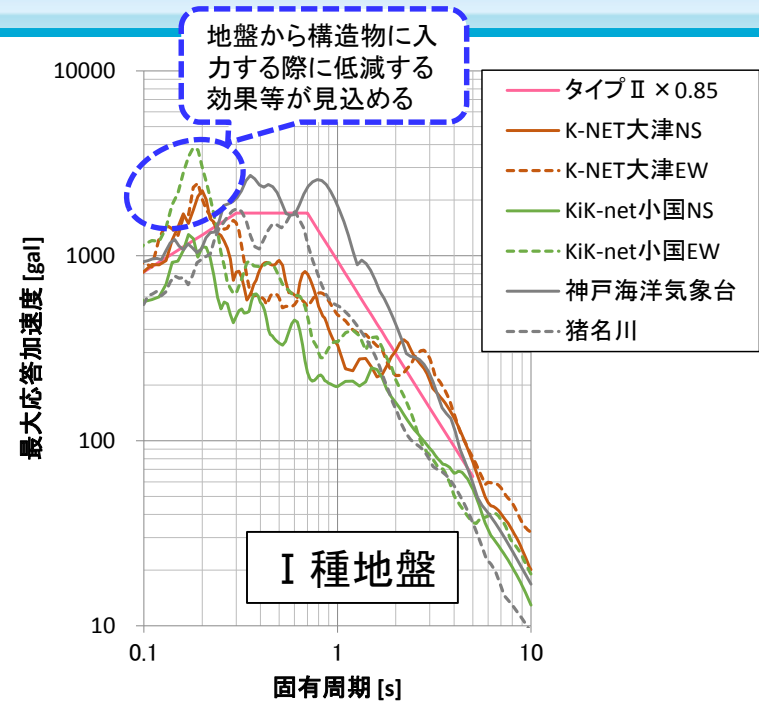


図-1 熊本地震の記録と設計スペクトルおよび兵庫県南部地震の記録の比較

# 兵庫県南部地震以降の基準を適用した道路橋の被害



図-1 兵庫県南部地震以降の基準を適用した道路橋のうち、目標とした耐震性能が達成できなかった橋の位置図

注)兵庫県南部地震以降の基準を適用した橋で目標とした耐震性能が達成できなかった4橋のうち、1橋は側道橋(歩道)であり、設計荷重の条件等が通常の道路橋とは異なるため、レベル2地震動の検証対象からは除外



# 兵庫県南部地震以降の基準を適用した道路橋の被災要因の推定

- 目標とした耐震性能を達成できなかった俵山大橋、扇の坂橋、大切畑大橋については、地盤変状の影響により、各下部構造が水平方向及び鉛直方向に移動し、移動量も下部構造毎に相対差があることを確認。
- これらの橋では、支承が設置されている下部構造毎にゴム支承の破壊形態や残留変位の方向が異なるなど、地震動による影響だけで生じた被害とは考えにくく、地盤変状に伴って下部構造の移動の影響が加わって生じた被害と推定。

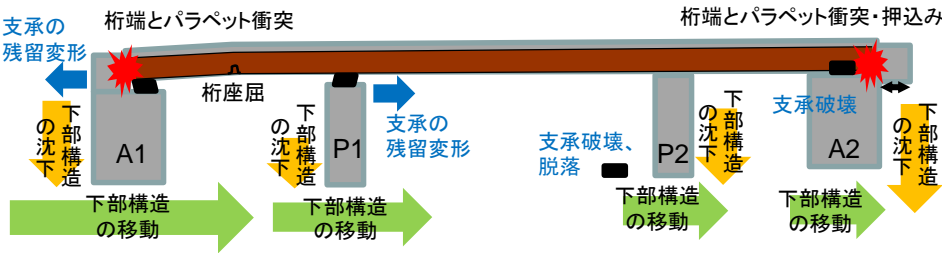


図-1 俵山大橋の損傷概要



写真-1 橋台の沈下 (俵山大橋A1橋脚)



写真-2 ゴム支承の破壊 (俵山大橋P2橋脚)



写真-3 パラペット・ゴム支承の破壊 (俵山大橋A2橋台)

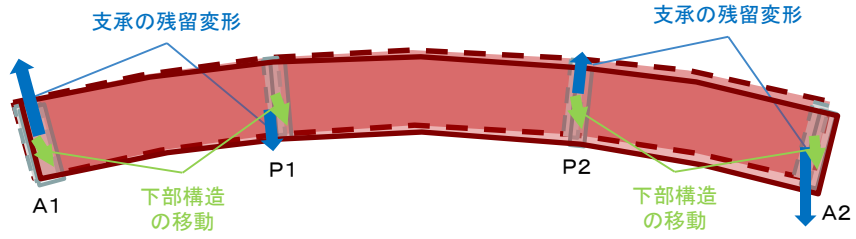


図-2 扇の坂橋の上部構造・下部構造の移動及び支承の残留変形 (破線:地震前、実線:地震後)



