

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1202

March 2022

## 道路橋の洗掘による被災リスク要因に関する研究 —被災事例の統計分析等による検討及び 令和3年（2021年）の豪雨災害調査—

七澤利明・宮原史・藤田智弘・佐々木惇郎・山田薫・島田裕貴

Study on risk factors of scour damage to road bridges  
- Review of damage cases through statistical analysis, etc and Survey on the 2021 heavy rain disasters -

NANAZAWA Toshiaki, MIYAHARA Fumi, FUJITA Tomohiro,  
SASAKI Atsuo, YAMADA Kaoru, SHIMADA Hiroki

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



道路橋の洗掘による被災リスク要因に関する研究  
—被災事例の統計分析等による検討及び  
令和3年（2021年）の豪雨災害調査—

七澤 利明 \*

宮原 史 \*\*

藤田 智弘 \*\*\*

佐々木 惇郎 \*\*\*\*

山田 薫 \*\*\*\*\*

島田 裕貴 \*\*\*\*\*

概要

豪雨災害が激甚化・頻発化する中で、災害に強い道路ネットワークを構築するためには、被災が生じやすい橋梁を見つけ出し、優先順位をつけて対策を実施していくことが求められる。本資料は、近年洗掘により被災が生じた道路橋と生じなかった道路橋に関するデータを基にした線形判別分析を行い、分析結果から得られた定量的な洗掘被災リスク要因と被災事例の個別検証に基づく定性的な洗掘被災リスク要因の2つの視点から、道路橋において洗掘による被災リスクが高くなる条件について検討したものである。令和3年の洗掘被災事例に関しては、現地調査結果とともに分析結果を示している。

キーワード：洗掘、道路橋、線形判別分析、洗掘被災リスク

- 
- \* 構造・基礎研究室 室長
  - \*\* 構造・基礎研究室 主任研究官
  - \*\*\* 元構造・基礎研究室 主任研究官  
現在：国立研究開発法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター主任研究員
  - \*\*\*\* 元構造・基礎研究室 研究官  
現在：四国地方整備局 徳島河川国道事務所 計画課 計画第一係長
  - \*\*\*\*\* 構造・基礎研究室 研究員
  - \*\*\*\*\* 構造・基礎研究室 交流研究員

Study on risk factors of scour damage to road bridges

- Review of damage cases through statistical analysis, etc and Survey on the 2021 heavy rain disasters -

NANAZAWA Toshiaki	*
MIYAHARA Fumi	**
FUJITA Tomohiro	***
SASAKI Atsuo	****
YAMADA Kaoru	*****
SHIMADA Hiroki	*****

Synopsis

As heavy rains become more severe and frequent, it is necessary to identify bridges that are prone to damage and prioritize the implementation of countermeasures in order to build a disaster-resistant road network.

In this report, a linear discriminant analysis is performed based on the data of road bridges that have been damaged by scouring in recent years and those have not. Then, the conditions that increase the risk of scour damage to road bridges were examined from two viewpoints: quantitative scour risk factors based on the analysis results and qualitative scour risk factors based on individual verification of damage cases. As for the cases of scour damage in 2021, the results of the analysis are presented together with the results of the field survey.

Key Words : scouring, road bridge, linear discriminant analysis, risk of scour damage

- 
- \* Head, Foundation, Tunnel and Substructures Division, Road Structures Department, NILIM
  - \*\* Senior Researcher, Foundation, Tunnel and Substructures Division, NILIM
  - \*\*\* Former Senior Researcher, Foundation, Tunnel and Substructures Division, NILIM  
(Senior Researcher, Center for Advanced Engineering Structural Assessment and Research, PWRI)
  - \*\*\*\* Former Researcher, Foundation, Tunnel and Substructures Division, NILIM  
(Chief of Planning Section 1, Planning Division, Tokushima Office of Rivers and National Highways, Shikoku Regional Development Bureau)
  - \*\*\*\*\* Research Engineer, Foundation, Tunnel and Substructures Division, NILIM
  - \*\*\*\*\* Guest Research Engineer, Foundation, Tunnel and Substructures Division, NILIM



## 目次

1. はじめに	1
1.1 本研究の背景	1
1.1.1 洗掘予測や洗掘判定に関する既往の研究	1
1.2 本研究の目的	12
1.3 研究方法	12
1.3.1 定量的洗掘被災リスク要因を変数とした判定手法	12
1.3.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証	13
1.3.3 令和3年の被災事例を対象とした洗掘被災リスク要因の分析	13
2. 橋梁データの整理	14
2.1 被災あり橋梁及び被災なし橋梁データの収集	14
2.2 橋梁データベース作成	14
3. 線形判別分析による定量的な洗掘被災リスク要因の分析	17
3.1 線形判別分析の前提条件	17
3.2 全橋梁データを用いた分析	19
3.2.1 全説明変数を対象としたケース（ケース1）	19
3.2.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース2）	23
3.3 橋脚がある橋梁データを用いた分析	25
3.3.1 全説明変数を対象としたケース（ケース3）	25
3.3.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース4）	28
3.4 橋台のみの橋梁（橋脚がない橋梁）データを用いた分析	30
3.4.1 全説明変数を対象としたケース（ケース5）	30
3.4.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース6）	32
3.5 線形判別分析による洗掘被災リスク要因の分析結果のまとめ	34
4. 被災事例の個別検証による定性的な洗掘被災リスク要因の分析	37
5. 令和3年の被災事例を対象とした洗掘被災リスク要因の分析	78
5.1 令和3年の被災事例に関する現地調査	78
5.1.1 川島大橋	78
5.1.2 黄瀬川大橋	84
5.1.3 新大田切橋	93
5.2 洗掘被災リスク要因の分析	98
5.2.1 川島大橋	98
5.2.1.1 線形判別分析式による判別	98
5.2.1.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証	99
5.2.2 黄瀬川大橋	100
5.2.2.1 線形判別分析式による判別	100
5.2.2.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証	101

5.2.3	新大田切橋	102
5.2.3.1	線形判別分析式による判別	102
5.2.3.2	定性的洗掘被災リスク要因の個別検証	103
5.3	令和3年の被災事例分析結果のまとめ	104
6.	まとめ（洗掘被災リスクが高い条件の提示と今後の課題）	105
	参考文献	108
	謝辞	110
	巻末資料1 構造諸元や河川特性と被災割合の分析	113
	巻末資料2 橋梁データベース	117

## 1. はじめに

### 1.1 本研究の背景

西日本に多くの被害を出した平成 30 年 7 月豪雨や関東甲信越地方、東北地方を襲った令和元年東日本台風、九州地方を中心に被害をもたらした令和 2 年 7 月豪雨など、近年、豪雨災害は毎年のように日本全国にわたって発生している。道路ネットワークに影響を及ぼす甚大な被害も多く生じており、例えば令和元年東日本台風では、国道 20 号法雲寺橋において洗掘が原因と考えられる橋脚の沈下が生じ、約 1 ヶ月半にわたり、通行止めの措置がとられた（写真 1-1）。令和 3 年においても、5 月～8 月に本資料に示す 3 橋梁などで橋脚の沈下などの被害が生じている。

豪雨災害が激甚化・頻発化する中で、災害に強い道路ネットワークを構築するために、被災が生じやすい橋梁を見つけ出し、優先順位をつけて対策を実施していくことが求められる。

道路橋では、5 年に 1 回の定期点検が行われている。定期点検は、橋梁各部材の状態を把握し、健全性を診断するために行われる。平成 31 年の道路橋定期点検要領の改訂



写真 1-1 法雲寺橋の被害

においては「水中部の状態把握に関する参考資料」が作成され、橋梁基礎の洗掘に対する状態把握の留意点などが示された。一方で、点検時には健全性が保たれていても、突発的な豪雨などで急激に進行することも多い橋梁基礎の洗掘に対して、豪雨などによる被災リスクを低減するためには、構造条件や周辺環境条件から被災リスクの高さを評価し、事前対策の必要性を判定する手法が必要である。

その他、災害が発生するおそれのある箇所に対しては道路防災点検により状態把握が行われている。道路防災点検は、河川を渡河する橋梁基礎の洗掘に対する対策の必要性を評価するために行われる。この点検では、安定度調査表を用いて河川を渡河する橋梁基礎の洗掘に対する対策の必要性が評価される。しかしながら、対策の必要性を判定する総合評価は判定基準が明確ではなく、また、各項目における配点の根拠は必ずしも明確ではない（1.1.1 ②で後述）。

これらの状況を鑑みると、過去の被災実績などの根拠データに基づき、洗掘による被災リスク（以降、「洗掘被災リスク」）の高さを評価する手法を確立することは、対策実施のための優先順位づけを行ううえで有用である。

#### 1.1.1 洗掘予測や洗掘判定に関する既往の研究

##### ① 橋脚周りの局所洗掘深推定式<sup>1)</sup>

道路橋における橋脚周りの洗掘深の算定には、建設省土木研究所の推定式（以降、「土研式」）を用いることが一般的となっている。式(1-1)に河川を横過する橋梁に関する計画の手引き（案）<sup>1)</sup>に記されている土研式を、図 1-1 に洗掘深算定フローを示す。

$$\frac{Z}{D} = f \left\{ \frac{h_0}{D}, \frac{h_0}{d_m}, F_r \right\} \quad (1-1)$$

ここで、 $Z/D$ ：無次元洗掘深、 $h_0$ ：平均水深(m)、 $D$ ：橋脚幅(m)、 $d_m$ ：河床材料の平均粒径(mm)、 $F_r$ ：フルード数である。フルード数 $F_r$ の算定式を式(1-2)に示す。

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (1-2)$$

ここで、 $v$ ：流速(m/s)、 $g$ ：重力加速度(m/s<sup>2</sup>)、 $h$ ：水深(m)である。

土研式では、図 1-1 に示すフローに従い、洗掘深 $Z$ を求める。洗掘深 $Z$ を求める時の $Z/D$ 、修正係数 $K_\alpha$ 、修正係数 $K_d$ については、手引き ④に併記されている参考図（図 1-2～図 1-4）により求めることができる。この土研式を応用することで、湾曲部に橋脚が位置する場合や砂州により水衝部となっている場合の橋脚周りの局所洗掘深を予測することも可能である ②)。

ただし、この土研式を用いる場合、河床材料の平均粒径 $d_m$ を求める必要がある。粒径を求める場合、現地で試料を採取して粒度試験を行う必要があり、このパラメータを求めるには一定の時間と手間を要する。平均水深 $h_0$ やフルード数 $F_r$ についても、水深や流速を求める場合には、既往の計測データから算出するか、既往の計測データがない場合には計測する必要があり、これらのパラメータを求めるにも一定の時間と手間を要する。また、平均粒径や平均水深、流速は着目する横断面により変化すると考えられるが、土研式を用いるうえでの横断面の位置や平均をとる範囲については、手引き ④では明確に定められていない。

また、この土研式は対象橋脚の洗掘深（洗掘量）を算定するものである。しかしながら、洗掘深が同じであっても、竣工年によって異なる適用基準や経年による河床低下の進行などによって洗掘被災リスクは異なり得る。洗掘被災リスクを評価するにあたっては、各橋梁によって異なる条件や状態も考慮するのが望ましいと考えられる。

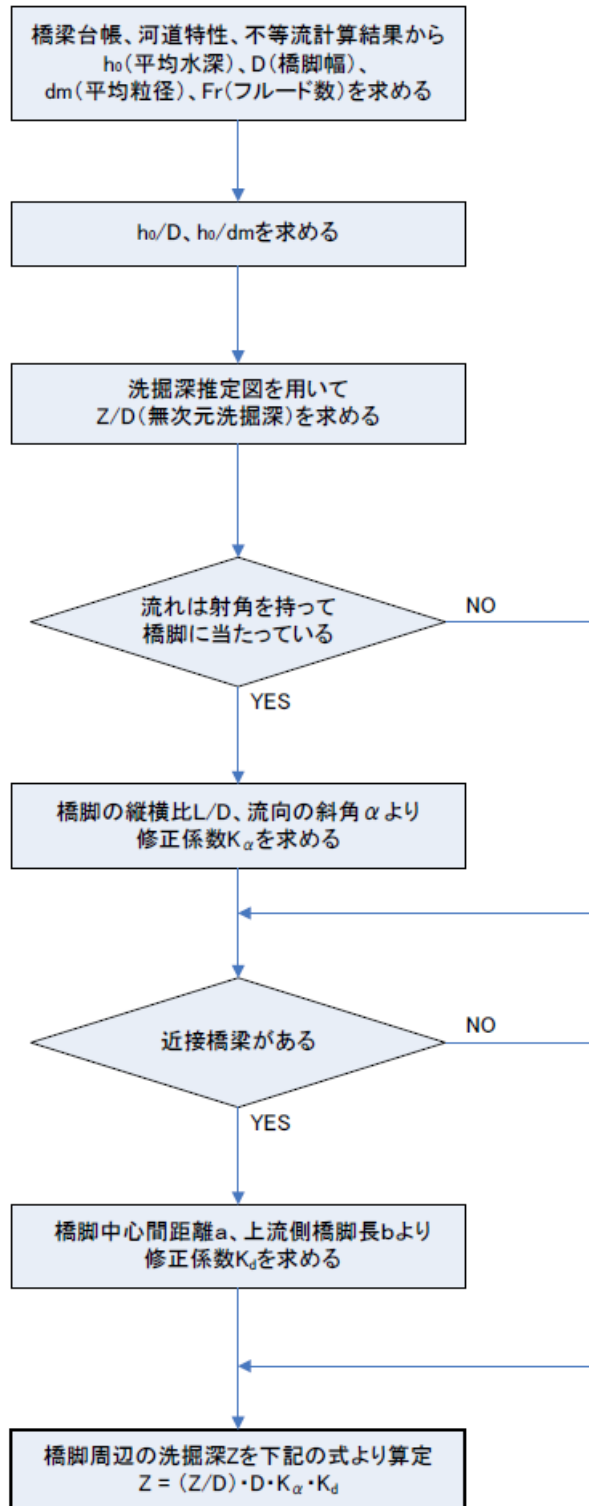
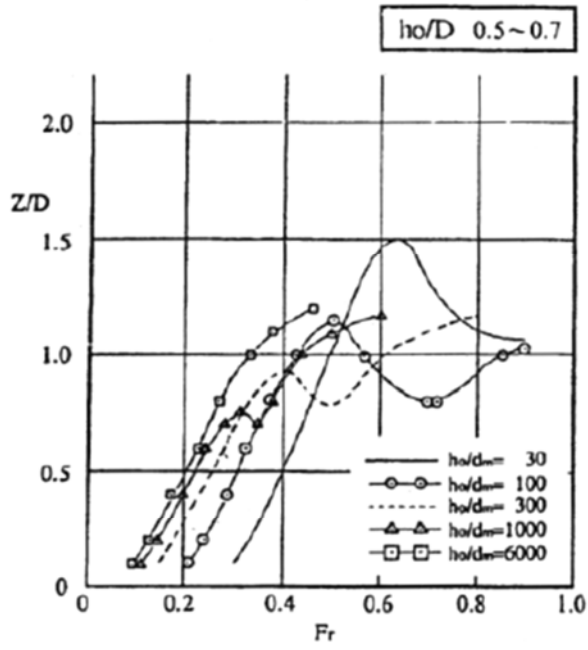
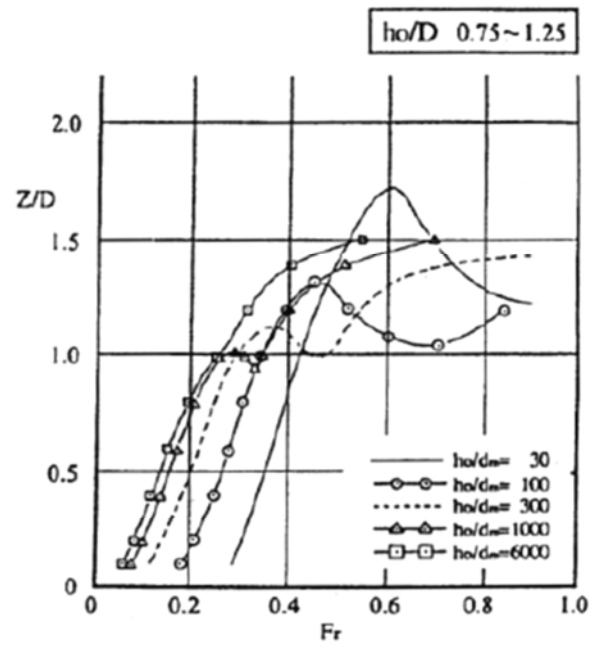


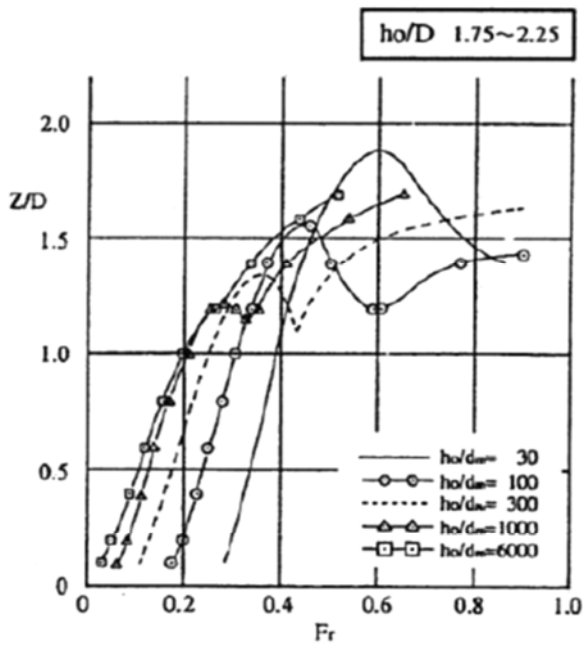
図 1-1 洗掘深算定フロー<sup>1)</sup>



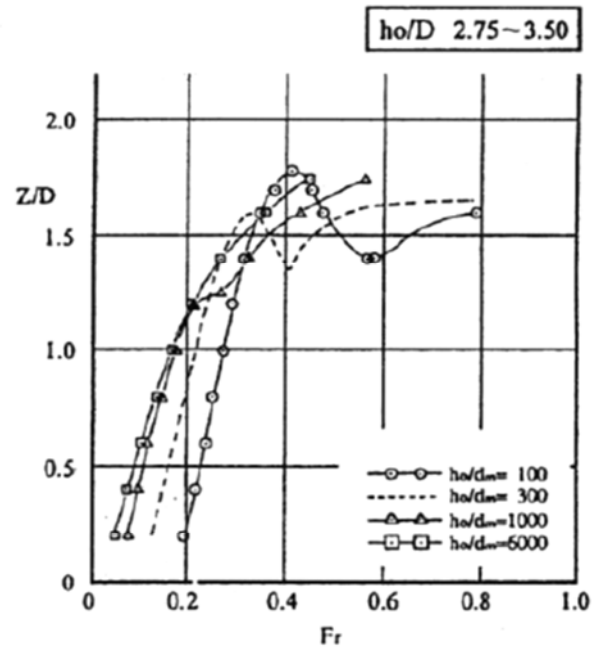
Fr~Z/D と  $h_0/d_m$  の関係  
( $h_0/D=0.5\sim0.7$ )



