

## 群馬県内における土木構造物の被害調査報告書（第1報）

### 1. 調査概要

#### 1.1 はじめに

本報告は、東日本大震災における群馬県内の土木構造物の被災状況に関する調査結果をとりまとめたものである。

平成23年3月11日（金）14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震による群馬県内の震度は、気象庁の発表によると、桐生市元宿町で6弱、沼田市白沢町、前橋市富士見町、高崎市高松町、桐生市新里町などの広い範囲で震度5強が観測されている。甚大な被害を生じた東北3県と比較すれば軽微な被害が中心ではあったが、群馬県内でも数多くの被害が報告された。東日本大震災の広範な被災範囲の理解に寄与するものと考え、本調査では、群馬県内の情報を収集することとした。

今回の調査は、土木学会関東支部の要請などを受け、関東支部の下部組織である群馬会の幹事会による調査団によって実施した。調査対象は、群馬県、国土交通省高崎河川国道事務所、JR東日本などの土木構造物の管理者へのヒアリングの結果、被災が確認されたものとした。

群馬県内のコンクリート構造物の主な被害としては、支承が損傷して一時通行止めとなった五料橋（伊勢崎市）とせん断ひび割れを生じた桐生第一高架橋（桐生市）があった。また、山間部の道路を中心として、路面のひび割れの発生や土留め擁壁の崩壊が生じた。関東地方平野部で顕著であった液状化被害は、近藤沼公園（館林市）で確認された。

土木構造物以外では、建物に多くの被害が生じ、落ちてきた屋根瓦が当たって1名が死亡した（伊勢崎市）。また、農業用の貯水池の損傷も報告されている。

#### 1.2 調査メンバー

半井健一郎（群馬大学）、土倉泰（前橋工科大学）、久保田佳幸（佐田建設）、久保隆行（オリエンタル白石）、米山文雄（清水建設）、島峰徹夫（JR東日本） ※4月27日の調査までのメンバー

#### 1.3 調査日程

2011年4月20日（水） 五料橋

2011年4月27日（水） 桐生第一高架橋

（以後の調査については第2報以降に追記予定）

## 1.4 調査対象構造物の位置

以下の図1に調査対象構造物の位置を示す。



図1 調査対象構造物の位置（電子国土 <http://portal.cyberjapan.jp> より）

## 2. 群馬県内の地震動の概要

2011年03月11日14時46分に発生した三陸沖を震源とする地震の推定震度分布を図2.1に示す。群馬県内の最大震度は桐生市元宿町で観測された震度6弱で、震度5強は沼田市白沢町、前橋市富士見町、高崎市高松町、桐生市新里町、渋川市赤城町、明和町新里、千代田町赤岩、大泉町日の出、邑楽町中野、太田市西本町で記録されている。県の南東部において大きな震度が観測された地域が多い。

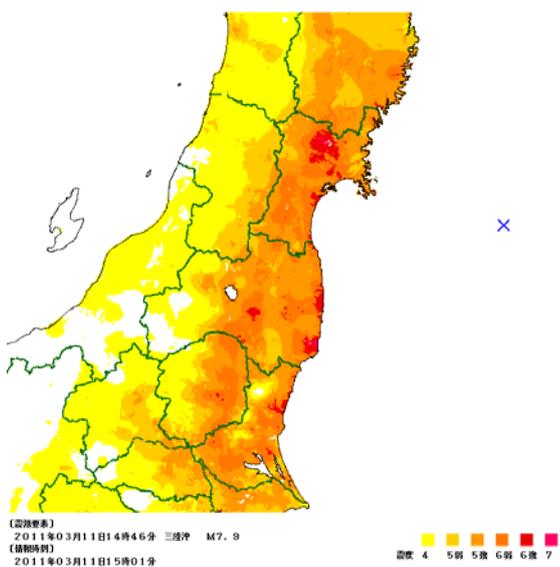


図2.1 推定震度分布（気象庁作成）

防災科学技術研究所 強震ネットワーク K-NET による GNM009 (桐生市元宿町) の加速度の時刻歴を、他県のデータ (MYG004 築館 (宮城県), FKS016 白河 (福島県), IBR003 日立 (茨城県), TCG009 今市 (栃木県)) とともに図 2.2 に示す。いずれも NS 成分である。築館では 2 波の揺れが明確に確認できるが、日立、今市、桐生では重なっている。

加速度の NS 成分に関する応答スペクトルを図 2.3 に示す。加速度応答スペクトルより、桐生では固有周期 0.1~0.7 秒の値が大きいことが分かるが、他地域と比較するとその値は相対的には小さい。