写真-4 ゴム支承の残留変形 (扇の坂橋A1橋台)

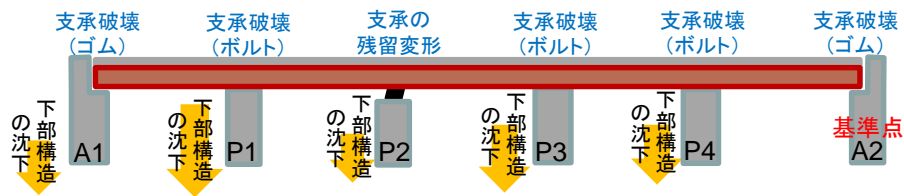


図-3 大切畑大橋の下部構造の沈下及び支承の損傷状況



写真-5 各下部構造で異なるゴム支承の破壊形態 (大切畑大橋)



# レベル2地震動タイプIIの妥当性について(案)

## ①熊本地震の地震動と、設計スペクトル並びに兵庫県南部地震の地震動との比較

→現行の設計スペクトルやその設定根拠となった地震動との比較に基づく評価



設計スペクトルを一部の周期帯で越えているものの、全体的には、兵庫県南部地震の地震動に基づき設定された設計スペクトルと同程度レベルと評価。

## ②兵庫県南部地震以降（レベル2地震動タイプII導入後）の基準を適用した道路橋の被害

→熊本地震による地震動の影響によって、兵庫県南部地震以降の基準に基づいて設計された道路橋の耐震性能の達成状況の検証



兵庫県南部地震以降の基準に基づいて設計された道路橋で、熊本地震により目標としている耐震性能が満たされなかった橋の損傷状況を分析した結果、地震動による影響だけでなく、地盤変状に伴って下部構造の移動の影響が加わって生じた被害と評価。



対応案：現行基準の設計地震動を踏襲

# 地盤変状による被災への対応

- 大規模な斜面崩壊により落橋した事例、橋台の沈下等により通行止めが生じた事例が存在
- 地盤変状による影響の軽減に配慮した構造形式の選定や、下部構造の設置位置、形式・形状の選定に関する基準適用上の留意点を通知

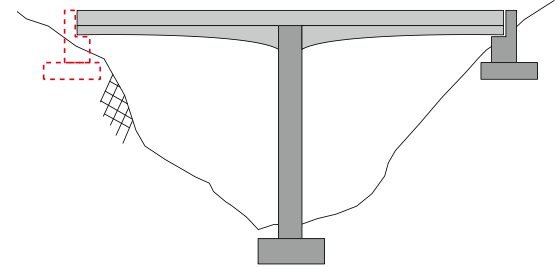
## ①橋の構造形式の選定への配慮

斜面変状の影響により橋台の沈下が生じたが、橋本体が保有する構造特性により自立した状態を保持できた例あり



[阿蘇長陽大橋]

張り出し施工により架設されたラーメン橋では、橋台による支持を失っても自立



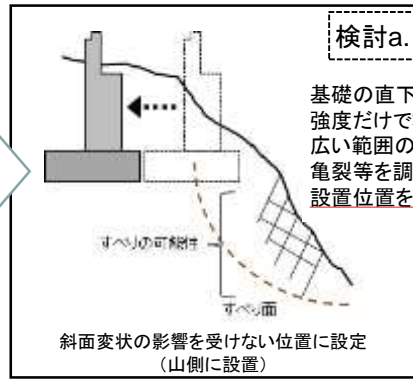
斜面変状の影響の軽減に配慮した構造形式の例

図-1 地盤変状の影響を受ける橋に対する構造形式の選定に関する留意点

## ②下部構造の設置位置、形式・形状の選定への配慮



橋台の沈下により通行止めが発生



下部構造の設置位置に関する留意点

※まずa.について検討し、避けられない場合はb.およびc.について検討

検討a. 避けられない場合

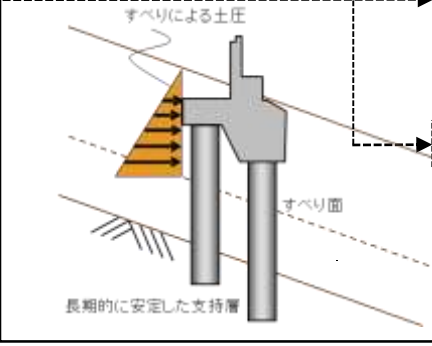
基礎の直下の強度だけでなく、広い範囲の地層や亀裂等を調査して設置位置を選定

検討b.

基礎の直下の強度だけでなく、広い範囲の地層や亀裂等を調査して支持層を設定

検討c.

