

第1回 球磨川橋梁復旧技術検討会

検討会資料

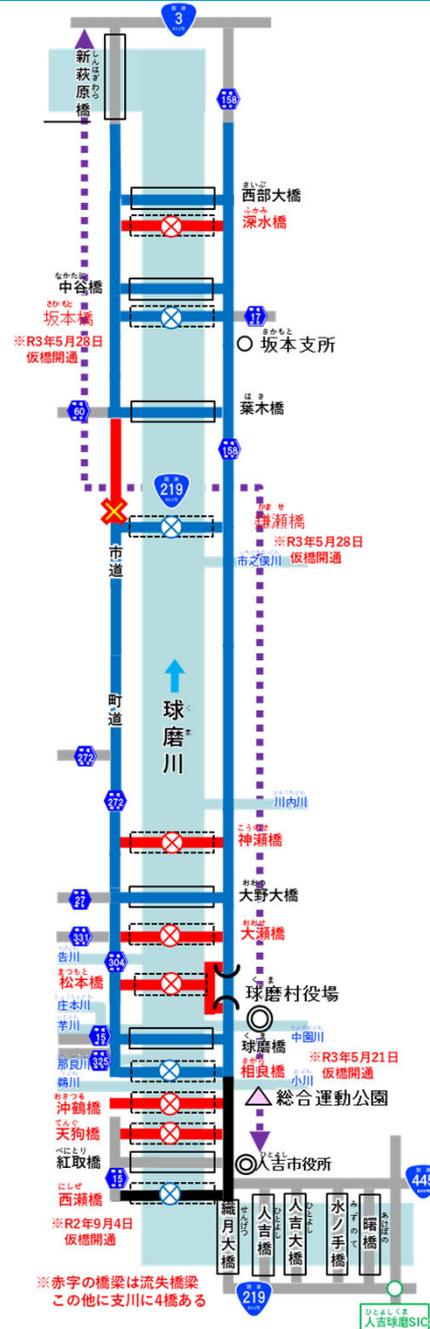
1. 被災状況の報告及び損傷状況に基づく被災原因の推定 1
2. 復旧コンセプト及び今後の橋梁計画 35

令和 3年 6月 24日

国土交通省九州地方整備局 八代復興事務所

1. 被災状況の報告及び損傷状況に基づく被災原因の推定

1. 流失橋梁位置図



	橋梁名	路線名	管理者
1	ふかみばし 深水橋	県道 小鶴原 女木線	熊本県
2	さかもとばし 坂本橋	県道 坂本 人吉線	熊本県
3	かませばし 鎌瀬橋	国道219号	熊本県
4	こうのせはし 神瀬橋	県道 球磨 田浦線	熊本県
5	おおせばし 大瀬橋	村道 大瀬 吉松線	球磨村
6	まつもとばし 松本橋	村道 松本 大坂間線	球磨村
7	さがらばし 相良橋	県道 遠原 渡線	熊本県
8	おきつるはし 沖鶴橋	村道 沖鶴線	球磨村
9	てんぐばし 天狗橋	市道 中神 大柿線	人吉市
10	にしぜはし 西瀬橋	県道 人吉 水俣線	熊本県

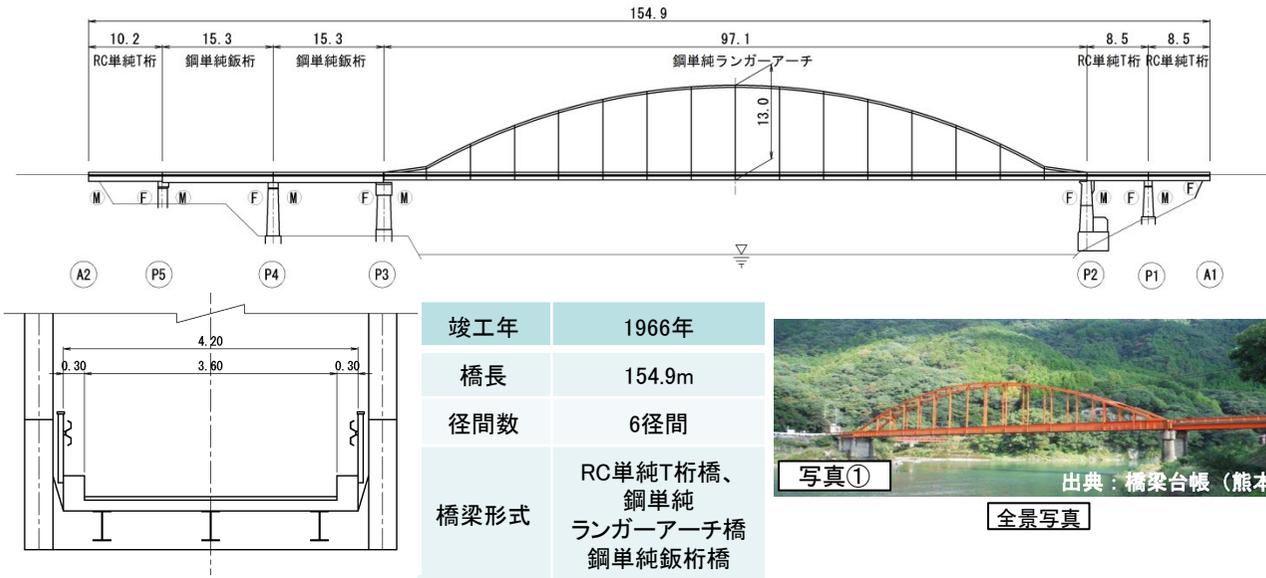
1. 被災状況の報告

令和2年7月豪雨で被災した「球磨川橋梁」は、全径間もしくは一部は流失している。各橋の被災概要を以下に示す。

被災概要		被災概要	
深水橋	被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）	被災後 	松本橋 被災前  出典：橋梁台帳（球磨村）
	【被災概要】 上部構造：流水部の径間（アーチ橋）が流失、側径間の短径間部は一部残存 下部構造：一部流失		
坂本橋	被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）	被災後 	相良橋 被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）
	【被災概要】 上部構造：全径間（トラス桁橋）が流失 下部構造：本線橋は全て残存、側道橋は橋脚が流失		
鎌瀬橋	被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）	被災後 	沖鶴橋 被災前  出典：橋梁台帳（球磨村）
	【被災概要】 上部構造：全径間（アーチ橋、桁橋）が流失 下部構造：全て残存		
神瀬橋	被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）	被災後 	天狗橋 被災前  出典：橋梁台帳（人吉市）
	【被災概要】 上部構造：ほぼ全ての径間（桁橋）が流失 下部構造：一部流失		
大瀬橋	被災前  出典：橋梁台帳（球磨村）	被災後 	西瀬橋 被災前  出典：橋梁台帳（熊本県）
	【被災概要】 上部構造：全径間（トラス桁橋、桁橋）が流失 下部構造：全て残存		

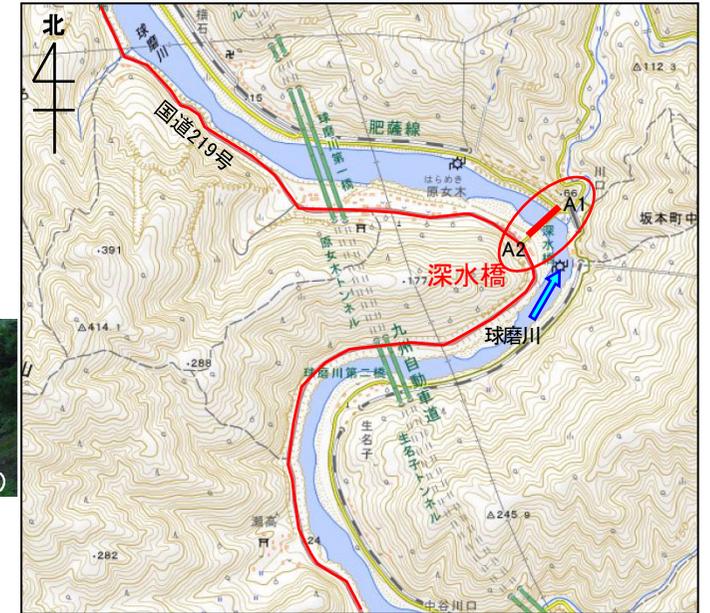
1. 被災橋の基本情報(深水橋)

(1) 橋梁諸元



全景写真

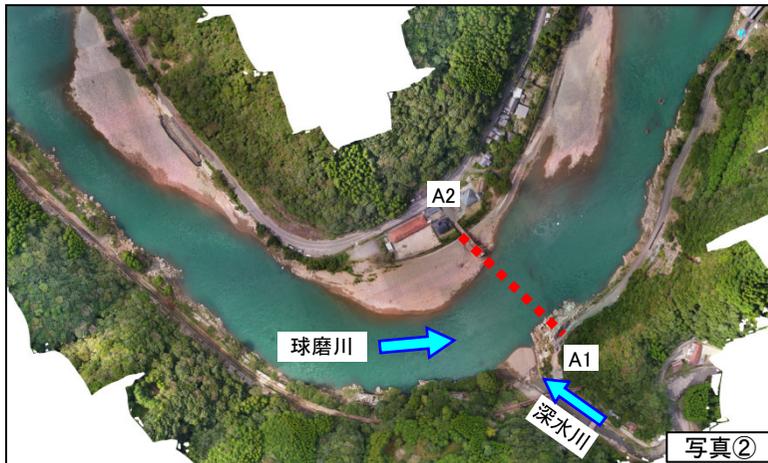
(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

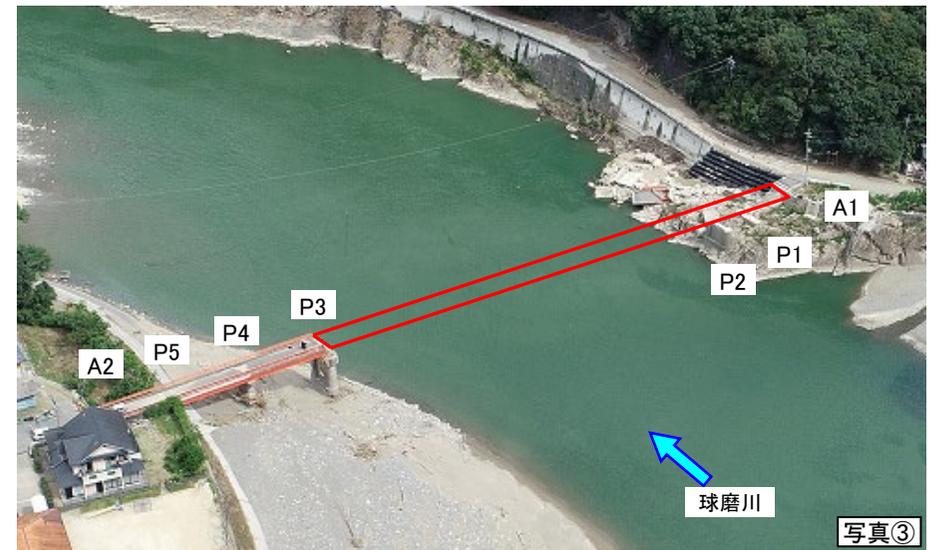
(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間に位置し上流側に支川が合流している。A1橋台側に流心があり、A2橋台側に砂州が形成されている（写真②）。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



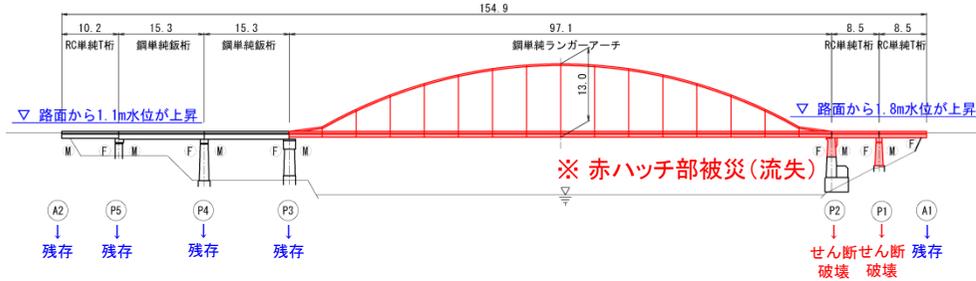
全体写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(深水橋)

(1) 被災状況

- 上部構造A1～P3間及びP1、P2橋脚が流失(図①)。

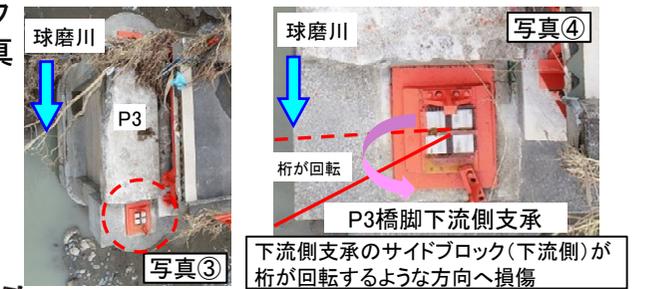
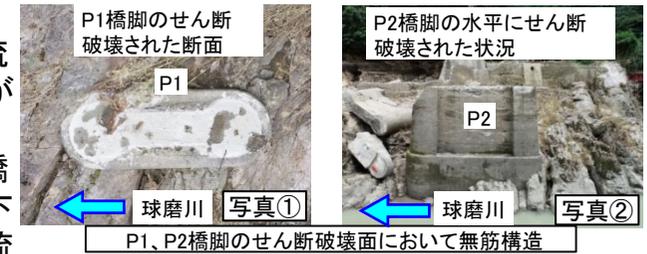
※ 水位はTEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



図①「被災状況側面図」※上流側より望む

(2) 主な損傷状況

- 下部構造は、P1橋脚が流失、P2橋脚は上側部分が流失(写真①、②)。
- 上部構造P2～P3間のP3橋脚上のローラー支承は下沓を残して流失し、下流側支承はサイドブロック(下流側)が損傷(写真③、④)。



(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ニュース映像より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと(写真⑤)。
- 橋脚及び支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。



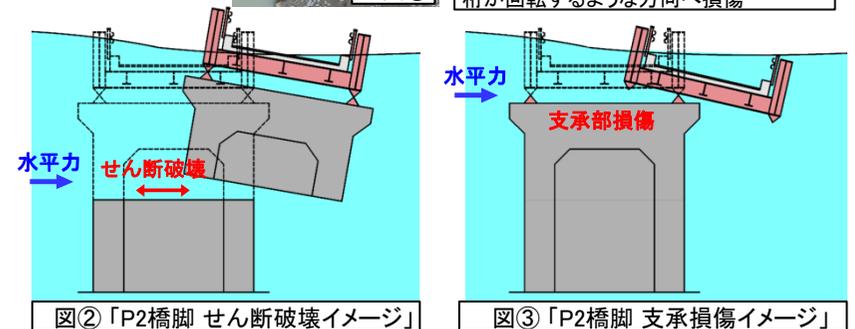
写真⑤

引用元:テレビ熊本(TKU)TKUライブニューススペシャル
熊本豪雨災害 発生から1週間(2020年7月10日放送)