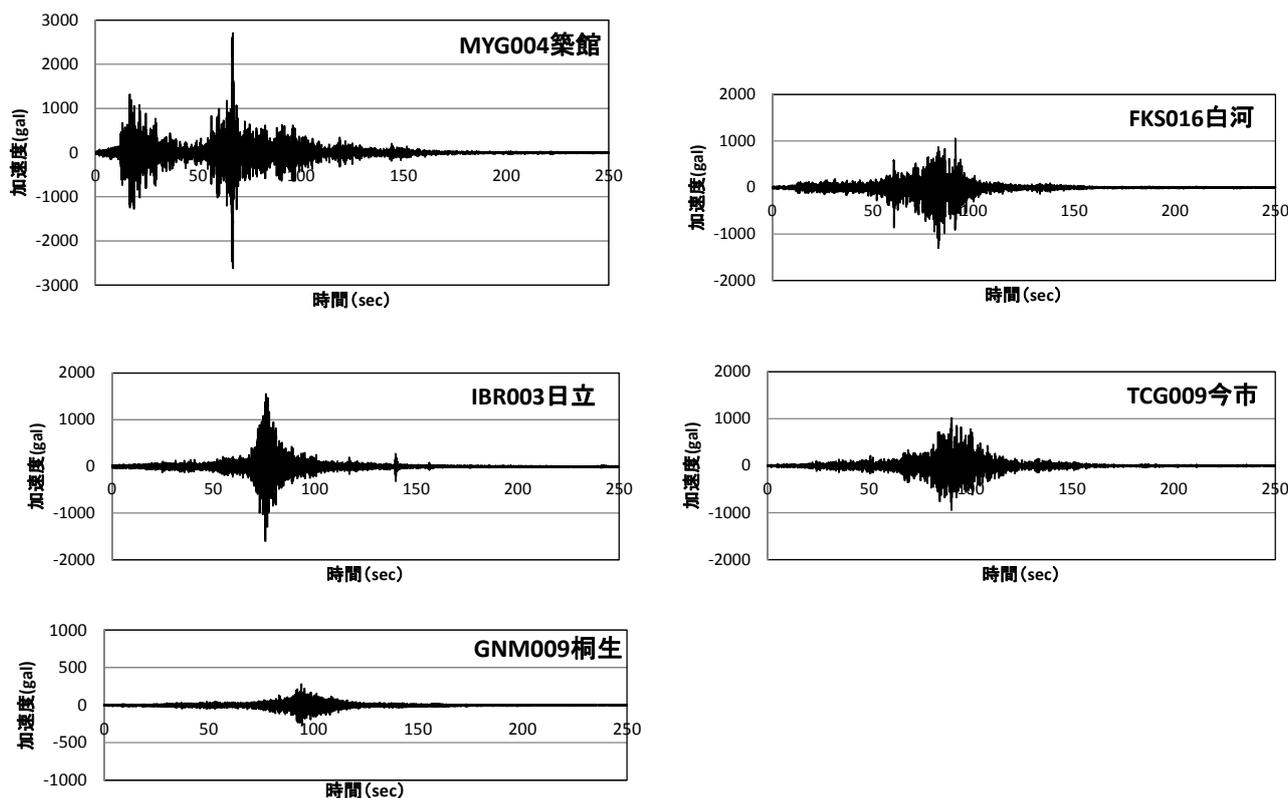


図 2.2 加速度 (NS 成分) の時刻歴の他県との比較 (K-NET のデータをもとに作成)

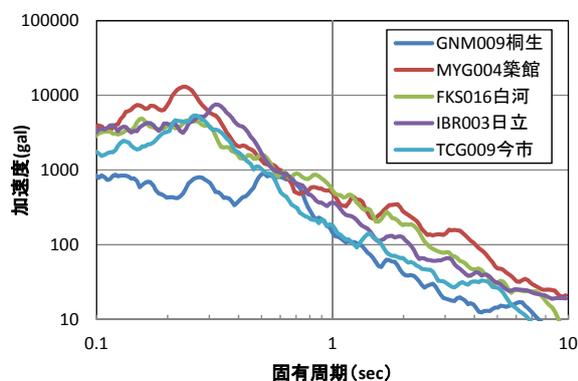


図 2.3 加速度応答スペクトル (NS 成分) の他県との比較 (K-NET のデータをもとに作成, 減衰率 5%)  
次に、防災科学技術研究所 強震ネットワーク K-NET によって測定された加速度の NS 成分に関して、

