

道路橋の損傷状況

岩崎英治

長岡技術科学大学 環境・建設系

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日 17 時 56 分頃、新潟県中越地方を震源とした、兵庫県南部地震以来の震度 7 を記録する地震が発生した。また、本震以降も 2 時間の間に、震度 5 弱以上の余震が 11 回、震度 6 弱以上余震が 3 回発生している。表 1 に震度 5 弱以上の地震の発生状況を、図 1 に震源地の分布を示す。震源地は、旧山古志村から旧川口町周辺に集中している。

旧川口町内では、信濃川と魚沼川が合流しており、地形の関係から、関東へ通じる国道 17 号、長野県へ通じる 117 号、関越道、JR 上越線、JR 飯山線、上越新幹線が集中する交通の要衝になっており、そのような場所で、最大震度 7 の直下型の地震が発生したため、地震発生直後は、新潟県中越地方、下越地方と関東を結ぶ主要な交通路がすべて遮断された。

この地震は、規模の大きな余震が続いたことが特徴的であり、一連の余震により、本震により発生した斜面崩壊などの土砂災害をさらに拡大することとなった。また、この地震は、迂回路が十分に整備されていない中山間地の直下で発生したため、他の集落との交通路の遮断や家屋被害により、集落内全世帯の避難や、旧山古志村に至っては全村民が避難することとなった。

このような状況のため、被災状況の調査も制限されることとなり、すべての被災状況の把握には多くの時間を要しているようである。

本報告では、そのようななかで、震源域を網羅するような地域を中心に、道路橋の損傷状況の概要を報告する。なお、特に土砂災害の大きな旧山古志村やその周辺地域は、立入が制限されている

表 1 震度 5 弱以上の地震発生状況¹⁾

記号	発生日時		マグニチュード	深さ (km)	最大震度
E1	10/23	17:56	6.8	13	7
E2		17:59	5.3	16	5 強
E3		18:03	6.3	9	5 強
E4		18:07	5.7	15	5 強
E5		18:11	6.0	12	6 強
E6		18:34	6.5	14	6 強
E7		18:36	5.1	7	5 弱
E8		18:57	5.3	8	5 強
E9		19:36	5.3	11	5 弱
E10		19:45	5.7	12	6 弱
E11		19:48	4.4	14	5 弱
E12	10/24	14:21	5.0	11	5 強
E13	10/25	0:28	5.3	10	5 弱
E14		6:04	5.8	15	5 強
E15	10/27	10:40	6.1	12	6 弱
E16	11/04	8:57	5.2	18	5 強
E17	11/08	11:15	5.9	ごく浅い	5 強
E18	11/10	3:43	5.3	5	5 弱
E19	12/28	18:30	5.0	8	5 弱

ため、これらの地域内の道路橋の損傷状況は確認できなかった。

2 損傷の概要

本報告では、鋼橋を中心に、一部、コンクリート橋の損傷事例も報告する。調査を行い、損傷の認められた橋梁を図 1 に示す。図中の S は鋼橋を、C はコンクリート橋を表し、S1、C1 などの記号は表 2 に示しているとおりである。

今回の地震は、兵庫県南部地震以来の直下型の最大震度 7 の大きな揺れを伴う地震であったが、調査した範囲では、長時間にわたり交通を遮断するような大きな被害を受けた橋梁はなく、支承部周辺、伸縮継手、橋台背面や取り付け盛土の陥没等の損傷が大半であり、応急復旧により速やかに供用可能な状態に復旧している。このようななかで、特徴的な損傷事例について、その概要を以下に報告する。