(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- 上部構造P2～P3間は、水平力が上下部構造に作用し、水衝部に位置するP2橋脚がせん断破壊(図②)、もしくは、水平力によりP2橋脚の支承部が損傷し、P3橋脚を中心に平面的に回転しながら流失したと推定される(図③)。
- 上部構造A1～P2間は、水平力が上下部構造に作用し、水衝部に位置するP1、P2橋脚がせん断破壊、もしくは、水平力によりP1、P2橋脚の支承部が損傷し、A1橋台を中心に平面的に回転しながら流失したと推定される(図④)。



図②「P2橋脚 せん断破壊イメージ」

図③「P2橋脚 支承損傷イメージ」



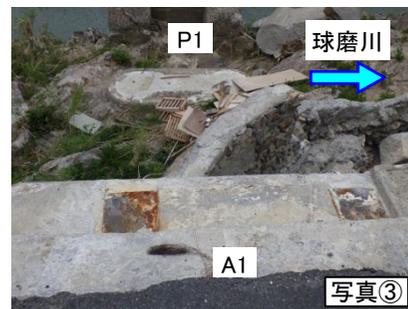
図④「上部構造の被災イメージ」

1. その他の損傷状況(深水橋)

(1) 右岸側 (A1~P2) 部及び周辺護岸被災状況



流失した上部構造A1~P2間の一部や護岸の流失



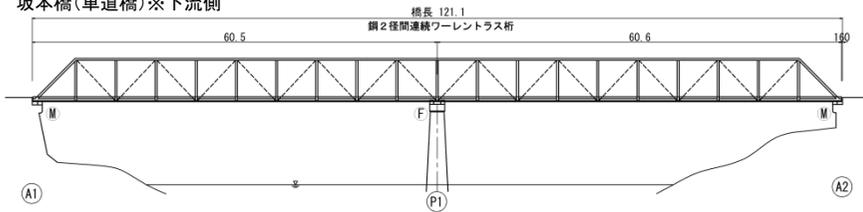
(2) 流失時の動画画像



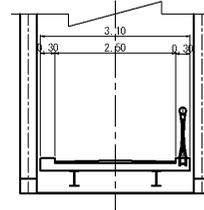
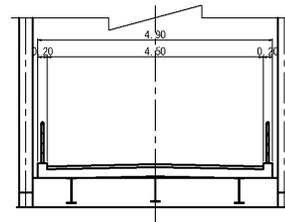
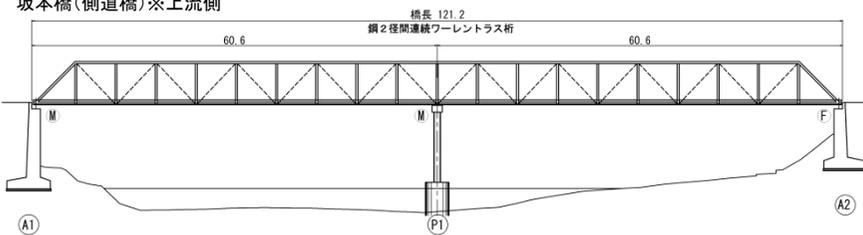
1. 被災橋の基本情報(坂本橋)

(1) 橋梁諸元

坂本橋(車道橋)※下流側



坂本橋(側道橋)※上流側



竣工年	車道橋1954年、側道橋1978年
橋長	車道橋121.1m、側道橋121.2m
径間数	2径間
橋梁形式	鋼2径間連続ワーレントラス桁橋



写真①

出典：橋梁台帳（熊本県）

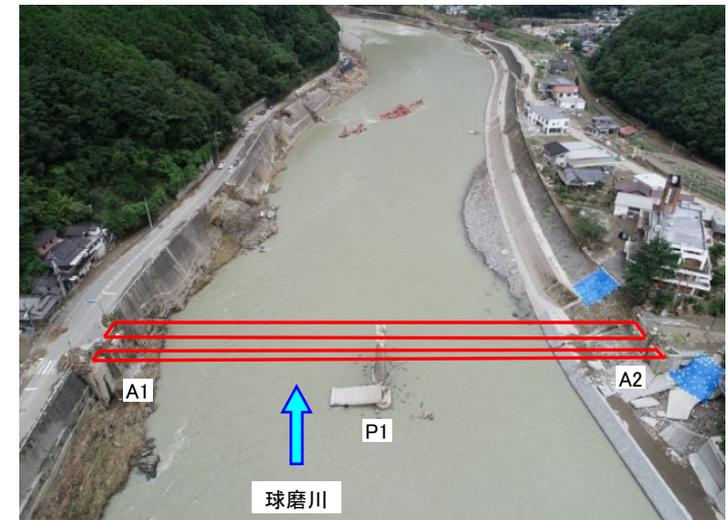
全景写真

(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

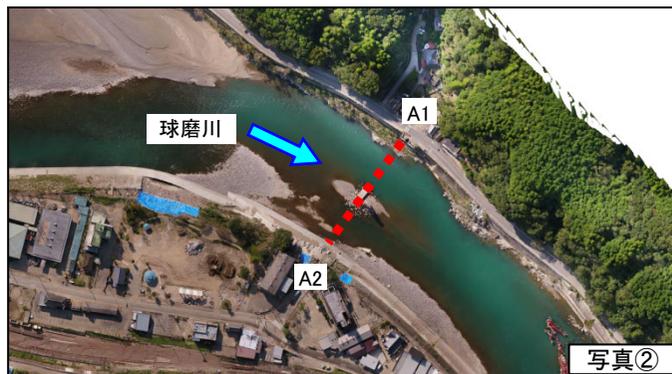
(4) 被災写真



全体写真

(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間の下流に位置する。A1橋台側に流心があり、A2橋台側に砂州が形成されている（写真②）。



写真②

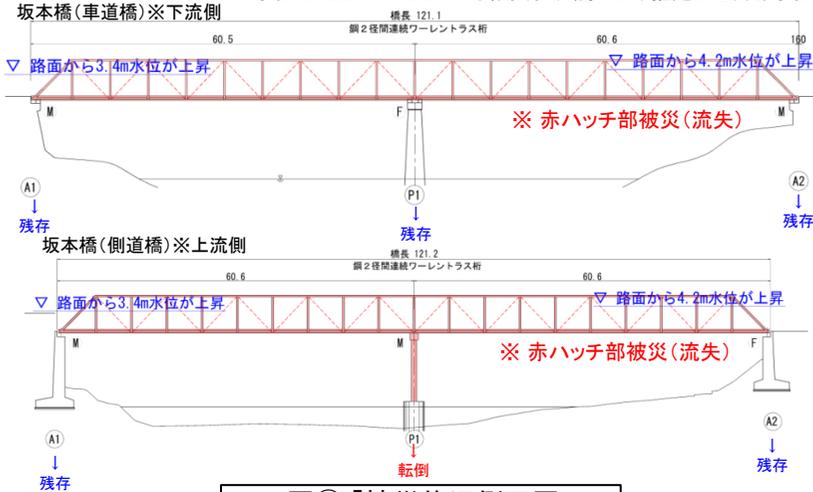
架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(坂本橋)

(1) 被災状況

- 全ての上部構造及び側道橋P1橋脚が流失(図①)。

※ 水位はTEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



図①「被災状況側面図」

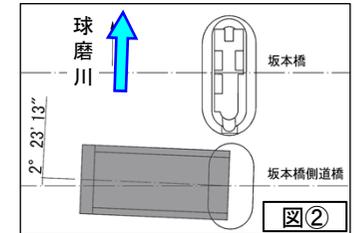
(2) 主な損傷状況

【側道橋】

- P1橋脚の橋脚基部は、橋軸方向の鉄筋が破断し、A1側(左岸側)に転倒(図②、写真①)。
- A2橋台のピン支承はアンカーボルトの引き抜け(写真②)。



写真① 坂本橋側道橋P1橋脚の転倒、柱基部の鉄筋破断



図② P1橋脚測量結果より若干下流側に向かって転倒

【車道橋】

- 両端橋台のローラー支承は下流側や橋軸方向へ移動(写真③、④)。



写真② アンカーボルトの引き抜け



写真③ 下流側へ移動



写真④ P1橋脚側へ移動

(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと(写真⑤)。
- 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。



写真⑤

(4) 被災メカニズム

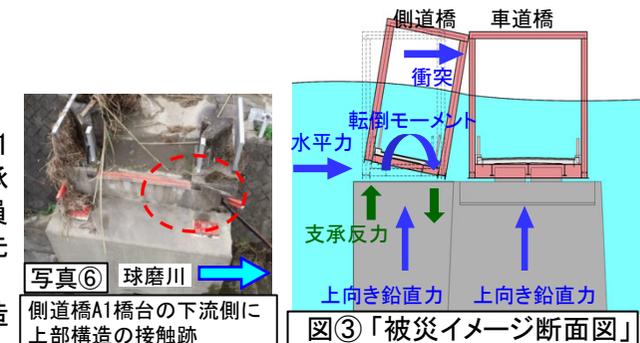
本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

【側道橋】

- 水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し(図③)、P1橋脚の転倒及び上流側支承部に生じた上向き鉛直力により支承部が損傷して流失したと推定される。なお、車道橋と比べ幅員が狭く水平力による転倒モーメントが大きいいため、側道橋が先に流失したと推定される。
- A1橋台側が水衝部となっていることから(写真⑤)、上部構造A1~P1間の水平力が大きく、上部構造A1~P1間が下流側に向かって変形し、P1橋脚が左岸側に引っ張られた結果、左岸側に向かって転倒したと推定される(図④、写真⑥の接触跡)。なお、地元の方へのヒヤリングで、左岸側から流失したというコメントがありそれと合致する。

【車道橋】

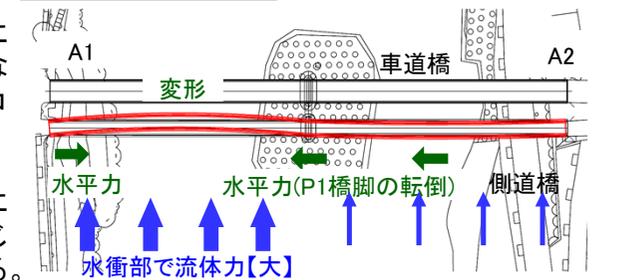
- 水平力又は流失した側道橋の衝突あるいはその両方の作用力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上流側支承部に生じた上向き鉛直力により支承部が損傷し、流失したと推定される。



写真⑥ 球磨川

側道橋A1橋台の下流側に上部構造の接触跡

図③「被災イメージ断面図」

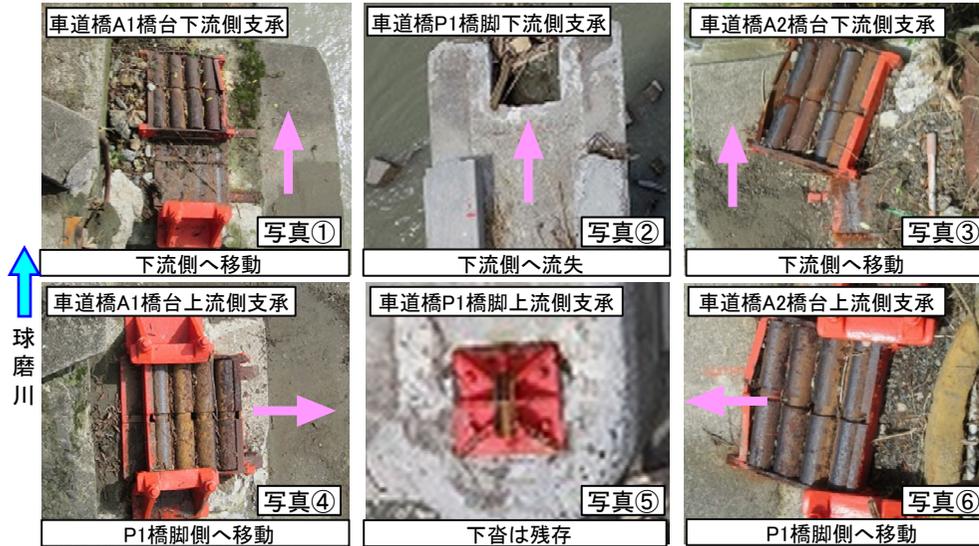


図④「被災イメージ平面図」

1. その他の損傷状況(坂本橋)

(1) 支承部損傷写真

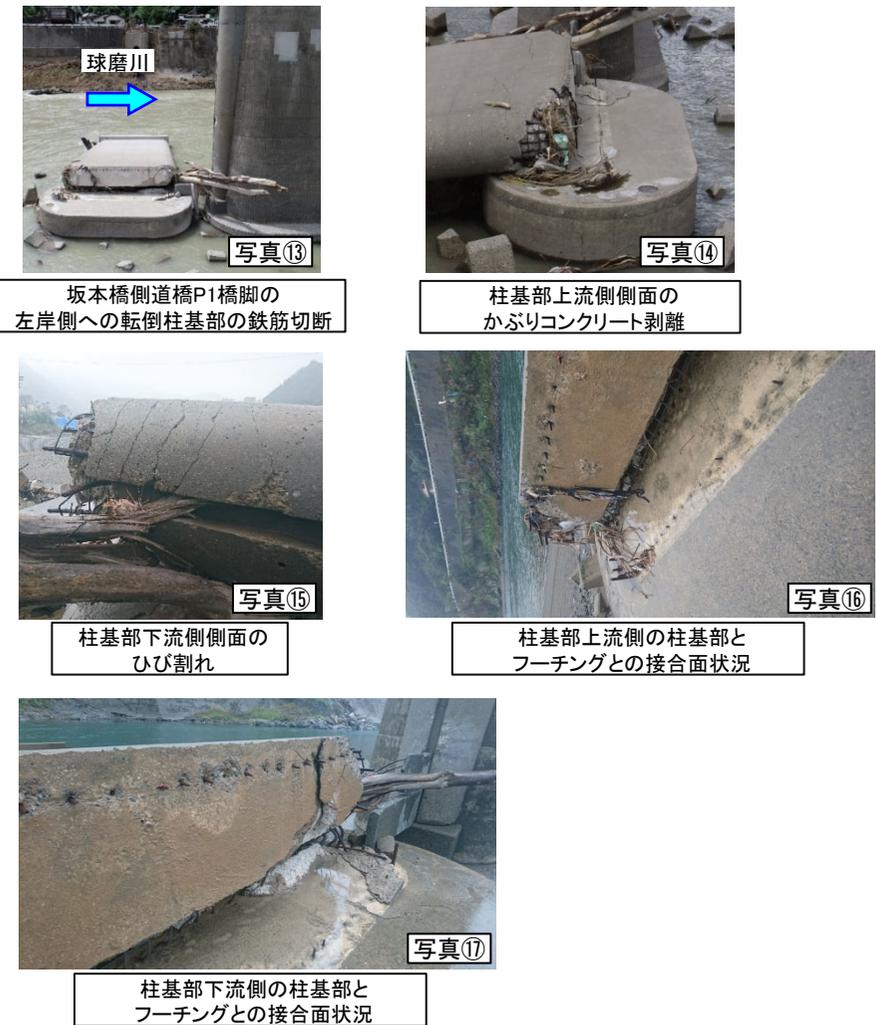
1) 車道橋 (下流側)