得られた応答スペクトルを図 2.4 に示す。群馬内の観測点を表 2.1 に示す。桐生が位置する東毛地区（桐生，館林，太田），隣接する中毛地区（渋川，前橋，伊勢崎），西毛地区において東側に位置する高崎での値が大きくなっていることが分かる。構造物の被害に最も影響を与えるとされる固有周期 1~2 秒程度の範囲に関しては，前橋，館林，太田，伊勢崎，高崎において，桐生と同程度または桐生よりも大きな値となった。

表 2.1 防災科学技術研究所 強震ネットワーク K-NET による群馬県内の観測点

観測点コード	観測点名	観測点名 (ローマ字)	北緯	東経	標高(m)	地区名
GNM001	片品	KATASHINA	36.7722	139.2248	809.5	北毛
GNM002	水上	MINAKAMI	36.7819	138.9695	493.8	北毛
GNM003	沼田	NUMATA	36.6578	139.0784	462.2	北毛
GNM004	草津	KUSATSU	36.6172	138.5918	1221.6	北毛
GNM005	嬭恋	TSUMAGOI	36.5133	138.5177	899.8	北毛
GNM006	吾妻	AGATSUMA	36.5103	138.7523	548.7	北毛
GNM007	渋川	SHIBUKAWA	36.4619	139.0101	186.3	中毛
GNM008	前橋	MAEBASHI	36.3478	139.1368	76.6	中毛
GNM009	桐生	KIRYUH	36.4106	139.3251	114.2	東毛
GNM010	館林	TATEBAYASHI	36.2343	139.5331	21.9	東毛
GNM011	太田	OHTA	36.2914	139.3609	41.8	東毛
GNM012	伊勢崎	ISESAKI	36.3147	139.1924	58	中毛
GNM013	高崎	TAKASAKI	36.3181	139.0176	93.2	西毛
GNM014	坂本	SAKAMOTO	36.3500	138.7179	465.3	西毛
GNM015	下仁田	SHIMONITA	36.2287	138.7579	296	西毛
GNM016	万場	MAMBA	36.1162	138.9251	344	西毛

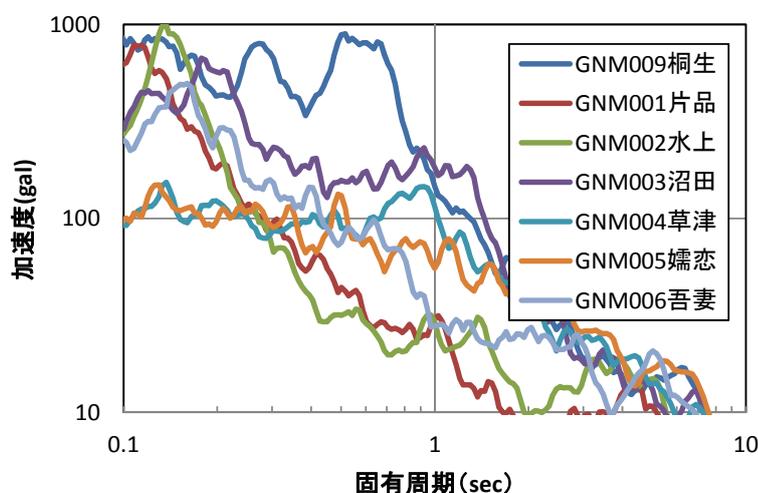


図 2.4a 加速度応答スペクトル (NS 成分)，北毛地区との比較 (K-NET のデータより作成，減衰率 5%)

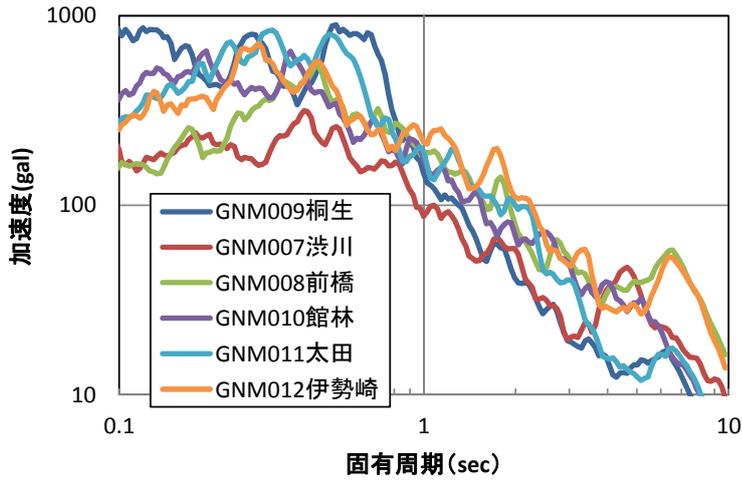


図 2.4b 加速度応答スペクトル (NS 成分), 中毛地区および東毛地区との比較 (K-NET のデータより作成, 減衰率 5%)