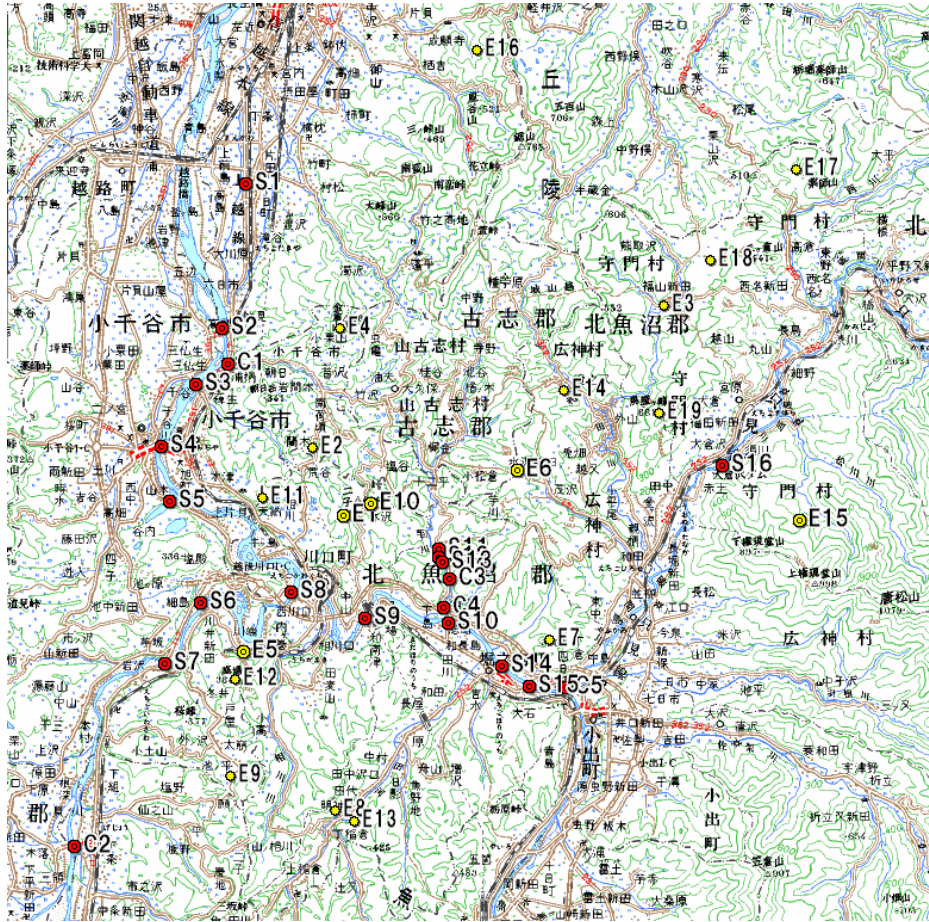


図 1 調査を行った橋梁(S, C)と震源(E)の分布(30km×30km)

3 損傷事例

3.1 竜光 1 号橋(S12)

竜光 1 号橋は、魚野川の支流である芋川を跨ぐ、旧堀之内町竜光地区内の県道 23 号の道路橋で、1972 年に建設された単純 I 桁橋である。この地域は本震の震源地(図 1 中の E1 地点)に近く、大きな揺れが発生していると思われる地域である。

写真 1, 2, 3 は左岸上流側の支承の破損状況を示している。写真 2 より、支承のサイドブロックが飛び、上沓ストッパーも破断し、桁が沓座から大きくずれていることがわかる。右岸側は地形の関係で、桁や支承の被災状況は確認できなかったが、左岸側はすべての支承がこの写真のように大きな損傷を受けている。写真 3 はガセットプレートの損傷状況を示している。水平と鉛直プレートが折れ曲がっている。桁が橋台に衝突し、コンクリートが欠けている状況を写真 1 に、また、伸縮

継手の損傷を写真 4 に示す。写真 5 は、右岸側の橋台背面と伸縮継手周辺を示している。写真 4 のように左岸側の桁が橋台に衝突し、伸縮継手が破損しているにもかかわらず、右岸側の伸縮継手に大きな隙間は見られないこと、また橋台背面の路面が陥没していることなどから、大きな揺れによる橋台のせり出しにより、伸縮継手、支承部に損傷を受けたものと思われる。

3.2 山辺橋(S5)

山辺橋は、小千谷市山本地区内の国道 117 号の道路橋で、JR 東日本小千谷発電所の導水管を跨ぐように、斜面に平行に架けられた橋梁である。1985 年完成のローゼ橋であり、前後に単純 I 桁橋が接続している。