2) 側道橋 (上流側)

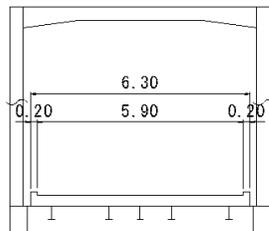
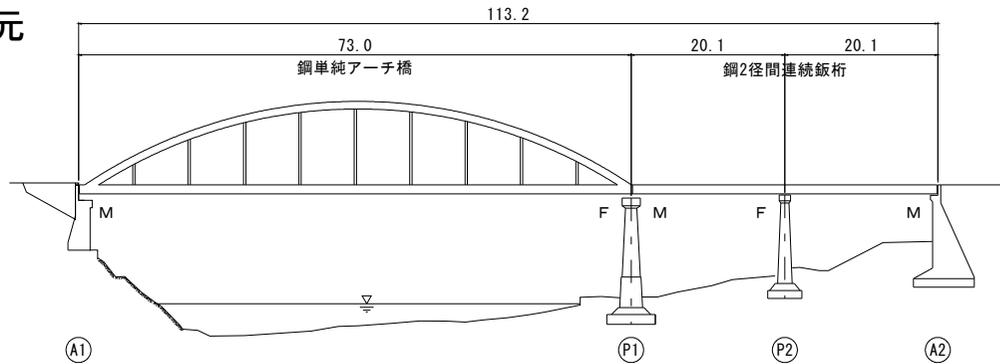


(2) 側道橋P1橋脚基部損傷写真



1. 被災橋の基本情報(鎌瀬橋)

(1) 橋梁諸元



竣工年	1954年
橋長	113.2m
径間数	3径間
橋梁形式	鋼単純アーチ橋 鋼2径間連続鈹桁橋



全景写真

(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

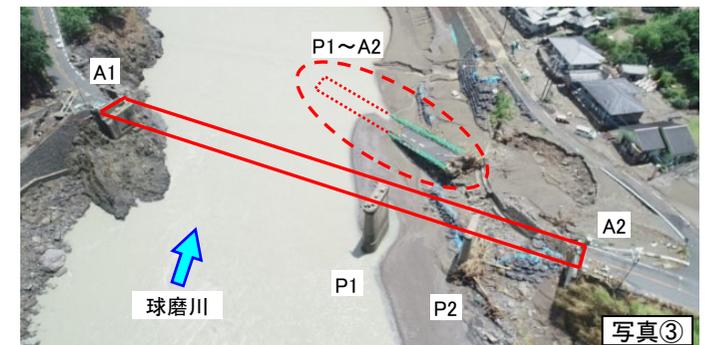
(3) 河川状況

・架橋位置は球磨川の曲線区間に位置する。A1橋台側に流心がある(写真②)。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



全体写真

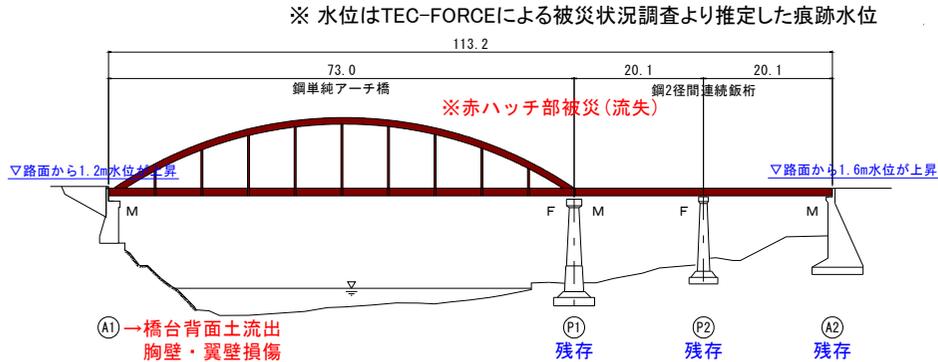


全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(鎌瀬橋)

(1) 被災状況

- ・ 全ての上部構造が流失 (図①)。



図①「被災状況側面図」

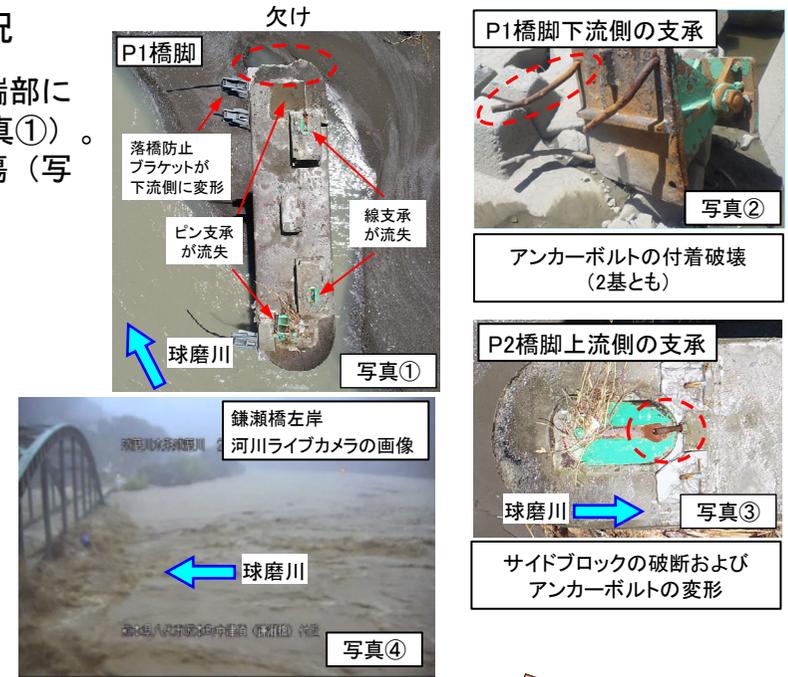
(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ・ 河川ライブカメラの画像より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと (写真④)。
- ・ 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。

(2) 主な損傷状況

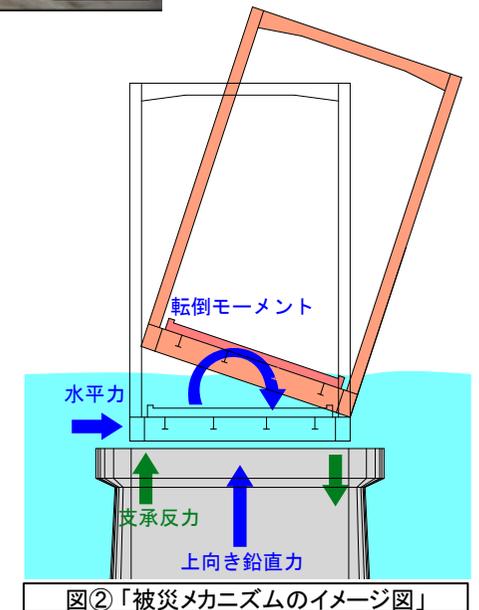
- ・ 橋座部の下流側端部に欠けが発生 (写真①)。
- ・ 全ての支承が損傷 (写真①～③)。



(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

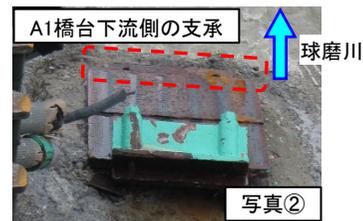
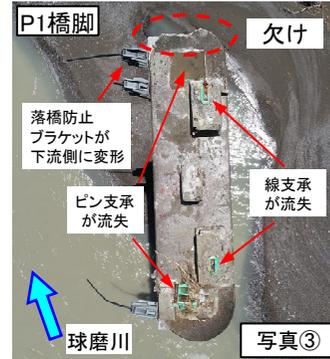
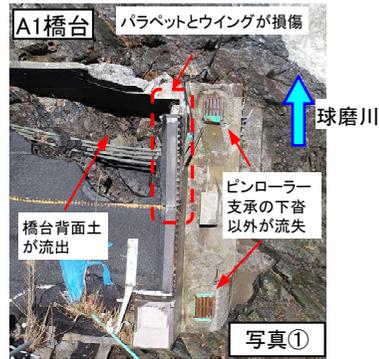
- ・ 上部構造A1～P1間は、水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上向き鉛直力により上流側支承部が損傷して流失したと推定される (図②、写真①、②)。
- ・ 上部構造P1～A2間は、水平力が作用したことにより支承アンカーボルトの流下方向への変形及びサイドブロックが損傷して流失したと推定される (写真③)。



図②「被災メカニズムのイメージ図」

1. その他の損傷状況(鎌瀬橋)

(1) 支承の損傷状況



サイドブロック爪部の破断
(下流側の支承)

アンカーボルトの付着破壊
(2基とも)

サイドブロック爪部の破断
(2基とも)

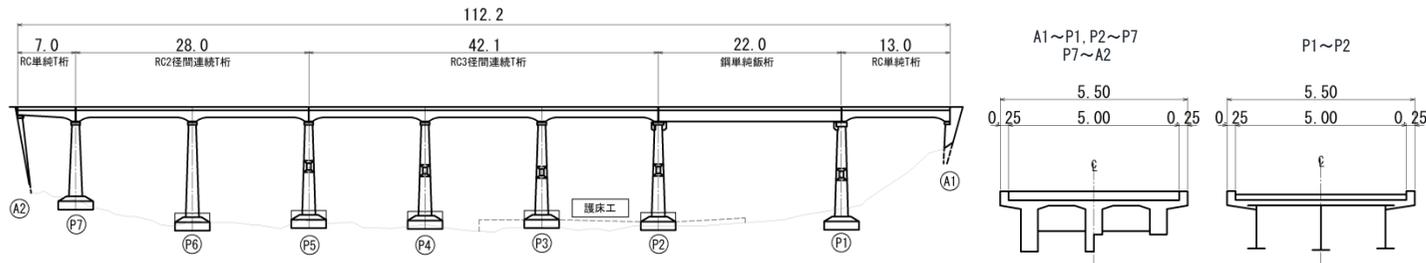
サイドブロック爪部の破断
(2基とも)

(2) 橋座部の損傷状況



1. 被災橋の基本情報(神瀬橋)

(1) 橋梁諸元



竣工年	1934年
橋長	112.2m
径間数	8径間
橋梁形式	RC単純T桁橋+鋼単純鈹桁橋+RC2径間連続T桁橋+RC3径間連続T桁橋+RC単純T桁橋



全景写真

(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

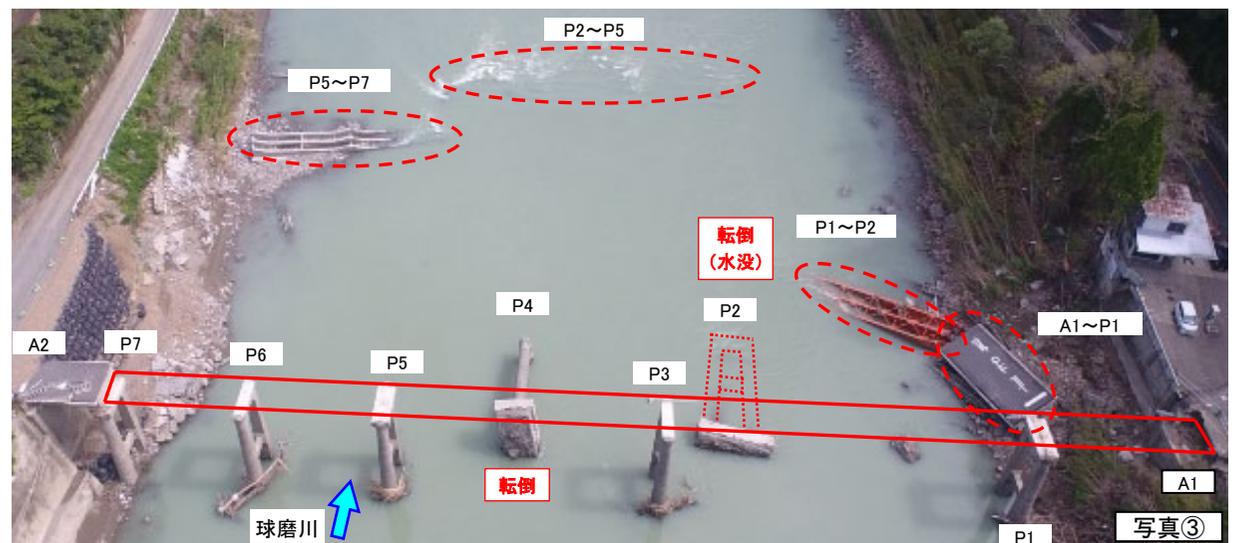
(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間の上流に位置する。A1橋台側に流心部がある（写真②）。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



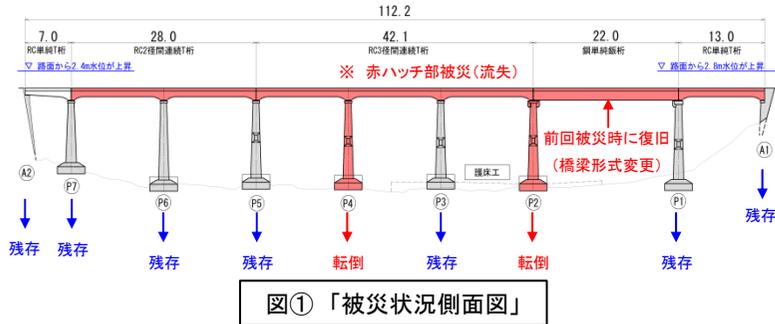
全体写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(神瀬橋)

(1) 被災状況

- ・ 上部構造A1～P7間が流失 (図①)。
- ・ P2、P4橋脚が下流方向に転倒 (図①)。

※ 水位は、TEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位
 ※ 支承条件は、既存資料より確認した結果、不明



(2) 主な損傷状況

- ・ P1、P3、P5及びP6橋脚は、橋座端部がせん断破壊 (写真①、②)。
- ・ 上部構造P7～A2間を除き、RCT桁のパッド型ゴム支承及び鉄桁の線支承が全て流失 (写真①、②、参考資料参照)。
- ・ A1橋台は、パラペット部が押抜きせん断破壊 (写真③、その他の損傷状況参照)。