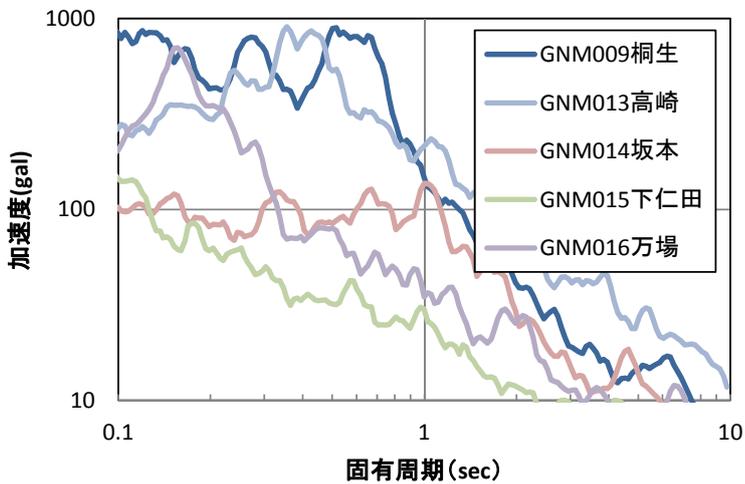


図 2.4c 加速度応答スペクトル (NS 成分), 西毛地区との比較 (K-NET のデータより作成, 減衰率 5%)

### 3. 群馬県内の被害の概要

群馬県が収集した県内の人的被害（死者および負傷者）と建物被害（半壊、一部損壊）、市町村のHP上に掲載された被害状況とともに、基礎データとして人口および世帯数を表3.1にまとめた。人的被害の負傷者には、3月12日および19日の地震による被害者3名（太田市、草津町、中之条町）が含まれる。また、太田市の6名および邑楽町の2名以外の負傷者は救急搬送された負傷者である。建物被害のうち、全壊は0棟であったため表には掲載していない。人口および世帯数は、群馬県統計情報提供システムにおいて集計された住民基本台帳（2010年3月31日現在）の情報である。また、建物被害程度の把握の参考のため、住家被害棟数を世帯数で除した値を掲載した。

建物被害は、一部損壊が1万5千棟を超え、県内の広い範囲で報告された。特に、桐生市、伊勢崎市、太田市の群馬県東南部（東毛および中毛）での被害が多く報告された。桐生市では県内最大震度である震度6弱が観測されており、桐生市ならびに周辺の市では、2.でも示したように、揺れが大きかったために建物被害も多くなったといえる。

表 3.1 群馬県内の被害の概要

市町村名 (群馬県内)	基礎データ(2010年3月)		県集計データ(4月21日時点)				住家 被害棟数 /世帯数	市町村HP掲載データ									
	人口 (人)	世帯数 (世帯)	死者 (人)	負傷者 (人)	住家 半壊 (棟)	住家 一部損壊 (棟)		崖 崩れ	水 道	電 気	道 路	公 共 建 物	橋 梁	墓石、 石塔、 灯籠等	落 石	掲載 日	
前橋市	340,383	135,520		1		2,049	0.015					6		180		3/13	
高崎市	370,301	149,269		6		1,317	0.009				77		144			3/14	
桐生市	123,810	49,293		1		1,651	0.033									3/12	
伊勢崎市	199,820	74,582		4		2,229	0.030				3					3/15	
太田市	212,036	80,843		11		2,473	0.031				25					3/15	
沼田市	52,837	19,826		1		56	0.003	2			18			5		3/24	
館林市	78,270	30,460	1	1													
渋川市	85,198	31,240		2	1	740	0.024	11	11	4	14	40	4	3		3/24	
藤岡市	69,390	25,608		4		58	0.002							3		3/11	
富岡市	52,677	18,888				17	0.001										
安中市	63,178	23,743		2		112	0.005										
みどり市	52,438	18,804				181	0.010	1	3		4				4	3/13	
北群馬郡	榛東村	14,610	5,098				12	0.002									
	吉岡町	19,284	6,478		1		4	0.001									
多野郡	上野村	1,360	598														
	神流町	2,556	1,135														
甘楽郡	下仁田町	9,484	3,552														
	南牧村	2,631	1,216														
	甘楽町	14,155	4,555			2	0.000										
吾妻郡	中之条町	18,510	6,797		1	2	0.000										
	長野原町	6,340	2,461														
	嬭恋村	10,477	3,575														
	草津町	7,084	3,348		1												
	高山村	4,075	1,293			5	0.004										
	東吾妻町	16,431	5,703			15	0.003										
利根郡	片品村	5,286	1,714			4	0.002										
	川場村	3,649	1,079			5	0.005										
	昭和村	7,723	2,293			93	0.041										
	みなかみ町	22,419	8,222														
佐波郡	玉村町	37,092	13,468			36	0.003										
邑楽郡	板倉町	15,939	5,070		1				1		4		4			3/13	
	明和町	11,405	3,708														
	千代田町	11,549	3,833										8			3/13	
	大泉町	34,925	14,219								10					3/13	
	邑楽町	27,464	9,293		2											3/13	
不明						4,349											
市町村の合計	2,022,780	719,676	1	39	1	15,410	0.021	14	15	4	18	183	4	342	9		

