

# 地震により損傷した支承の損傷傾向

中尾尚史・菅原達也・江口康平・大住道生

## 1. はじめに

支承は上部構造と下部構造との間に設置され、上部構造から伝達される荷重を下部構造に伝達する機能（荷重伝達機能）及び上下部構造間の相対的な変位に追随する機能（変位追従機能）等を有する部材である。

支承部は、他の部材に比べて設計上の不確実性が高い傾向にあり、地震により損傷する場合がある。地震により支承部に損傷が生じると、荷重伝達機能、変位追従機能を損なうだけでなく、鉛直方向の高さを保持する機能が喪失し路面段差が発生することで、橋の走行性を失う可能性がある。走行性を失った場合、速やかな復旧が求められるが、本復旧には少なくとも数ヶ月間を要する。

そのため、走行性の応急的な復旧を考えた場合、支承の種類に応じた損傷実績及び損傷傾向を踏まえ、発生する路面段差の量、進行性及び形態について明らかにすることが重要である。

本稿では、過去に実施された地震被害調査の資料を基に、地震により被害を受けた支承の損傷状態を調査し、各種支承における支承の損傷傾向とそれにより発生する路面段差量について分析した内容について報告する。

## 2. 調査の概要

### 2.1 調査の対象とする地震

本研究では、2000年以降に発生した地震による道路橋の被害状況を対象とし、著者らグループが地震被害調査で撮影した写真等の資料や既往の調査報告書<sup>1)8)</sup>を基に調査を行った。なお、本研究では地震直後の通行の可否に着目したため、津波により被害を受けた道路橋については調査対象にしていない。また、支承部の損傷に着目しているため、下部構造の倒壊等により被害を受けた道路橋についても調査対象にしていない。

### 2.2 調査項目

本研究では、支承形式、上部構造形式、支承の損傷状態、路面段差の有無及び路面段差量について調査を行った。路面段差の有無については、支承の損傷写真等から桁の脱落等を確認できたものを路面段差が生じたと判断した。路面段差量は、報告書<sup>1)8)</sup>に記載されているケースについては報告書に記載されている数値、報告書に記載されていないケースについては写真又は図面より推定した。また、背面盛土が沈下したことによる路面段差等、支承の損傷に起因しない路面段差は調査対象から除外したため、本報における路面段差量と実際に生じた路面段差量は必ずしも一致しない。

調査より損傷が確認できたデータ数を表-1に示す。本報では、1支承線単位でデータ数をカウントしている。調査した結果、上部構造や支承の形式、及び支承の損傷状態が判別できた道路橋を対象に損傷を分析した。なお、損傷した多くの道路橋はH8道路橋示方書よりも前の基準で設計されていたため、表-1に示した支承の大半はレベル2地震動に対する耐震設計が行われていなかった。

## 3. 損傷した支承部の状態

### 3.1 主な支承部の損傷傾向

ここでは支承形式ごとに、支承部の主な損傷状態の分析を示す。支承部とは、支承本体、アンカーボルト、セットボルト等の上下部構造との取付部材、沓座モルタル等の部分を示す。本稿では、支承板支承（以下、「BP支承」と表記）、線支承、ピンローラー支承（その他のローラー支承は含まない）及びゴム支承に限定して示す。なお、支承部の損傷数は1支承線単位で損傷が確認された部位の種類総計であり、1支承線内で同じ種類の部位が複数損傷しても損傷数は1となる。