写真 6 は、北側 I 桁橋の橋脚部を撮影したものである。このように、この橋梁は、急峻な斜面に

表 2 橋梁の損傷状況

記号	橋 梁	橋梁形式	確認できた損傷
S1	十日町高架橋	I 桁橋	下横構の変形
S2	越の大橋	I 桁橋+箱桁橋	桁端垂直補剛材の変形、損傷、支承の破損、斜材の変形
S3	小千谷大橋	箱桁橋	支承の破損
S4	旭橋側道橋	I 桁橋	ウェブ連結部ボルトの破断
S5	山辺橋	I 桁橋+ローゼ橋	支承の損傷、コンクリート製橋脚のひび割れ、桁の移動、橋台背面の陥没
S6	川井大橋	箱桁橋	ウェブの変形
S7	魚沼橋	I 桁橋+ランガー橋	支承の破損、橋台背面の陥没
S8	西倉橋	I 桁橋	桁端支承のずれ
S9	和南津橋	I 桁橋	桁端ウェブの破損、支承の破損、橋台背面の陥没
S10	宇賀地橋	I 桁橋	支承のずれ、橋台のひび割れ
S11	小芋川橋	I 桁橋	支承の破損(上沓ストッパーの破断)、橋台背面の陥没
S12	竜光 1 号橋	I 桁橋	支承の破損、伸縮継手のずれ、端対傾構の破損、橋台背面の陥没
S13	竜光 2 号橋	I 桁橋	橋台背面の陥没
S14	根小屋橋	I 桁橋	支承のずれ
S15	堀之内橋	箱桁橋	支承のずれ
S16	大倉沢大橋	ローゼ橋	橋台背面の陥没
C1	旧浦柄橋	I 桁橋	橋脚のせん断破壊
C2	栄橋	I 桁橋	支承の破損
C3	竜光橋	I 桁橋	橋梁のずれ
C4	宮前橋	I 桁橋	桁と橋台の衝突
C5	旧四日町橋	I 桁橋	支承の損傷

建設されている。右側橋脚は、斜面土砂の移動により、基礎部が露出していることが確認できる。間近でこれらの橋脚を調べると、複数の橋脚の谷側表面に曲げひび割れが生じていた。写真 7 は、北側の橋台背面の路面陥没状況を示している。写真 8 は、南側のローゼ橋と I 桁橋の継手部を示している。手前側のジョイント部には隙間が開き、反対側のジョイント部の隙間は狭まっていることが分かる。また、写真 9 は、前述のローゼ橋と I 桁橋を橋軸方向に撮影したものであり、センターラインがジョイント部を境にして折れ曲がっていることがわかる。写真 10 は、南側 I 桁橋の桁端部を示しているが、桁と橋台の衝突、支承サイドブロックと上沓の橋軸方向のずれは見られるが、橋軸直角方向のずれやサイドブロックの破損は見られないことから、センターラインがジョイント部で折れ曲がって見えるのは、橋台の移動によるものと思われる。

これらのほかに、支承部の上沓ストッパーの破断や変形なども確認できるが、支承部の損傷はす

べて、桁の橋軸方向移動に伴うもので、橋軸直角方向への移動により損傷を受けると考えられる。支承サイドブロックの変形やサイドブロックを固定するボルトの破断などは確認できなかったことから、地震動による直接的な損傷よりも、斜面の土砂移動にともない、橋脚や橋台が移動したために、桁のずれなどの損傷を受けたものと思われる。

3.3 越の大橋(妙見堰橋)(S2)

越の大橋は、長岡市妙見地域内の信濃川を跨ぐ国道 17 号の橋梁であり、1989 年に建設されている。この橋梁は、信濃川河川部分では、写真 11 のように上流側の堰と橋脚が一体になり、左岸側の河川敷部分では橋梁単体の構造になっており、それぞれ、I 桁橋と箱桁橋で構成されている。堰は、ゲートを上げ下げするための機械室が上部に載った構造になっている。

写真 12 に、左岸側終端の堰の損傷状況を示す。このように、堰の上部に機械室があり、上部の機

械室が振り子のように揺れたため、断面の細い部分に損傷が生じたものと思われる。写真 13、14 は、写真 12 の右側の I 桁端部の垂直補剛材の損傷状況を示している。この端部では、写真 13 のようにガセットプレートの取り付けられた垂直補剛材のボルト取り付け断面に亀裂が生じ、ガセットプレートのない垂直補剛材は、写真 14 のように座屈変形が生じている。写真 15 は、同じ橋脚上に併設されている箱桁ダイヤフラム垂直補剛材の変形を示している。この橋脚上では、この他に、支承のサイドブロックを固定するボルトの破断が生じている。I 桁橋部においては、前述のように、橋脚と堰が一体構造になっており、堰の上部には機械室が載っているために、橋脚単体の場合に比べて、地震時に複雑な揺れ、あるいは、揺れが増幅されてこのような損傷が生じたと推察される。

3.4 和南津橋(S9)