Fr~Z/D と  $h_0/d_m$  の関係  
( $h_0/D=0.75\sim1.25$ )



Fr~Z/D と  $h_0/d_m$  の関係  
( $h_0/D=1.75\sim2.25$ )



Fr~Z/D と  $h_0/d_m$  の関係  
( $h_0/D=2.75\sim3.50$ )

図 1-2 洗掘深推定図<sup>1)</sup>

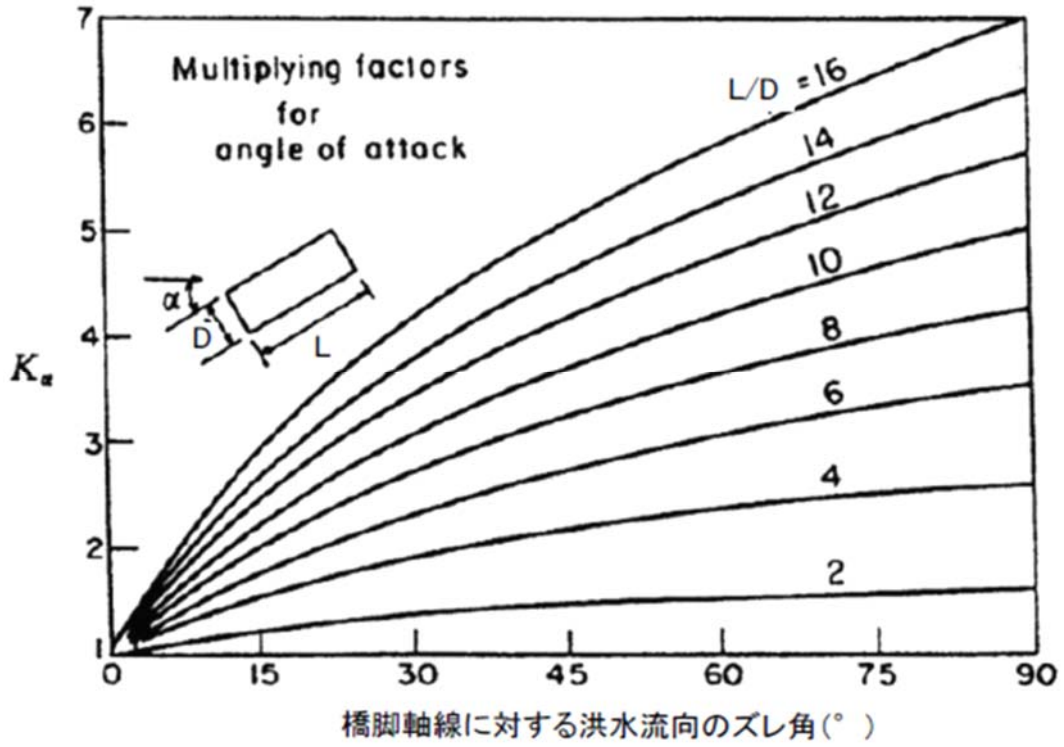


図 1-3 流れの向きによる修正係数  $K_\alpha$ <sup>1)</sup>

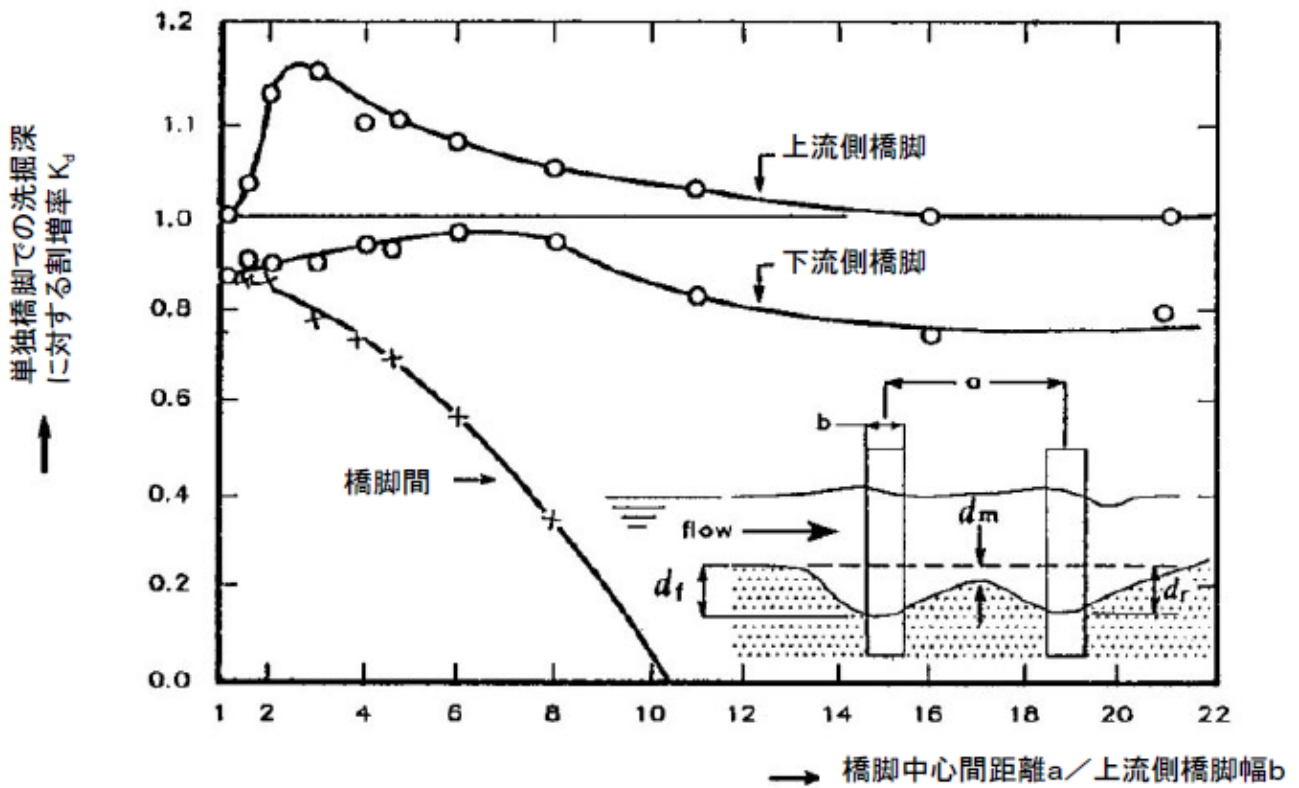


図 1-4 近接橋脚による修正係数  $K_d$ <sup>1)</sup>

② 安定度調査表（道路防災点検）<sup>3)</sup>

1.1 で述べた道路防災点検では、安定度調査表（図 1-5）により、河川を渡河する橋梁基礎の洗掘に対する対策の必要性が構造諸元や河川特性、現地の変状から評価される。しかしながら、1.1 に述べたように、対策の必要性を判定する総合評価（図 1-5 右下）には、例えば「○点以上～△点未満の場合」のように閾値による区分などがされておらず、判定基準は明確ではない。既往の研究<sup>4)</sup>では、各項目における配点に対して感度分析を行い、カテゴリースコア（スコアが+側に大きくなると洗掘被災が発生する可能性が高くなることを表す）を示しているが（図 1-6）、スコアの値が被災メカニズムと相反していると考えられる項目もある（図 1-6 赤枠）。例えば、「橋脚対策工」では、「あり」の場合には洗掘被災は発生しにくいと考えられるが、スコアの値は+側に大きくなっており、洗掘被災が発生しやすいこととなる。このような被災メカニズムと相反していると考えられる項目についての考察はなされていないことから、各項目の配点の根拠は必ずしも明確ではないと考える。なお、既往の研究<sup>4)</sup>は、平成 8 年度に定められた安定度調査表に対するものであるが、現在用いられている安定度調査表<sup>3)</sup>の内容は平成 8 年度から変更されていない。

[河床・護岸の安定性]  
(橋台・橋脚共通事項)(A)

項目	要 因	評点区分	配点	評点	
河道の特性と橋梁の構造	河床勾配(急流河川である)	1/100以上	15	0	
		1/100未満1/250以上	10		
		1/250未満	0		
	架橋位置(水衝部または深掘れ部に橋台・橋脚がある)	該当する	(20)	20	
		該当しない	0		
	架 設 年 代	昭和20年以降	10	5	
		昭和21年～46年 昭和47年以降	(5)		
最 小 径 間 長	10m以下	15	0		
	10m超20m以下 20m超	(0)			
河 積 阻 害 率	7%以上	15	5		
	5%以上7%未満	(5)			
	5%未満	0			
桁 下 高	30cm以下	10	0		
	30cm超60cm以下 60cm超	(0)			
災害発生頻度補正	発生頻度	点数(a)	小計	(A) (100~0)	
	橋梁近傍で平均して10年に1回以上災害が生じる	15点	(15)		
	当該河川で平均して5年に1回以上災害が生じる	10点	5		
	当該河川で平均して10年に1回以上災害が生じる	(5)点			
	上記以外の場合	0点		合計	35

(橋台[調査橋台:A1 ])(B)

項目	要 因	評点区分	配点	評点	
橋台に関する評価	橋脚と堤防のり先の離れ	5m以内	10	0	
		5m超10m未満	5		
		10m超	(0)		
	橋台の設置位置	橋台が河川内に突出している	15	0	
橋梁位置の川幅が上下流に比べて狭い		(10)			
洗掘に対する安定性(基礎の根入れ)	該当する	(10)	-10		
	該当しない	0			
橋台の全面・周辺の護岸	範囲・高さのいずれかが該当する	(-10)	-10		
	範囲または高さのいずれかが該当する	(-5)			
	該当しない	0		合計	(B) (25~-20)

[変状]  
(橋台[調査橋台:A1 ])(D)

項目	変 状	評点区分	配点	評 点
洗掘・変状	護岸の基礎の洗掘・変状	洗掘や変状が大きい	50	10
		洗掘や変状が見られるが小さい	30	
	変状なし	(10)		
	護岸の変状	大きな変状が認められる	50	
変状が見られるが小さい		(30)		
護岸と堤防との取付部の沈下・変状	沈下や空陥などの変状が大きい	50	10	
	沈下や空陥などの変状が小さい	30		
基礎形式	ケーソン基礎		80 (b)	80
		杭基礎	(80)	
	直接基礎		100	
		不明	100	
合 計				(D)=a×b÷100 (100~24)

(橋脚[調査橋脚:P1 ])(E)

項目	変 状	評点区分	基礎形式		小計
			浅い基礎・不明	深い基礎	
洗掘	基礎周辺河床の洗掘	洗掘なし	20	15	75
		わずかな洗掘	50	40	
		フーチングまたは頂版上面の露出	90	(75)	
		フーチング下面露出	100	90	
合 計					(E) (100~15)

[総合評価]

対 応	判 定
対策が必要と判断される。	
防災カルテを作成し対応する。	○
特に新たな対策を必要としない。	

図 1-5 安定度調査表（一部抜粋）<sup>3)</sup>



ケース	説明アイテム	カテゴリー区分	カテゴリースコア	平成8年度調査表の配点	カテゴリースコアグラフ
ケース1 「共通事項」	河床勾配	1/100以上	0.3250	15	
		1/100～1/250	-0.1795	10	
		1/250未満	-0.0335	0	
	橋梁位置	深掘、水衝部	0.5447	20	
		その他	-0.2013	0	
	完成年	S20未満	0.3241	10	
		S20～S40	1.1789	5	
		S40以降	-0.4658	0	
	最小径間長	10m未満	0.1884	15	
		10～20m	-0.3010	10	
		20m以上	0.1046	0	
	河積阻害率	5%未満	-0.3308	0	
		5～7%	-0.2724	5	
		7%以上	0.8367	15	
桁下余裕高	60cm未満	-0.3032	5		
	60cm以上	0.0379	0		
河川洪水	その他	-0.0252	0		
	5年に1回	0.0899	10		
	10年に1回	-0.0259	5		
ケース2 「橋台」	橋台位置	突出	1.2379	15	
		堤防内	-0.4928	0	
	橋台根入れ長	該当する	0.2942	-10	
		該当しない	-1.2838	0	
ケース3 「橋脚」	橋脚躯体形式	パイルベント	0.4339	15	
		その他	-0.0508	0	
	流心角度	70度未満	0.5833	15	
		70～80度	0.7505	10	
		80度以上	-0.1593	0	
	橋脚基礎形式	該当する	0.2176	-10	
		該当しない	-0.4925	0	
橋脚対策工	あり	1.5497	-10		
	なし	-0.5390	0		

・※「調査表と逆の傾向」とは、平成8年調査表の配点と逆の傾向であることを示し、想定される被災のメカニズムと対比すると不適当であることを意味する。

図 1-6 平成8年度安定度調査表に対する感度分析結果<sup>4)</sup>

③ 統計的手法による鉄道橋梁の増水時における被災注意橋脚抽出手法<sup>5)</sup>

鉄道橋梁では、河川の増水時に橋脚基礎周辺の河床が洗掘されて安定性が低下することにより生じる橋脚の傾斜や転倒などの災害から旅客及び列車の安全を確保するため、ソフト面の対策として、橋梁近傍における水位が特定の値に達した際に列車の運行を規制する運転規制が古くから行われている。

佐溝ら<sup>5)</sup>は、こうした措置を合理的かつ効果的に実施するために、日常の検査業務で得られるパラメータを基本とした判別分析により洗掘に伴う被災の可能性の有無を橋脚単位で判定する手法に加え、その手法で危険性が高い橋梁として抽出された橋梁を対象に、将来の河床低下量を橋梁単位で重回帰分析により定量的に予測して対策の優先度が高い橋梁を選定する手法を提案している。

判別分析による手法では、表 1-1 に示す(a)~(c)の 3 分類のパラメータ群が検討され、相関性が高いパラメータの除去が行われた結果、表 1-1 に網掛けで示す 9 つのパラメータが選定されている。

表 1-1 佐溝らが選定したパラメータ<sup>5)</sup>

分類	パラメータ
(a) 河川の地形 地質的な性状	川幅： $B$ (m)
	曲率： $1/r \times 1000$ (1/km)
	河道の交角： $\theta$ (°)
	流域の侵食速度： $E_v$ (mm/year)
(b) 河川工学的、 水理学的な性状	最大水深： $h_i$ (m)
	河床材料の平均粒径： $d_m$ (cm)
	粗度係数： $n$
(c) 洗掘と鉄道 橋梁の構造条件	植生の有無 $V_{eg}$
	橋脚幅： $D_i$ (m)
	分担障害率： $S_{oi} = D_i/L_i$
	流路内位置比： $P_{oi}$
	橋脚と水際線との距離： $ds_i$ (m)
	支間長： $L_i$ (m)

そして、9 つのパラメータについて、変数選択法の 1 つである増減法を用いて判別分析を行った結果、式(1-3)に示す判別式が得られている。

$$Z = 4.044V_{eg} + 2.437P_{oi} - 0.06d_m - 0.043ds_i + 1.295E_v + 0.176h_i + 0.410D_i - 3.742 \quad (1-3)$$

$Z$ は目的変数で「洗掘による被災歴の有無」を指し、 $Z > 0$  となった場合は「被災歴あり」、 $Z < 0$  となった場合は「被災歴なし」と判別される。この判別式の正答率は 80%以上を有することが確認されている。

重回帰分析による手法では、対象を橋梁単位としているため、表 1-1 に網掛けで示した 9 つのパラメータのうち、橋脚単体に関するパラメータである植生の有無 $V_{eg}$ 、流路内位置比 $P_{oi}$ 、橋脚と水際線の距離 $ds_i$ が除外された。6 つのパラメータに対して、増減法を用いて重回帰分析を行った結果、式(1-4)に示す予測式が得られている。

$$Y/Q \times 10^6 = -4.942(l/r \times 1000) - 1.684d_m + 23.032D_{imax} + 5.671h_{imax} - 73.14 \quad (1-4)$$

$Y/Q$  (1/m<sup>2</sup>)は目的変数で「任意期間における総流量あたりの河床低下量」を指し、任意期間の河床低下量 $Y$ (m)を任意期間における河川流量 $Q$ (m<sup>3</sup>)で除したものである。この予測式を用いた場合、実測値が予測値

を上回る確率（将来の河床低下量が過小に見積もられて危険側の評価となる確率）は4%となることが確認されている。

#### ④ 洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表<sup>6)</sup>と採点例<sup>7)</sup>

鉄道構造物等維持管理標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物）<sup>6)</sup>では、洗掘災害発生の危険性がある橋梁を全般検査（目視による検査）で効率的に抽出する手法として、洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表<sup>6)</sup>が示されている。この採点表は橋脚を有する橋梁のみが対象とされている。採点表では、洗掘現象に関係すると一般に言われている条件を3つに分類したうえで（表1-2）、過去の被災事例からみた特徴を基に洗掘への影響が大きいと考えられている要因が評価項目とされている。表1-3に採点表を示す。各項目の合計点が対象橋脚の評価点となり、評価点が110点を下回る場合には「より詳細な調査が必要と思われる橋梁（以降、「要注意橋脚）」とみなされる。点数欄に「◆」マークがついているものは、洗掘災害発生の危険性がある重要な項目であるため、1つでも該当すれば採点表の合計点にかかわらず、要注意橋脚とされる。また、「-」マークがついているものは特記事項で直接評価に加えないため点数は設定されていないが、調査しておくことが望ましいとされている。

