

道路橋の震災損傷部材の実態調査

寒地土木研究所 正会員 ○佐藤 京
 寒地土木研究所 正会員 西 弘明
 寒地土木研究所 正会員 秋本 光雄

1. はじめに

超過外力を受け損傷した道路橋を早期に復旧可能とするための事前対策として、有事でも安全で適切な壊れ方をシナリオとしたリスクコントロールを考慮した設計手法は、国土強靱化を目指した対応策として重要な一手法となり得る。

既往の震災から橋梁部材の損傷実態と設計耐力との関係や損傷を制御するための耐荷性に対する設計上の課題を明確化している事例がないことから、既存被害事例より設計における部材耐力と損傷部材について実態調査を行い、リスクをコントロールする損傷誘導工法の確立のための基礎的分析を行った。

2. 震災損傷の情報収集

2003年十勝沖地震、2004年新潟県中越地震、2011年東北地方太平洋沖地震の調査結果のほか、大規模地震を対象に道路橋の被害に関する表-1の資料により地震被害分析用データを抽出し整理した。対象とした被害は、大きな損傷のみならず、支承や橋脚の限定的損傷といった部材の耐荷性について検討できる事例を対象とした。表-2に対象とした地震とその地震で被害を受けた橋梁数を適用示方書により区分して示す。

整理した橋梁情報は、設計震度と地盤種別（推定も含む）のほか、半径100m以内で損傷した橋梁有無、地震観測に基づく最大加速度または平成2年道路橋示方書（以下、道路橋示方書を道示という）の地震動距離減衰式から算出される最大加速度と損傷箇所である。

2.1. 被災橋梁

動的照査による設計を行った橋梁の被災については、地震動と設計レベルを容易に比較できないため、兵庫県南部地震より前の被災橋梁41橋を対象に作用した地震動と設計レベルの比

較から損傷の実態を確認する。横軸に設計地震動、縦軸に橋梁に作用した地震動（想定含む）をとって地震動と耐力の関係を示す（図-1）。

図-1に示した対角線から上部は、地震動が耐荷力超過により被災したとされる橋梁で、下部に示されたものは、地震動が耐荷力を超過していないにもかかわらず被災した橋梁である。昭和46年道示を適用する以前の橋梁では、全体の約1/3が耐荷力を超過せずに損傷した結果であったが、昭和46年以降の設計においては、概ね耐荷力超過により橋梁が損傷している結果で

表-1 収集した資料一覧

発行元	タイトル
科学技術庁国立防災科学技術センター監修	新潟地震防災研究総合報告, 1965.
土木学会新潟地震調査委員会編	昭和39年新潟地震調査報告, 1966.
北海道開発局土木試験所	土木研究所報告第49号 1968年十勝沖地震被害調査報告書, 1968.
文部省科学研究費自然災害特別研究(1)報告	1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究, 1979.
社団法人日本道路協会、橋梁委員会・総括小委員会、宮城県沖地震道路橋被害調査分科会	宮城県沖地震による道路橋の被害ならびに支承部の耐荷性に関する調査報告書, 1980.
土木学会東北支部 1978年宮城県沖地震調査委員会	1978年宮城県沖地震調査報告書, 1980.
建設省道路局、建設省土木研究所、北海道開発局	静内橋地震災害調査報告書(1982年浦河沖地震), 1982.
北海道開発局土木試験所	浦河地震の直接的被害に関する特性調査業務報告書, 1983.
秋田県土木部	昭和58年日本海中部地震-土木施設等災害記録-, 1984
北海道開発局土木研究所	開発土木研究所報告第100号 1993年釧路沖地震被害調査報告, 1993.
建設省土木研究所、地震防災部耐震研究室	釧路沖地震及び北海道南西沖地震によるRC橋脚主鉄筋段落し部の被害とその解析, 1994.
三陸はるか沖地震災害調査委員会	1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書, 1995.
北海道開発局開発土木研究所構造部構造研究室	平成6年北海道東方沖地震速報, 1994.
北海道開発コンサルタント株式会社	1995年兵庫県南部地震阪神大震災被害調査記録, 1995.

表-2 調査対象とした被災橋梁の適用示方書区分と原因地震一覧

発生年	地震名	T15	S14	S29	S31	S39	S46	S47	S55	H2	3プロ	H8	H14 補強	不明
1964	新潟地震		1		5									
1968	十勝沖地震		2		1									
1978	宮城県沖地震	5	1		3	2	3							
1982	浦河沖地震					1								
1983	日本海中部地震				2		1							
1993	釧路沖地震				1	2			1					1
1993	北海道南西沖地震				1	2								
1994	三陸はるか沖地震		2				2		1					
1994	北海道東方沖地震						1							
1995	兵庫県南部地震				9		2		2					
2003	十勝沖地震			1				1	1					
2004	新潟県中越地震						2		1					
2011	東北地方太平洋沖地震				3	4	2			1	1	3	2	

キーワード ゴム支承, 疲労載荷, 疲労劣化, 寒冷

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 寒地土木研究所寒地構造チーム TEL011-841-1698

表-3 レベル2地震動における被災パターン

	地震動のタイプ	
	タイプI地震動 (2011年東北地方太平洋沖地震, 2003年十勝沖地震など)	タイプII地震動 (1995年兵庫県南部地震, 2004年新潟県中越地震など)
昭和55年道示より前	橋脚段落し位置の損傷, 支承本体、沓座モルタルの損傷, 支承取付部の主桁の損傷	橋脚段落し位置の損傷, 支承本体、沓座モルタルの損傷, 支承取付部の主桁の損傷
昭和55年道示以降	支承本体、沓座モルタルの損傷, 上部構造の損傷	橋脚段落し位置の損傷, 支承本体、沓座モルタルの損傷, 支承取付部の主桁の損傷
平成8年以降 or 補強	積層ゴム支承、免震支承のゴム破断, 変位制限構造・取付部の損傷, トラス下弦材の損傷	積層ゴム支承の破断等(熊本地震、地盤変位の影響あり)

