

5. 道路・橋梁被害¹⁾

5.1 高速道路の被害^{2), 3), 5), 9)}

高速道路ではまず、震源に近い九州自動車道の益城熊本空港 IC 付近で被害が発生した。14 日の前震により、益城熊本空港 IC—嘉島 JCT 間の益城バスストップ付近における盛土法面の崩落(図 5.1.1)、路面陥没や橋梁ジョイント部での段差などが確認され通行止めとなった。



図 5.1.1 盛土法面崩壊¹⁾

この前震により、震源に近かった木山川橋では、大きな慣性力が作用して被害が発生した。従前に耐震補強を行っていた橋脚は何とか持ちこたえたものの、支承およびその取り付け部に被害が生じた。また、主桁は、南側へ約 400 mm 移動したことが報告されている。

続く 16 日の本震では、同様の区間が更に激しい揺れに見舞われ大きく被災した。特に被害の大きかった木山川橋は、旧耐震設計のため橋脚は RC 巻き立て、河川部は横変位拘束構造や落橋防止装置などの耐震



図 5.1.2 本震後の木山川橋の被害
(橋脚は RC 巻き立ての耐震補強済み)

補強対策が施されていた(図 5.1.2)。橋脚は耐震補強の効果により倒壊などの被害を免れたが、本震による大きな慣性力は前震で損傷していた支承にも作用したため鋼製支承および取り付け部の多くで、コンクリートのはく離やサイドブロックの破損、取り付け部の桁の変形やピン・ローラーの脱落、桁連結版のボルトの破損など甚大な被害が発生した。脱落寸前の外桁は



図 5.1.3 本震後の木山川橋の被害
(損傷した鋼製支承)



図 5.1.4 本震後の木山川橋の被害
(損傷した連結板)



図 5.1.5 本震後の木山川橋の被害
(桁が鋼製支承から脱落)



図 5.1.6 本震後の府領第一橋の被害
(橋軸直角方向に落橋)



図 5.1.7 本震後の府領第一橋の被害
(橋軸直角方向に落橋)



図5.1.8 本震後の東原橋の被害
(橋台部の損傷)



図5.1.9 本震後の東原橋の被害
(傾いたロッキングピア)

RC 巻き立ての効果で中桁の桁かかり長が長くなり、落橋を免れたケースもあった(図 5.1.3～図 5.1.5)。結果として、本震により木山川橋の主桁は北側へ約 800 mm 移動したことが報告されている。

また、本震では前震により通行止めとなっていた区間にかかる高速道路を跨ぐ跨道橋である府領第一橋の落橋も発生した。府領第一橋はロッキングピアを有する橋梁で、橋台部分は縁端拡幅と横変位拘束構造の耐震補強が施されていたが、16 日の本震の際に橋軸直角方向に大きな慣性力を受け、横変位拘束構造を破壊して落橋に至ったと考えられる(図 5.1.6～図 5.1.7)。同様の構造形式を有する熊本インターチェンジのランプ橋である東原橋にも被害が発生した。本震によりロッキング橋脚は傾き、橋台部分の支承は移動し、橋台部のコンクリートは損壊した、橋桁と道路の接合部にも段差と横ずれが生じた(図 5.1.8～図 5.1.10)。落橋した府領第一橋は既に撤去され、同様のロッキングピアを有する東原橋ではラーメン構造化を図るなどの耐震補強工事が完了している。



図5.1.10 本震後の東原橋の被害
(横ずれした道路との境界部)



図 5.1.11 本震後の秋津川橋の被害
(桁が橋台に衝突している)



図 5.1.12 秋津川橋隣接部の盛土法面の崩落

木山川橋から少し北に位置する秋津川橋でも被害が報告されている。秋津川橋は 14 日の前震によって橋台部分のコンクリートの欠損などの被害が報告されている。この秋津川橋に隣接する部分で盛土法面の崩落が発生し、この区間は通行止めとなった。16 日の本震ではさらに被害が拡大した。秋津川橋では桁が橋台部に衝突し、橋台部には鉛直方向のひび割れが生じている。加えて支承部や主桁にも損傷も確認されている(図 5.1.11～図 5.1.12)。