さらに、鉄道河川橋りょうにおける基礎・抗土圧構造物の維持管理の手引き<sup>7)</sup>には、この採点表を活用するための参考資料として採点事例が示されている。採点事例の一部を図1-7に示す。

表1-2 採点表の評価項目<sup>6)</sup>

条 件	評 価 項 目
河川の環境条件	① 地形, ② 河川幅の狭窄, ③ 河床材料, ④ 全体河床の低下
橋梁（橋脚）の構造条件	⑤ 河川の湾曲に対する橋脚の位置, ⑥ 河川敷に対する橋脚の位置, ⑦ 下流方の落差, ⑧ 根入比, ⑨ 根入れ長の変化, ⑩ 基礎底面の岩着
防護条件	⑪ 防護工の有無, ⑫ 変状の程度, ⑬ 河床面と基礎底面との高低差, ⑭ 施工範囲

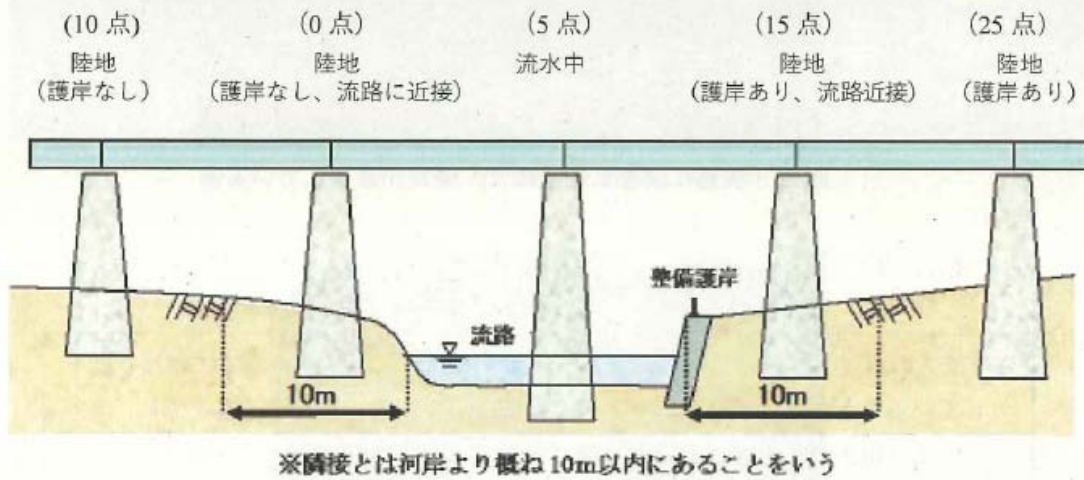
表 1-3 採点表<sup>6)</sup>

河川環境条件				河川環境条件				
評価項目	区分	点数	評価項目	区分	点数			
河川環境条件	地形	平野	10	なし	0			
		谷底平野	10		不明	0		
		扇状地	0	かご	変状あり	0		
		山間地	5		変状なし	5		
	無	15	変状不明		0			
	河川幅の狭窄	有	0	ブロック	変状	変状なし	20	
河床材料	砂	10	変状中・一部流出・乱積み			5		
	礫	0	変状大・流出			◆		
	露岩・巨礫	10	変状不明		0			
全体河床の低下	有	0	連結	連結	5			
橋梁（橋脚）の構造条件	河川の湾曲に対する橋脚の位置	直線および曲線内側	15	はかま	根入れ	河床>はかま上面	20	
		曲線外側	0			はかま下面<河床≤はかま上面	10	
	河川敷に対する橋脚の位置	流水中	5			変状	変状あり	◆
		陸地（護岸なし）	10	変状不明	0			
		陸地（護岸なし、流路に隣接）	0	張コンクリート	敷設範囲	周辺全面	40	
		陸地（護岸あり）	25			2D以上（D：橋脚く体幅）	20	
	陸地（護岸あり、流路に隣接）	15	2D未満（D：橋脚く体幅）	0				
	下流方落差	高さ	なし	20	シートパイル	根入れ	河床>基礎底面	20
			～1m	5			河床≤基礎底面	◆
			1m～2m	0	変状	変状あり	◆	
		2m～	◆	変状不明		0		
	変状	変状あり	◆	必ず調査する項目	下流方落差の構造形式	—		
	施工範囲	河川幅の一部のみ	◆		橋脚基礎の構造形式	—		
	根入比	直接基礎・杭基礎	付属図4.1による	特記事項	調査しておくことが望ましい項目	周辺で河川改修が行われているか	—	
		ケーソン基礎	1による			前回調査に比べ橋梁周辺の河川環境が変化しているか	—	
根入れ長の変化	前回調査に比べ1.5m以上の増減がある	◆	河川の流向と橋脚の向き			—		
	岩着ではない	0	河口閉塞の有無			—		
フーチング底面の岩着	岩着と思われる	15	被災歴の有無			—		
	岩着	30	隣接橋梁の有無			—		
			その他特有の条件			—		



②河川敷に対する橋脚の位置

- ・旧式河川橋梁では高水敷の橋脚において根入れを浅くしている事例がある。そのため、高水敷の流出や滯筋の変化により、急激に安定性を喪失する可能性があり、最も低い配点としている。
- ・10m 以上離れている流路に隣接しない橋脚においても、周辺に明瞭な新しい侵食痕や洗掘孔がみられる場合には陸地（護岸なし、流路に隣接）とする。



⑥フーチング底面の岩着

- 「岩着」:  
橋脚底面の全てが岩着しており、ボーリング等で確実に確認されたもの
- 「岩着と思われる」:  
図面等で明記されているが、ボーリング等で確認していないもの

・岩着と思われる（点数 15 点）



図 1-7 採点事例（一部抜粋）<sup>7)</sup>

## 1.2 本研究の目的

既往の研究では、河川を渡河する橋梁の局所洗掘深予測手法や鉄道橋梁における多変量解析法（統計的手法）を用いたある時点の洗掘発生危険性判定及び経時的な変化を考慮した洗掘被害の危険性評価手法の検討が行われている。また、1.1.1④の採点表では、鉄道橋梁に対して、主に定性的な構造諸元や河川特性を評価項目とした要注意橋脚の抽出手法が提案されている。

供用後の道路橋における洗掘対策の必要性評価は、1.1.1②に述べたように点数により評価を単純化する安定度調査表を用いた道路防災点検が主となっているが、判定の基準や根拠は必ずしも明確ではない。その一方で、現実には橋梁基礎の洗掘には構造条件や周辺環境条件が複雑に影響するため、理論的又は実験・解析的なアプローチは困難である。そのため、1.1.1③の鉄道橋における統計的手法のように、道路橋においても過去の洗掘被害の実態を基にした統計的手法により洗掘被災リスクを評価し、対策の必要性を判定することも有効な手法の1つであると考えた。

そこで、本研究では、過去の洗掘被害の実態を基に、各橋梁が有する洗掘に影響を及ぼすと考えられる要因のうち、定量的に表せる構造諸元や河川特性（以降、「定量的洗掘被災リスク要因」）を変数とした判定手法を検討する。その後、判定結果が非適合となった橋梁については、その要因を個別に検証し、非適合の要因となった洗掘に影響を及ぼすと考えられる定性的な構造諸元や河川特性（以降、「定性的洗掘被災リスク要因」）を明らかにする。令和3年に豪雨により洗掘被害が生じた3橋梁についても、現地調査の結果を示したうえで定量的及び定性的の2つの視点から洗掘被災リスク要因を分析する。最後に、定量的及び定性的洗掘被災リスク要因の2つの視点から、リスクが高い橋梁を優先的に対策していくため、洗掘被災リスクが高くなる条件、すなわち影響度が高い要因の組合せについて検討する。

## 1.3 研究方法

以下の3つの方法により検討する。

### 1.3.1 定量的洗掘被災リスク要因を変数とした判定手法

過去の洗掘被害の実態を基に、定量的洗掘被災リスク要因を変数とした判定手法を検討するため、まずは過去に被災が生じた橋梁（以降、「被災あり橋脚」）と被災が生じていない橋梁（以降、「被災なし橋梁」）のデータを収集し、データベースとして一覧表に整理する。整理したデータのうち、定量的洗掘被災リスク要因を変数として、多変量解析法の1つである線形判別分析を行う。

線形判別分析は、複数の説明変数で表現された複数の部分集団から構成される母集団に対して、どの集団に属するかを最もよく判別することができる写像が得られる多変数の一次関数（説明関数）を決定する解析手法である<sup>8)</sup>。図1-8に簡単のため説明変数を2つとした場合の線形判別分析の概念図を示す。図1-8に示す  $f = w_1x_1 + w_2x_2 + C$ （ $f$ ：説明関数、 $w_1, w_2$ ：判別係数、 $x_1, x_2$ ：説明変数、 $C$ ：定数項）が2変数の場合の説明関数であり、線形判別分析により、判別係数及び定数項が求められ、説明

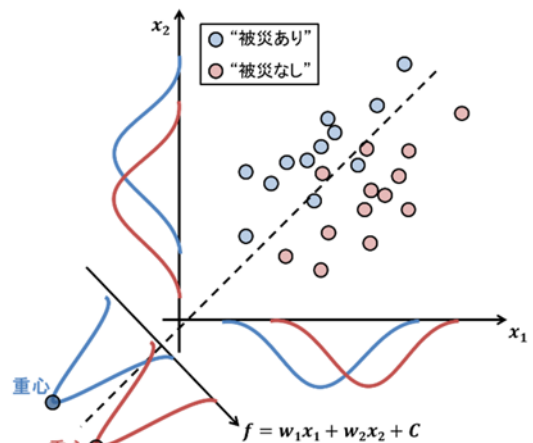


図1-8 線形判別分析の概念図<sup>8)</sup>に加筆

関数が決定する。ここに説明変数を代入して算出された値が、図 1-8 に青と赤で示す“被災あり”又は“被災なし”のどちらに属するかを判別する。図 1-8 の $x_1$ 軸 及び  $x_2$ 軸上の分布図に示すように、 $x_1$  又は  $x_2$ のみではデータどうしの重なりが大きく、“被災あり”又は“被災なし”のどちらに属するかは判別し難いが、 $x_1, x_2$ の両方を用いることで、 $f$  軸上の分布図に示すようにデータどうしの重なりが小さくなり、判別が可能となる。 $f$  軸上の分布図に示す各データ分布の中心の値を「重心」と呼び、説明関数に説明変数を代入して算出された値が重心に近いほど、精度良くどの集団に属するかを判別することができる。

また、判別に影響する各説明変数の寄与度の大小は、標準化した説明関数の標準化判別係数の絶対値を比較することで判断することができる。2 変数の場合の標準化した説明関数は、 $F = W_1X_1 + W_2X_2$  ( $F$  : 標準化した説明関数、 $W_1, W_2$  : 標準化判別係数、 $X_1, X_2$  : 標準化した説明変数) となる。次元が異なる説明変数( $x_1, x_2$ )を標準化することで無次元となり、その係数(標準化判別係数)を比較することが可能となる。標準化した説明変数( $X_i$ )は、 $X_i = (x_i - m_i) / \sigma_i$  ( $m_i$  : 説明変数 $x_i$ の平均値、 $\sigma_i$  : 標準偏差、 $i$  : 説明変数の数) で求められる。なお、各説明変数の寄与度の大小を判断する場合は標準化した説明関数( $F$ )の標準化判別係数( $W_1, W_2$ )の絶対値を比較するが、説明変数( $x_1, x_2$ )を実際に代入して、どの集団に属するかを判別する場合には標準化していない説明関数( $f$ )を使用することとなる。

今回収集した橋梁データから線形判別分析により求められた説明関数を用いて、ある橋梁の定量的洗掘被災リスク要因(説明変数)を代入して算出された値が“被災あり”又は“被災なし”のどちらの集団に属するのかを判別することで、被災する可能性が高い橋梁を整理することができると考えた。そのため本研究では、収集した被災あり橋梁及び被災なし橋梁それぞれに対する線形判別分析の適合率(実際に被災が生じた橋梁を“被災あり”と判別するか否か、又は、実際に被災が生じていない橋梁を“被災なし”と判別するか否か)を検討するとともに、分析の結果得られた各説明変数の寄与度の大きさから洗掘被災リスクが高くなる条件を明らかにする。

線形判別分析には、(株)社会情報サービスの統計解析ソフト「エクセル統計」を使用する。

### 1.3.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証

線形判別分析による判別の結果、非適合となった橋梁について、その要因を個別に検証する。ここで、非適合となった橋梁とは、実際は被災が生じているが“被災なし”と判別されたもの(以降、「見逃し」)、又は、実際は被災が生じていないが“被災あり”と判別されたもの(以降、「空振り」)のことを指す。このうち、危険側の判別である見逃しとなった要因の 1 つとして、定量的洗掘被災リスク要因以外の定性的洗掘被災リスク要因が影響していると考えられる。そのため、非適合となった橋梁のうち、見逃しとなった橋梁を対象として、その要因を個別に検証し、洗掘被災リスクが高くなる定性的な条件を明らかにする。

### 1.3.3 令和 3 年の被災事例を対象とした洗掘被災リスク要因の分析

はじめに、令和 3 年に豪雨により洗掘被害が生じた 3 橋梁の現地調査の結果を示す。次に、1.3.1 の結果得られた説明関数に当該 3 橋梁の定量的洗掘被災リスク要因の説明変数を代入して、“被災あり”又は“被災なし”のどちらに判別されるかを確認する。最後に、1.3.2 の結果得られた定性的洗掘被災リスク要因に該当するかを確認するとともに、当該 3 橋梁について個別に洗掘被災リスク要因を分析する。

## 2. 橋梁データの整理

### 2.1 被災あり橋梁及び被災なし橋梁データの収集

被災あり橋梁については、以下に該当する橋梁のデータを収集した。ここで、被災あり橋梁は、橋台及び護岸又は橋脚の基礎に洗掘が生じ、上部構造や下部構造に、欠損や流出、沈下、傾斜などの被災が生じた橋梁のことを指す。被災あり橋梁のデータ数は合計で 214 橋梁であった。

- ・道路管理者から提供をうけた平成 23 年から平成 28 年までの災害査定資料
- ・土木研究所資料第 2964 号及び第 3793 号に掲載されている洗掘により被災が生じたとされる橋梁
- ・平成 30 年に発生した豪雨や台風及び令和元年台風 19 号で被災が生じた橋梁のうち、国土技術政策総合研究所が把握している橋梁

被災なし橋梁については、被災あり橋梁が経験した外力（洪水など）規模の影響を排除して洗掘被災リスク要因を見出すため、被災あり橋梁と同等の外力を経験した橋梁である必要がある。そのため、被災あり橋梁と同一水系内に位置し、被災あり橋梁に該当しない橋梁を抽出することとした。抽出した橋梁に被災が生じていないことは、国管理の橋梁については、定期点検の損傷程度評価や橋梁管理カルテに洗掘の補修履歴がないことに基づいて、自治体管理の橋梁については、洗掘の有無や橋梁諸元などを調査することを目的として別途道路管理者に対して行ったアンケートの回答に基づいて確認した。その結果、被災なし橋梁のデータ数は 445 橋梁となった。

なお、巻末資料 1 に、ここで収集した橋梁の構造諸元や河川特性と被災割合の関係について、一次統計分析をした結果を示す。

### 2.2 橋梁データベース作成

収集した被災あり橋梁 214 橋梁及び被災なし橋梁 445 橋梁のデータから、後述する定量的洗掘被災リスク要因を一覧表として整理した橋梁データベースを作成した。表 2-1 にデータベースの概要表を示す。管理番号、橋梁名、構造諸元、河川特性に分類して整理した。なお、橋梁名については、特定を防ぐため、被災あり橋梁及び被災なし橋梁全てをアルファベット表記（A 橋、AA 橋など）としている。データベースの詳細は巻末資料 2 に示す。

表 2-1 橋梁データベース概要表

管理番号	橋梁名	構造諸元				
		竣工年	橋長	径間数	最大支間長	橋脚幅
河川特性						
流域面積	川幅	河積阻害率	河床勾配	セグメント	曲率半径	湾曲角度

データベースに整理した定量的洗掘被災リスク要因については、洗掘により被災が生じた河川構造物に関する過去の研究論文など<sup>3),5)</sup>を参考に、以下の 11 種を選定した。

- ① 竣工年（西暦）
- ② 橋長（m）



- ③ 径間数
- ④ 最大支間長 (m)
- ⑤ 橋脚幅 (m)
- ⑥ 流域面積 (km<sup>2</sup>)
- ⑦ 川幅 (m)
- ⑧ 河床勾配
- ⑨ 曲率半径 (m)
- ⑩ 湾曲角度 (°)
- ⑪ 河積阻害率

このうち、①～⑩は収集したデータを基に整理し、⑪は収集したデータを基に整理した値から計算により算出した。2.1で収集した橋梁データに①～⑩の値の一部がなかった場合も、公表されている資料から推定することができた場合には、その値をデータベースに記載した。以下に11種の定量的洗掘被災リスク要因それぞれの設定方法について示す。

- ①竣工年 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。
- ②橋長 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。
- ③径間数 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。
- ④最大支間長 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。
- ⑤橋脚幅 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。径間数が1である橋梁（橋台のみの橋梁）の場合は「-（値なし）」とした。
- ⑥流域面積 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は、対象橋梁が渡河する地点から上流の支川も含めた源流までの流域を国土数値情報「流域メッシュ」<sup>9)</sup>より抽出し（図2-1）、面積を計測した。
- ⑦川幅 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は「不明」とした。
- ⑧河床勾配 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は、対象橋梁位置の標高を地理院地図<sup>10)</sup>より抽出、橋梁位置から上流方へ等高線を辿り、標高の変曲点までの距離と標高から勾配を算出した。この時、橋梁位置から変曲点までの距離が最も近い場合でも200m程度離れていたことから、変曲点が著しく橋梁に近く、橋梁の上流方ですぐに勾配が変化する橋梁はないと判断した。
- ⑨曲率半径 : 収集データに記載の値とした。収集データに記載がない場合は、地理院地図<sup>10)</sup>から対象橋梁渡河部の河道に沿って円を描き、縮尺からその円の半径（図2-2のR）を計測して曲率半径を算出した。河道形状が直線の区間に架かる橋梁の場合、曲率半径は∞となるが、説明関数に代入する都合上、限りなく大きい値として「9999 (m)」とした。
- ⑩湾曲角度 : 収集データに記載の値とした。収集データに値がない場合は、地理院地図<sup>10)</sup>を用いて対象橋梁の前後区間で河道に沿って線を引いたうえで、その線を接線とした円を描き、その円の中心と接点と接点がつくる角度（図2-2のθ）を計測して求めた（円の中心と接点を結ぶ線は直交に引く）。この時、対象橋梁の前後区間をどの範囲とするかは、河川の湾曲による水衝が対象橋梁の洗掘に影響する可能性がある範囲を考慮して定め