#### 3.1.1 BP支承

BP支承の損傷数を図-1(a)に示す。BP支承は、上沓ストッパーの損傷が多い傾向にあり、単純桁

表-1 損傷が確認できた支承線のデータ数

(a) BP 支承				(b) 線支承			
固定沓	単純桁	鉄桁	18	単純桁	鉄桁	6	
		鋼箱桁	2		鋼箱桁	0	
		PC,R/C桁	2		PC,R/C桁	13	
		その他	0		その他	0	
	total		22	total		19	
	連続桁	鉄桁	8	連続桁	鉄桁	6	
鋼箱桁		1	箱桁		3		
PC,R/C桁		2	PC,R/C桁		0		
その他		1	その他		0		
total		12	total		9		
total		34	total		28		
可動沓	単純桁	鉄桁	9	単純桁	鉄桁	9	
		鋼箱桁	2		鋼箱桁	0	
		PC,R/C桁	1		PC,R/C桁	8	
		その他	0		その他	0	
	total		12	total		17	
	連続桁	鉄桁	23	連続桁	鉄桁	9	
鋼箱桁		3	鋼箱桁		2		
PC,R/C桁		2	PC,R/C桁		2		
その他		2	その他		0		
total		30	total		13		
total		42	total		30		

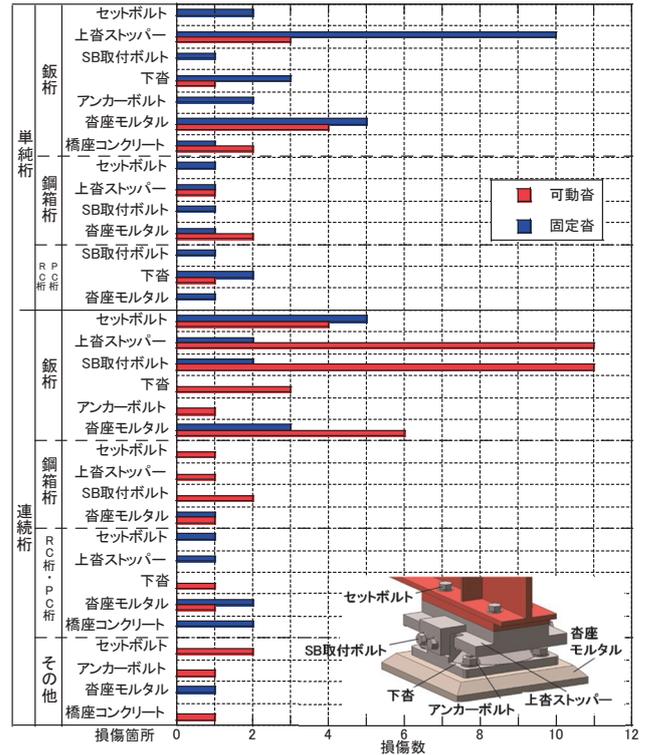
  

(c) ピンローラー支承			(d) ゴム支承		
単純桁	鉄桁	0	単純桁	鉄桁	2
	鋼箱桁	0		鋼箱桁	0
	PC,R/C桁	0		PC,R/C桁	0
	その他	4		その他	0
total		4	total		2
連続桁	鉄桁	4	連続桁	鉄桁	17
	鋼箱桁	10		鋼箱桁	6
	PC,R/C桁	1		PC,R/C桁	18
	その他	2		その他	0
total		17	total		41

の鉄桁の固定沓で10支承線、可動沓で3支承線であり、連続桁の鉄桁の固定沓で2支承線、可動沓で11支承線である。また、上部構造形式を問わず沓座モルタルも損傷しやすい傾向にある。

単純桁では下沓の損傷も発生しており、鉄桁の固定沓で3支承線、可動沓で1支承線である。一方、セットボルトやサイドブロック取付ボルト(表中では「SB取付ボルト」と表記)の損傷数は少ない傾向にあり、可動沓では損傷は確認されなかった。

連続桁の場合、セットボルト、上沓ストッパー、サイドブロック取付ボルトが損傷する傾向があり、鉄桁の固定沓で2から5支承線、可動沓で4から11支承線での損傷が確認された。BP支承は水平方向の荷重を下沓と一体の突起が支持する構造であることから、単純桁では橋軸直角方向に作用する水平力によって下沓突起が損傷したが、連続桁では下沓突起が損傷するよりも先に水平力による偶力により上方向の移動を制限するサイドブロック取付ボルトが損傷した可能性がある。