#### 4. 調査結果（コンクリート構造物）

##### 4.1 五料橋（道路橋）

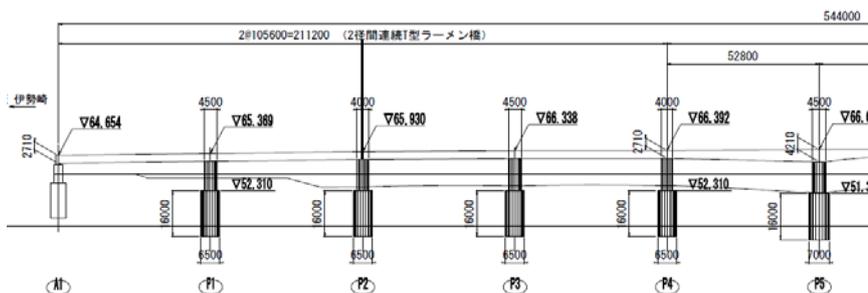
調査日時：2011年4月20日（水）14時20分～15時50分

調査メンバー：半井，土倉，久保，久保田

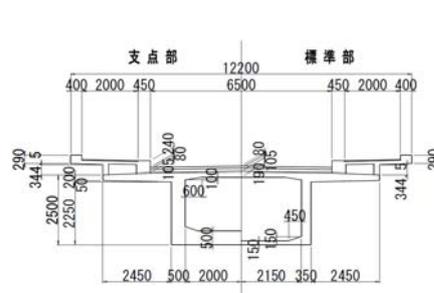
調査協力：群馬県中部県民局伊勢崎土木事務所

構造物名：五料橋

構造形式：高架橋（A1~P2・P2~P4：2径間連続T型ラーメン橋，P4~A2：5径間連続ラーメン橋）



側面図



主桁断面図（A1~P4）

場所：群馬県伊勢崎市（国道354号，柴町～佐波郡玉村町大字五料，利根川上）



位置図（電子国土 <http://portal.cyberjapan.jp> より）

管理者：群馬県（中部県民局伊勢崎土木事務所）

竣工年：1971年（昭和46年）3月架設（全橋架替）

主な補修補強歴：1982，1989，1991，1993年3月 伸縮装置の補修，1991年7月 支承補修  
1991年11月 支承補修 1997～1998年 橋脚の耐震補強（RC巻立）  
1999年12月 有ヒンジ部の連続化（アウトケーブル），落橋防止装置

1999年2月～2000年1月 床版の補強（上面増厚）、歩道床版設置

2008年3月 定期点検

2010年2月 支承交換（5径間連続部 A2、P4）

主な損傷部材：ローラー支承（P4橋脚上（A1側））

損傷状況：

地震により、P4橋脚上のP3側の桁を支えるローラー支承が損傷し、ローラーの落下や橋脚頭部コンクリートの損傷を生じた（写真3～5）。なお、ローラー支承のサイドストッパーである鋼材（外側および中央）が桁と橋脚の間に挟まることで、桁下には約170mmの空間が残った。この支承の損傷によって、P4橋脚上の路面ジョイント部では、鉛直方向に約40mmの段差と水平方向に約30mmのずれを生じ、高欄および歩車道境界防護柵が変形した（写真6～9）。また、ローラー支承が損傷したT型ラーメンの桁を剛結しているP3橋脚と周りの地盤の間には、橋脚の変位に伴って生じた隙間（最大幅65mm、深さ260mm）がP4側から上流側にかけて確認された（写真10）。これら以外には、A2橋台の排水管が脱落したほかは、損傷は確認されていない。P4橋脚上P5側の支承は、ゴム支承に交換されており、損傷しなかった。