パッド型ゴム支承流失
(アンカー形跡なし)



(3) 被災原因

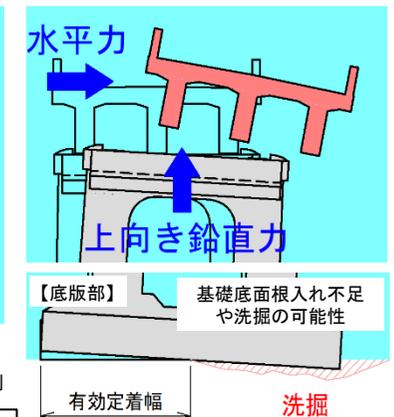
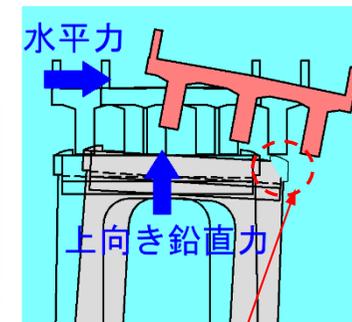
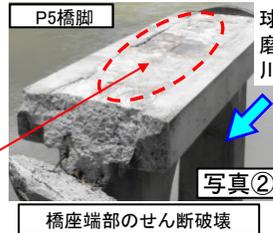
損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ・ 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
- ・ 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。

(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- ・ 上部構造P2～P7間は、水平力が上部構造に作用し、上部構造が下流側に押され橋脚梁のRC突起との衝突により、橋座端部がせん断破壊して流失したと推定される (図②)。
 あるいは、水位上昇により上向きの鉛直力が作用して上部構造が浮き上がり、水平力に伴う橋脚の転倒などの複合的な要因により流失したとも推定される (図②)。
- ・ 上部構造P1～P2間は、支承及び橋座端部の損傷又はP2橋脚の転倒に伴い、P2支点側が先に下流側へ移動し、P1支点部の落橋防止ケーブルにて連結していた上部構造A1～P1間と共に連動してねじれながら流下方向へ移動したと推定される (写真③、④)。
- ・ 上部構造A1～P1間は、上部構造P1～P2間の流失に伴い、A1橋座部が支点となり平面的に回転後、落橋防止ケーブルにて連結していた橋台パラペット部の押抜きせん断破壊により、流下方向へ移動したと推定される (写真③、④)。
- ・ P2、P4橋脚は、流心部であるため、相対的に大きな水平力が作用し、転倒したものと推定される。また、経年的な河床浸食もしくは今回の増水に伴う河床洗掘により、根入れ不足やフーチング有効定着幅の縮小が考えられ、これらの要因も転倒に影響した可能性がある。



1. その他の損傷状況(神瀬橋)

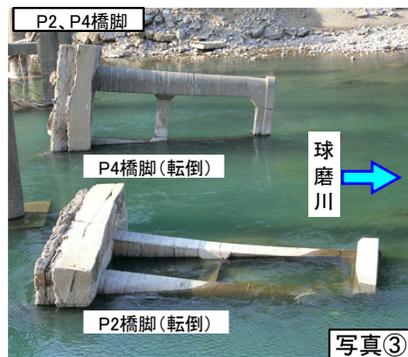
(1) 下部構造・支承・橋座部の損傷状況



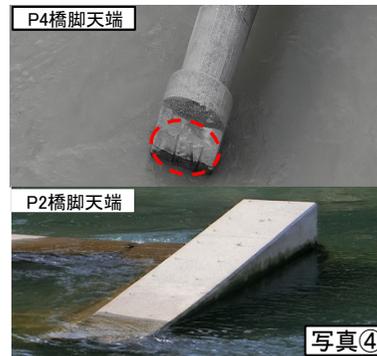
パラベット部の破壊後の残骸、落橋防止ケーブル定着部が露出



線支承が下沓以外全流失(橋座端部の欠けなし)



P2, P4橋脚が下流側へ転倒



パッド型ゴム支承が流失(アンカー形跡なし)



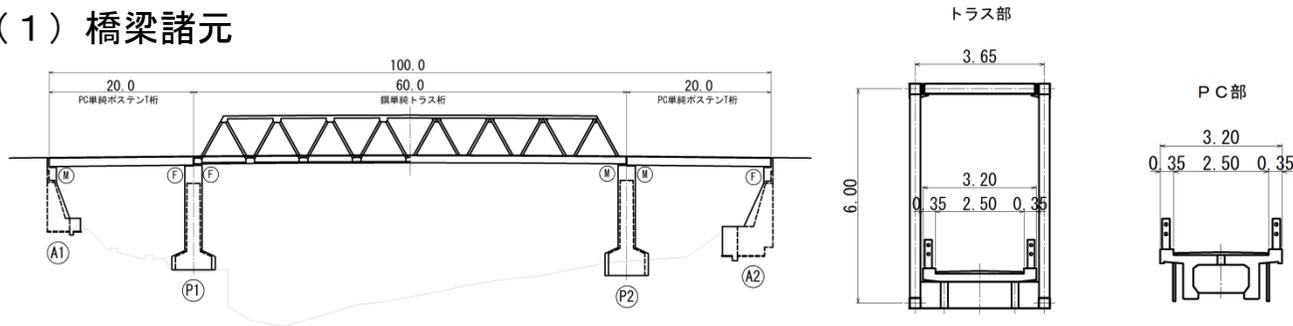
パッド型ゴム支承が流失(アンカー形跡なし)



パッド型ゴム支承が残存(橋座端部の欠けなし)

1. 被災橋の基本情報(大瀬橋)

(1) 橋梁諸元



竣工年	1984年
橋長	100.0m
径間数	3径間
橋梁形式	PC単純ポステンT桁橋+鋼単純トラス橋+PC単純ポステンT桁橋



全景写真

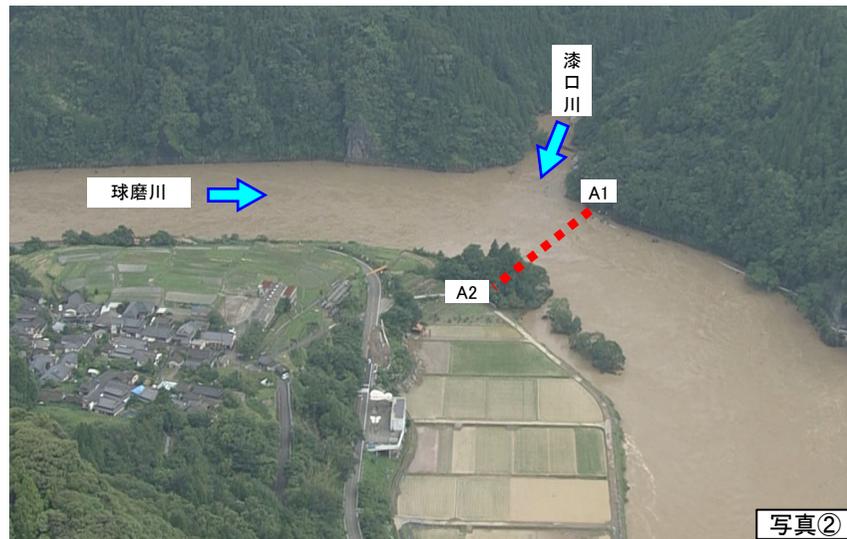
(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

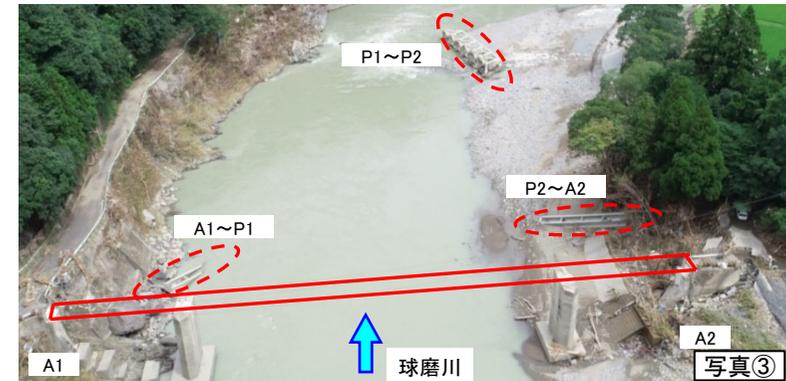
(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間に位置し上流側に支川が合流している。A1橋台側に流心がある(写真②)。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



全体写真



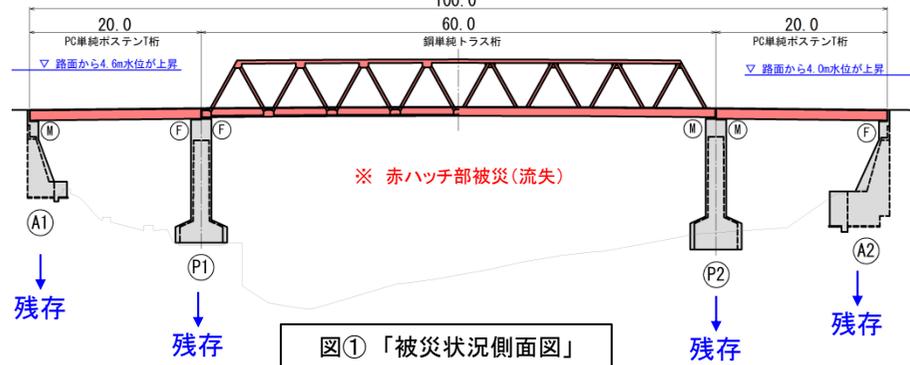
全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(大瀬橋)

(1) 被災状況

- ・ 全ての上部構造が流失 (図①)。

※ 水位は、TEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



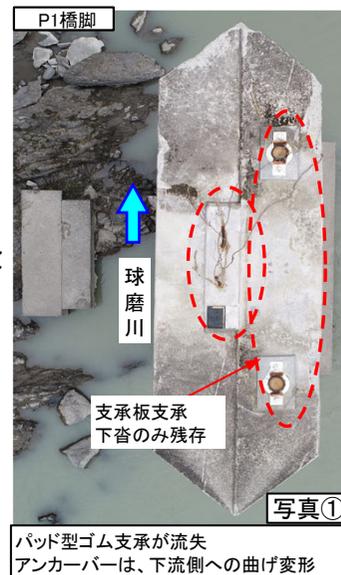
(2) 主な損傷状況

- ・ PCT桁のパッド型ゴム支承が流失し、アンカーバーは下流側へ曲げ変形 (写真①)。
- ・ トラス部の支承板支承は、直角固定サイドブロックが破壊し、下沓以外が流失 (写真①)。

(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

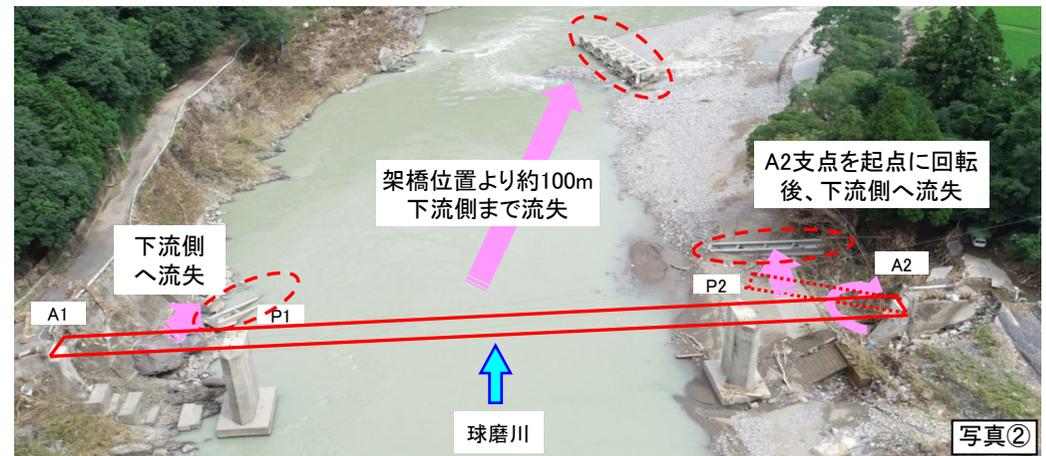
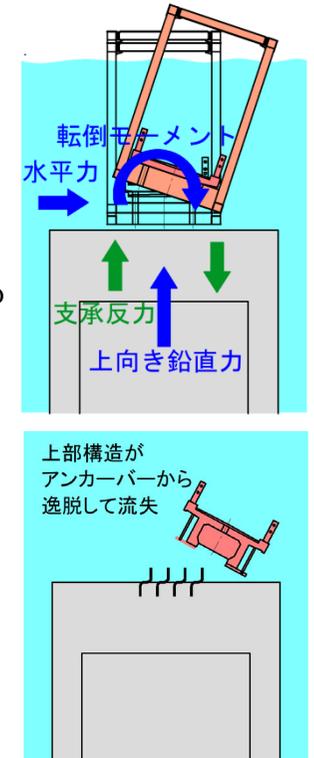
- ・ 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
- ・ 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。



(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- ・ 上部構造P1～P2間は、水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上向き鉛直力により上流側支承部が損傷して流失したと推定される (図②)。
- ・ 上部構造A1～P1間、P2～A2間は、路面を超える水位上昇による上向き鉛直力により上部構造が浮き上がり、水平力が作用することで下流側へ移動し、上部構造がアンカーバーから逸脱して流失したと推定される (図②、写真①、②)。



1. その他の損傷状況(大瀬橋)

(1) 上部工、各橋台・橋脚の損傷状況



直角固定サイド
ブロック流失
下沓のみ残存



パッド型ゴム支承のアンカーバーは、下流側に曲げ変形
支承板支承は、直角固定サイドブロックが破壊して流失、下沓のみ残存



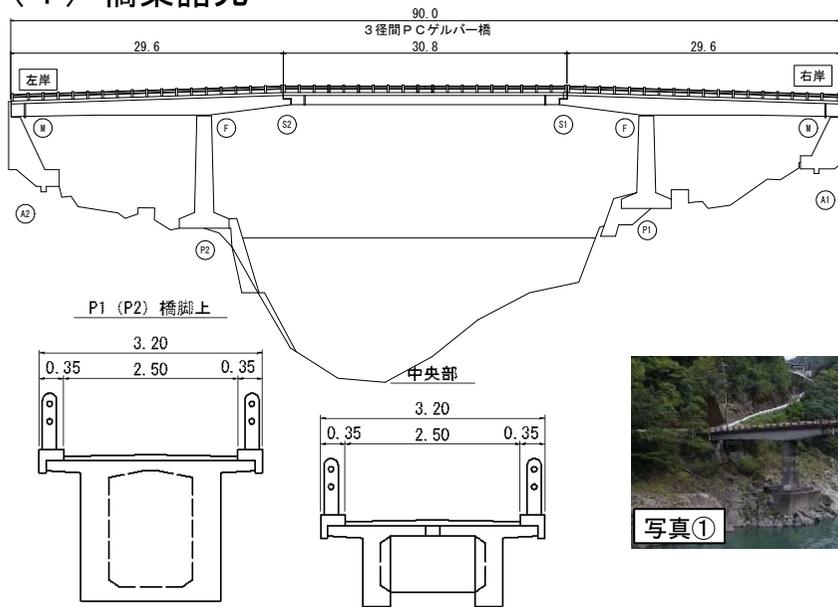
上部構造流失後、近傍の護岸部にて漂着
桁下面部にてコンクリートが破壊し、鉄筋・PC鋼材シーズ部が露出