また、大分自動車道の湯布院 IC 付近も甚大な被害が発生した。湯布院インターチェンジから少し大分側に下ったところにかかる PC 橋の福万川橋では下り線の鋼製支承で被害が発生した。この付近では熊本地震の本震により誘発された別府一万年山断層が動いており、その影響で大きな加速度を記録している。上部工に発生した大きな橋軸直角方向の慣性力により鋼製支承の移動制限装置が破壊され、側方のコンクリー



図 5.1.13 本震後の福万川橋の被害
(右側の移動制限装置が損傷)



図 5.1.14 本震後の福万川橋
(上り線のゴム支承は健全)



図 5.1.15 本震後の福万川橋の被害
(コンクリートの側壁にひび割れ)

ト壁にもクラックが生じている。上り線はゴム支承が設置してあり支承部の被害は生じていない、地震時には上り線と下り線の固有周期の相違から主桁同士が橋軸直角方向に振動し、その結果衝突してコンクリー



図 5.1.16 本震後の福万川橋の被害
(桁衝突で落下したコンクリート片)



図 5.1.17 本震後の並柳橋（鉸桁橋）の被害
(損傷して桁が浮き上がった支承部)



図 5.1.18 本震後の並柳橋（鉸桁橋）の被害
(桁と支承が大きく変形)



図 5.1.19 本震後の並柳橋（トラス橋）の被害
(鋼製支承と桁接合部のクラック)



図 5.1.20 本震後の並柳橋（トラス橋）の被害
(橋台背面のクラック)

トの剥離が生じていた(図 5.1.13～図 5.1.16).

この辺りで最も被害の大きかった橋梁は鉸桁橋とトラス橋からなる並柳橋である。並柳橋は1980年の道路橋示方書に基づく耐震設計で特に耐震補強は施されていない。鉸桁橋ではピン・ローラー支承の損傷や支承の損傷に伴う桁の変形が確認されている。トラス橋では二次部材の変形や支承の損傷およびラーメン橋台部のコンクリートのひび割れなどの被害が発生している(図 5.1.17～図 5.1.20)。

被害の大きかったエリアは旧耐震設計により設計されていたが、兵庫県南部地震の被災経験を踏まえ橋脚に対しては断面を大きくするなどの耐震補強の工事が行なわれていた。そのため、阪神・淡路大震災のような橋脚の倒壊という最悪の事態は免がれた。ただし、高速道路の上を跨いで架けられていた跨道橋が落

橋した。今回は幸い、人命に関わる事故は起こっていないが、今後の維持管理体制をしっかりと確立していくことが重要と考えられる。



図5.2.1 斜面崩壊状況（左岸側から）



図5.2.3 阿蘇大橋の橋台損傷状況



図5.2.2 落下した阿蘇大橋の橋桁



図5.2.4 大切畑大橋熊本側橋台の損傷(その1)

5.2 一般道路の被害

今回の地震で落橋することとなった橋梁の1つは、前節にて述べた府領第一橋である。そして、もう1橋は、各種報告でも大きく取り上げられている阿蘇大橋である。

阿蘇大橋は、熊本県南阿蘇村の黒川を跨ぐ国道325号に位置する橋梁である。本橋は、単純合成プレートガーダー橋（18.020m）、トラス逆ランガー橋（132.266m）、3径間連続プレートガーダー橋（3@16.020m）が連成しており、全長は205.960mである。本橋は1971年に供用開始され、兵庫県南部地震以前の設計基準に基づいて架設されたものであるが、H21年に耐震補強設計が行われ、座屈拘束ブレースの設置、アーチアバットの補強、橋脚のRC巻き立てによる耐震補強が施された。

阿蘇大橋は、4月14日の前震後には残存していたが、4月16日の本震後に斜面崩壊とともに落橋した。一部の橋脚と橋台は残されているものの、上部構造を含む橋梁のほとんどが落橋したため、落橋に至るまでの形跡がほとんど残されていない。このため、本橋が強い地震動により崩壊したのか、あるいは斜面崩壊に伴う大量の土砂崩れにより崩壊したのか、これからの検討が待たれる。

