

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)※

※^{ふりょう}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つた事例】 (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
(熊本市内)

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)

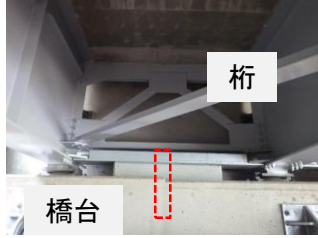


写真-5 アンカーバーのイメージ



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が必要がある。

※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

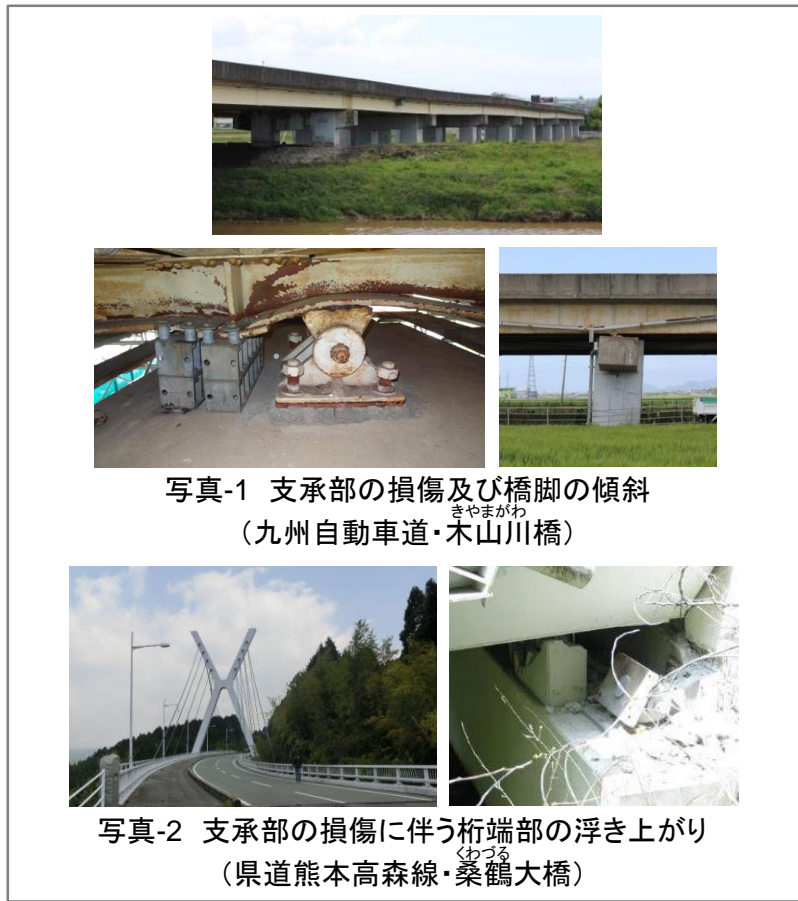


図-1 緊急輸送道路の橋の耐震性能の発揮状況
(熊本県内で震度6弱以上を観測した主な地域)

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)
こうその神園橋	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