上部構造流失後、浅瀬部にて漂着
トラス部斜材が座屈損傷

1. 被災橋の基本情報(松本橋)

(1) 橋梁諸元



竣工年	1964年
橋長	90.0m
径間数	3径間
橋梁形式	PC3径間連続ポステンゲルバー桁橋

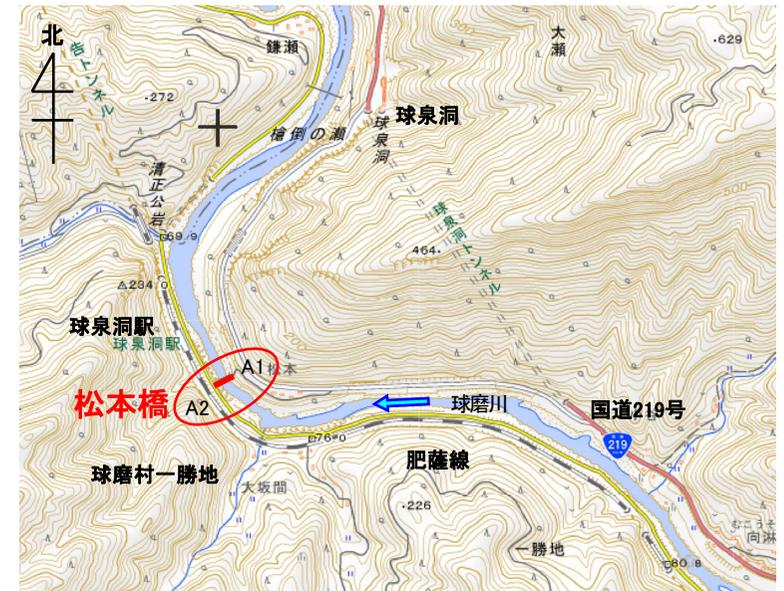


写真①

出典：橋梁台帳（球磨村）

全景写真

(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

(3) 河川状況

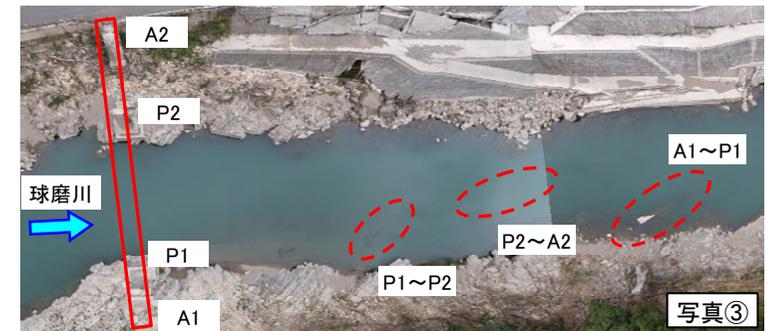
- 架橋位置は球磨川の曲線区間に位置し上流側に支川が合流している。架橋位置前後は山間狭窄部である（写真②）。



写真②

架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



写真③

全体写真



写真④

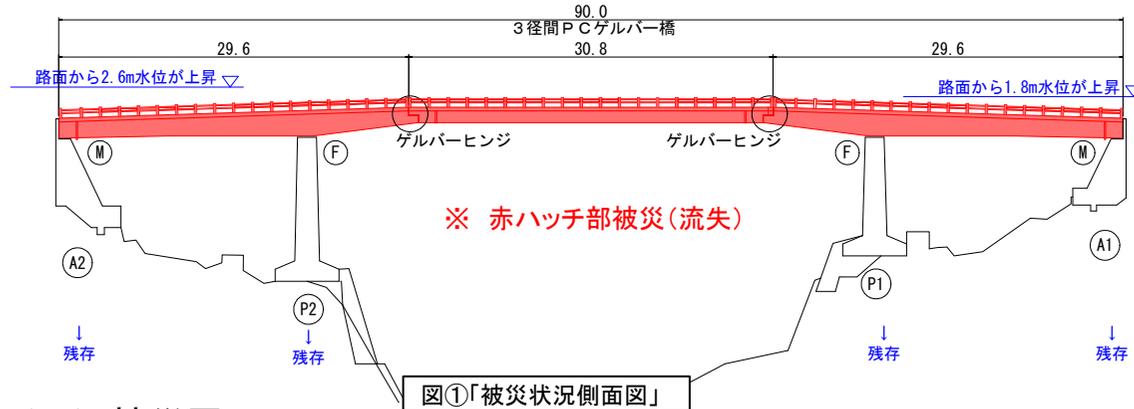
全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(松本橋)

(1) 被災状況

- ・ 全ての上部構造が流失 (図①)。

※ 水位はTEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ・ 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
- ・ 支承部に耐力力を超過する力が作用したこと。

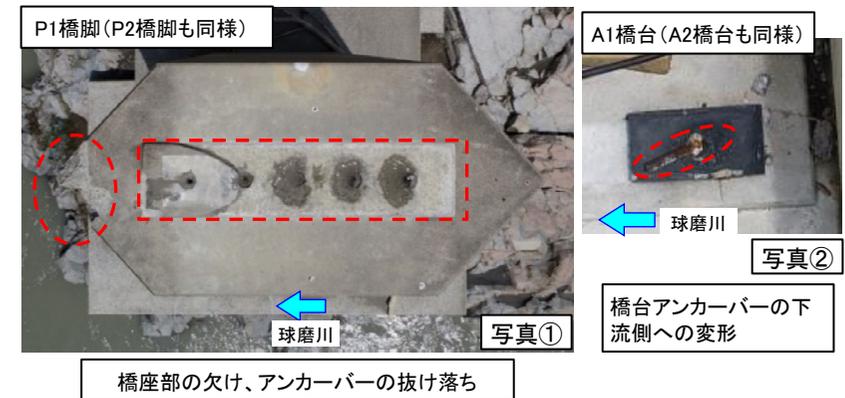
(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- ・ 上部構造P1～P2間の吊桁は、路面を超える水位上昇による上向き鉛直力により浮き上がり、水平力が作用することで下流側に移動して流失したと推定※される (図②)。
- ※ 被災した吊桁は水深が深い位置に沈んでおり、被災メカニズムに関連する損傷は確認できていない。
- ・ 上部構造A1～P1間、P2～A2間の受桁は、断面が大きい橋脚上の箱桁がアンカーバーごと上向き鉛直力を受け、水平力により下流側に移動し、転倒しながら流失したと推定される (図③)。

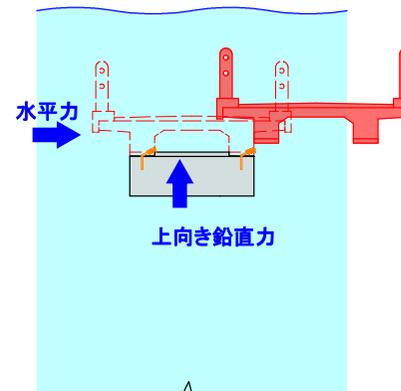
(2) 主な損傷状況

- ・ P1、P2橋脚のアンカーバーが抜け落ち、橋座部の下流側端部に欠けが発生 (写真①)。
- ・ A1、A2橋台のアンカーバーが下流側へ曲げ変形 (写真②)。
- ・ P2橋脚は、上流側基部にひび割れとフーチングからの浮き上がり、下流側基部が剥離し鉄筋が露出 (その他の損傷状況参照)。

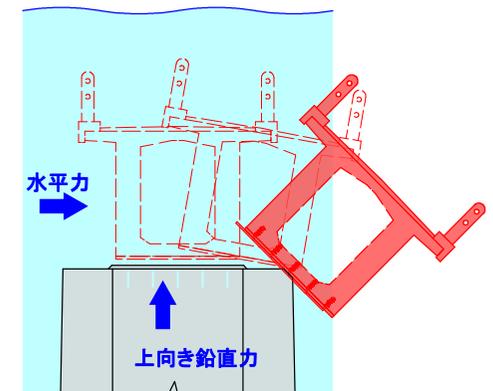


ヒンジ部

P1 (P2) 橋脚上



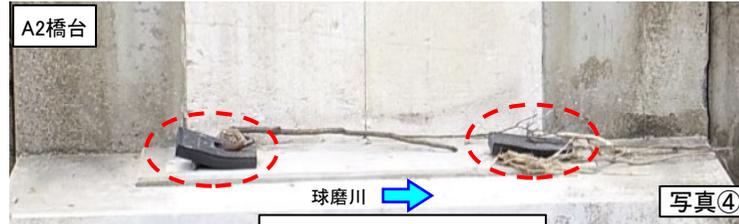
図②「上部構造P1～P2間の被災イメージ」



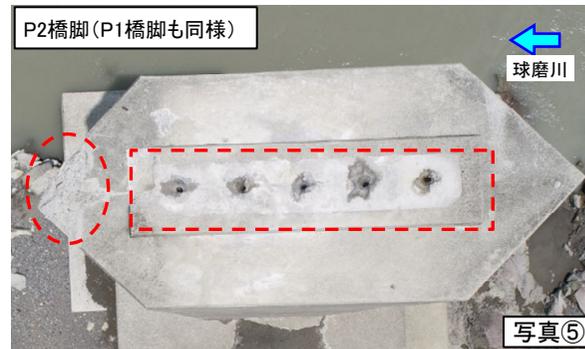
図③「上部構造A1～P1 (P2～A2)間の被災イメージ」

1. その他の損傷状況(松本橋)

(1) アンカーバー損傷状況

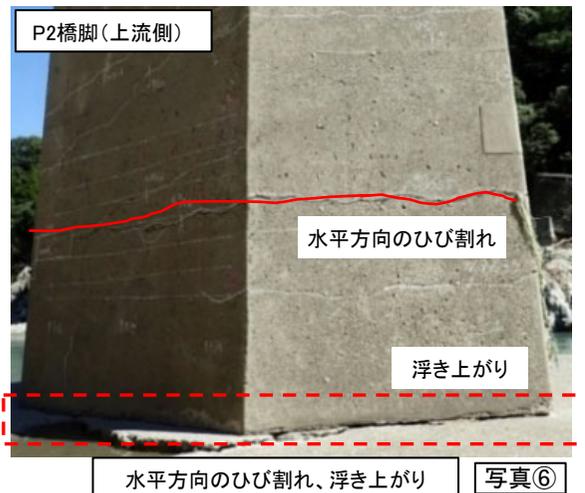


支承上流側の浮き上がり
アンカーバー下流側への変形

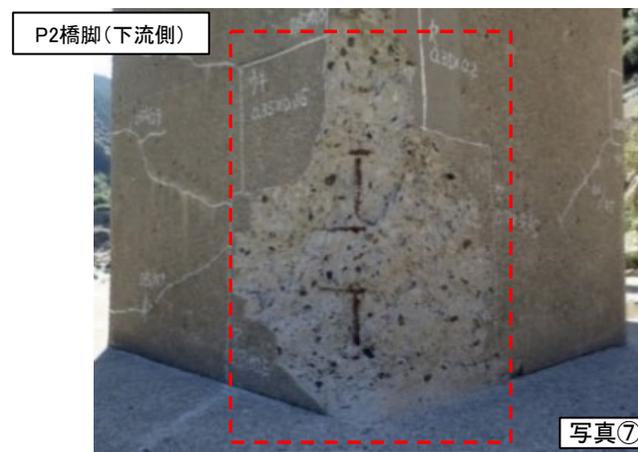


橋座部の欠け、アンカーバーの抜け落ち

(2) P2橋脚損傷状況

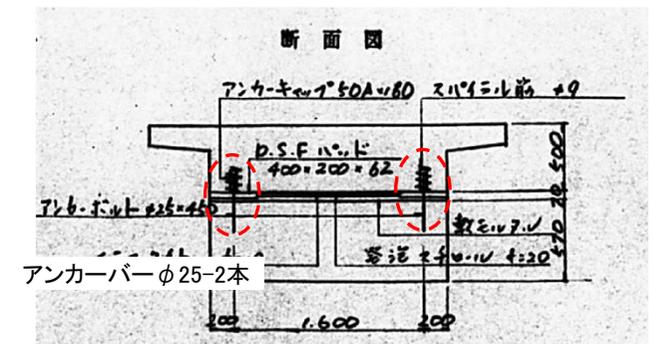


水平方向のひび割れ、浮き上がり

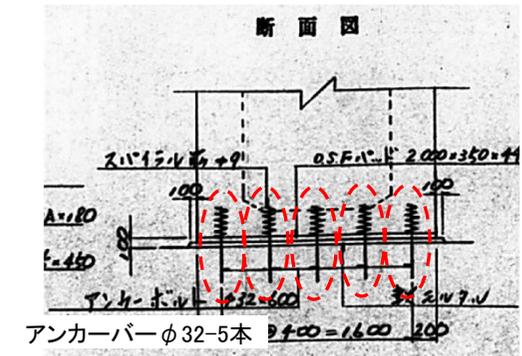


剥離・鉄筋露出

(3) 竣工図



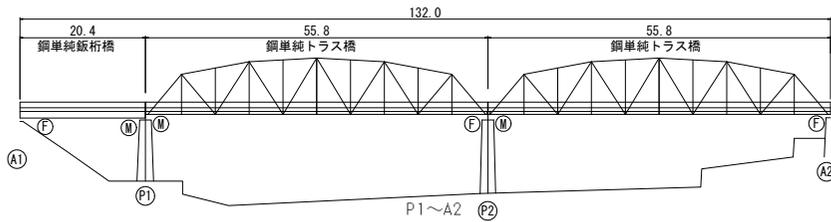
図①「上部構造P1~P2間ゲルバーヒンジ部のアンカーバー」



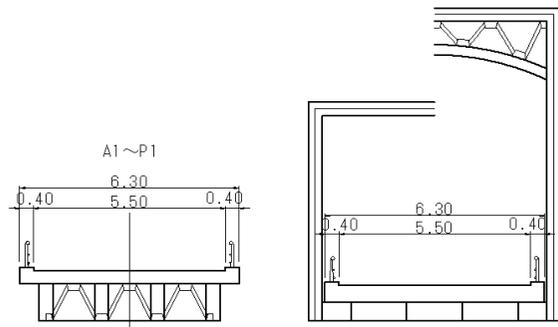
図②「上部構造A1~P1 (P2~A2)間橋脚部のアンカーバー」

1. 被災橋の基本情報(相良橋)