※セットボルトには、破断によって上沓が脱落している損傷も含む  
図-1(a) BP 支承の損傷数(支承の図：文献9)に加筆)

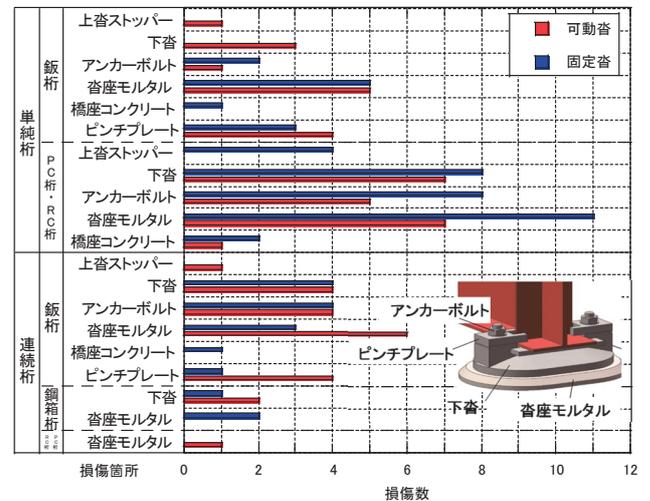


図-1(b) 線支承の損傷数(支承の図：文献9)に加筆)

### 3.1.2 線支承

線支承の損傷数を図-1(b)に示す。線支承は、上部構造形式を問わず沓座モルタル及びアンカーボルトが損傷しやすい傾向にある。沓座モルタルの損傷は、割れによる支承沈下等で路面段差が生じる可能性がある。

単純桁の場合、鉄桁ではピンチプレートの損傷が多い傾向にあり、鉄桁の固定沓で3支承線、可動沓で4支承線での損傷が確認された。ピンチプレートの損傷は路面段差の原因とはなりにくいですが、

橋軸方向に桁が脱落することで路面段差に繋がった事例もある。PC桁・RC桁では下沓及びアンカーボルトの損傷が多い傾向にあり、固定沓でどちらも8支承線、可動沓で5から7支承線である。これらの損傷は路面段差に繋がりがやすい。

連続桁の場合も、下沓及びアンカーボルトの損傷が多い傾向にある。線支承は水平方向の荷重を下沓と一体の突起が支持する構造であることから、下沓突起の損傷によって、橋軸直角方向に桁が下沓や台座から脱落することにより路面段差が生じる可能性がある。

### 3.1.3 ピンローラー支承

ピンローラー支承の損傷数を図-1(c)に示す。ピンローラー支承は橋軸直角方向を固定支持する構造であるが、その機能を担う構造の内、サイドブロック取付ボルトの損傷が多く、ピンや沓座モルタルの損傷は少ない傾向にあるため、路面段差には繋がりにくい。

単純桁の場合、ピンが損傷しやすい傾向にある。ピンの損傷は、上沓の脱落により路面段差が生じる可能性がある。

連続桁の場合、鋼箱桁で損傷が多く、サイドブロック取付ボルトの損傷が多い傾向にある。ピンローラー支承に設けられたサイドブロックは、他の支承に比べて水平力作用位置が高いため、サイドブロックまたはサイドブロック取付ボルトが損傷しやすいと考えられる。

### 3.1.4 ゴム支承

ゴム支承の損傷数を図-1(d)に示す。ゴム支承は連続桁に使用することが多く、上沓及び下沓取付ボルトやゴム支承本体、サイドブロック取付ボルトの損傷が多い傾向にある。上沓取付ボルトやゴム支承本体が損傷した場合、桁が脱落することで支承高相当の路面段差が生じる可能性がある。

一方、単純桁では、上沓及び下沓取付ボルトの損傷は確認されなかった。

## 3.2 路面段差量

図-2は表-1に示す支承線のうち橋台上の支承線や掛け違い部の橋脚上の支承線で路面段差が生じたものを抜き出したデータである。なお、同一支承線上で段差量が異なる場合は、段差量が大きい方を記載した。参考として、図中には文献10)に基づく可能走行段差量も併記した。