変形等の生じにくい基礎を選定 (例：組杭深礎基礎(複数列))



基礎の支持層の設定及び基礎形式・形状の選定に関する留意点

注) 斜面安定対策(地すべり抑止杭等)は別途実施

図-2 斜面変状の影響を受ける橋に対する下部構造の設置位置、形式・形状の選定に関する留意点

# 制震ダンパーの取り付け部の被災への対応

- 耐震補強のために設置された変位制限構造が下部構造との接続部で損傷し、当該変位制限構造に取り付けられていた制震ダンパーが機能しない状態に至った事例が存在
- 制震ダンパー等の別部材によって支承部の減衰機能を確保する場合は、当該制震ダンパーの機能が確実に発揮されるよう、それが取り付けられる上下部構造の部位はできるだけ地震時に損傷が生じないように留意することを通知



写真-1 制震ダンパー接合部(変位制限構造への取付)  
みなみあそ  
の損傷(国道325号・南阿蘇橋)

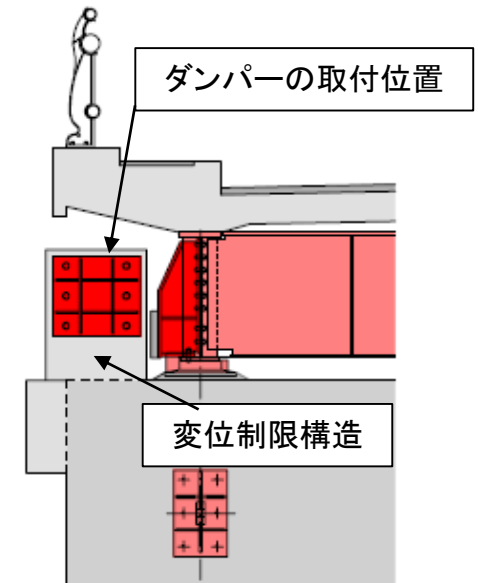


図-1 制震ダンパーの取付位置  
(国道325号・南阿蘇橋)



# 【参考】益城町宮園(役場建物内)の記録の検証

- 益城町宮園の記録は、役場建物内で観測されたもの。建物の振動が影響したと考えられるため、余震観測により、その影響を分析。
  - 建物内と直近屋外の地表面で得られた余震記録の加速度応答スペクトルを比較。
  - 建物内における余震記録には周期約0.5秒に卓越したピークが見られる。
  - 一方、直近屋外の地表面における余震記録には、周期約0.5秒より短周期にピークが見られる。
- 建物内で観測された記録は建物の振動の影響が加わった波形となっている。



- 本記録は、地表面と同等の条件で観測されたものではないこと、また、建物の振動の影響が加わっていることから、橋の耐震性能の照査に用いる設計地震動との比較に適さない。

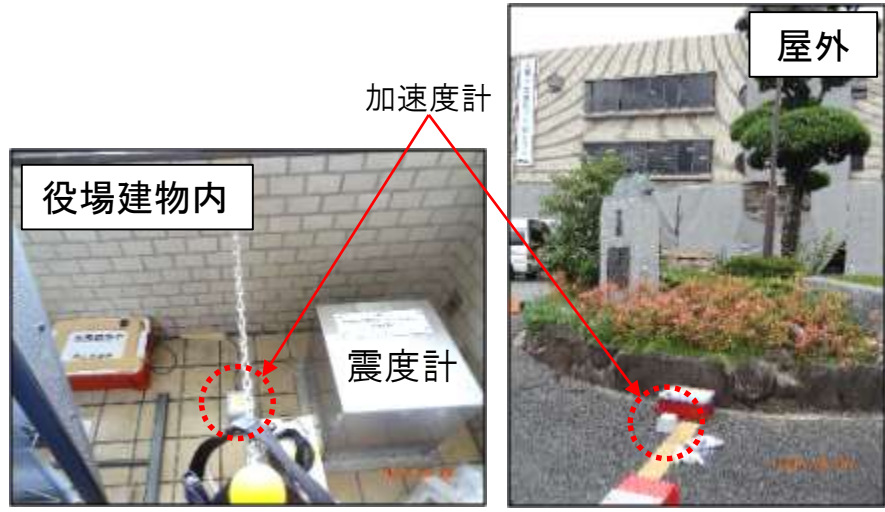


写真-1 役場建物内と直近屋外での余震観測状況

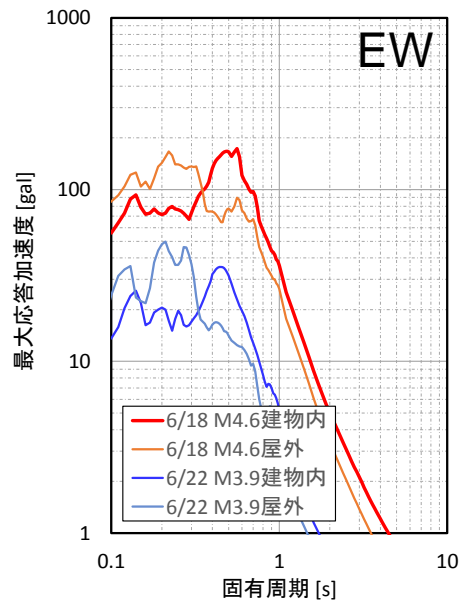


図-1 余震観測で得られた記録