左岸側（南阿蘇側）で撮影した被災状況写真を図5.2.1～図5.2.3に示す。右岸側（熊本側）に位置する阿蘇外輪山における大規模な斜面崩壊が発生し、図5.2.1に示すように右岸側の斜面で大量の土砂崩れが発生した。この斜面崩壊により、土砂は左岸側まで飛んできたとの住民の証言もあり、土砂が橋梁にも流れ込んでいたことが想像できる。また、図5.2.2には落橋した左岸側のアプローチ部の上部構造の様子を、図5.2.3には右岸側橋台パラペット部の損傷状況を示しており、パラペット部の基部においては軸方向鉄筋が露出、変形している状況である。

その他、多くの橋梁になにがしかの被害が生じているが、本報告では、顕著な被害の橋梁被害に限定して、報告することとする。その1つが県道28号俵山バイパスである。

県道28号内に位置する俵山バイパスには、6つの橋梁が存在する。熊本市側から、大切畑大橋、大切畑ダム橋、桑鶴大橋、扇の坂橋、すすきの原橋、俵山大橋である。山間部を通る路線であるため、曲線橋が多い。断層近傍に位置していたこともあり、全ての橋梁が損傷する結果となった。以下、この報告では、大切畑大橋、俵山大橋に限定して、被災状況をまとめる。

大切畑大橋は、橋長が265.4mの5径間連続非合成曲線鉸桁橋である。上部構造が曲線桁となっており、高森方面側のA2橋台で斜角が65度となっている。端部



図5.2.5 大切畑大橋熊本側橋台の損傷(その2)



図5.2.6 桁端部の段差被害

は荷重支持型のゴムジョイントが用いられている。これは、大規模地震時に桁が大きく変位しても、主桁部が橋台パラペットに直接接触（衝突）するのを防ぎ、上部構造の損傷防止を期待したためである。

図5.2.4、図5.2.5には、A1橋台部の桁および支承の損傷状況を示す。桁を支持する5基の積層ゴム支承が全てなにかしらの損傷を受けており、桁が橋軸直角方向（谷側）へと移動していた。これにより、桁上では谷側に70cm程度の相対変位が発生している。隣接する山の斜面が崩壊しているため、流れ出た土砂が本橋の損傷に影響を与えている可能性が考えられるものの、桁が橋台や橋脚に比べて谷側に側方変位していることから考えて、振動による損傷であると考えのが一般的である。今後の検討に期待したい。図5.2.5では、落橋防止ケーブルが橋軸直角方向にも変形した形跡が残っており、最終的には破断に至っている。落橋防止ケーブルは、本来、橋軸方向への寄与を想定して設置されているが、はたしてこのような状況に至ることをどこまで想定していたかは今後の検証が待た



図5.2.7 盛土部の被害



図5.2.8 俵山大橋熊本側橋台部付近

れる。

これら損傷メカニズムの解明が待たれるが、今回のこの複数回の地震動を受けて、落橋せずに留まったことは、被害を大きく軽減することにつながった。一方で、橋梁端部では、大きな段差が生じるなども発生しており（図5.2.6）、道路としても途中の盛土部分で大きな崩落（図5.2.7）があるなど、道路としての機能は著しく低下したと言わざるを得ない。

俵山大橋は、橋長140m、最大支間長61.5m、有効幅員8.5mの鋼3径間連続非合成鈹桁橋である。下部工は逆T式橋台と張出し式橋脚からなり、基礎は深礎杭で構成されている。線形はほぼ直橋であり、落橋防止構造として桁と橋台パラペットを連結するケーブルタイプの落橋防止構造を採用している。支承はゴム支承を採用しており、桁端部にのみサイドブロックが設置されている。

図5.2.8は、熊本側橋台付近を熊本側から撮影したものである。道路部は崩落しており、橋台のウイング等が露呈するほどとなっている。おそらく大きな圧縮力が作用したものと思われるが、具体については、今後の検討を待ちたい。