た。河道形状が直線の区間に架かる橋梁の場合は「0 (°)」とした。

①河積阻害率：⑤橋脚幅及び⑦川幅の値を用いて図 2-3 に示す式(2-1)により算出した。径間数が 1 である橋梁（橋台のみの橋梁）の場合は「・（値なし）」とした。

$$\text{河積阻害率} = \left\{ \left( D_1 + D_2 + \dots + D_i / B \right) \right\} \quad (2-1)$$



図 2-1 流域メッシュ<sup>9)</sup>による流域の抽出例



図 2-2 曲率半径、湾曲角度の求め方<sup>10)</sup>に加筆

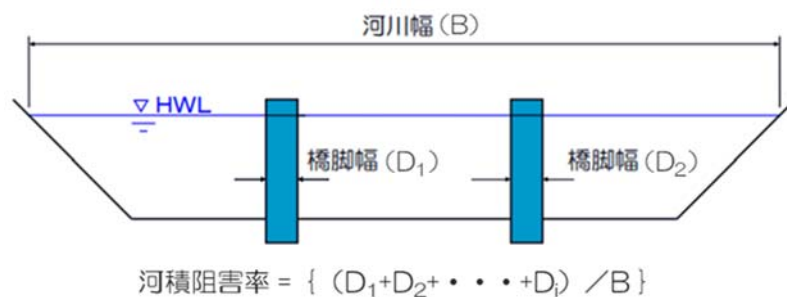


図 2-3 河積阻害率の求め方<sup>1)</sup>に加筆

### 3. 線形判別分析による定量的な洗掘被災リスク要因の分析

#### 3.1 線形判別分析の前提条件

2.2 に示した①～⑩の 11 種の定量的洗掘被災リスク要因全てのデータが揃うデータを分析に用いる「橋梁データ」として、収集した被災あり橋梁 214 橋梁及び被災なし橋梁 445 橋梁から抽出した結果、橋梁データ数は、表 3-1 に示す内訳となった。

表 3-1 分析に用いる橋梁データ数

	収集データ	橋梁データ
被災あり	214	87
被災なし	445	404

線形判別分析は、橋梁データを「全橋梁データ」「橋脚がある橋梁」「橋台のみの（橋脚がない）橋梁」と 3 パターンに分けて行った。河道内の橋脚は河積を阻害することや橋脚周辺では水流を乱す渦が発生することなどから、一般に橋脚がある橋梁の方が洗掘による被災が生じやすいと考えられる。このため、「橋脚がある橋梁」と「橋台のみの（橋脚がない）橋梁」とでパターンを分けて分析を行うことで、それぞれのパターンの適合率を上げることができると考えた。

また、例えば、流域面積が大きくなれば川幅も大きくなるように、説明変数どうしに相関関係（内部相関）がある場合、全説明変数を用いた線形判別分析では、それぞれの説明変数の寄与度が不明瞭になってしまう可能性がある。このため、3つのパターンそれぞれにおいて全説明変数を対象とした分析ケースに加えて、内部相関のある変数を除いた分析ケースの 2 ケースを行うこととした。

以上より、本研究の分析ケースは表 3-2 に示す 6 ケースとした。

表 3-2 本研究の分析ケース一覧

ケース 1	全橋梁データを用いた分析	全説明変数を対象としたケース
ケース 2		内部相関のある変数を除いたケース
ケース 3	橋梁データのうち、 橋脚がある橋梁データを用いた分析	全説明変数を対象としたケース
ケース 4		内部相関のある変数を除いたケース
ケース 5	橋梁データのうち、 橋台のみの橋梁（橋脚がない橋梁）データ を用いた分析	全説明変数を対象としたケース
ケース 6		内部相関のある変数を除いたケース

線形判別分析の結果から得られた判別式を用いて、“被災あり”又は“被災なし”を判別することに対する有意性に関しては、F 検定で評価することができる。F 検定は「説明変数の平均値が全て等しい」ことを帰無仮説とした検定であり、計算で求められる P 値が限りなく小さい時、帰無仮説を棄却して「説明変数の平均値が全て等しい訳ではない=2つの集団を判別できるため線形判別分析には意味がある（有意である）」と評価される<sup>11)</sup>。P 値は帰無仮説が正しいと仮定した時の統計量（平均値や標準

偏差など) がその値になる確率のことを指す。P 値が小さいということは、帰無仮説が正しい時の統計量にはならない (なる確率が小さい) ことを意味し、すなわち、帰無仮説が正しくないものと判断できる (帰無仮説の棄却)。

P 値の有意水準 (帰無仮説を棄却する基準となる確率) には、一般的には 5% (0.05) 又は 1% (0.01) が用いられる。表 3-2 に示す 6 ケースにおいては、計算の結果、P 値は以下に示す値となった。6 ケース全てで P 値は有意水準 0.01 (1%) よりも小さく、先述の帰無仮説を棄却できる確率が 99%以上となるため、本研究で行う 6 ケースは全て有意である。なお、ケース 1~5 において「P 値 <0.001」としているのは、使用した統計解析ソフトにおいて P 値が 0.001 以下である場合には、そのよう出力されることによる。

- ・ ケース 1 : P 値<0.001
- ・ ケース 2 : P 値<0.001
- ・ ケース 3 : P 値<0.001
- ・ ケース 4 : P 値<0.001
- ・ ケース 5 : P 値<0.001
- ・ ケース 6 : P 値=0.0024

### 3.2 全橋梁データを用いた分析

#### 3.2.1 全説明変数を対象としたケース（ケース1）

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ ：竣工年(西暦)、 $x_2$ ：橋長(m)、 $x_3$ ：径間数、 $x_4$ ：最大支間長(m)、 $x_5$ ：橋脚幅(m)、 $x_6$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)、 $x_7$ ：川幅(m)、 $x_8$ ：河床勾配、 $x_9$ ：曲率半径(m)、 $x_{10}$ ：湾曲角度(°)、 $x_{11}$ ：河積阻害率とする。

表 3-3 に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表 3-4 に適合率を示す。各説明変数の寄与度の大小は、1.3.1 に述べたように、標準化した説明関数( $F$ )の標準化判別係数の絶対値を比較することで判断することができる。一方で、説明変数を実際に代入して、どの集団に属するかを判別する場合には標準化していない説明関数( $f$ )を使用することとなる。

標準化した説明関数を式(3-1)に示す。式(3-1)の係数（標準化判別係数）が表 3-3 に示す寄与度である。各説明変数の寄与度の大小は、絶対値により比較することができるため、例えば、「 $X_3$ ：径間数」の寄与度は-0.4767で、「 $X_4$ ：最大支間長」の寄与度は0.2262となっているが、判別結果に影響する説明変数の寄与度は、0.4767である「 $X_3$ ：径間数」の方が大きい。

$$F = 0.5114X_1 + 0.3925X_2 - 0.4767X_3 + 0.2262X_4 - 0.0301X_5 + 0.0309X_6 + 0.3244X_7 + 0.1005X_8 - 1.2642X_9 - 1.2620X_{10} - 0.0414X_{11} \quad (3-1)$$

表 3-3 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
$X_1$ : 竣工年	0.5114	0.5114 (3)
$X_2$ : 橋長	0.3925	0.3925 (5)
$X_3$ : 径間数	-0.4767	0.4767 (4)
$X_4$ : 最大支間長	0.2262	0.2262 (7)
$X_5$ : 橋脚幅	-0.0301	0.0301 (11)
$X_6$ : 流域面積	0.0309	0.0309 (10)
$X_7$ : 川幅	0.3244	0.3244 (6)
$X_8$ : 河床勾配	0.1005	0.1005 (8)
$X_9$ : 曲率半径	-1.2642	1.2642 (1)
$X_{10}$ : 湾曲角度	-1.2620	1.2620 (2)
$X_{11}$ : 河積阻害率	-0.0414	0.0414 (9)

表 3-4 適合率（全橋梁データ-全説明変数）

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(87)	64	23	73.56%
被災なし(404)	101	303	75.00%
		全体	74.75%



: 見逃し



: 空振り

なお、寄与度の扱いについては、他のケースにおいても同様のため、以降、上記の説明及び標準化した説明関数を示すことは割愛し、表 3-3 のように寄与度の値のみを示すこととする。

次に、判別に用いる標準化していない説明関数（式 (3-2)）及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0321x_1 + 0.0028x_2 - 0.1426x_3 + 0.0085x_4 - 0.0041x_5 + 0.0001x_6 + 0.0025x_7 + 2.9129x_8 \\ - 0.0003x_9 - 0.0295x_{10} - 1.4242x_{11} - 61.5649 \quad (3-2)$$

被災ありの重心：-1.0511

被災なしの重心：0.2264

$x_1 \sim x_{11}$ に各橋梁それぞれの値を代入し、算出された値が-1.0511に近いほど、“被災あり”と判別される。各項の正負に着目すると、径間数( $x_3$ )、橋脚幅( $x_5$ )、曲率半径( $x_9$ )、湾曲角度( $x_{10}$ )、河積阻害率( $x_{11}$ )は、負の項となっていることから、これらの値が大きくなることで、 $f$ の値は被災ありの重心である-1.0511よりに近づくことから、被災ありになりやすい（洗掘が生じやすい）ことを表している。これに対して、竣工年( $x_1$ )、橋長( $x_2$ )、最大支間長( $x_4$ )、流域面積( $x_6$ )、川幅( $x_7$ )、河床勾配( $x_8$ )は正の項となっていることから、これらの値が大きくなることで、 $f$ の値は被災なしの重心である 0.2264 よりに近づくことになるため、被災なしになりやすい（洗掘が生じにくい）ことを表している。

ここで、橋長と最大支間長と流域面積については、各変数のみが増減した場合を考えた時に洗掘の生じやすさに対して正負どちらの影響を及ぼすかは一概には評価し難い。したがって、橋長と最大支間長と流域面積は考察の対象に含めないこととする。

径間数と橋脚幅については、一般にこれらがそれぞれ大きい場合、その形状から河積阻害率も大きい。そのため、洗掘は生じやすいと考えられる。湾曲角度が大きい場合もその形状から水衝部が形成されやすいため、洗掘は生じやすいと考えられる。これらのことから、径間数、橋脚幅、湾曲角度、河積阻害率が負の項となっていることは、説明性を有する分析結果であるといえる。

曲率半径については、大きいほど河道が直線形に近づくことを意味し、洗掘は生じにくいと考えられるが、分析結果は負の項となっており、曲率半径が大きい場合、 $f$ の値は被災ありの重心（-1.0511）よりに近づく分析結果となった。また、表 3-3 に示す曲率半径の寄与度は絶対値の比較で上位から 1 番目であり、分析結果に及ぼす影響は小さいとも言い難い。そこで、図 3-1 に縦軸を橋梁数とした被災あり及び被災なしそれぞれの曲率半径の分布を、図 3-2 に縦軸を橋梁数に対する割合とした被災あり及び被災なしそれぞれの曲率半径の分布を示す。2.2 に述べたように曲率半径が $\infty$ となる河道形状が直線の場合を本研究では限りなく大きい値として 9999 (m) としている。図 3-1 より、橋梁数では曲率半径が 9999m の橋梁は被災なしが多いが、図 3-2 に示す割合では、曲率半径が 9999m の橋梁の被災ありの割合は被災なしの割合より微小だが大きくなっている（図 3-2 赤丸）。この影響により、曲率半径が大きい場合に被災が生じやすいとの結果になったと考えられる。

竣工年については、竣工年が大きい場合（新しい場合）は、河川に関する基準類などが制定後に建設された橋梁であれば、経年でうけている損傷も少なく、それ以前に建設された橋梁より洗掘は生じにくいと考えられる。このことから、竣工年が正の項となっていることは、説明性を有する分析結果であるといえる。

川幅については、川幅が大きい場合、流量が大きく、河床低下が進行しやすいと考えられるため、洗掘は生じやすいと考えられる。しかしながら、本ケースでは正の項である川幅が大きい場合、 $f$ の値は被災なしの重心(0.2264)より近づくとになり、説明性を有さない分析結果となった。表3-3に示す寄与度は絶対値の比較で上位から6番目であり、分析結果に及ぼす影響は小さいとも言いがたい。ここで、川幅は3.2.2で後述するように、橋長、最大支間長、流域面積と強い相関関係にある。本ケースにおいては、橋長、最大支間長、流域面積が正の項となっているため、それらの説明変数の影響を受けて川幅も正の項となった可能性が考えられる。しかしながら、3.3.1に後述するケース3では、橋長、最大支間長、流域面積は正の項となっているものの、川幅は負の項となっており、この事象の要因については定かではない。

河床勾配については、値が大きくなるほど、勾配が急になることを表している。勾配が急なほど、流速は速く、掃流力が大きいため、洗掘は生じやすいと考えられる。しかしながら、分析結果は正の項となっており、河床勾配が大きい場合、 $f$ の値は被災なしの重心(0.2264)より近づくと分析結果となった。説明性を有さない分析結果となったものの、表3-3に示す河床勾配の寄与度は、絶対値の比較で上位から8番目であるため、分析結果に及ぼす影響は小さい。なお、データからは図3-3赤丸に示すように、河床勾配が比較的小さい橋梁で被災ありの割合が大きい傾向であったことから、河床勾配が緩い場合に洗掘が生じやすいとの結果になったと考えられる。

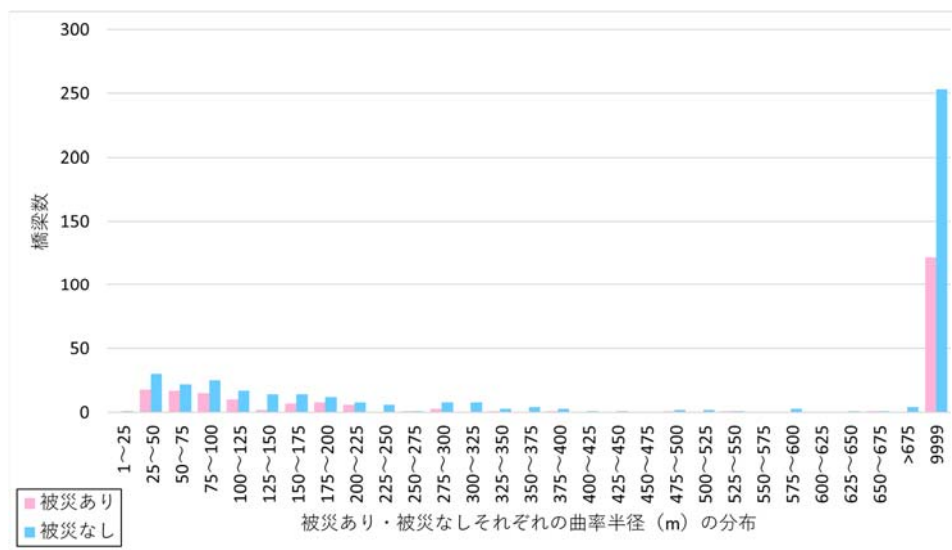


図3-1 被災あり及び被災なしそれぞれの曲率半径の分布 (縦軸: 橋梁数)

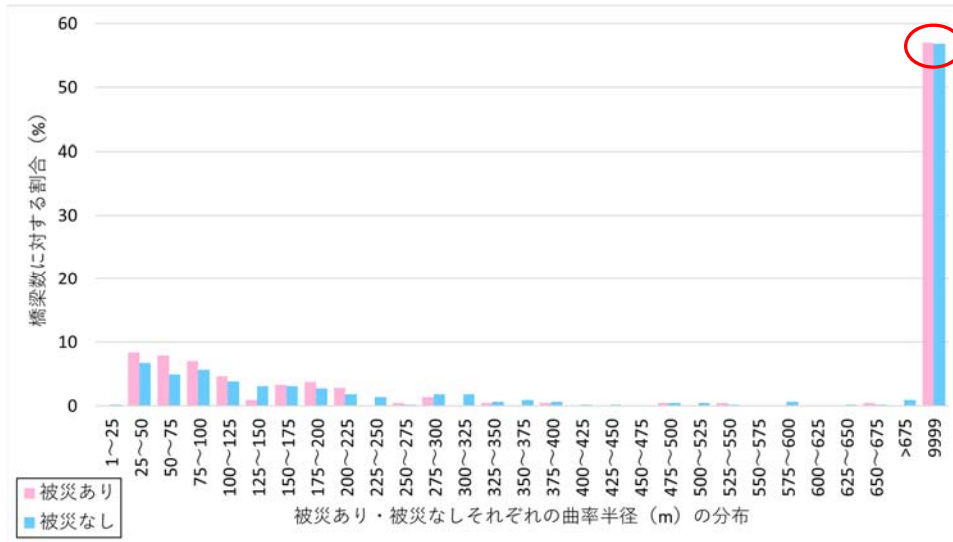


図 3-2 被災あり及び被災なしそれぞれの曲率半径の分布（縦軸：橋梁数に対する割合）

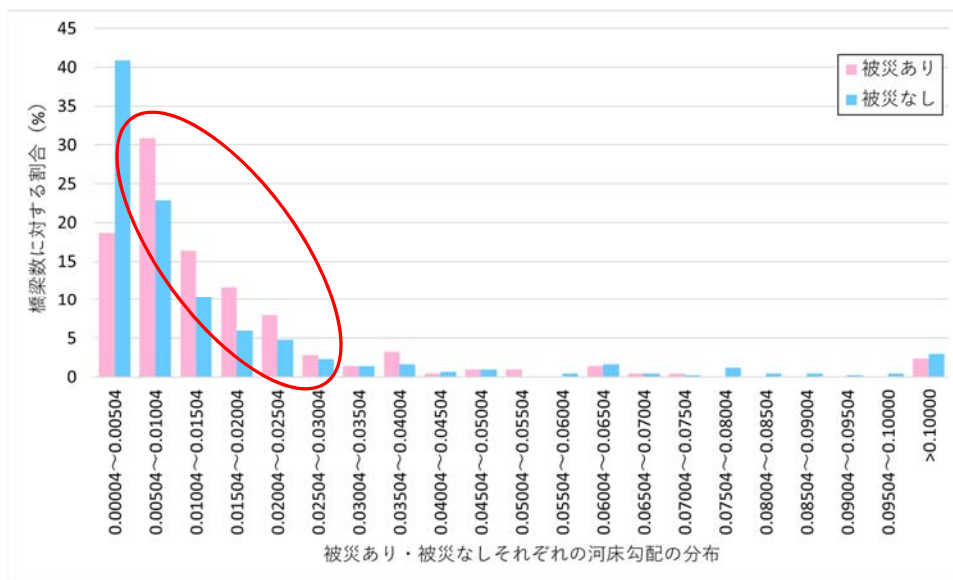


図 3-3 被災あり及び被災なしそれぞれの河床勾配の分布（縦軸：橋梁数に対する割合）



### 3.2.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース2）

全橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数を表3-5に示す。相関係数は、一般に0.7以上で強い相関があるとされている。そのため本研究においても、絶対値で相関係数が0.7以上の場合に強い相関関係にあるものとした。表中の黄色ハッチングが絶対値で相関係数0.7以上を表している。このことは、以降の内部相関のある変数を除いたケースにおいても同様である。橋長と相関関係にある変数が多く、径間数、最大支間長、橋脚幅、流域面積、川幅が強い正の相関関係にある。また、曲率半径と湾曲角度が強い負の相関関係にある。