A1～P2とP2～P4の同じT型ラーメン構造での損傷の有無の違いには、損傷したP3ラーメン橋脚部の方がP1ラーメン橋脚部よりも橋脚高が高いという構造上の違いと根入れ深さが小さいという周辺環境の違いが影響している可能性などが考えられた。

復旧状況（4月20日の調査時点まで）：

五料橋は片側1車線の国道であるが、工業団地の運搬車両が多く通行するほか高校生の自転車通学路ともなっており、日交通量は約2万台（平成22年10月調査）と多い。上流側に新橋が建設中であるものの、現時点では、利根川を迂回して渡るための橋は上下流に約5km離れた位置にあり、被災による影響が大きい橋である。

3月11日の地震発生後、伊勢崎土木事務所では、管理する河川および国県道の調査を行い、変状が確認された五料橋について警察と協力しながら全面通行止めとした。翌3月12日に緊急調査を実施し、損傷状況を確認した。3月14日には、桁の鉛直変位がさら増えることを防ぐために桁と橋脚の間に鋼材を挿入（写真11）するとともに、車道および歩道の段差部の応急措置を実施し、緊急車両に加えて歩行者および自転車の通行を可能とした。3月24日には、ケーソンから組み上げた鋼製ベント上に設置したジャッキ（400tonジャッキ×2台）によって桁を持ち上げ（写真12）、段差を解消した。路面標識などの交通安全施設を施工して仮復旧工事を完成させ、4月1日正午より最徐行による一般車両の通行を再開した。その後、支承をゴム支承に交換（写真13）するとともに、4月18日～20日に伸縮装置の交換工事（写真14）を行い、4月20日6時より最徐行通行規制を解除した。調査時点では、橋脚頭部のコンクリートの損傷箇所について断面修復後、幅1000mmのアラミド繊維を巻き、補強を行っていた。なお、以上の復旧過程の概要は、県のHP上で写真や図とともに公開された（計9回）。また、今回の復旧工事においては、ゴム支承の製造工場の多くが被災するなどし、新しいゴム支承の調達が課題であったが、岐阜県内の工場の協力によって当初見込みの3か月から24日に納期が短縮され、早期の本復旧が可能となった。



五料橋：写真1

全景

A1側から撮影。写真一番手前の橋脚がP1



五料橋：写真2

A1橋台上のローラー支承

P4橋脚で損傷した支承と同じもので、損傷なし。  
(今後、ゴム支承への取り替えを予定)



五料橋：写真3

P4橋脚P3側支承（上流側）

支承が損傷し、ローラーが落下。（群馬県提供）



五料橋：写真4

P4橋脚P3側支承（下流側）

支承が損傷し、ローラーが落下。（群馬県提供）



五料橋：写真5

P4橋脚（P3・上流側）

橋脚頭部のコンクリートの損傷。（群馬県提供）



五料橋：写真6

P4橋脚上のジョイント部

約40mmの段差と約30mmのずれ（群馬県提供）



五料橋：写真7

P4 橋脚上の桁下縁

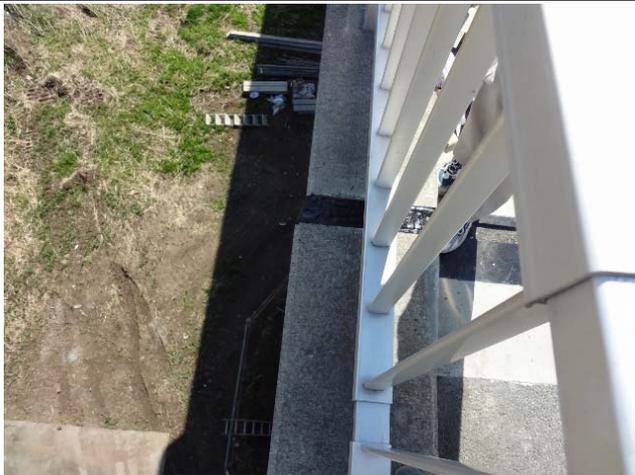
約 40mm の段差と約 30mm のずれ。右側がローラー  
 支承が損傷した P3 側（群馬県提供）