図5.2.9は、熊本側から望む主桁およびP1橋脚を撮



図5.2.9 熊本側から望む橋脚および主桁



図5.2.10 俵山大橋主桁の変状

影したものである。これを見ると、主桁に変状が確認できる。変状位置は、熊本側橋台より20mほど橋脚側に移動したところである。特に、主桁の変状を撮影したものが、図5.2.10である。付近の下横構の座屈を確認している。なお、現象が生じる順番までは、現段階では特定できないものの、A1およびA2橋台の双方に衝突する、あるいは、橋台側から橋桁への接近に伴い、橋桁には圧縮力が作用し、その結果、下横構が座屈したものと見られる。本稿で最も重要な破壊メカニズムとして、この点が上げられる。震度7クラスの地震動を受けて、橋桁の座屈現象から、今後の橋桁、特に、端部付近における耐震設計のあり方を検討すべきである。

俵山バイパス以外においても、橋梁被害は顕著である。建物被害でも特に甚大な被害のあった益城町中心街地区でもいくつかの橋梁が存在する。益城町には、木山川および秋津川が流れており、これらを跨ぐ橋梁である。そのいくつかにも損傷が見られた。以下、いくつかの橋梁について、その状況をまとめる。

木山橋は1981年に供用された長さ33.3mの2径間単純PCT桁橋である。益城町役場の前を南北に走る横町線が秋津川を渡る橋である。図5.2.11に木山橋全景を示す。外観上は大きな損傷は見られず、地元住人の監視の下、緊急的な車両については通行可能な状況であ



図5.2.11 木山橋全景



図5.2.12 地元住民による監視状況と橋梁の通行



図5.2.13 木山橋 橋台部の被災状況



図5.2.14 木山橋の水道管被災状況

った(図5.2.12)。橋台背面アプローチ部については、図5.2.13に示すとおり段差が生じており、また、おそ



図5.2.15 宮園橋全景



図5.2.18 宮園橋の橋台部支承付近の損傷状況



図5.2.16 宮園橋の橋台部段差被害(その1)



図5.2.19 寺迫橋全景



図5.2.17 宮園橋の橋台部段差被害(その2)



図5.2.20 寺迫橋の橋桁状況

らく上水と思われるが、橋梁側面に添設されていた水道管はずれ抜けており（図5.2.14）、対岸側への水の供給がストップしたと思われる。

宮園橋は1977年に供用された長さ25mの単径間PCT桁橋である。木山橋から見て、秋津川の下流側に架かる1つ目の橋であり、赤井・宮園線に架かる橋梁である。図5.2.15に宮園橋全景を示す。宮園橋も木山橋同様に外観上は大きな損傷は見当たらなかった。しかし、図5.2.16、図5.2.17に示すとおり橋台背面アプローチ部が18cm程度沈下しているため、通行止めとなっていた。橋梁本体はほぼ損傷がないと思われるが、支承部分については、ゴムパッドのずれが確認されて

おり、おそらくではあるが、大きな上下動により桁とゴムパッドに隙間が出来たときにゴムパッドがずれたのではないかと考えられる（図5.2.18）。

寺迫橋は1972年に供用された長さ56mの4径間単純PC橋である。施工時期は不明であるが、桁かかり長を増すための補強が施されている。主要県道の熊本－高森線で国道443号との交差点の西側にかかる橋である。図5.2.19に寺迫橋の全景を示す。前震後である4月15日の調査では、外観上は大きな損傷は見られず（図5.2.20）、主要県道でもあるため、震災直後でも



図5. 2. 21 寺迫橋の橋台接続部の被害



図5. 2. 22 寺迫橋の熊本側橋台部の損傷状況



図5. 2. 23 寺迫橋熊本側橋台部の本震後の損傷



図5. 2. 24 福富橋全景



図5. 2. 25 福富橋橋脚部付近における桁のずれ



図5. 2. 26 福富橋の橋台部付近の損傷

かなりの交通量があった。目立った損傷としては、橋梁端部について、図5. 2. 21のような桁と橋台の衝突が原因とみられる損傷を確認した。また、熊本側橋台の損傷状況は図5. 2. 22に示されるとおり大きな損傷は見られなかった。一方、本震後に再度調査を行ったところ、図5. 2. 23に示されるように橋台部も大きな損傷が見られ、同地域に大きな地震が最低でも2回生じたことを物語っている。前震後に詳細な調査を行う前の段階で本震が生じたため、2度の地震による被害状況の推移を明確にすることは難しい。しかし、減災の意味でも少ない情報の中から、前震による被害と本震による被害を見極め、より詳細な検討をすべきであろう。