そこで、本ケースでは、橋長及び湾曲角度を代表の説明変数とし、径間数、最大支間長、橋脚幅、流域面積、川幅、曲率半径を除いて分析を行った。強い負の相関関係にある曲率半径と湾曲角度については、3.2.1に述べたケース1において曲率半径は説明関数の正負の傾向が洗掘の発生メカニズムに照らして想定される被災傾向とは異なる結果となったため、湾曲角度を代表の説明変数とすることとした。なお、このことも以降の内部相関のある変数を除いたケースにおいて同様である。

表3-5 全橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数

目的変数	説明変数	$x_1$ :竣工年	$x_2$ :橋長	$x_3$ :径間数	$x_4$ :最大支間長	$x_5$ :橋脚幅	$x_6$ :流域面積	$x_7$ :川幅	$x_8$ :河床勾配	$x_9$ :曲率半径	$x_{10}$ :湾曲角度	$x_{11}$ :河積阻害率	
全体	$x_1$ :竣工年	1.000	0.258	0.043	0.383	0.198	0.180	0.243	-0.106	0.022	-0.074	-0.062	
	$x_2$ :橋長	0.258	1.000	0.799	0.708	0.898	0.735	0.925	-0.205	0.130	-0.129	0.426	
	$x_3$ :径間数	0.043	0.799	1.000	0.346	0.791	0.588	0.745	-0.197	0.082	-0.057	0.549	
	$x_4$ :最大支間長	0.383	0.708	0.346	1.000	0.532	0.517	0.646	-0.144	0.100	-0.092	0.189	
	$x_5$ :橋脚幅	0.198	0.898	0.791	0.532	1.000	0.599	0.861	-0.134	0.081	-0.073	0.563	
	$x_6$ :流域面積	0.180	0.735	0.588	0.517	0.599	1.000	0.714	-0.229	0.098	-0.081	0.284	
	$x_7$ :川幅	0.243	0.925	0.745	0.646	0.861	0.714	1.000	-0.192	0.142	-0.129	0.349	
	$x_8$ :河床勾配	-0.106	-0.205	-0.197	-0.144	-0.134	-0.229	-0.192	1.000	0.056	-0.059	0.027	
	$x_9$ :曲率半径	0.022	0.130	0.082	0.100	0.081	0.098	0.142	0.056	1.000	-0.945	-0.008	
	$x_{10}$ :湾曲角度	-0.074	-0.129	-0.057	-0.092	-0.073	-0.081	-0.129	-0.059	-0.945	1.000	0.039	
	$x_{11}$ :河積阻害率	-0.062	0.426	0.549	0.189	0.563	0.284	0.349	0.027	-0.008	0.039	1.000	
	被災あり	$x_1$ :竣工年	1.000	0.139	-0.097	0.423	-0.081	0.080	0.128	-0.027	-0.047	-0.002	-0.256
		$x_2$ :橋長	0.139	1.000	0.736	0.487	0.838	0.860	0.999	-0.234	-0.089	0.141	0.311
$x_3$ :径間数		-0.097	0.736	1.000	-0.082	0.784	0.866	0.748	-0.203	-0.050	0.131	0.390	
$x_4$ :最大支間長		0.423	0.487	-0.082	1.000	0.191	0.230	0.468	-0.122	-0.008	0.010	-0.104	
$x_5$ :橋脚幅		-0.081	0.838	0.784	0.191	1.000	0.783	0.841	-0.245	-0.199	0.282	0.636	
$x_6$ :流域面積		0.080	0.860	0.866	0.230	0.783	1.000	0.868	-0.189	-0.147	0.224	0.243	
$x_7$ :川幅		0.128	0.999	0.748	0.468	0.841	0.868	1.000	-0.234	-0.098	0.150	0.318	
$x_8$ :河床勾配		-0.027	-0.234	-0.203	-0.122	-0.245	-0.189	-0.234	1.000	0.013	-0.051	-0.254	
$x_9$ :曲率半径		-0.047	-0.089	-0.050	-0.008	-0.199	-0.147	-0.098	0.013	1.000	-0.954	-0.185	
$x_{10}$ :湾曲角度		-0.002	0.141	0.131	0.010	0.282	0.224	0.150	-0.051	-0.954	1.000	0.228	
$x_{11}$ :河積阻害率		-0.256	0.311	0.390	-0.104	0.636	0.243	0.318	-0.254	-0.185	0.228	1.000	
被災なし		$x_1$ :竣工年	1.000	0.205	0.061	0.318	0.168	0.139	0.190	-0.119	0.030	-0.061	-0.014
		$x_2$ :橋長	0.205	1.000	0.896	0.692	0.896	0.723	0.919	-0.212	0.151	-0.142	0.490
	$x_3$ :径間数	0.061	0.896	1.000	0.418	0.870	0.609	0.826	-0.199	0.118	-0.116	0.606	
	$x_4$ :最大支間長	0.318	0.692	0.418	1.000	0.517	0.503	0.626	-0.151	0.113	-0.083	0.247	
	$x_5$ :橋脚幅	0.168	0.896	0.870	0.517	1.000	0.582	0.857	-0.130	0.103	-0.092	0.617	
	$x_6$ :流域面積	0.139	0.723	0.609	0.503	0.582	1.000	0.700	-0.238	0.120	-0.100	0.316	
	$x_7$ :川幅	0.190	0.919	0.826	0.626	0.857	0.700	1.000	-0.197	0.165	-0.143	0.396	
	$x_8$ :河床勾配	-0.119	-0.212	-0.199	-0.151	-0.130	-0.238	-0.197	1.000	0.064	-0.064	0.089	
	$x_9$ :曲率半径	0.030	0.151	0.118	0.113	0.103	0.120	0.165	0.064	1.000	-0.949	0.039	
	$x_{10}$ :湾曲角度	-0.061	-0.142	-0.116	-0.083	-0.092	-0.100	-0.143	-0.064	-0.949	1.000	-0.023	
	$x_{11}$ :河積阻害率	-0.014	0.490	0.606	0.247	0.617	0.316	0.396	0.089	0.039	-0.023	1.000	

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ :竣工年(西暦)、 $x_2$ :橋長(m)、 $x_3$ :河床勾配、 $x_4$ :湾曲角度(°)、 $x_5$ :河積阻害率とする。

表3-6に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表3-7に適合率を示す。内部相関により説明変数の数が減少した分、本ケースにおける橋梁データ数は増加している。このことは、以降の内部相関のある変数を除いたケースにおいても同様である。

表 3-6 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
X <sub>1</sub> : 竣工年	0.7169	0.7169 (1)
X <sub>2</sub> : 橋長	0.5840	0.5840 (2)
X <sub>3</sub> : 河床勾配	0.1801	0.1801 (4)
X <sub>4</sub> : 湾曲角度	-0.1383	0.1383 (5)
X <sub>5</sub> : 河積阻害率	-0.3540	0.3540 (3)

表 3-7 適合率 (全橋梁データ-内部相関変数除く)

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(95)	67	28	70.53%
被災なし(411)	124	287	69.83%
		全体	69.96%



: 見逃し



: 空振り

判別に用いる標準化していない説明関数 (式 (3-3)) 及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0448x_1 + 0.0042x_2 + 4.8210x_3 - 0.0032x_4 - 12.0831x_5 - 88.7599 \quad (3-3)$$

被災ありの重心 : -0.9078

被災なしの重心 : 0.2098

湾曲角度(x<sub>4</sub>)、河積阻害率(x<sub>5</sub>)が負の項、竣工年(x<sub>1</sub>)、橋長(x<sub>2</sub>)、河床勾配(x<sub>3</sub>)が正の項となっている。この結果は、全説明変数を対象としたケース 1 と同様である。

また、全説明変数を対象としたケース 1 の適合率と比較した場合、被災ありを“被災あり”と判別する適合率及び被災なしを“被災なし”と判別する適合率、全体の適合率はいずれも低下している。

### 3.3 橋脚がある橋梁データを用いた分析

#### 3.3.1 全説明変数を対象としたケース（ケース3）

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ ：竣工年(西暦)、 $x_2$ ：橋長(m)、 $x_3$ ：径間数、 $x_4$ ：最大支間長(m)、 $x_5$ ：橋脚幅(m)、 $x_6$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)、 $x_7$ ：川幅(m)、 $x_8$ ：河床勾配、 $x_9$ ：曲率半径(m)、 $x_{10}$ ：湾曲角度(°)、 $x_{11}$ ：河積阻害率とする。

表 3-8 に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表 3-9 に適合率を示す。

表 3-8 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
X <sub>1</sub> : 竣工年	0.4139	0.4139 (7)
X <sub>2</sub> : 橋長	0.6102	0.6102 (3)
X <sub>3</sub> : 径間数	-0.5964	0.5964 (4)
X <sub>4</sub> : 最大支間長	0.0430	0.0430 (11)
X <sub>5</sub> : 橋脚幅	0.4920	0.4920 (5)
X <sub>6</sub> : 流域面積	0.0970	0.0970 (10)
X <sub>7</sub> : 川幅	-0.1670	0.1670 (9)
X <sub>8</sub> : 河床勾配	0.3014	0.3014 (8)
X <sub>9</sub> : 曲率半径	-1.0199	1.0199 (1)
X <sub>10</sub> : 湾曲角度	-0.9941	0.9941 (2)
X <sub>11</sub> : 河積阻害率	-0.4873	0.4873 (6)

表 3-9 適合率（橋脚あり-全説明変数）

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(48)	34	14	70.83%
被災なし(265)	47	218	82.26%
		全体	80.51%

 : 見逃し       : 空振り

判別に用いる標準化していない説明関数（式(3-4)）及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0266x_1 + 0.0040x_2 - 0.1680x_3 + 0.0015x_4 + 0.0611x_5 + 0.0001x_6 - 0.0012x_7 + 8.3641x_8 - 0.0002x_9 - 0.0229x_{10} - 20.5642x_{11} - 50.1160 \quad (3-4)$$

被災ありの重心：-1.3922

被災なしの重心：0.2522

各項に着目すると、径間数( $x_3$ )、川幅( $x_7$ )、曲率半径( $x_9$ )、湾曲角度( $x_{10}$ )、河積阻害率( $x_{11}$ )が負の項、竣工年( $x_1$ )、橋長( $x_2$ )、最大支間長( $x_4$ )、橋脚幅( $x_5$ )、流域面積( $x_6$ )、河床勾配( $x_8$ )が正の項となっている。3.2.1に述べた全橋梁データを用いたケース1の分析結果と比較すると、川幅( $x_7$ )と橋脚幅( $x_5$ )の正と負が入れ替わっている。

川幅については、3.2.1に述べたように川幅が大きい場合、流量が大きいため、河床低下が進行しやすく、洗掘は生じやすいと考えられる。本ケースでは、負の項となった川幅が大きくなると $f$ の値は被災ありの重心(-1.3922)よりに近づくことになるため、説明性を有する分析結果であるといえる。

橋脚幅については、3.2.1に述べたように橋脚幅が大きい場合、河積阻害率も大きいため、洗掘は生じやすいと考えられる。しかしながら、本ケースでは正の項である橋脚幅が大きい場合、 $f$ の値は被災なしの重心(0.2522)よりに近づくことになり、説明性を有さない分析結果となった。表3-8に示す橋脚幅の寄与度は絶対値の比較で上位から5番目であり、分析結果に及ぼす影響は小さいとも言い難い。そこで、図3-4に縦軸を橋梁数に対する割合とした被災あり及び被災なしそれぞれの橋脚幅の分布を示す。橋脚幅が大きい橋梁で被災なしの割合が大きい一方で(図3-4青丸)、橋脚幅が小さい橋梁では被災ありの割合が大きくなっており(図3-4赤丸)、洗掘の発生メカニズムに照らして想定される被災傾向とは逆の分布となっている。この影響により、橋脚幅の正負が洗掘の発生メカニズムに照らして想定される被災傾向とは異なる結果になったと考えられる。なお、データからは図3-5に示すように、橋脚幅が大きい被災なしの橋梁は竣工年が比較的新しく、橋脚幅が小さい被災ありの橋梁は竣工年が比較的古い傾向にあることから、図3-4における事象は、竣工年による架橋技術の違いに起因するものと考えられる。

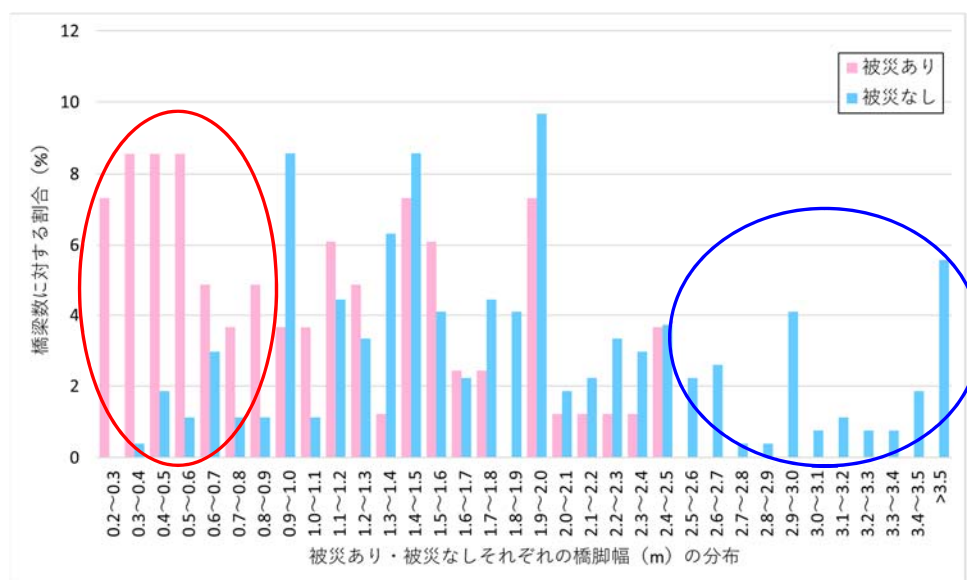


図3-4 被災あり及び被災なしそれぞれの橋脚幅の分布 (縦軸：橋梁数に対する割合)

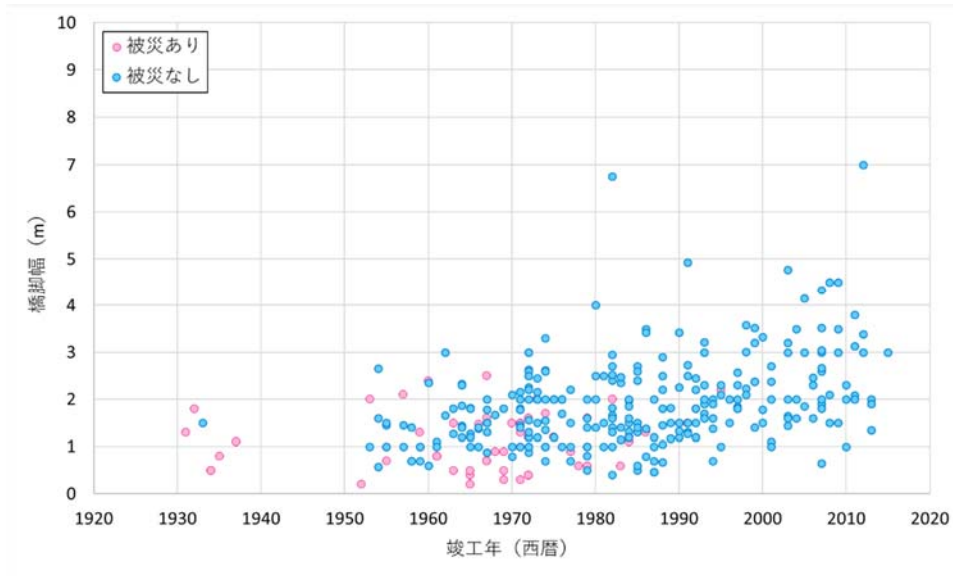


図 3-5 被災あり及び被災なし各橋梁の橋脚幅と竣工年の関係

### 3.3.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース4）

橋脚がある橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数を表3-10に示す。橋長と相関関係にある変数が多く、径間数、最大支間長、橋脚幅、川幅が強い正の相関関係にある。また、曲率半径と湾曲角度が強い負の相関関係にある。