五料橋：写真8

P4 橋脚上のジョイント部（復旧後）

歩車道境界防護柵の継手部に擦れた跡が残っている。  
 伸縮装置は復旧済み。



五料橋：写真9

P4 橋脚上のジョイント部（復旧後）

桁が水平方向にずれていることが確認できる。手前  
 が P3 側で、ずれは約 30mm。



五料橋：写真10

P3 橋脚

地盤との間に隙間（最大幅 65mm、深さ 260mm）が  
 発生。写真は、P4 側からの撮影。（群馬県提供）

次ページへ続く



五料橋：写真 11

P4 橋脚（応急措置）

桁のさらなる沈下を防ぐための鋼材の挿入。（群馬県提供）



五料橋：写真 12

P4 橋脚（仮復旧）

鋼製ベント上でのジャッキアップ。（群馬県提供）



五料橋：写真 13

P4 橋脚ゴム支承（本復旧）

交換後のゴム支承（写真中央は P5 側の既設のゴム支承）。コンクリートはアラミド繊維シートで補強。



五料橋：写真 14

P4 橋脚（本復旧）

伸縮装置の交換工事。（群馬県提供）

## 4.2 桐生第一高架橋（鉄道橋）

調査日時：2011年4月27日（水）14時～15時30分

調査メンバー：半井，米山，島峰

調査協力：JR東日本 本社設備部，構造技術センター，高崎支社設備土木課，高崎土木技術センター

構造物名：桐生第一高架橋

構造形式：ラーメン高架橋（R1～R4：3径間，R5～R6：5径間）

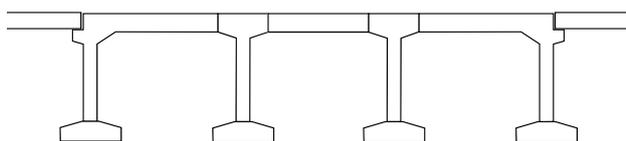


図1 標準側面図（3径間の場合）

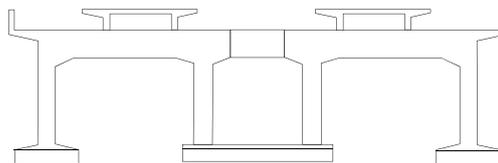


図2 標準断面図

場所：群馬県桐生市（JR両毛線桐生駅（わたらせ渓谷鐵道が乗り入れ））

※3月11日の地震によって群馬県内最大の震度6弱が観測された桐生市元宿町から500mほどの距離に位置する。



図3 位置図（電子国土 <http://portal.cyberjapan.jp> より）

管理者：JR東日本

竣工年：1983年（昭和58年） ※両毛線で最も早い高架化

主な損傷部材：端部柱

損傷状況および復旧状況：

地震により，ラーメン高架橋の柱の一部にせん断ひび割れが発生し，かぶりコンクリートの浮きが生じた（写真7，8）．損傷はR4に集中しており，その中でも特に端部柱の損傷が目立った．ただし，いずれも構造物の耐荷性能に影響を与える程度のものではないと判断された．ラーメン高架橋の端部柱にお

けるせん断ひび割れは、東北新幹線のラーメン高架橋でも生じており、同様の被害と言える。端部柱に被害が集中する原因としては、ラーメン高架橋間の調整桁の桁受け部があるためにせん断スパンが小さいことや上載荷重が大きいことなどが考えられる（図1、4、写真1、3、7、11参照）。

損傷が特にR4で顕著であった理由としては、高架下のスペースが駐輪場として使用されており、地表部が厚さ20cm程度の土間コンクリートで舗装されていたために、柱の下部が拘束されてせん断スパンが短くなったことが考えられた（写真5）。一方、R5~R6の駅舎部分においても地表面の舗装があるが、柱との間にスペースを設けて柱の変形を拘束しないようにしていたほか、駅舎の壁や階段などの構造物が抵抗体として機能したために損傷が限定的となったと考えられる（写真10）。

発生したせん断ひび割れの角度は、線路横断方向でやや異なる傾向を示し、内側のC1列およびC2列の柱では40°程度であったのに対して、外側のL列やR列の柱では30°~35°程度とやや浅い角度の斜めひび割れが観察された。これは柱の下端の支持条件が異なるためと考えられた。すなわち、内側のC1列とC2列の柱は地中梁で接続されているが、外側のL列やR列の柱は個別の基礎となっており、相対的に変位しやすいという違いがあった（図2）。