福富橋は1975年に供用された長さ29mの2径間単純PC橋である。東無田・福富線が秋津川を渡る橋であり、九州自動車道が秋津川を横断する地点から上流側に架かる1つ目の橋である。図5. 2. 24に福富橋全景を示す。これまでの3橋梁と同じく、外観上は大きな損傷は見られないが、中間橋脚上の桁間や桁と橋台間での衝突およびゴムパッドのずれは確認された(図5. 2. 25, 図5. 2. 26)。また、橋台背面アプローチ部の段差は大きいですが、調査日時点ですでにアスファルトに

よる緊急修復が行われており(図5. 2. 27)、具体的な段差量については、明確に調査することはできなかった。既に2t以下限定で車両通行を許可する状況であった。今回の地震被害では、その他にも様々なところで、



図5.2.27 福富橋道路接続部における段差被害



図5.2.28 震災前の田中橋



図5.2.29 震災後の田中橋

橋梁背面とアプローチ道路との間の段差被害が報告されている。緊急な対策として、緊急舗装や土嚢を敷き詰めるなどの方策があることは大変ありがたいが、一方で、重量制限せざるを得ないなど、地震終了後の道路としての利用を考えたとき、まだまだ乗り越えねばならない課題があると言える。橋梁部および道路土工部との密接な連携による、さらなる技術革新に期待したい。

田中橋は、1930年に供用された長さ28.1mの3径間連続RC橋である。益城町が管理する103橋のうち最も古い橋である。平田・小柳線が木山川を渡るところに



図5.2.30 第一畑中橋全景



図5.2.31 第二宮園橋全景



図5.2.32 第二宮園橋の橋台部段差被害(その1)

架かる橋梁である。図5.2.28は地震前の田中橋であり、地震後、この橋は落橋した(図5.2.29)。

第一畑中橋は1961年に供用された長さ34.3mの3径間PC橋である。施工時期は不明であるが、桁かかり長を増すための補強が施されている。国道443号が木山川を横断する場所から上流側に架かる1つ目の橋であり、赤井木山線の橋である。図5.2.30に第一畑中橋全景を示す。写真から明らかなおおりに、桁かかり長を増すための補強が施されている。帯鉄筋の不足により橋脚頂部で鉄筋の座屈が発生した。なお、この橋梁は、地震後、早期の段階で撤去されている。

第二宮園橋は、1988年に供用された長さ40.7mの2径間PC橋である。赤井・宮園線が木山川を渡る橋で



図5.2.33 第二宮園橋の橋台部段差被害(その2)



図5.2.34 大正橋全景



図5.2.35 大正橋の橋台部付近

ある。図5.2.30に第二宮園橋の全景を示す。こちらは外観上の被害はほとんど見られないが、図5.2.32に示すとおり、きれいに橋台背面アプローチ部が沈下しており、その沈下量は52cmにも及んでいる(図5.2.33)。

その他の橋梁として、甲佐町に位置する田口橋およ



図5.2.36 大正橋の落橋防止構造の損傷



図5.2.37 車帰橋

び乙女橋も損傷を受けた。田口橋は、1968年に建設された橋長約260mの8径間PCT橋である。緑川に架かる県道橋であり、第二宮園橋と同様の橋台背面アプローチ部に段差被害を確認した。乙女橋は、田口橋の上流に位置する橋梁で、橋長約275mの8径間PCT橋である。橋梁中間部で沈下を確認したが、精確な計測までは行わなかった。