そこで、本ケースでは、橋長及び湾曲角度を代表の説明変数とし、径間数、最大支間長、橋脚幅、川幅、曲率半径を除いて分析を行った。

表3-10 橋脚がある橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数

目的変数	説明変数	$x_1$ :竣工年	$x_2$ :橋長	$x_3$ :径間数	$x_4$ :最大支間長	$x_5$ :橋脚幅	$x_6$ :流域面積	$x_7$ :川幅	$x_8$ :河床勾配	$x_9$ :曲率半径	$x_{10}$ :湾曲角度	$x_{11}$ :河積阻害率
全体	$x_1$ :竣工年	1.000	0.339	0.060	0.411	0.278	0.238	0.325	-0.071	0.064	-0.122	-0.125
	$x_2$ :橋長	0.339	1.000	0.738	0.713	0.874	0.681	0.916	-0.164	0.153	-0.170	0.123
	$x_3$ :径間数	0.060	0.738	1.000	0.265	0.727	0.492	0.676	-0.152	0.079	-0.062	0.266
	$x_4$ :最大支間長	0.411	0.713	0.265	1.000	0.521	0.487	0.633	-0.076	0.149	-0.163	-0.043
	$x_5$ :橋脚幅	0.278	0.874	0.727	0.521	1.000	0.517	0.839	-0.076	0.081	-0.084	0.376
	$x_6$ :流域面積	0.238	0.681	0.492	0.487	0.517	1.000	0.665	-0.206	0.114	-0.105	-0.006
	$x_7$ :川幅	0.325	0.916	0.676	0.633	0.839	0.665	1.000	-0.160	0.166	-0.165	0.001
	$x_8$ :河床勾配	-0.071	-0.164	-0.152	-0.076	-0.076	-0.206	-0.160	1.000	0.088	-0.076	0.281
	$x_9$ :曲率半径	0.064	0.153	0.079	0.149	0.081	0.114	0.166	0.088	1.000	-0.943	-0.089
	$x_{10}$ :湾曲角度	-0.122	-0.170	-0.062	-0.163	-0.084	-0.105	-0.165	-0.076	-0.943	1.000	0.109
	$x_{11}$ :河積阻害率	-0.125	0.123	0.266	-0.043	0.376	-0.006	0.001	0.281	-0.089	0.109	1.000
被災あり	$x_1$ :竣工年	1.000	0.316	-0.032	0.433	0.045	0.213	0.311	0.129	-0.098	0.025	-0.288
	$x_2$ :橋長	0.316	1.000	0.669	0.550	0.777	0.848	0.999	-0.269	-0.128	0.167	-0.228
	$x_3$ :径間数	-0.032	0.669	1.000	-0.188	0.722	0.845	0.682	-0.330	-0.050	0.135	0.058
	$x_4$ :最大支間長	0.433	0.550	-0.188	1.000	0.229	0.234	0.537	0.008	-0.091	0.090	-0.406
	$x_5$ :橋脚幅	0.045	0.777	0.722	0.229	1.000	0.760	0.779	-0.323	-0.301	0.376	0.305
	$x_6$ :流域面積	0.213	0.848	0.845	0.234	0.760	1.000	0.857	-0.313	-0.195	0.271	-0.100
	$x_7$ :川幅	0.311	0.999	0.682	0.537	0.779	0.857	1.000	-0.277	-0.138	0.176	-0.220
	$x_8$ :河床勾配	0.129	-0.269	-0.330	0.008	-0.323	-0.313	-0.277	1.000	0.084	-0.207	-0.059
	$x_9$ :曲率半径	-0.098	-0.128	-0.050	-0.091	-0.301	-0.195	-0.138	0.084	1.000	-0.950	-0.350
	$x_{10}$ :湾曲角度	0.025	0.167	0.135	0.090	0.376	0.271	0.176	-0.207	-0.950	1.000	0.350
	$x_{11}$ :河積阻害率	-0.288	-0.228	0.058	-0.406	0.305	-0.100	-0.220	-0.059	-0.350	0.350	1.000
被災なし	$x_1$ :竣工年	1.000	0.268	0.086	0.334	0.235	0.184	0.254	-0.099	0.074	-0.106	-0.031
	$x_2$ :橋長	0.268	1.000	0.865	0.688	0.870	0.662	0.907	-0.178	0.168	-0.176	0.216
	$x_3$ :径間数	0.086	0.865	1.000	0.350	0.832	0.512	0.782	-0.162	0.117	-0.132	0.342
	$x_4$ :最大支間長	0.334	0.688	0.350	1.000	0.496	0.463	0.600	-0.092	0.162	-0.158	0.040
	$x_5$ :橋脚幅	0.235	0.870	0.832	0.496	1.000	0.492	0.833	-0.082	0.097	-0.096	0.461
	$x_6$ :流域面積	0.184	0.662	0.512	0.463	0.492	1.000	0.644	-0.215	0.133	-0.122	0.039
	$x_7$ :川幅	0.254	0.907	0.782	0.600	0.833	0.644	1.000	-0.173	0.184	-0.172	0.070
	$x_8$ :河床勾配	-0.099	-0.178	-0.162	-0.092	-0.082	-0.215	-0.173	1.000	0.091	-0.073	0.330
	$x_9$ :曲率半径	0.074	0.168	0.117	0.162	0.097	0.133	0.184	0.091	1.000	-0.948	-0.025
	$x_{10}$ :湾曲角度	-0.106	-0.176	-0.132	-0.158	-0.096	-0.122	-0.172	-0.073	-0.948	1.000	0.020
	$x_{11}$ :河積阻害率	-0.031	0.216	0.342	0.040	0.461	0.039	0.070	0.330	-0.025	0.020	1.000

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ :竣工年(西暦)、 $x_2$ :橋長(m)、 $x_3$ :流域面積(km<sup>2</sup>)、 $x_4$ :河床勾配、 $x_5$ :湾曲角度(°)、 $x_6$ :河積阻害率とする。

表3-11に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表3-12に適合率を示す。

表3-11 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
$X_1$ :竣工年	0.6234	0.6234 (1)
$X_2$ :橋長	0.5506	0.5506 (2)
$X_3$ :流域面積	-0.0286	0.0286 (6)
$X_4$ :河床勾配	0.2854	0.2854 (4)
$X_5$ :湾曲角度	-0.1096	0.1096 (5)
$X_6$ :河積阻害率	-0.4803	0.4803 (3)

表 3-12 適合率（橋脚あり-内部相関変数除く）

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(55)	41	14	74.55%
被災なし(265)	65	200	75.47%
		全体	75.31%



:見逃し



:空振り

判別に用いる標準化していない説明関数（式(3-5)）及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0395x_1 + 0.0037x_2 - 0.00004x_3 + 7.8037x_4 - 0.0025x_5 - 20.1193x_6 - 78.0272 \quad (3-5)$$

被災ありの重心：-1.1572

被災なしの重心：0.2402

各項の正負の傾向は、全説明変数を対象としたケース 3 と正の項の変数は同様であるが、流域面積については正の項だったものが負の項となった。

また、全説明変数を対象としたケース 3 の適合率と比較した場合、被災ありを“被災あり”と判別する適合率は向上しているが、被災なしを“被災なし”と判別する適合率及び全体の適合率は低下している。

### 3.4 橋台のみの橋梁（橋脚がない橋梁）データを用いた分析

#### 3.4.1 全説明変数を対象としたケース（ケース5）

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ ：竣工年(西暦)、 $x_2$ ：橋長(m)、 $x_3$ ：最大支間長(m)、 $x_4$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)、 $x_5$ ：川幅(m)、 $x_6$ ：河床勾配、 $x_7$ ：曲率半径(m)、 $x_8$ ：湾曲角度(°)とする。

橋台のみの橋梁を対象とするため、径間数、橋脚幅、河積阻害率は説明変数から除外される。表 3-13 に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表 3-14 に適合率を示す。

表 3-13 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
X <sub>1</sub> : 竣工年	0.4726	0.4726 (3)
X <sub>2</sub> : 橋長	0.2951	0.2951 (5)
X <sub>3</sub> : 最大支間長	0.3048	0.3048 (4)
X <sub>4</sub> : 流域面積	-0.0890	0.0890 (6)
X <sub>5</sub> : 川幅	0.0754	0.0754 (7)
X <sub>6</sub> : 河床勾配	-0.0516	0.0516 (8)
X <sub>7</sub> : 曲率半径	-1.9386	1.9386 (2)
X <sub>8</sub> : 湾曲角度	-1.9539	1.9539 (1)

表 3-14 適合率（橋台のみ-全説明変数）

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(39)	30	9	76.92%
被災なし(139)	45	94	67.63%
		全体	69.66%

 : 見逃し       : 空振り

判別に用いる標準化していない説明関数（式(3-6)）及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0286x_1 + 0.0146x_2 + 0.0165x_3 - 0.0014x_4 + 0.0020x_5 - 1.7066x_6 - 0.0004x_7 - 0.0466x_8 - 53.5547 \quad (3-6)$$

被災ありの重心：-0.7736

被災なしの重心：0.2171

各項に着目すると、流域面積( $x_4$ )、河床勾配( $x_6$ )、曲率半径( $x_7$ )、湾曲角度( $x_8$ )が負の項、竣工年( $x_1$ )、橋長( $x_2$ )、最大支間長( $x_3$ )、川幅( $x_5$ )が正の項となっている。3.2.1 に述べた全橋梁データを用いたケース1の分析結果と比較すると、正の項の変数は同様であるが、流域面積と河床勾配は正の項だったものが負の項となった。



河床勾配については、3.2.1に述べたように、河床勾配が大きい場合、掃流力が大きいため、洗掘は生じやすいと考えられる。本ケースでは負の項となった河床勾配が大きい場合、 $f$ の値は被災ありの重心（-0.7736）よりに近づくことになるため、説明性を有する分析結果であるといえる。

### 3.4.2 内部相関のある変数を除いたケース（ケース6）

橋台のみの橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数を表3-15に示す。橋長と相関関係にある変数が多く、最大支間長、流域面積が強い正の相関関係にある。また、曲率半径と湾曲角度が強い負の相関関係にある。

そこで、本ケースでは、橋長及び湾曲角度を代表の説明変数とし、最大支間長、流域面積、曲率半径を除いて分析を行った。

表3-15 橋台のみの橋梁データを用いた場合の各説明変数間の相関係数

目的変数	説明変数	$x_1$ :竣工年	$x_2$ :橋長	$x_3$ :最大支間長	$x_4$ :流域面積	$x_5$ :川幅	$x_6$ :河床勾配	$x_7$ :曲率半径	$x_8$ :湾曲角度
全体	$x_1$ :竣工年	1.000	0.370	0.398	0.081	0.162	-0.181	-0.050	0.010
	$x_2$ :橋長	0.370	1.000	0.892	0.656	0.490	-0.138	-0.027	0.085
	$x_3$ :最大支間長	0.398	0.892	1.000	0.719	0.545	-0.192	-0.067	0.125
	$x_4$ :流域面積	0.081	0.656	0.719	1.000	0.333	-0.184	-0.136	0.215
	$x_5$ :川幅	0.162	0.490	0.545	0.333	1.000	0.022	0.030	0.000
	$x_6$ :河床勾配	-0.181	-0.138	-0.192	-0.184	0.022	1.000	0.021	-0.040
	$x_7$ :曲率半径	-0.050	-0.027	-0.067	-0.136	0.030	0.021	1.000	-0.951
	$x_8$ :湾曲角度	0.010	0.085	0.125	0.215	0.000	-0.040	-0.951	1.000
	被災あり	$x_1$ :竣工年	1.000	0.478	0.465	0.161	0.446	-0.153	-0.007
$x_2$ :橋長		0.478	1.000	0.998	0.714	0.987	-0.159	0.105	-0.123
$x_3$ :最大支間長		0.465	0.998	1.000	0.719	0.989	-0.153	0.102	-0.118
$x_4$ :流域面積		0.161	0.714	0.719	1.000	0.749	-0.156	0.011	-0.034
$x_5$ :川幅		0.446	0.987	0.989	0.749	1.000	-0.151	0.083	-0.097
$x_6$ :河床勾配		-0.153	-0.159	-0.153	-0.156	-0.151	1.000	-0.021	0.017
$x_7$ :曲率半径		-0.007	0.105	0.102	0.011	0.083	-0.021	1.000	-0.967
$x_8$ :湾曲角度		-0.004	-0.123	-0.118	-0.034	-0.097	0.017	-0.967	1.000
被災なし		$x_1$ :竣工年	1.000	0.319	0.351	0.051	0.122	-0.183	-0.048
	$x_2$ :橋長	0.319	1.000	0.880	0.654	0.467	-0.139	-0.034	0.128
	$x_3$ :最大支間長	0.351	0.880	1.000	0.722	0.526	-0.212	-0.082	0.180
	$x_4$ :流域面積	0.051	0.654	0.722	1.000	0.318	-0.215	-0.154	0.262
	$x_5$ :川幅	0.122	0.467	0.526	0.318	1.000	0.054	0.036	0.010
	$x_6$ :河床勾配	-0.183	-0.139	-0.212	-0.215	0.054	1.000	0.036	-0.072
	$x_7$ :曲率半径	-0.048	-0.034	-0.082	-0.154	0.036	0.036	1.000	-0.950
	$x_8$ :湾曲角度	0.023	0.128	0.180	0.262	0.010	-0.072	-0.950	1.000

説明変数をそれぞれ、 $x_1$ :竣工年(西暦)、 $x_2$ :橋長(m)、 $x_3$ :川幅(m)、 $x_4$ :河床勾配、 $x_5$ :湾曲角度(°)とする。

表3-16に本ケースにおける標準化した各説明変数の寄与度及びその絶対値と順位を、表3-17に適合率を示す。

表3-16 標準化した各説明変数の寄与度とその絶対値と順位

標準化した説明変数	寄与度	寄与度の絶対値(順位)
$X_1$ :竣工年	0.7461	0.7461 (1)
$X_2$ :橋長	0.4299	0.4299 (2)
$X_3$ :川幅	0.1097	0.1097 (5)
$X_4$ :河床勾配	0.1578	0.1578 (3)
$X_5$ :湾曲角度	-0.1500	0.1500 (4)

表 3-17 適合率（橋台のみ-内部相関係数除く）

	“被災あり” と予測	“被災なし” と予測	判別適合率
被災あり(39)	26	13	66.67%
被災なし(146)	50	96	65.75%
		全体	65.95%

 : 見逃し       : 空振り

判別に用いる標準化していない説明関数（式(3-7)）及び重心を以下に示す。

$$f = 0.0453x_1 + 0.0216x_2 + 0.0029x_3 + 4.2566x_4 - 0.0036x_5 - 90.3791 \quad (3-7)$$

被災ありの重心：-0.6327

被災なしの重心：0.1690

各項の正負の傾向は、全説明変数を対象としたケース 5 と負の項の変数は同様であるが、河床勾配については負の項だったものが正の項となった。3.2.1と同様に、本ケースでは正の項となった河床勾配が大きい場合、 $f$ の値は被災なしの重心 0.1690 より近づき、説明性を有さない分析結果となった。表 3-16 に示す河床勾配の寄与度は絶対値の比較で上位から 3 番目であり、分析結果に及ぼす影響は小さいとも言い難いが、説明性を有さない分析結果となった要因については 3.2.1 及び 3.2.1 の図 3-3 に示したことと同様であると考えられる。

また、全説明変数を対象としたケース 5 の適合率と比較した場合、被災ありを“被災あり”と判別する適合率及び被災なしを“被災なし”と判別する適合率、全体の適合率はいずれも低下している。

### 3.5 線形判別分析による洗掘被災リスク要因の分析結果のまとめ

本節までの分析結果の一覧を表 3-18 に示す。

表 3-18 分析結果一覧表

		ケース1		ケース2		ケース3		ケース4		ケース5		ケース6	
		全有効データを用いた分析				橋脚がある橋梁データを用いた分析				橋台のみの橋梁データを用いた分析			
		全説明変数を対象		内部相関のある変数を除く		全説明変数を対象		内部相関のある変数を除く		全説明変数を対象		内部相関のある変数を除く	
データ数	あり	87		95		48		55		39		39	
	なし	404		411		265		265		139		146	
	合計	491		506		313		320		178		185	
適合率	被災ありを“被災あり”と判別	73.56%		70.53%		70.83%		74.55%		76.92%		66.67%	
	被災なしを“被災なし”と判別	75.00%		69.83%		82.26%		75.47%		67.63%		65.75%	
	全体	74.75%		69.96%		80.51%		75.31%		69.66%		65.95%	
説明変数	寄与度の絶対値(順位)	竣工年	0.5114 (3)	竣工年	0.7169 (1)	竣工年	0.4139 (7)	竣工年	0.6234 (1)	竣工年	0.4726 (3)	竣工年	0.7461 (1)
		橋長	0.3925 (5)	橋長	0.5840 (2)	橋長	0.6102 (3)	橋長	0.5506 (2)	橋長	0.2951 (5)	橋長	0.4299 (2)
		径間数	0.4767 (4)			径間数	0.5964 (4)			-		-	
		最大支間長	0.2262 (7)			最大支間長	0.0430 (11)			最大支間長	0.3048 (4)		
		橋脚幅	0.0301 (11)			橋脚幅	0.4920 (5)			-		-	
		流域面積	0.0309 (10)			流域面積	0.0970 (10)	流域面積	0.0286 (6)	流域面積	0.0890 (6)		
		川幅	0.3244 (6)			川幅	0.1670 (9)			川幅	0.0754 (7)	川幅	0.1097 (5)
		河床勾配	0.1005 (8)	河床勾配	0.1801 (4)	河床勾配	0.3014 (8)	河床勾配	0.2854 (4)	河床勾配	0.0516 (8)	河床勾配	0.1578 (3)
		曲率半径	1.2642 (1)			曲率半径	1.0199 (1)			曲率半径	1.9386 (2)		
		湾曲角度	1.2620 (2)	湾曲角度	0.1383 (5)	湾曲角度	0.9941 (2)	湾曲角度	0.1096 (5)	湾曲角度	1.9539 (1)	湾曲角度	0.1500 (4)
		河積阻害率	0.0414 (9)	河積阻害率	0.3540 (3)	河積阻害率	0.4873 (6)	河積阻害率	0.4803 (3)	-		-	
重心	被災あり	-1.0511		-0.9078		-1.3922		-1.1572		-0.7736		-0.6327	
	被災なし	0.2264		0.2098		0.2522		0.2402		0.2171		0.1690	