BP支承の場合、50-200mmの路面段差が確認

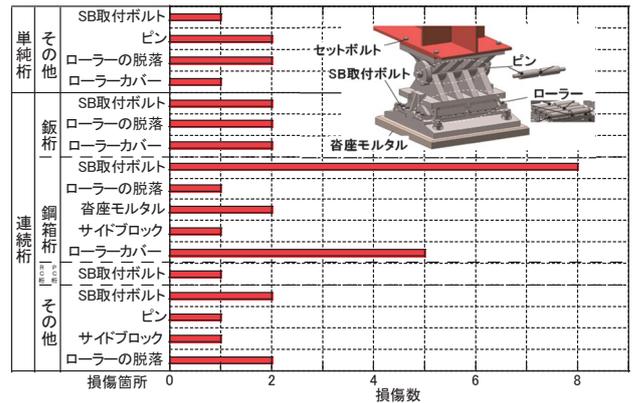


図-1(c) ピンローラー支承の損傷数(支承の図：文献9)に加筆)

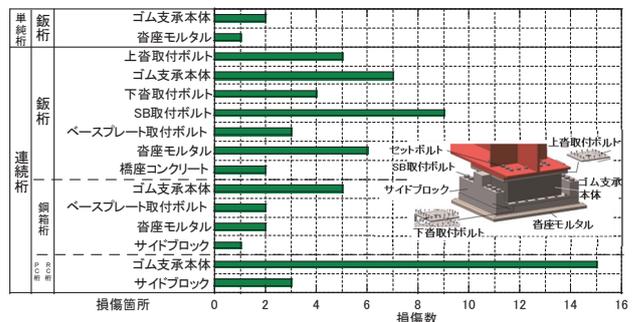


図-1(d) ゴム支承の損傷数(支承の図：文献9)に加筆)

された。これらはセットボルトの損傷による上沓の脱落または下沓等の損傷による桁の脱落によって生じている。

線支承の場合、他の支承に比べて支承高が低いいため、路面段差量が小さい傾向にある。段差の多くは橋軸方向の桁の変位による上沓の脱落か下沓の損傷による橋軸直角方向の桁の移動による脱落によるものである。120mmの損傷が確認された事例は、沓座の沈下により生じていた。

ピンローラー支承の場合、路面段差量が100mmのケースが確認された。これはピンの損傷により路面段差が発生したものであり、上沓が下沓に載った状態で留まっていた事例である。そのため、余震等により上沓が外れた場合には、大きな段差に進展する可能性があることに注意が必要である。

ゴム支承の場合、200-310mmの段差が発生しており、多くが支承本体の損傷によるものである。単純桁でも支承高90mm程度に対し200mmと300mmの段差が報告されている。これは、台座高の高い支点から桁が脱落したためである。