このほか、柱の変位により、周辺のアスファルト舗装や土間コンクリートに損傷が確認された（写真2）。

復旧作業は、4月27日の調査時点においてほぼ完了していた。軽微な損傷にはひび割れ注入による補修（写真4、9）を行い、やや損傷が大きなものには断面修復を行った上で、アラミド繊維シートの巻立て補強（写真4、10）が行われた。復旧作業状況の概要を以下の図に示す。

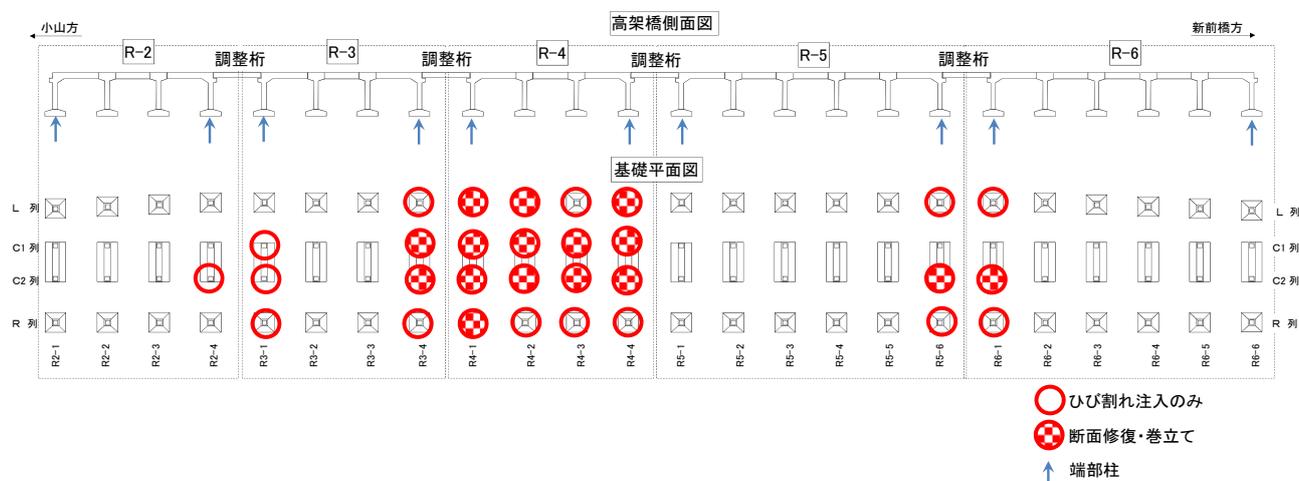


図4 高架橋側面図および基礎平面図



桐生駅：写真 1

R2, L 列側

端部柱 1 本のみに軽微なひび割れ



桐生駅：写真 2

R2-3, C2 (R 側より撮影)

柱の変位によって周囲のアスファルト舗装が損傷し、陥没。損傷の箇所（方向）や程度は柱の場所により異なった。



桐生駅：写真 3

R3, L 列側 (R4 側より撮影)

端部柱に損傷を生じた。



桐生駅：写真 4

R3-4 (R 列側より撮影)

手前の R3-4-R はひび割れ注入により、奥の R3-4-C2 は断面修復とシート巻立てにより復旧済み



桐生駅：写真5

R4, L列側 (R3側より撮影)

高架下は駐輪場として利用されている。



桐生駅：写真6

R4 (駐輪場2階部分)

桐生駅高架の中では被害が顕著で、断面修復と繊維シート巻立てが行われた。



桐生駅：写真7

R4-3-C1 (駐車場2階部分)：復旧前

かぶり部分のコンクリートの浮きや斜めひび割れが発生した (3月12日撮影, 桐生タイムス提供)



桐生駅：写真8

R4-4-L (駐車場2階部分)：復旧前

柱の角部に斜めひび割れが発生した (3月12日撮影, 桐生タイムス提供)



桐生駅：写真 9

R4-3-R

ひび割れ注入された微細な斜めひび割れが複数本確認できた（写真では白点線で強調）。



桐生駅：写真 10

R4-2-L

断面修復とアラミド繊維シートの巻立てにより補強された柱。損傷した舗装面も、柱の変形を拘束しない形で補修された。



桐生駅：写真 11

R5-6-L～R6-1-L

端部柱である R5-6-L と R6-1-L には微細なひび割れが生じ、ひび割れ注入により補修された

以上