また、阿蘇カルデラ内においてもいくつかの橋梁に損傷が生じていた。大きく損傷していた2橋として、車帰橋と大正橋があげられる。大正橋は、1996年に建設された橋長63.5mの鋼橋である。その全景を図5.2.34に示す。図5.2.35では橋台との衝突があったことを物語っており、落橋防止構造の橋台側締結部においてもコンクリート部分の損傷が確認できる(図5.2.36)。国道57号と国道325号との合流地点(阿蘇大橋架設地点)で起きた大規模土砂災害の迂回路となったミルクロードの終点(赤水)付近に位置する車帰橋がある。図5.2.37は、橋梁を下方から眺めた様子である。この図からも分かるとおり、河川堤防盛土部分の変状から、橋梁に橋台部分が衝突したことが伺え、図5.2.38のように落橋防止構造の大きな塑性変形や、図5.2.39に見られるゴム支承のせん断変形が残留した

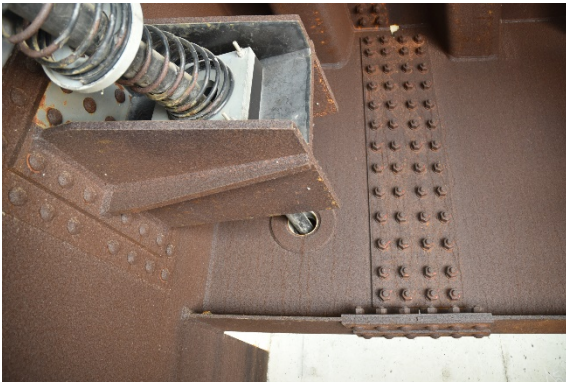


図5. 2. 38 車帰橋の落橋防止構造



図5. 2. 39 車帰橋のゴム支承せん断変形状態



図5. 2. 33 横江大橋全景



図5. 2. 34 横江大橋中間橋脚部歩道階段の被害

状態で留まっていた。この橋梁は、国道57号の代替路線確保として、啓開のためいち早く応急復旧し、一般車の通行を可能とした。

八代市に存在する横江大橋も特徴的な被害が生じた。中間橋脚が沈下する現象である。図5. 2. 40が横江大橋である。中間橋脚が約2.3mも沈下しており、図5. 2. 41に見られるように橋面へアプローチする歩道階段が大きく崩壊することとなった。

PCウェル形式の橋脚基礎が何らかの損傷を受け、結果として、フーチングや橋脚が全体的に沈下することとなった。その他の橋梁に比べると震源からの距離があり、どのようなメカニズムにより、このような損傷となったのか、今後の検討が待たれる。

阿蘇大橋、俵山バイパスに架かる橋梁を含め、熊本県下では、熊本県が主管する橋梁約3,000橋のうち約40橋に被災が確認されている。その他、熊本市が主管する橋梁に数橋、その他の各市町村が主管する橋梁にも約70橋の被害が生じている。

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET,KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 2) 平成28年熊本地震緊急災害報告(第1報～第10報), <http://www.jsce.or.jp/branch/seibu/>

- 3) 減災センター被災地調査報告(第1報～第13報), <http://iresc.kumamoto-u.ac.jp>
- 4) 日本建築学会「2016年熊本地震」地震被害調査速報会資料, 2016年5月14日
- 5) 4月14日及び16日 九州地方地震による通行止め・災害状況等について(第1報～第8報), <http://corp.w-nexco.co.jp/newly/>
- 6) 熊本地震による被災及び復旧状況 - 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/001135910.pdf>
- 7) 俵山ルート(県道熊本高森線)の被災状況について, http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15619.html
- 8) 平成28年(2016年)熊本地震 地震被害調査結果 速報会資料, <http://committees.jsce.or.jp/ecc2/node/76>
- 9) 2016年熊本地震 土木学会西部支部緊急調査団報告資料, http://www.0985211930.com/client/jsce-w/cgi-bin/upload/tokubetsukoen2016_2.pdf
- 10) 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会 報告書, 国土交通省 https://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000633.html
- 11) 平成28年熊本地震による高速道路の被災箇所と復旧状況(その2)西日本高速道路(株) <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/0525c>