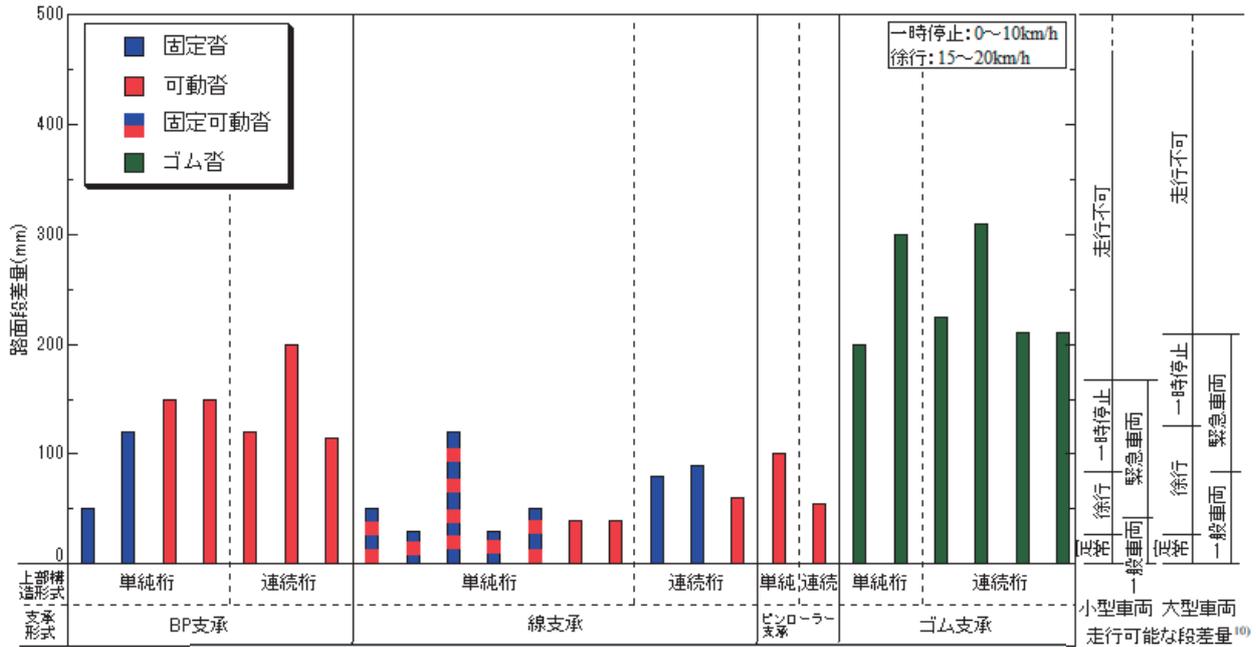


図-2 各支承損傷に起因する路面段差量

#### 4. まとめ

本研究は、過去に発生した地震被害の調査資料を基に、支承部の損傷状態と支承部の損傷傾向と発生する路面段差量の関係を把握した。段差量は橋の走行性に係わる要素の一つであることから、地震後における走行性検討の一助となる。また、支承高さが低い方が発生段差は小さい傾向であるが、橋座等が損傷した場合、発生する路面段差量が支承高さ以上になる可能性に注意する必要があることが確認された。今後は、路面段差の余震等による進行性及び段差の形態も踏まえ、車両走行性や早期復旧方策について検討を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 平成28年(2016年)熊本地震土木施設被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料No.967/土木研究所資料No.4359、2017
- 2) 平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告、国土技術政策総合研究所報告No.27/土木研究所報告No.203、2006
- 3) 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料No.439/土木研究所資料No.4086/建築研究資料No.112、2008
- 4) 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料No.486/土木研究所資料No.4120/建築研究資料No.115、2008
- 5) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料No.814/土木研究所資料No.4295、2014
- 6) 平成23年(2011年)長野県北部の地震による道路橋等の被害調査報告、国土技術政策総合研究所資料No.770/土木研究所資料No.4274、2013
- 7) 平成15年5月26日宮城県沖の地震の被害に係わる現地調査報告書、土木研究所資料No.3914、2003
- 8) 平成12年(2000年)鳥取県西部地震緊急調査報告書、土木研究所資料No.3769、2007
- 9) 土木学会：(鋼構造シリーズ25)道路橋支承部の点検・診断・維持管理技術、2016
- 10) 常田賢一、小田和広、中平明憲、林健二、依藤光代：段差走行実験に基づく地震時の道路の性能評価および交通運用、土木学会地震工学論文集、第29巻、pp.596~604、2007

中尾尚史



研究当時 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 専門研究員、現 国立舞鶴工業高等専門学校建設システム工学科講師、博士(工学)  
Dr. NAKAO Hisashi

菅原達也



土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 交流研究員  
SUGAWARA Tatsuya

江口康平



研究当時 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 研究員、現 竹中工務店竹中技術研究所、博士(工学)  
Dr. EGUCHI Kouhei

大住道生



土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 上席研究員、博士(工学)  
Dr. OHSUMI Michio