(1) 橋梁諸元



竣工年	1934年
橋長	132.0m
径間数	3径間
橋梁形式	鋼単純桁橋(1連) + 鋼単純トラス橋(2連)

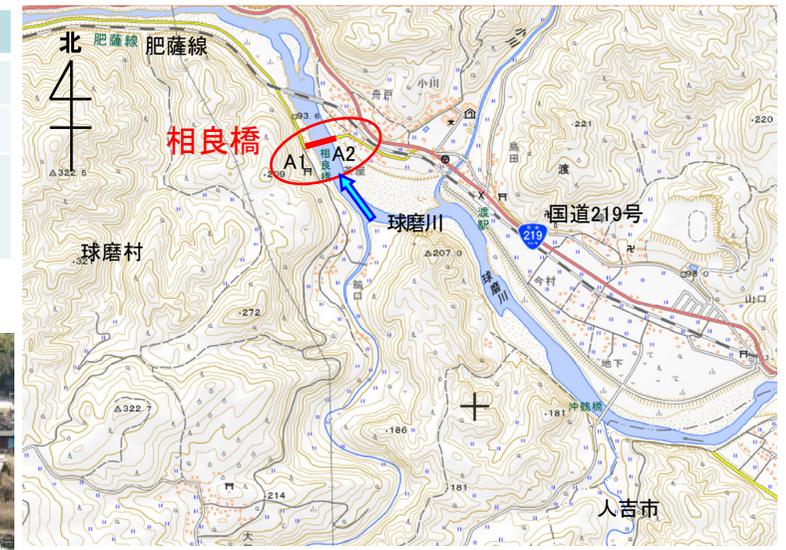


写真①

出典：橋梁台帳(熊本県)

全景写真

(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

(3) 河川状況

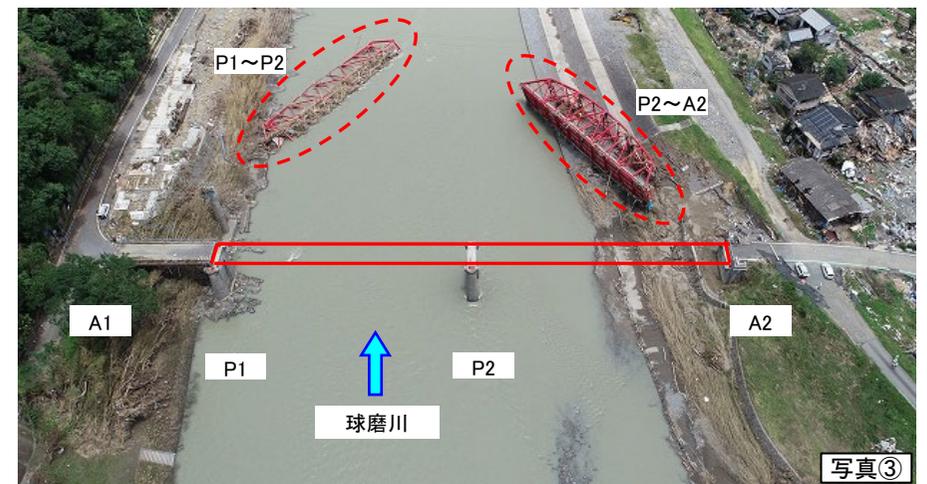
- 架橋位置は球磨川の曲線区間の下流に位置し上流側に支川が合流している。架橋位置付近から河川幅が狭くなる。



写真②

架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



写真③

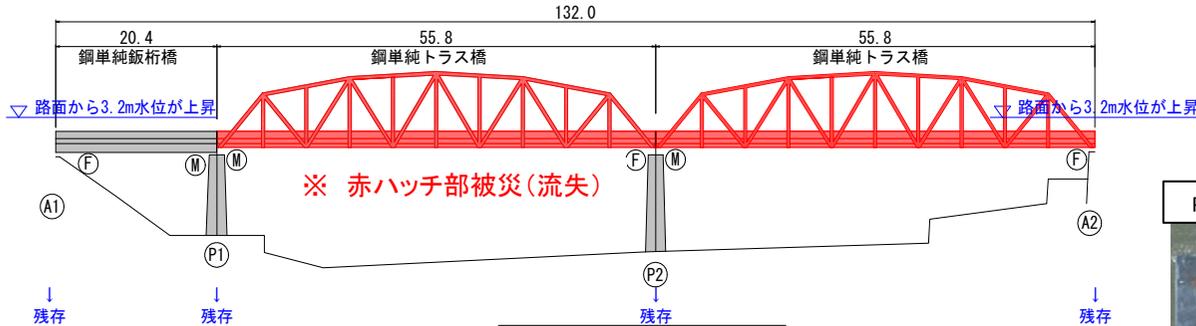
全体写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(相良橋)

(1) 被災状況

- 上部構造P1～A2間が流失(図①)。

※ 水位はTEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



図①「被災状況側面図」

(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
- 支承部に耐力力を超過する力が作用したこと。

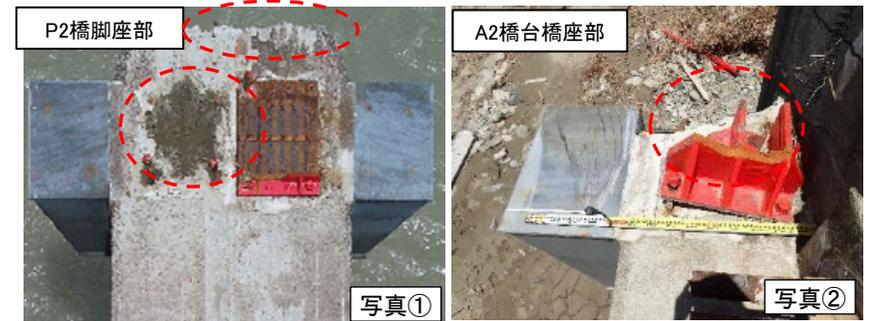
(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- 上部構造P1～P2間は、流心部に位置するP2橋脚上で水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上向き鉛直力により支承部が損傷して、上部構造がA2橋台側に移動しながら転倒したと推定される(図②)。
- 上部構造P2～A2間は、流心部に位置するP2橋脚上で、水平力が作用したことにより支承が損傷し、A2橋台上流側の支承が支点となり平面的に回転しながら転倒して流失したと推定される(図③)。

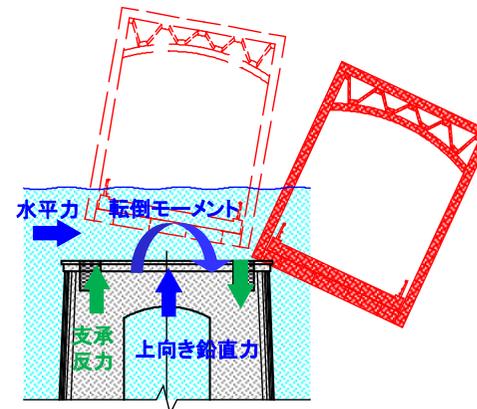
(2) 主な損傷状況

- P2橋脚のアンカーボルトの破断や下流側への変形、引き抜け、橋座部の下流側端部に欠けが発生(写真①)。
- A2橋台の支承下沓の損傷、橋座部の下流側端部に欠けが発生(写真②)。
- A2橋台の下流側背面の土砂が流出(その他の損傷状況参照)。

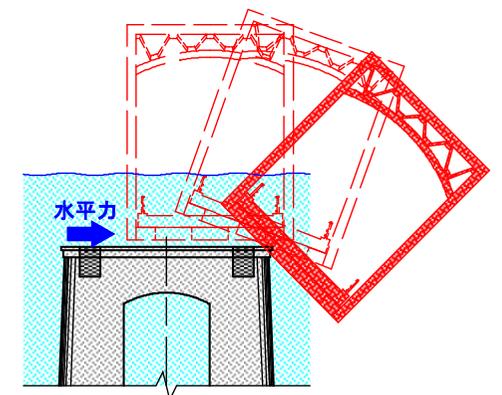


橋座部の欠け
支承アンカーボルトの破断と下流側への変形

橋座部の欠け
支承の下沓損傷



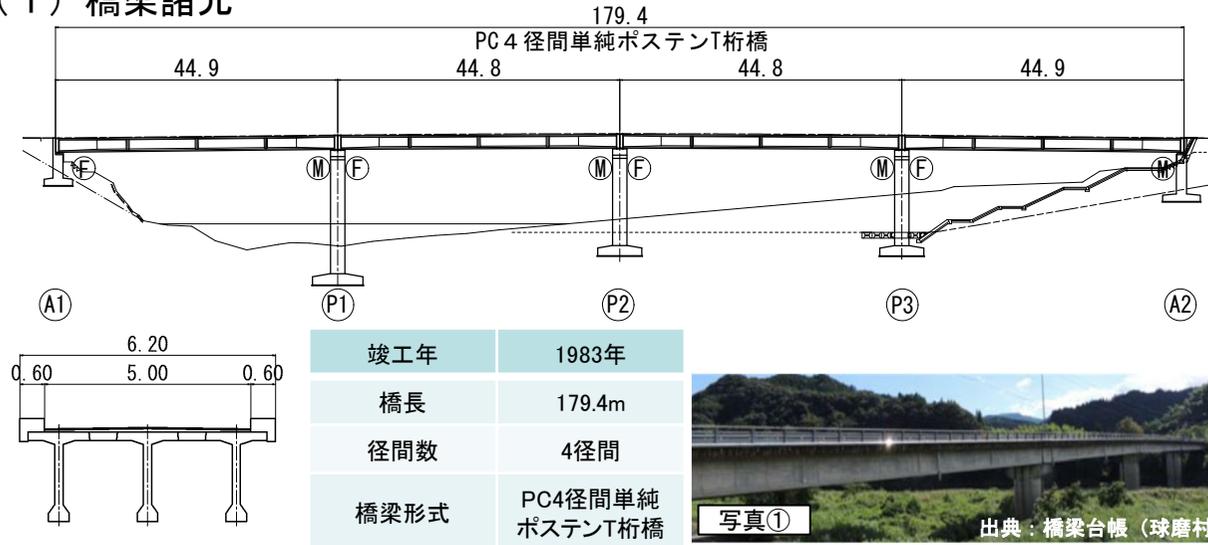
図②「上部構造P1～P2間トラス桁の流失イメージ図(P2橋脚上)」



図③「上部構造P2～A2間トラス桁の流失イメージ図(P2橋脚上)」

1. 被災橋の基本情報(沖鶴橋)

(1) 橋梁諸元



全景写真

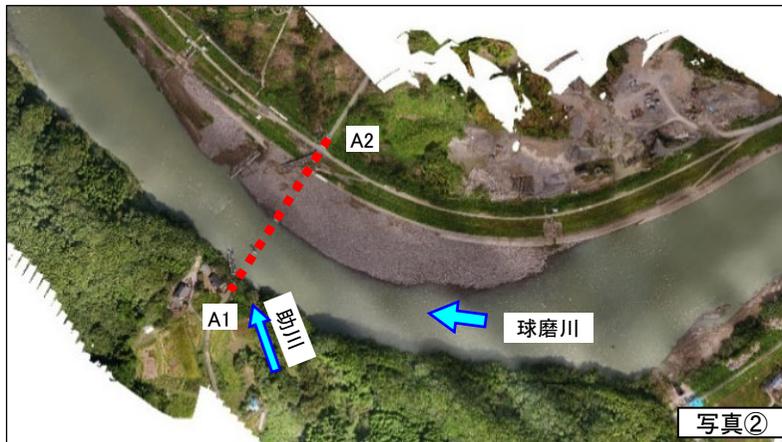
(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

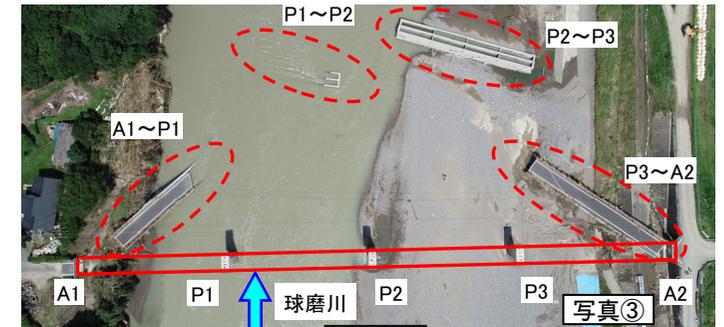
(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間の下流に位置し上流側に支川が合流している。A1橋台側に流心があり、A2橋台側に砂州が形成されている（写真②）。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



全体写真

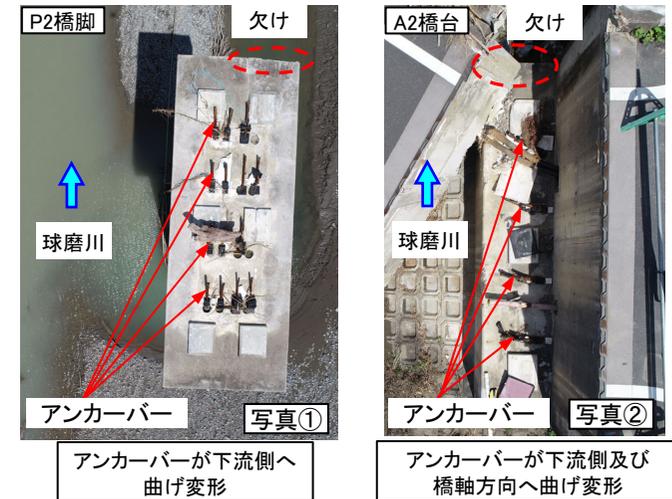
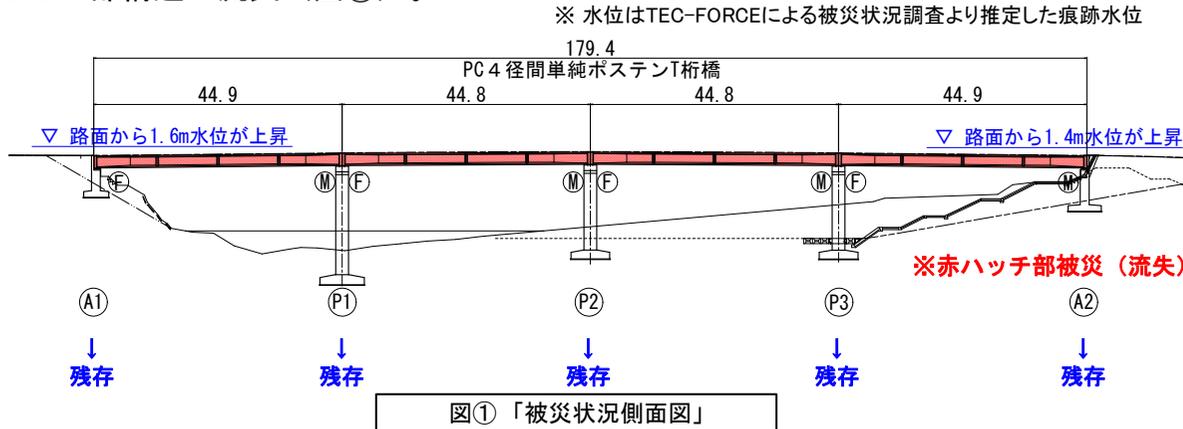