和南津橋は、旧川口町和南津地域内の魚野川を跨ぐ国道 17 号の道路橋で、1954 年に建設された I 桁ゲルバー橋である。付近には、橋脚に曲げひび割れが生じた上越新幹線魚野川橋梁、せん断破壊の生じた上越新幹線和南津高架橋があり、揺れの非常に大きな地域と思われる。写真 16 は、右岸側橋台背面の歩道部路面の陥没状況を示している。写真左側の車道部はすでに応急復旧を終えているため、詳細な状況は不明であるが、歩道部と同様の状況にあったものと思われる。写真 17 は、左岸側床版張り出し部の桁と橋台の衝突による損傷状況を示している。この桁端の路面では、伸縮装置が破損し、橋梁側のフィンガージョイントが飛び上がるように破損しているが、橋台背面の路面の陥没は、僅かであることから、桁側が相対的に移動して、このような損傷を生じたものと思われる。

写真 18、19 は、写真 17 と同様の左岸側桁端部の桁の損傷状況を示している。写真 18 より、支承取り付け部の下フランジから下フランジとウ

ェブの接合部を通り、垂直補剛材とウェブの接合部に沿って断面が破断していることが分かる。また、破断部分周辺は、腐食が進行し、下フランジの板厚が減少していることが確認できる。隣の桁端下部の状況を写真 19 に示す。ウェブ下部と下フランジが腐食しており、下フランジ上部のウェブには、腐食によるものと思われる断面欠損が見られる。この桁には、地震によると思われる大きな損傷は見られないが、腐食による板厚の減少が抑えられていれば、写真 18 のような損傷は、防げた可能性もあり、耐震性を考える上で、腐食に関する維持管理の重要性を示している事例と考えられる。

3.5 旧浦柄橋(C1)

旧浦柄橋は、小千谷市浦柄地区内の朝日川を跨ぐ旧国道 17 号のコンクリート I 桁形式の道路橋であったが、平行して新浦柄橋が建設された後は、使用されていない橋梁である。この橋梁に平行して JR 上越線の上下 2 橋と旧山古志村へ通じる国道 291 号の浦柄橋が近接して建設されている。

写真 20 に右岸側橋脚の斜めひび割れによる損傷状況を示す。この橋梁は 3 主桁からなり、それぞれの桁が独立した橋脚に取り付けられている。右岸側の橋脚のうち下流側の 2 本にこのような斜めひび割れが発生している。

前述のように、ここには近接して 5 個の橋梁が建設されているが、すでに使われていない旧浦柄橋だけがこのような損傷を受けている。他の橋梁は鋼桁であり、そのうちの 2 橋は鉄道橋であるので、単純な比較は出来ないが、古い設計基準で作られ、その後の補修・補強が行われなかった旧浦柄橋に大きな損傷を受けているにもかかわらず、供用中の橋梁には、大きな損傷は見られないことから、その後の設計基準および補修・補強の効果を示している事例と思われる。

3.6 旧四日町橋(C5)

旧四日町橋は、旧小出町四日町地区内の破間川

を跨ぐ道路橋であり、平行して四日町橋が 1985 年に建設された後は、使用されていない橋梁である。この橋梁は、**写真 21** のように金属支承が使われている。平行して建設された四日町橋には、**写真 22** のようなゴム支承が使われ、目立った損傷は認められなかったのに対して、この旧橋は、左岸側桁端のすべての支承が、**写真 21** のように下沓ストッパーに損傷を受けており、中間支点上の支承も、確認できた範囲ではすべて破断していた。これらのことから、ゴム支承は金属支承にくらべて耐震性に優れているように思われるが、新旧の橋梁は設計基準が異なることや、旧橋の支承は経年変化による影響も受けていると考えられることから、単純な比較は行えないことに留意する必要がある。

3.7 その他の橋梁

写真 23 は、1994 年に建設された、信濃川を跨ぎ小千谷市内の塩殿地区と川井地区を結ぶ川井大橋(S6)の左岸側桁端部の損傷状況を示している。この橋梁は箱桁橋であり、ウェブに写真のような落橋防止工が取り付けられている。写真では確認しがたいが、落橋防止工が面外方向に曲がり、ウェブも変形している。

写真 24, 25 は、先ほどの川井大橋の 2km 上流の国道 117 号に 1965 年に建設された、魚沼橋(S7)の損傷状況を示している。**写真 24** は左岸側の取り付け盛土流出を示している。**写真 25** は側道橋の沓座コンクリートの損傷状況を示している。道路橋本体の支承部にも多少の損傷が見られるが、側道橋の方が損傷は大きく、伸縮継手部のジョイントの跳ね上がりも確認できる。また、道路橋と側道橋は同じ橋台上に載り、上部工は分離された構造になっているものの、**写真 25** のように非常に接近して建設されているため、**写真 26** のように側道橋の床版と道路橋のアーチハンガーが接触した形跡が見られる。