分析ケース 3 及びケース 4 では、全体での適合率は 75%以上となり、ケース 1,2 及びケース 5,6 の全体の適合率と比較して最も高い適合率となった。分析ケース 5 及びケース 6 では、全体の適合率は、ケース 1,2 及びケース 3,4 と比較して最も低い適合率となった。

3.1 に述べたように、全橋梁データを用いた分析より、「橋脚あり」又は「橋台のみ」でデータを分けた分析の方が適合率は高くなると考えられる。しかしながら、表 3-18 より、全体の適合率では「橋台のみ」が「全橋梁データ」よりも低くなっている。「橋台のみ」の全体の適合率が低くなった要因の 1 つとして、被災なしを“被災あり”と誤判別した空振りが多かったことが挙げられる。本研究でデータを収集した橋台のみの橋梁は、川幅の小さい河川の上流に比較的多く、橋長が小さい橋梁が多くみられる。ケース 5 及びケース 6 で空振りとなった橋梁に着目すると、ケース 5 で空振りとなった 45 橋梁の

うち、22 橋梁が橋長 15m 以下の小規模な橋梁であった。また、ケース 6 では空振りとなった 50 橋梁のうち、27 橋梁が橋長 15m 以下であった。小規模な橋梁の場合、実際には洗掘が生じるほど水が流れていないなどの河川側の個別の状況から被災が生じる条件にない橋梁であることも考えられる。そのような特殊な条件の橋梁が説明関数に従って判別されたため、「橋台のみ」の橋梁は「全橋梁データ」や「橋脚あり」よりも空振りが多くなった可能性が考えられる。

各説明変数の寄与度からみた洗掘被災リスクについて、橋脚がある橋梁データを用いた内部相関のある変数を除いたケース 4 においては、分析の結果得られた説明関数の正負の傾向と洗掘の発生メカニズムに照らして想定される被災傾向が一致した説明変数は、寄与度の大きい順に、竣工年、橋長、河積阻害率、湾曲角度となった。このことから、橋脚ありの橋梁の場合、以下に示す定量的洗掘被災リスク要因の組合せに該当する条件の橋梁で洗掘被災リスクが高くなるといえる。なお、湾曲角度については、全説明変数を対象としたケース 3 において寄与度の順位は上位から 2 番目であったが（表 3-8）、ケース 4 では上位から 5 番目と下がる結果となった（表 3-11）。この原因については不明であるが、ケース 3 において順位は上位であったことから、湾曲角度は洗掘被災リスクが高くなる要因の 1 つと考えられる。

[橋脚の洗掘被災リスク高要因]

- ・竣工年が古い
- ・橋長が小さい
- ・河積阻害率が大きい
- ・湾曲角度が大きい

橋台のみの橋梁データを用いた内部相関のある変数を除いたケース 6 においては、分析の結果得られた説明関数の正負の傾向と洗掘の発生メカニズムに照らして想定される被災傾向が一致した説明変数は、寄与度の大きい順に、竣工年、橋長、湾曲角度となった。このことから、橋台のみの橋梁の場合、以下に示す定量的洗掘被災リスク要因の組合せに該当する条件の橋梁で洗掘被災リスクが高くなるといえる。なお、湾曲角度については、先述の橋脚がある橋梁データの分析ケース 3 及び 4 と同様に、全説明変数を対象としたケース 5 において寄与度の順位は上位から 1 番目であったが（表 3-13）、ケース 6 では上位から 4 番目と下がる結果となった（表 3-16）。この原因についても不明であるが、ケース 5 において順位は上位であったことから、橋台のみの橋梁の場合も湾曲角度は洗掘被災リスクが高くなる要因の 1 つと考えられる。

[橋台の洗掘被災リスク高要因]

- ・竣工年が古い
- ・橋長が小さい
- ・湾曲角度が大きい

また、洗掘被災リスクの評価においては、被災するリスクの高い橋梁の見逃しをできるだけなくすことも求められる。分析の結果、見逃しが生じた主な理由としては、定量的ではない定性的洗掘被災リスク要因により実際には被災していたものが見逃しとして表れたことが考えられる。このため、次章において、定性的洗掘被災リスク要因の観点から、見逃しが生じた橋梁を対象に渡河地点周辺の状況を検証

する。一方、実際には被災をうけていない橋梁を“被災あり”と誤判別した空振りは、本研究の目的を阻害するものではないため、対象としないこととする。

#### 4. 被災事例の個別検証による定性的な洗掘被災リスク要因の分析

前章では、定量的洗掘被災リスク要因を変数とした線形判別分析により、洗掘被災リスクが高くなる条件について検討した。本章では、判別の結果、見逃しとなった橋梁について個別に検証し、洗掘被災リスクが高くなる定性的な条件を明らかにする。検証にあたり、以下に示す定性的洗掘被災リスク要因に着目した。

##### ①砂州や植生による滞筋の固定化

植生は、一般的に種子や枝が漂着することで砂州に入植して形成される。植生が成長することで、小規模出水の度に細粒土砂を捕らえて、砂州と低水路（滞筋）の比高差（砂州の地盤高と流路の水位との高低差）を拡大させる<sup>12)</sup>。また、山本ら<sup>13)</sup>は、比高拡大が進んで滞筋が固定化されることで砂州部のかく乱頻度が減少して砂州の樹林化につながることや滞筋部で洗掘が生じることなどから、比高拡大は近年の河道管理上の1つの大きな課題であると述べている。以上より、砂州や植生が河道内にあることで、滞筋の固定化が生じやすくなり、局所的な河床低下や洗掘が引き起こされやすくなる。

##### ②河川沿いの堤外樹林帯の有無

河川沿いに樹林帯がある場合、特に堤外樹林帯については、河道での洪水流の水位上昇や土砂堆積による河積の減少あるいは流木化などの治水上の支障をもたらすことがあると言われている<sup>14)</sup>。架橋位置付近の河川沿いに堤外樹林帯があることで、水位上昇による流量の増加や樹林帯の一部の流木化による河積の阻害により、河床低下が生じやすくなる。

##### ③架橋位置上流又は下流の落差工の有無

落差工の上流部では、落差工越流時に低下背水が発生し、低下背水による流速及び掃流力の増大で、上流側の広い範囲に河床低下が生じるとされている<sup>15)</sup>。一方、架橋位置上流に落差工がある場合、上流に位置する落差工越流時の流速増大の影響をうけることで、河床低下や洗掘が引き起こされやすくなる。



以上の定性的洗掘被災リスク要因の該当の有無は、公表されている航空写真<sup>10),16)</sup>や地形図<sup>10)</sup>、google ストリートビュー<sup>17)</sup>を用いて、渡河地点周辺の状況から確認した。なお、渡河地点周辺の状況は被災前の状況を確認する必要があるため、航空写真や google ストリートビューは当該橋梁の被災要因となった事象（豪雨や台風など）が発生するよりも前の時期に撮影されたものの中で、解像度が高く、最新のものを用いることとした。また、①の要因に関しては砂州（①-1）と植生（①-2）を、③の要因に関しては架橋位置上流に落差工がある場合（③-1）と下流に落差工がある場合（③-2）を区分して整理した。さらに、①の要因については、得られた航空写真1時点の状況から、渡河地点周辺に砂州や植生が確認できた場合には滞筋の固定化が生じていた可能性があったと判断し、「滞筋の固定化」と表すこととした。

次頁以降に、6つの全分析ケースのいずれかにおいて見逃しとなった39橋梁を個別に検証した結果を示す。なお、当該橋梁の特定を防ぐため、地形図に記されている橋梁名や周辺地域名は黒塗りで隠している。



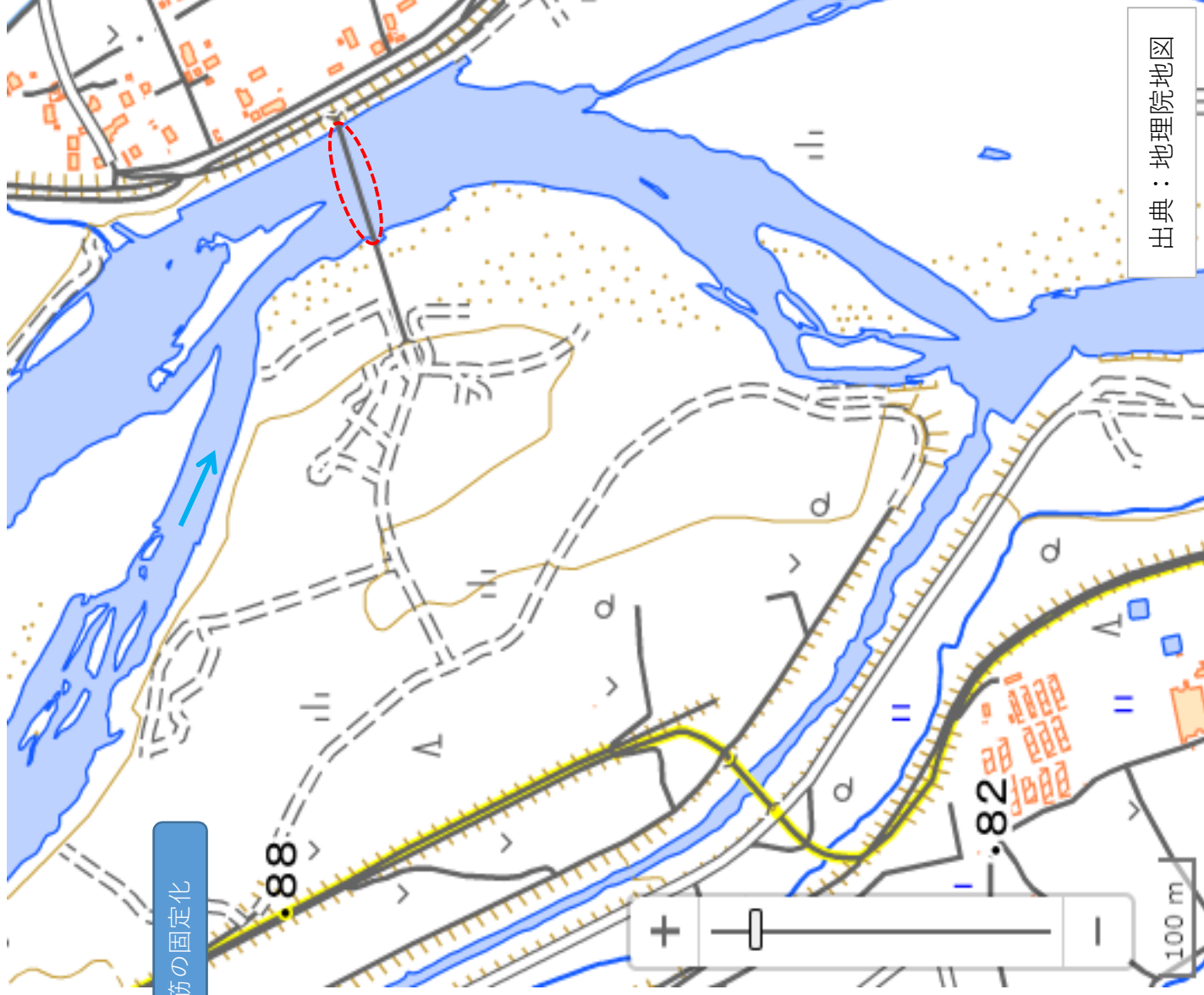
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
12 L橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成25年7月 豪雨	逆T式/重力式(併)	壁式/柱式(併)	直接	直接	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>平成22年10月撮影</p> <p>砂州による滞筋の固定化</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>出典：地理院地図</p> </div> </div>									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>					<p>・砂州による滞筋の固定化</p>				



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
39 AM橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成26年8月 豪雨	逆T式	壁式小判型	直接	直接	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>平成26年撮影</p>  </div> <div style="width: 48%;">  </div> </div>									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> </ul>									


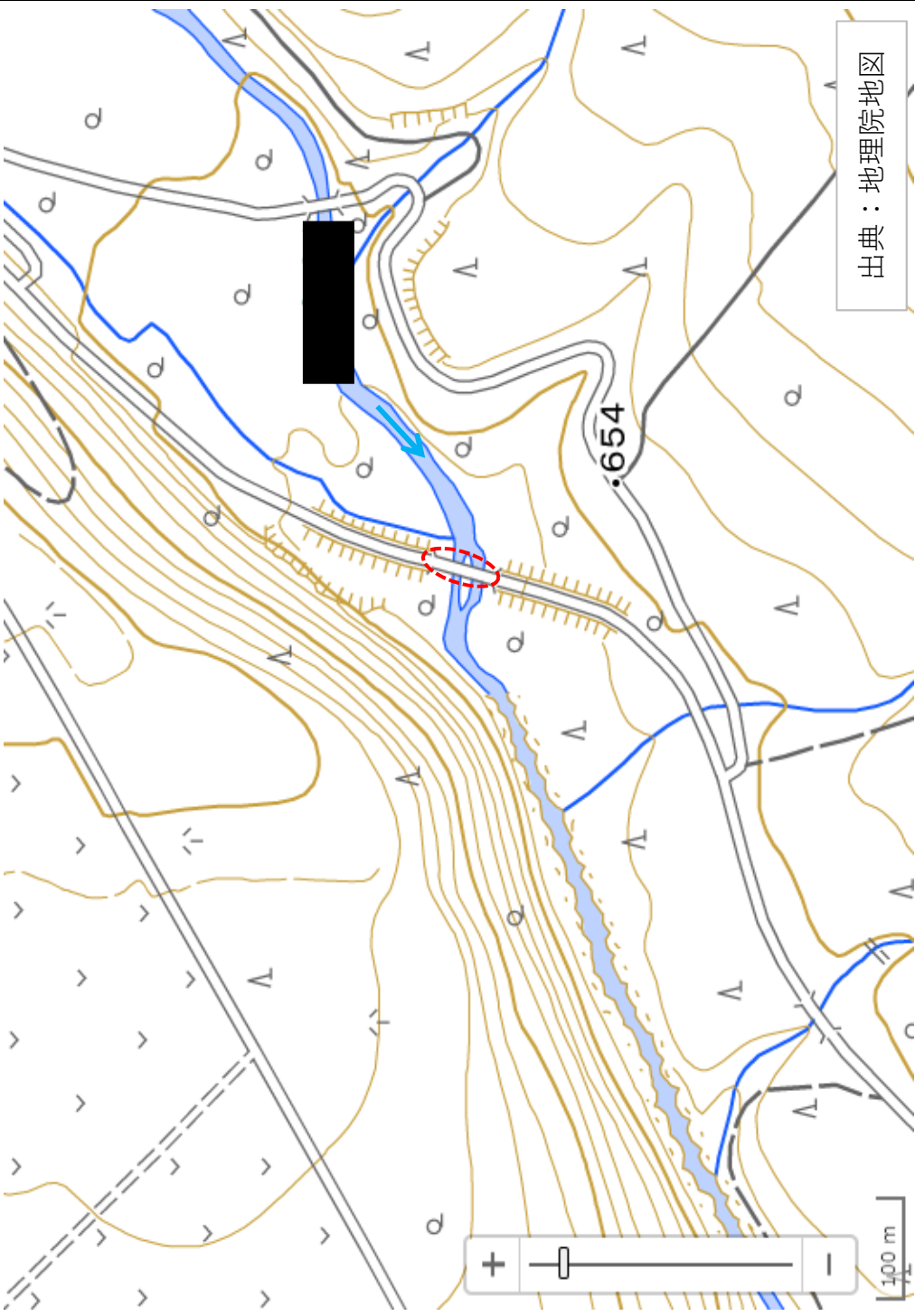


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
86 CH橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成27年9月 台風18号及び豪雨	-	-	パイルベント	パイルベント	-



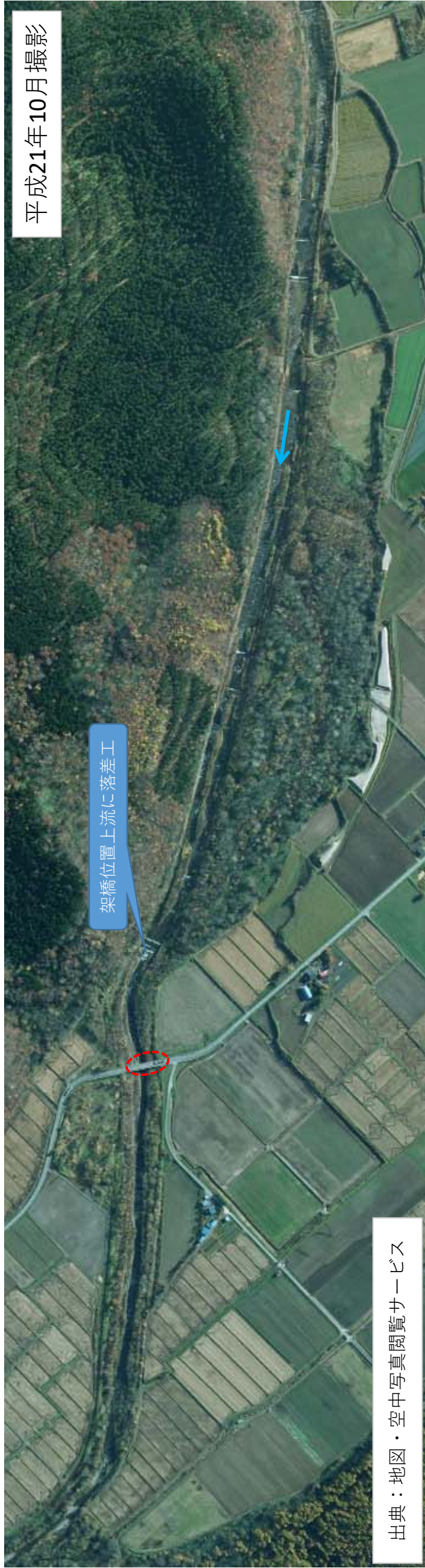
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・砂州による滞筋の固定化
-----------------------	--------------