全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(沖鶴橋)

(1) 被災状況

- ・ 全ての上部構造が流失 (図①)。



- ①水位上昇
- ②上向き鉛直力により上部構造が浮き上がる

(2) 主な損傷状況

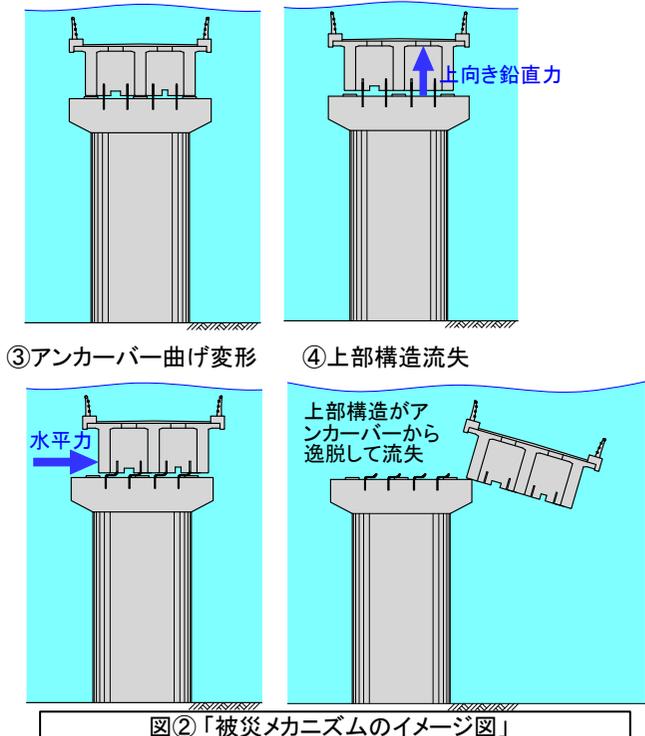
- ・ 下部構造は橋座部の下流側端部に欠けが発生 (写真①、②)。
- ・ 橋脚上のアンカーバーが下流側へ曲げ変形 (写真①)。
- ・ 橋台上的アンカーバーが下流側及び橋軸方向へ曲げ変形 (写真②)。
- ・ P3橋脚にはひび割れが発生し下流側へ傾斜 (その他の損傷状況参照)。

(3) 被災原因

- 損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。
- ・ 被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
 - ・ 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。

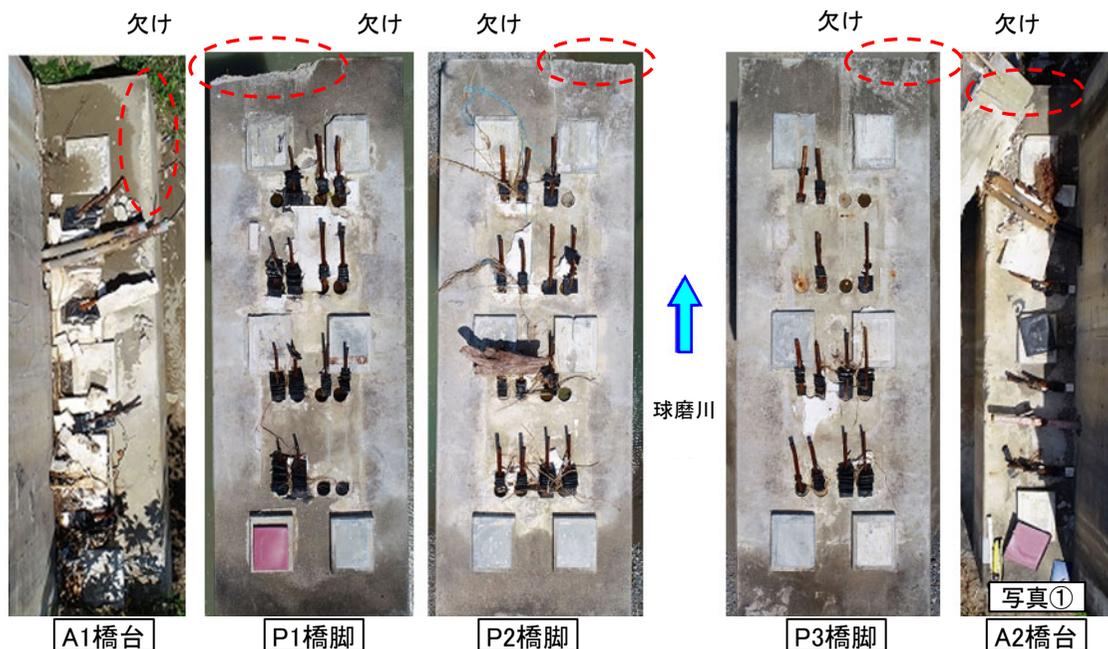
(4) 被災メカニズム

- 本橋における被災メカニズムを以下に整理する (図②)。
- ・ 路面を超える水位上昇による上向き鉛直力により上部構造が浮き上がり、水平力が作用することで下流側へ移動し、上部構造がアンカーバーから逸脱して流失したと推定される。



1. その他の損傷状況(沖鶴橋)

(1) アンカーバー損傷状況



橋台上のアンカーバーが下流側及び橋軸方向、橋脚上のアンカーバーが下流側へ曲げ変形



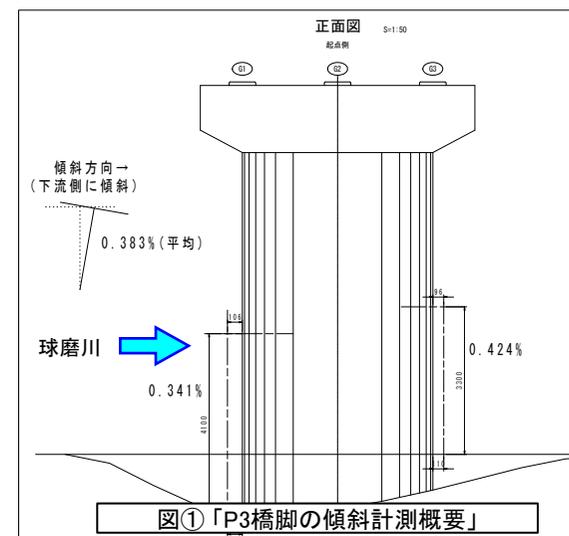
A2橋台上のアンカーバー



P2橋脚上のアンカーバー

(2) P3橋脚損傷状況

- ・P3橋脚基部に上流側から斜め下方に伸びる最大60mmのひび割れ。
 躯体は下流側へ0.383%傾斜(図①、写真④)。



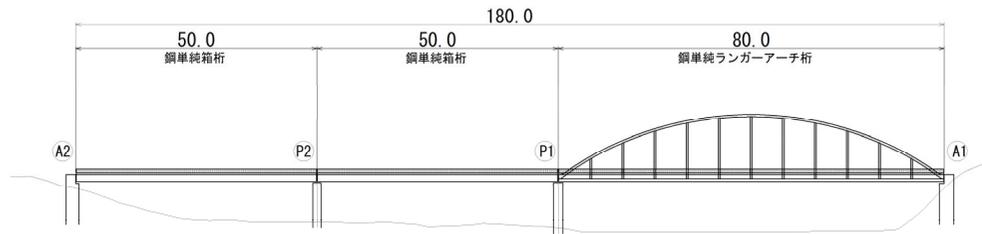
P3橋脚躯体が下流側へ0.383%傾斜



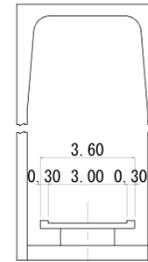
P3橋脚基部のひび割れ状況(最大60mm)

1. 被災橋の基本情報(天狗橋)

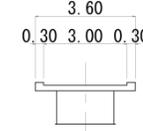
(1) 橋梁諸元



A1-P1径間



P1-P2・P2-A2径間



(2) 架橋位置図



国土地理院地図をもとに九州地方整備局作成

竣工年	1967年
橋長	180.0m
径間数	3径間
橋梁形式	鋼単純ランガーアーチ橋+鋼単純箱桁(2連)橋

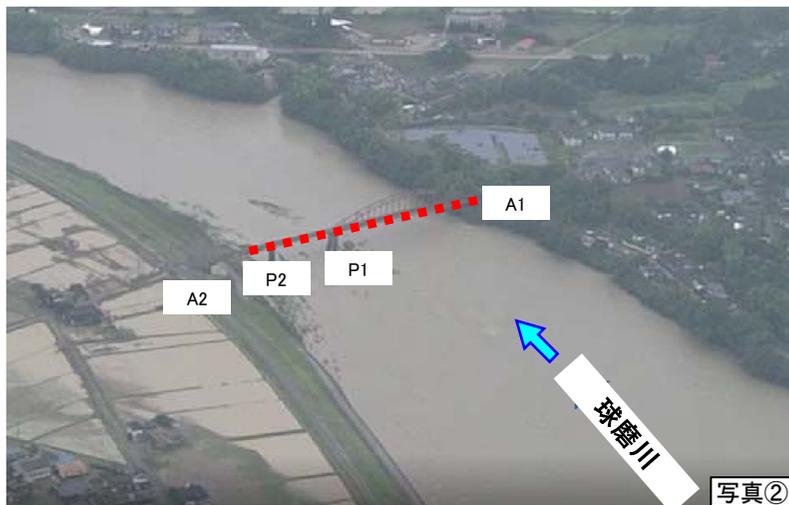


全景写真

出典：橋梁台帳（人吉市）

(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間に位置する。A1橋台側に流心があり、A2橋台側に砂州が形成されている（写真②）。



架橋位置付近の河川状況 令和2年撮影

(4) 被災写真



全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(天狗橋)

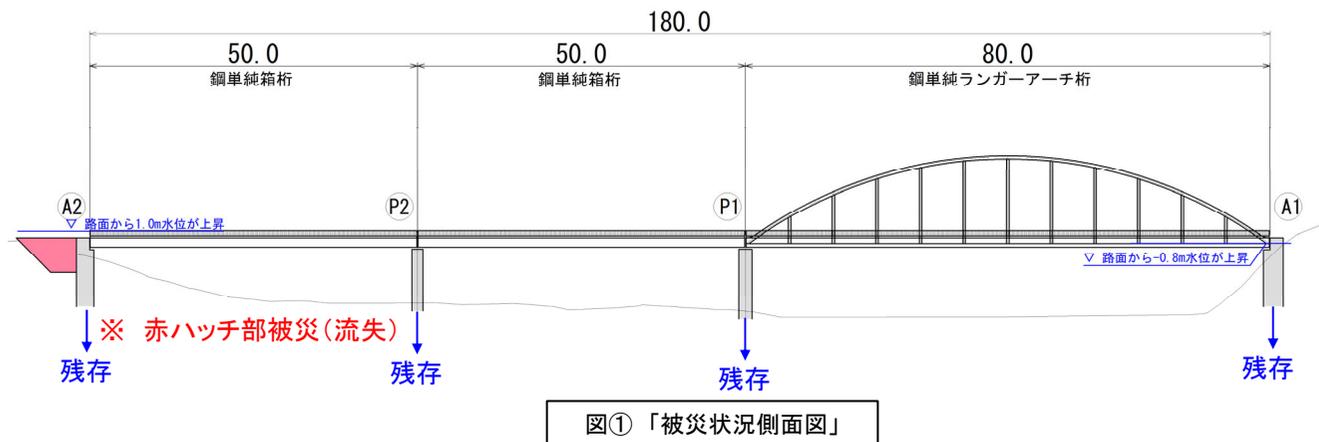
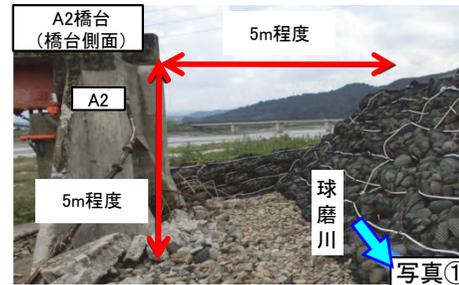
(1) 被災状況

- ・ 橋梁の上下部構造は全て残存。

(2) 主な損傷状況

- ・ A2橋台背面アプローチ部が流出（写真①）。

※ 水位は、TEC-FORCEによる被災状況調査より推定した痕跡水位



(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ・ 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力がA2橋台背面アプローチ部のブロック積盛土構造に作用したこと（写真①～③）。

(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- ・ 路面を超える水位上昇がA2橋台側で発生し、水平力によりA2橋台背面アプローチ部のブロック積盛土構造が流出したと推定される（写真①～③）。
- ・ 水平力により一部支承部に沓座モルタル欠損や支承アンカーボルトの変形が確認できるが、流失するほどの大きな損傷までには至らなかったと推定される（写真④）。



1. その他の損傷状況(天狗橋)

(1) 下部構造、支承、橋座部の損傷状況



一部支承部にて、沓座モルタル欠損や支承アンカーボルトが変形



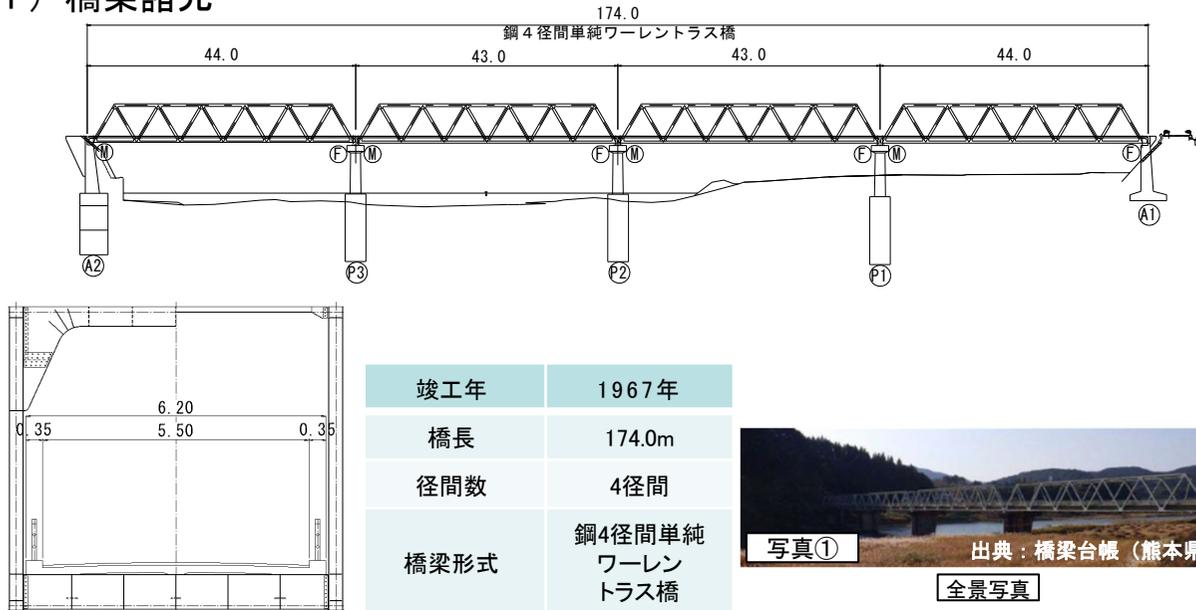
A2橋台袖擁壁にてひび割れ(約10mm程度)