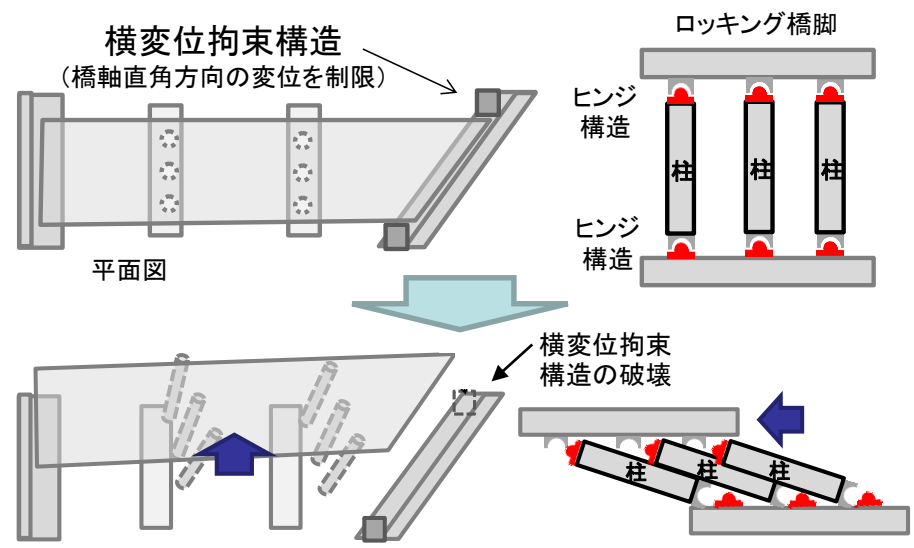


図-1 府領第一橋の想定落橋メカニズム

- ・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は、ロッキング橋脚の構造図を示しています。橋脚の両端に「ピボット支承」が取り付けられており、橋脚は上部構造と下部構造の間にヒンジ構造で接続されています。橋脚は鉛直方向に力を受け、回転も可能ですが、水平方向の力を受け持てない構造になっています。

図-2 ロッキング橋脚

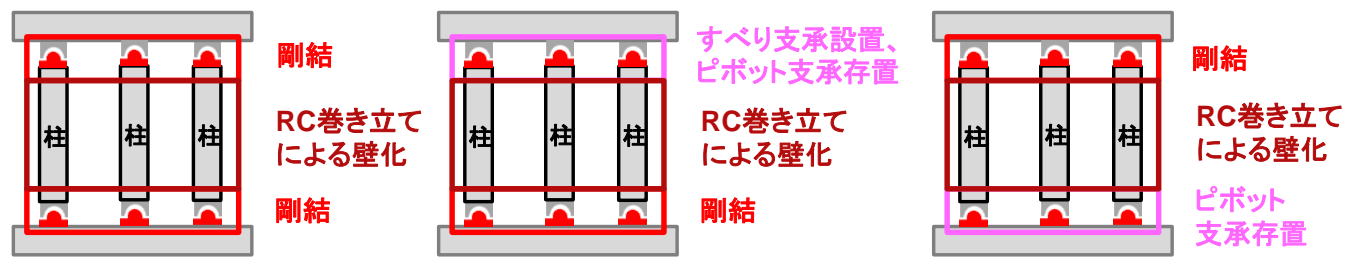
ロッキング橋脚の耐震補強の考え方

- 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】

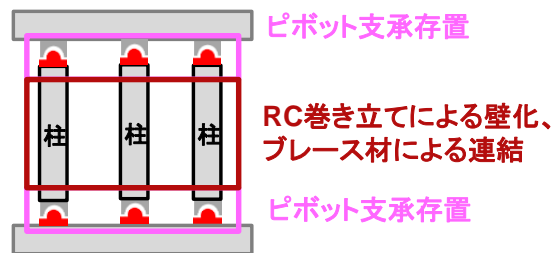
○ロッキング橋脚の安定性を確保するための構造とする

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



対策前



対策後

写真-1 完全自立構造の施工例

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。



【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

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)
(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
(県道熊本高森線・俵山大橋)

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
(おおきりした 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
(みなみあて 国道325号・南阿蘇橋)

地震後の点検がしやすく、復旧もしやすい部材に損傷を確実に誘導するための設計法を導入

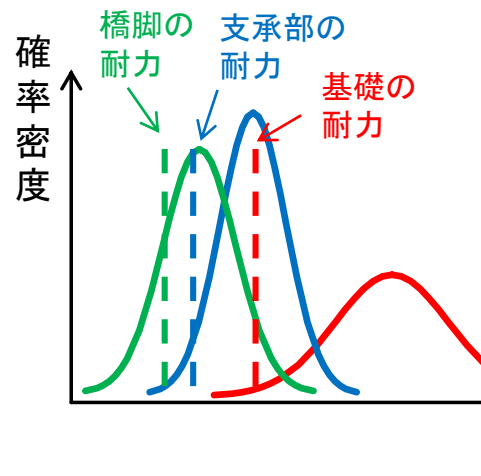
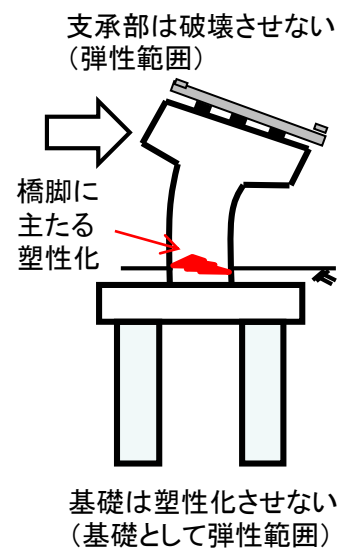