写真 27 は、長岡市十日町地区内の JR 上越線を跨ぐ国道 17 号の十日町高架橋(S1)の損傷状況を

示している。写真のような下横構の座屈変形が数箇所に見られた。

写真 28 は、小千谷市三仏生地区の信濃川を跨ぐ国道 17 号の小千谷大橋(S3)の左岸側支承部の損傷状況を示している。写真のように、ローラーが外れ、上沓を固定するサイドブロックの破損と、サイドブロックを止めるボルトの破断が確認できる。この橋梁は、右岸側コンクリート橋脚の断面変化部にコンクリートの剥落が生じていた。

写真 29, 30 は、小千谷市元町地区内の信濃川を跨ぐ国道 291 号の旭橋側道橋の損傷状況を示している。**写真 29** のように桁連結板のボルトが欠落し、上部の高欄継手部は、**写真 30** のように重なっていた部分が完全に外れた後、他方に食い込むように重なっている。この写真から、地震により少なくとも 6cm 橋軸方向のずれが生じていたことがわかる。

写真 31, 32 は、旧堀之内町下島地区と竜光地区を結ぶ魚野川を跨ぐ県道 333 号の宇賀地橋の損傷状況を示している。これらの写真は左岸側桁端部を示している。橋軸方向の移動により、上沓ストッパーが変形し、橋台にひび割れが生じている。サイドブロックには変形は見られないことから、この橋梁は、橋軸方向の揺れが大きかったものと思われる。

4 あとがき

今回の地震では、走行中の新幹線が脱線、トンネルの被災や高架橋のせん断破壊を生じた。また、斜面崩壊による大規模な河道閉塞、全村民の避難など、これまでにない甚大な被害が発生した。しかし、道路橋は、幸いにも修復不能になるような甚大が被害は確認されず、迅速な応急復旧により、長時間の通行制限を伴うような被害は皆無であった。そのような中で、特徴的な損傷状況を紹介した。

本報告は、土木学会調査団の一員として、また、土木学会関東支部調査団、土木学会鋼構造委員会調査団に随行する形で調査したものを纏めたも

のである。本調査を実施するに当たり、復旧作業を行われていた諸機関の方々には、便宜を図って頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁: 平成 16 年新潟県中越地震に関する各種資料等 http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2004_10_23_niigata/index.html (2004)
- 2) 日本道路協会: 道路震災対策便覧(震災復旧編) (2002.4)



写真 3 端対傾構, 下横構の破損 (S12)



写真 1 支承の破壊 (S12)



写真 4 橋台と上部工の衝突による伸縮継手の跳ね上がり (S12)



写真 2 支承の破壊 (S12)



写真 5 橋台背面の陥没 (S12)



写真 6 斜面の陥没 (S5)



写真 9 橋梁のずれ (S5)



写真 7 橋台背面の陥没 (S5)



写真 10 桁と橋台の衝突 (S5)



写真 8 伸縮継手の空き (S5)



写真 11 橋台と堰の一体構造 (S2)



写真 12 堰の損傷状況 (S2)



写真 15 箱桁ダイヤフラム垂直補剛材の変形 (S2)



写真 13 I 桁垂直補剛材の破断 (S2)



写真 16 橋台背面の陥没 (S9)



写真 14 I 桁垂直補剛材の座屈変形 (S2)



写真 17 桁衝突による橋台の破損 (S9)



写真 18 桁端下部の破損 (S9)



写真 21 下沓ストッパーの破断 (C5)



写真 19 腐食によるウェブ断面欠損 (S9)



写真 22 新四日町橋の支承部



写真 20 橋脚の斜めひび割れ (C1)



写真 23 落橋防止工とフェブの変形 (S6)



写真 24 取り付け盛土の流出 (S7)



写真 27 下横構の変形 (S1)



写真 25 沓座コンクリートの亀裂 (S7)



写真 28 支承部の破損 (S3)



写真 26 側道橋床版とハンガーの衝突 (S7)



写真 29 桁連結版ボルトの破断 (S4)



写真 30 高欄継手部のずれ (S4)



写真 31 上沓ストッパーの変形 (S10)



写真 32 橋台のひび割れ (S10)