A2橋台前面護岸の流出

1. 被災橋の基本情報(西瀬橋)

(1) 橋梁諸元

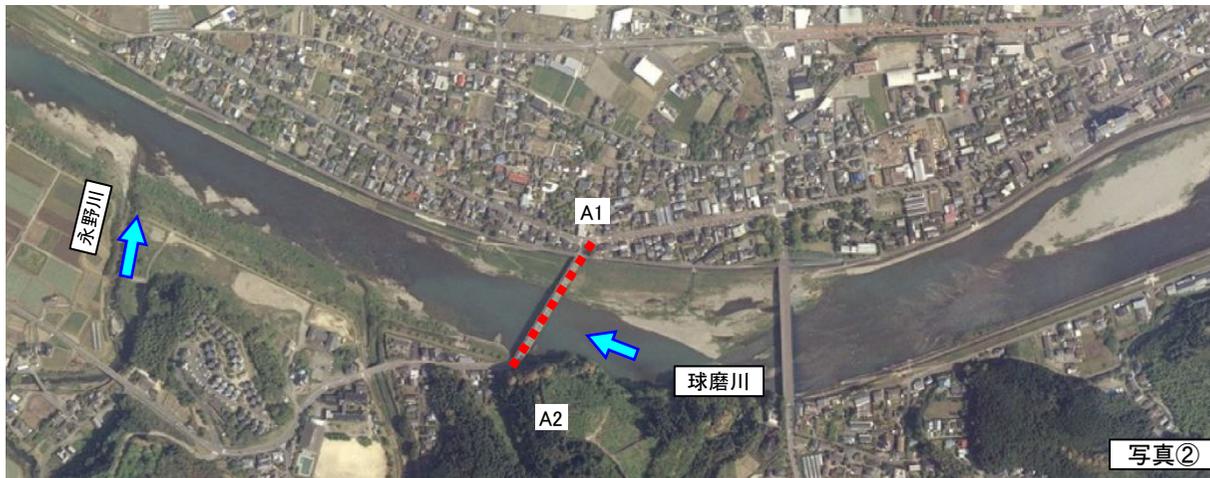


(2) 架橋位置図



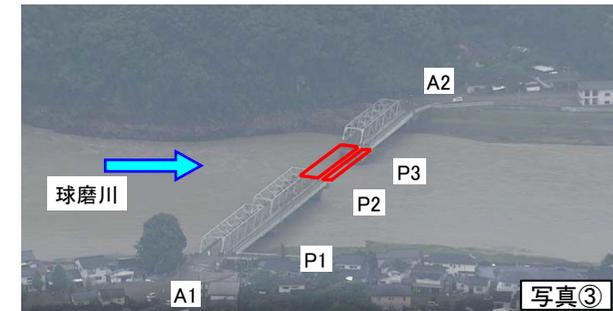
(3) 河川状況

- 架橋位置は球磨川の曲線区間に位置する。A2橋台側に流心があり、A1橋台側に砂州が形成されている（写真②）。

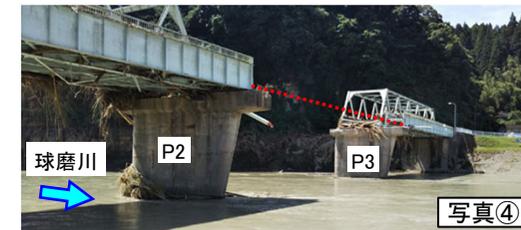


架橋位置付近の河川状況 令和元年撮影

(4) 被災写真



全体写真

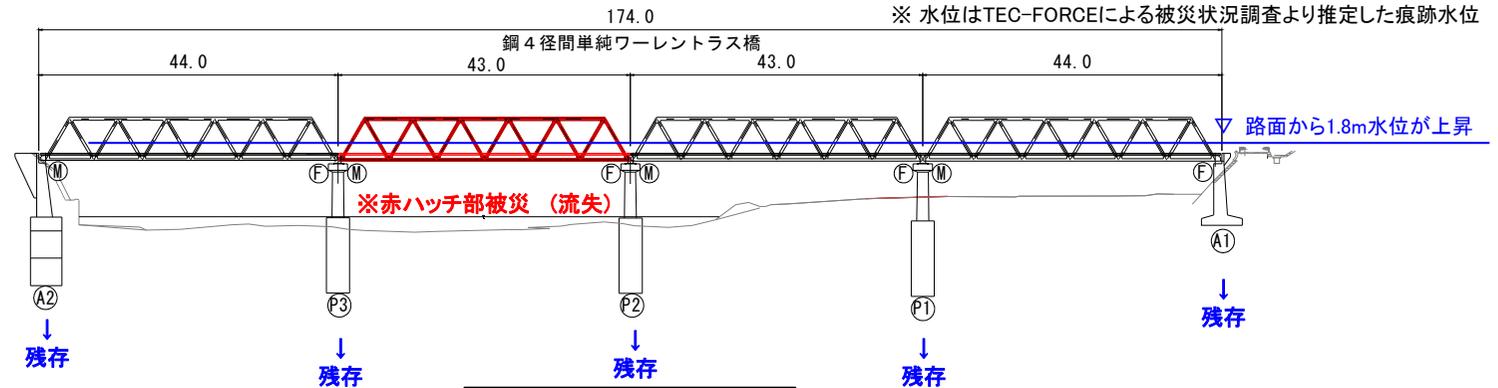


全景写真

1. 損傷状況・被災原因・被災メカニズム(西瀬橋)

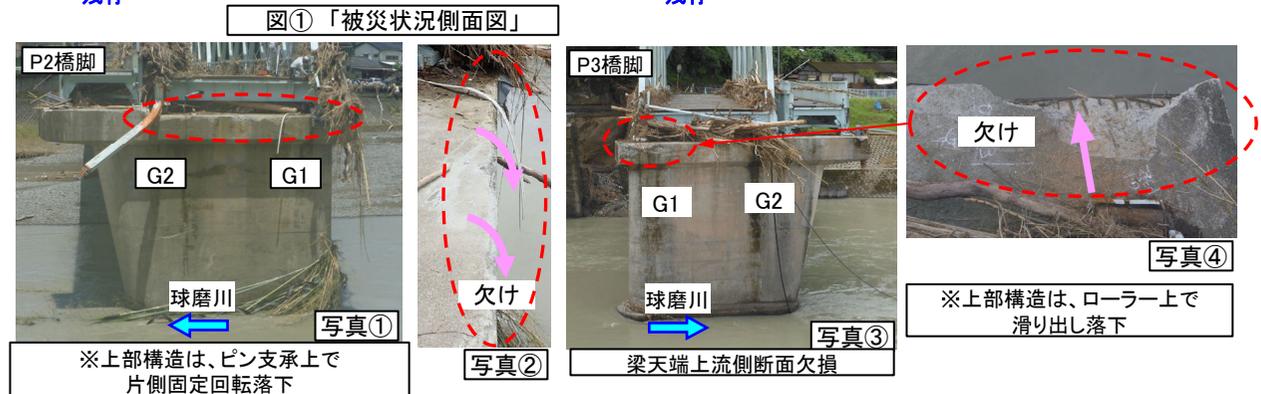
(1) 被災状況

- ・ 上部構造P2～P3間が流失 (図①)。



(2) 主な損傷状況

- ・ P2、P3橋脚の橋座部に欠けが発生 (写真①～④)。
- ・ P2橋脚の支承は上流側が流失 (写真⑥)、下流側は支承とトラスの下弦材は一部残存 (写真①)。
- ・ P3橋脚のピン支承は下側のローラー部を残し、流失 (写真⑤)。



(3) 被災原因

損傷状況より、本橋における被災原因は以下が推定される。

- ・ 周辺の痕跡より、被災時の水位は、路面より上まで上昇しており、大きな流体力が上下部構造に作用したこと。
- ・ P2～P3間は流心部であり、相対的に流速が速い箇所であったこと。
- ・ 支承部に耐荷力を超過する力が作用したこと。



(4) 被災メカニズム

本橋における被災メカニズムを以下に整理する。

- ・ 上部構造P2～P3間に水平力が作用し、P2橋脚上流側支承部及びP3橋脚支承部が損傷して流失したと推定される。
- ・ 上部構造に水平力が作用し、下流側に変形した状態でP2橋脚上流側支承部及びP3橋脚上下流側支承部が損傷後、上部構造支座位が橋脚前面に落下し、最後にP2橋脚下流側支座位付近の下弦材が破断して流失したと推定される。

1. その他の損傷状況(西瀬橋)

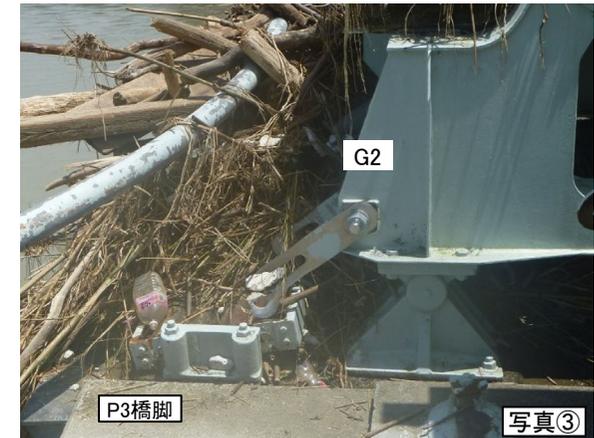
(1) 支承損傷状況



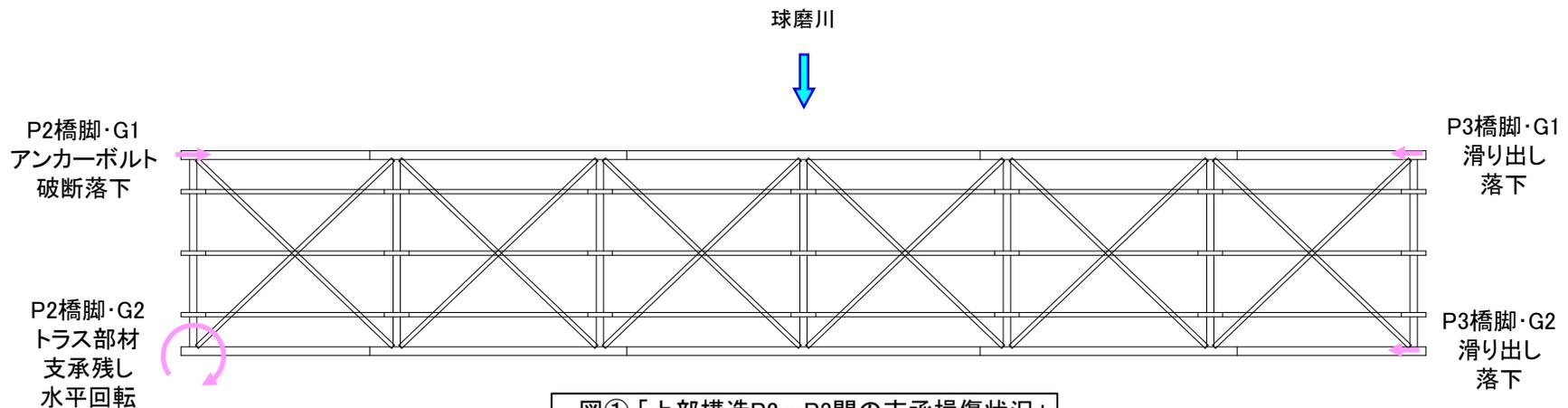
P2橋脚下流側G2ピン支承は残存している(写真①)。



P3橋脚ピン支承は、G1、G2共にローラー上の上沓が無くなっている(写真②、③)。



写真③



1. 被災原因とりまとめ

橋梁名		推定される被災原因			
		下部構造の耐荷力を超過する力が作用	基礎構造の耐荷力を超過する力が作用	上下部接続構造の耐荷力を超過する力が作用	その他
1	深水橋	○		○	
2	坂本橋	○		○	
3	鎌瀬橋			○	
4	神瀬橋		○	○	
5	大瀬橋			○	
6	松本橋			○	
7	相良橋			○	
8	沖鶴橋			○	
9	天狗橋				橋台背面耐荷力不足
10	西瀬橋			○	

損傷状況や現地状況から、河川水位上昇により大きな流体力が橋梁に作用して被災したと考えられる。

2. 復旧コンセプト及び今後の橋梁計画

2. 復旧コンセプト及び今後の橋梁計画

球磨川橋梁復旧
全体コンセプト

球磨川橋梁復旧の全体コンセプトとして、『創造的復興』を掲げる。

- ・創造的復興とは、熊本県が掲げる「令和2年7月豪雨からの復旧・復興プラン」で示された【復旧・復興の3原則】より引用したもので、単に元に戻すだけでなく、再度災害防止の観点を踏まえつつ、発展性のある復旧・復興を目指す。



全体コンセプト「創造的復興」、熊本県や流域自治体の橋梁復旧に関する意見をもとに、4つのコンセプトと橋梁計画における着眼点（意見）を設定

球磨川橋梁復旧コンセプト	橋梁計画における着眼点（意見）
1. 災害に強い社会インフラ整備	1. 災害に強い橋梁 2. 安全な桁下高などを確保した橋梁
2. 1日も早い復旧・復興	1. 住民の生活再建に向けた1日も早い復旧 2. 地元車両や通学児童などに影響が少ない工事の実施
3. 地域の魅力向上と誇りの回復	1. 球磨川の自然と歴史に調和した橋梁の再生 2. 復興のシンボルとして景観に配慮した橋梁 3. 既存観光資源や自然環境保全への配慮
4. 持続可能な地域社会の実現	1. 安全・快適に利用できる道路構造 2. 国道等からのアクセス性向上 3. 供用後の維持管理負担低減

被災原因、橋梁計画における着眼点（意見）、復興まちづくり、球磨川流域治水対策及び流域自治体の意見等を踏まえ、復旧橋梁の架橋位置や橋梁形式について検討を進めるものとする。