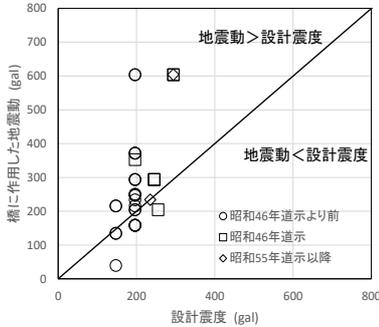


図-1 被災橋梁の設計震度と距離減衰式からの推定最大加速度

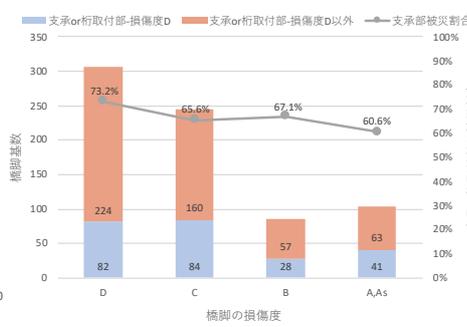


図-2 橋脚の被災と支承部の損傷度の関係 (1995年兵庫県南部地震)

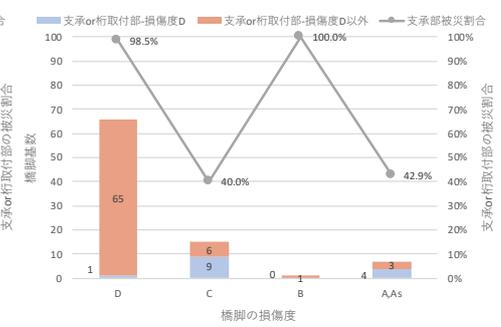


図-3 橋脚の被災と支承部の損傷度の関係 (2011年東北地方太平洋沖地震)

あった。昭和55年道示適用は2橋と少なかったため、傾向は不明である。

レベル2地震動に対する橋梁の被災は、地震動タイプと昭和55年道示前、昭和55年道示以降、平成8年暫定対応およびそれ以降という設計レベル別に表-3のように損傷状況の特徴をまとめた。昭和55年道示より前の橋梁の場合は、地震動タイプによらず被災パターンは、橋脚の段落とし位置の損傷、支承本体や取り付け部において損傷が確認された。昭和55年道示以降で平成8年暫定前の設計では、タイプIでは、支承本体、沓座モルタル部、上部工の損傷と橋脚の被害がないが、タイプIIでは、これらの損傷に加えて橋脚の段落し位置の損傷が加わった損傷が確認されている。平成8年暫定以降(補強含む)の設計においては、昭和55年道示以降で平成8年暫定前の設計と同様の傾向であるが、橋脚の損傷は確認されていない。

2.2. 被災部材の傾向分析

被災橋梁の傾向について前節で示した。ここでは、同一橋梁での被災部材について傾向分析結果を示す。この分析は、笹木ら¹⁾が実施した道路震災対策便覧²⁾に基づく損傷度区分を用いたイベントツリー解析を参考に、橋脚や支承、主桁等の被災部材の関連性を示す。

1) 1995年兵庫県南部地震における傾向分析

笹木ら¹⁾によるデータを基に橋脚の損傷毎に支承部の損傷の有無について図-2に整理した。

橋脚がD(無損傷)の場合、支承および桁取付部の損傷がない基数は82基、いずれかに損傷がある基数は224基と橋脚損傷度がDにおける支承および桁取付部の被災割合は73.2%であった。同様にその他の橋脚損傷度における支承および桁取付部の被災割合は、67~61%であり、橋脚損傷度に対する弱い負

の相関が見られた。しかし、橋脚またはそれ以外の一方が被災するのではなく、双方が被災している状況にあった。

2) 2011年東北地方太平洋沖地震における傾向分析

レベル2の耐震性能を有する構造物が増えた状況での被災事例として、2011年東北地方太平洋沖地震の傾向を土木学会地震工学委員会の調査結果³⁾に基づき図-3に整理した。

橋脚がD(無被災)の場合、支承または桁取付部が被災した。それ以外の損傷度の橋脚においては、橋脚のみが被災したケースが過半数を超えている状況にある。なお、レベル2対応の橋脚が被災した事例は報告されていない。

3. まとめ

国土強靱化を目指した対応策として、有事でも安全で適切な壊れ方をシナリオとしたリスクコントロールを考慮した設計手法の確立を目指し、既存被害事例より橋脚の損傷と支承または取付部の損傷の発生傾向について分析した。

その結果、現在の設計法に準拠した耐震レベルを有する橋梁においては、橋脚に損傷がない場合、支承または取付部に損傷が生ずるケースが半数を超えることが確認できた。調査対象では、現設計手法により支承部に損傷を誘導できる可能性が確認できた。現在、支承部に損傷を確実に誘導するための設計技術について検討を進めている。今後報告する予定である。

参考文献

- 1) 笹木孝哲, 庄司学: 高架道路橋の地震時機能損失評価, 構造工学論文集 55A, pp.449-459, 2009.
- 2) 日本道路協会: 道路震災対策便覧(震災復旧編) 平成18年度改訂版, 平成19年3月
- 3) 土木学会地震工学委員会: 土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書, 平成23年5月, <http://committees.jsce.or.jp/report/node/43>, (平成31年4月1日閲覧)