図-1 各部材の設計上の耐荷力

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言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

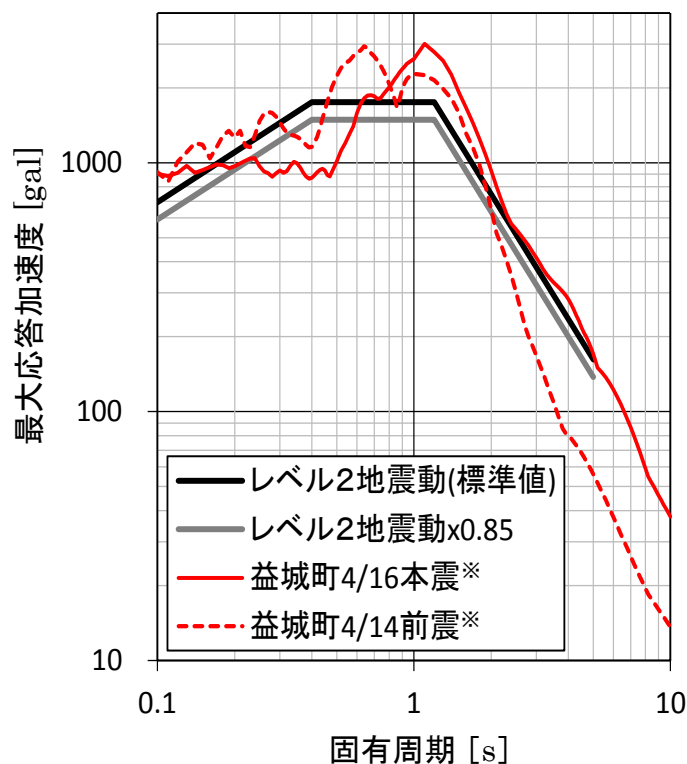


図-1 設計地震動との比較

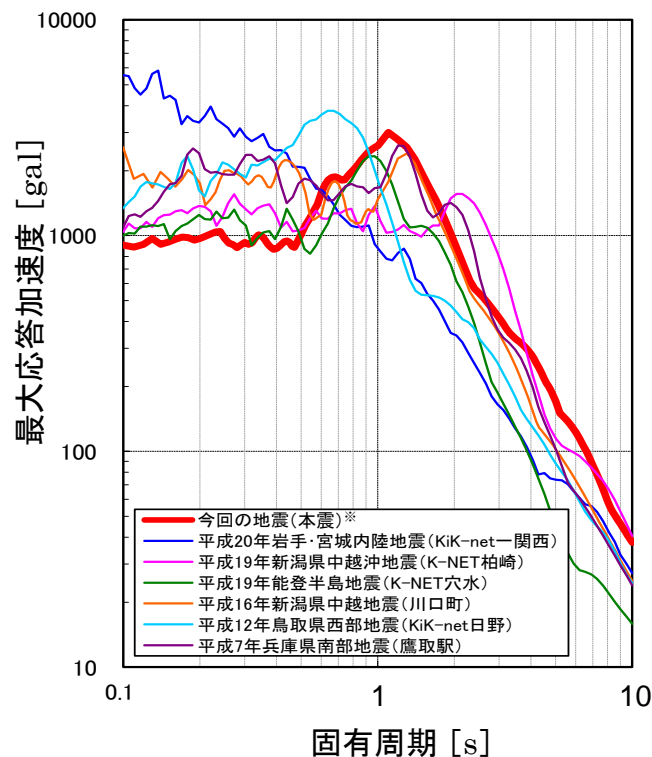


図-2 近年の内陸直下型地震との比較

※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

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。