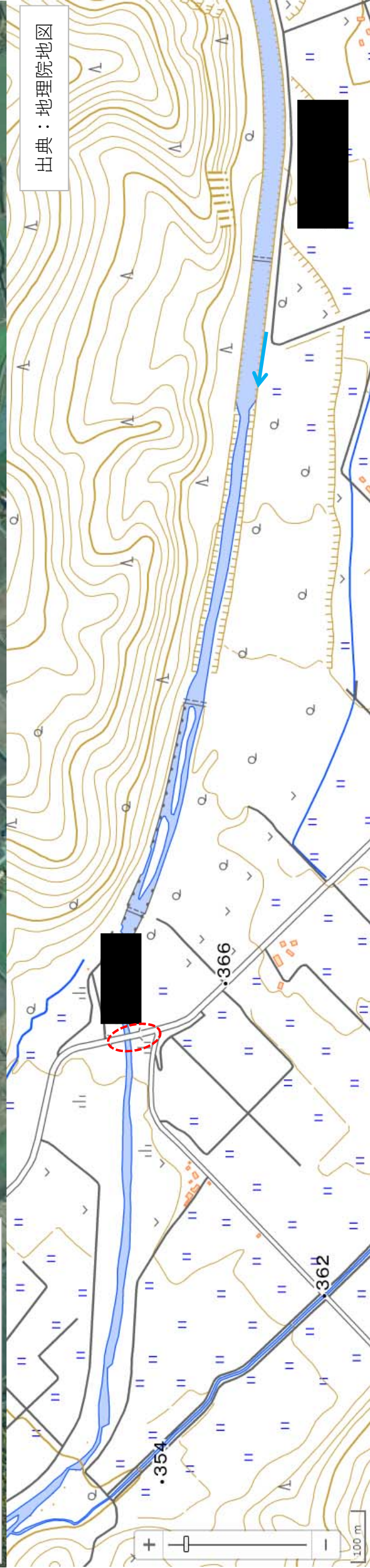
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
110 DF橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風9号	箱式/逆T式(併)	壁式小判型	直接	直接	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>平成24年撮影</p>  </div> <div style="width: 48%;">  </div> </div>									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>					<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> <li>・河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>				



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
111	DG橋	全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風9号	不明	不明	不明	不明	-



出典：地図・空中写真閲覧サービス



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>架橋位置上流に落差工</li> </ul>
-----------------------	--



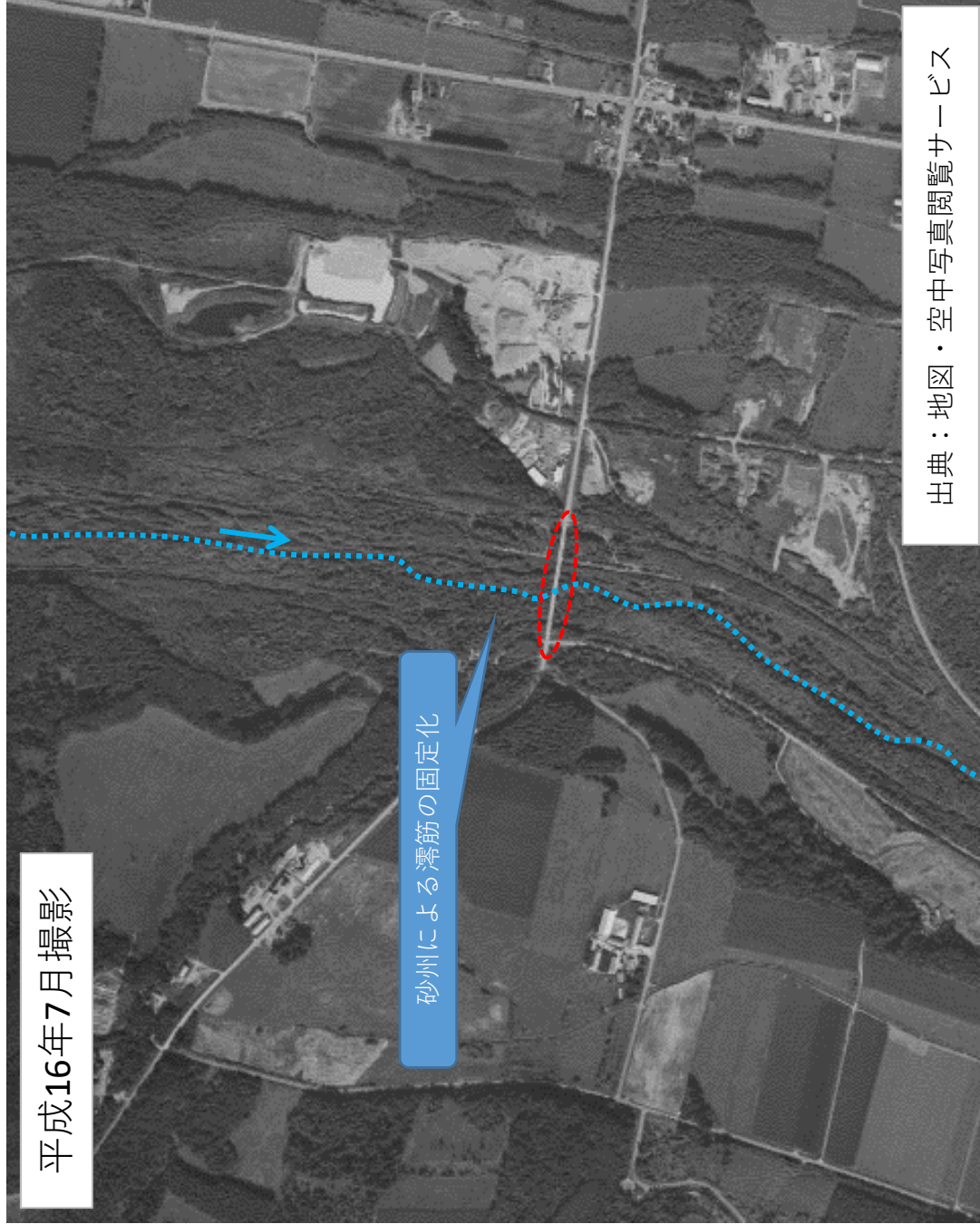
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
114 DJ橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風10号	-	-	直接	直接	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>平成12年9月撮影</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>出典：地理院地図</p> </div> </div>									
確認できた			<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> </ul>						
定性的洗掘被災リスク要因									



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
127	DW橋	全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風10号	不明	不明	不明	不明	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>平成14年9月撮影</p> <p>砂州による滞筋の固定化</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>出典：地理院地図</p> </div> </div>									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>					<p>・砂州による滞筋の固定化</p>				





管理番号	128 DX橋	橋梁名	DX橋	分析ケース	全データ 橋脚あり	見逃しとなった 分析ケース	全データ 橋脚あり	被災要因	平成28年8月 台風10号	下部構造形式 (橋台)	逆T式	下部構造形式 (橋脚)	壁式小判型	基礎形式 (橋台)	直接	基礎形式 (橋脚)	直接	備考	-
------	---------	-----	-----	-------	--------------	------------------	--------------	------	------------------	----------------	-----	----------------	-------	--------------	----	--------------	----	----	---



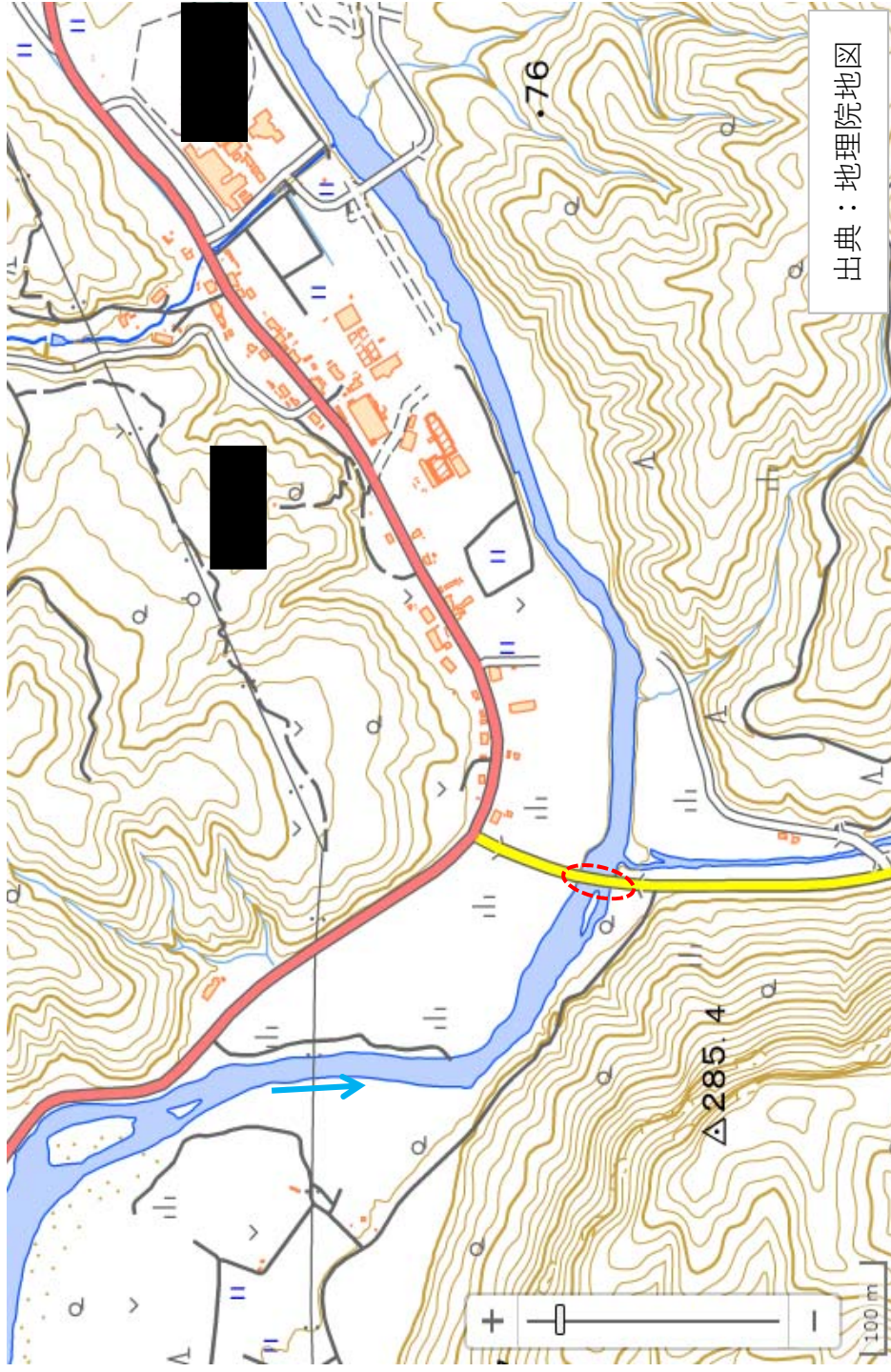
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> </ul>
-----------------------	--



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
138	EH橋	全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風10号	逆T式	壁式	直接	直接	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>昭和52年9月撮影</p>  </div> <div style="width: 45%;">  </div> </div>									
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因			<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> </ul>						





管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
140 EJ橋		全データ 橋脚あり	全データ 橋脚あり	平成28年8月 台風10号	逆T式	壁式	直接	直接	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・砂州による滞筋の固定化
-----------------------	--------------



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考	
30 AD橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成25年7月 豪雨	不明	不明			-	
 <p>平成21年4月撮影</p> <p>砂州による滞筋の固定化</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p>		 <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p>								
確認できた		<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> </ul>								
定性的洗掘被災リスク要因										


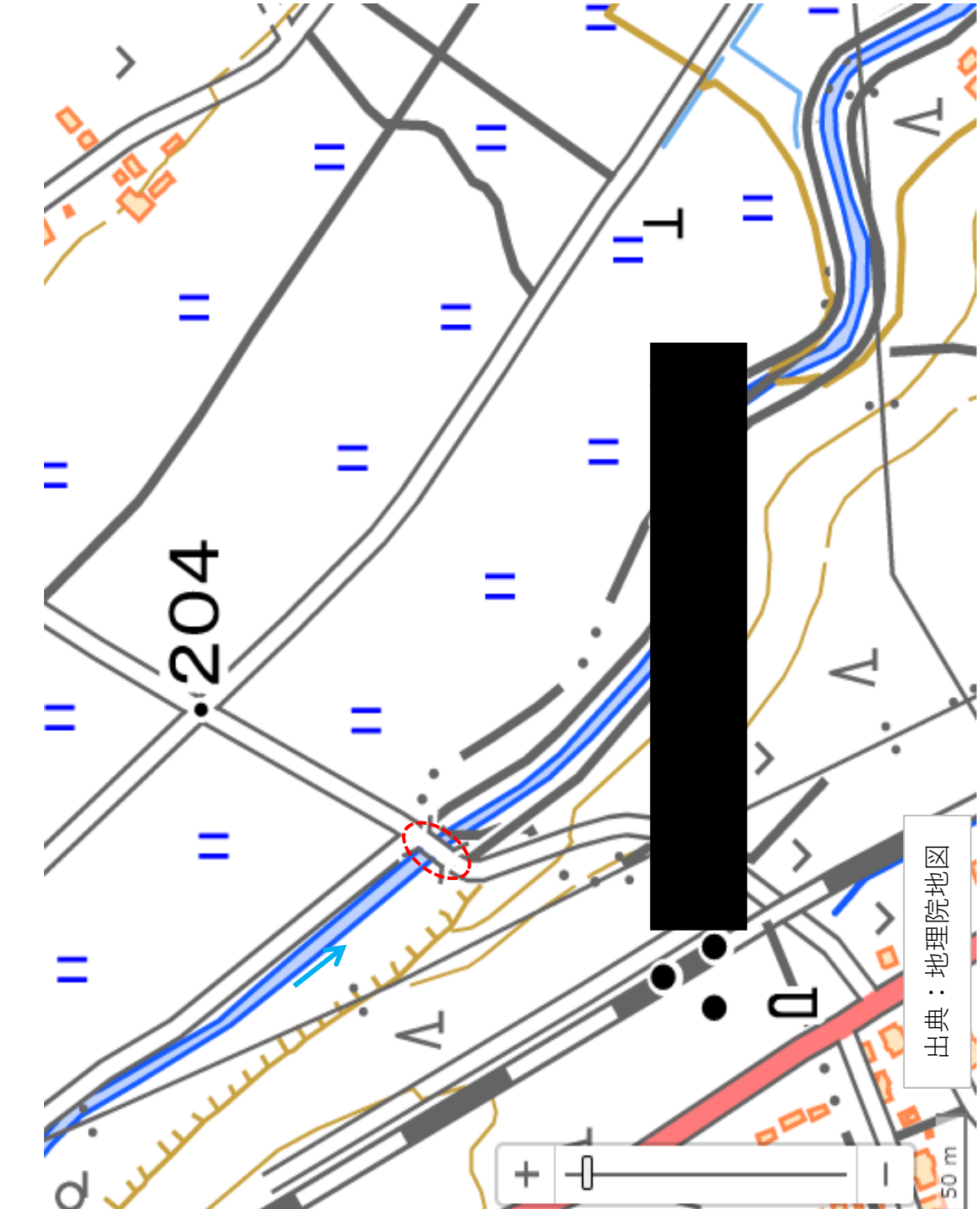


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
41 AO橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成26年8月 豪雨	不明	-	不明	-	-




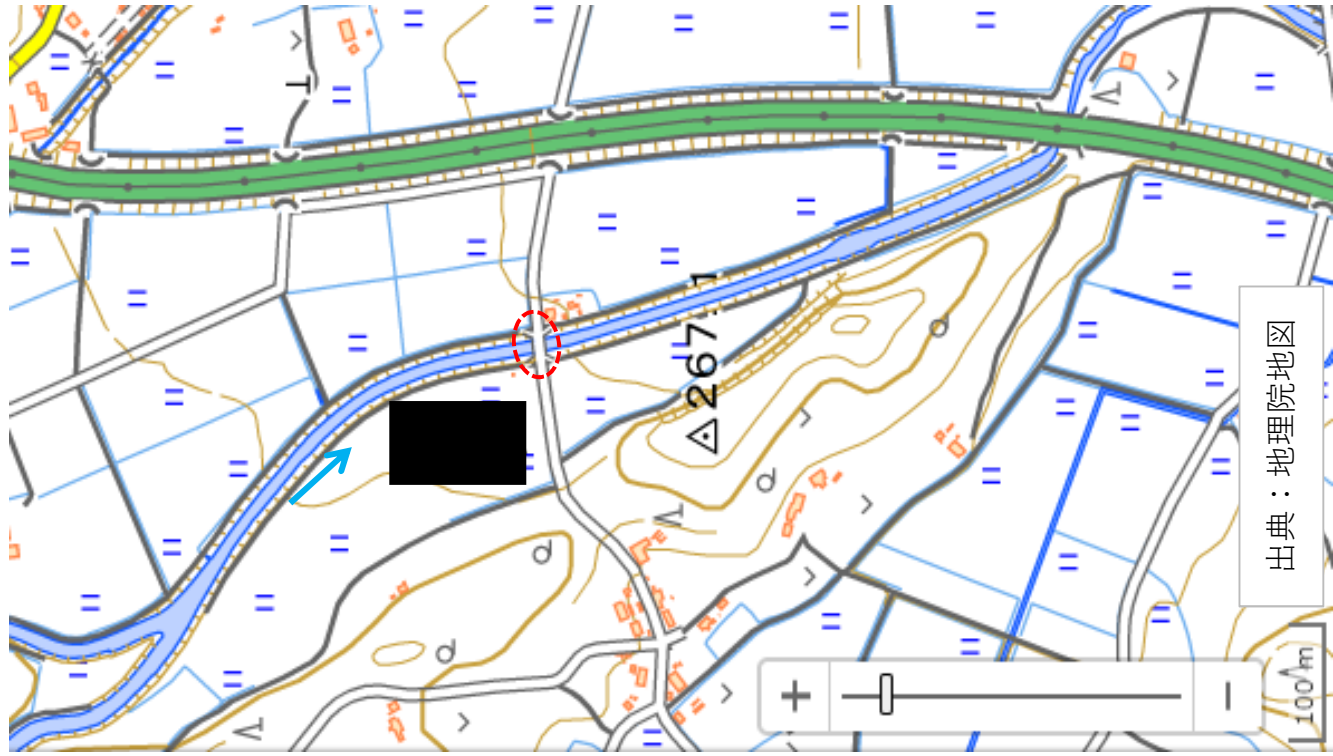


確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・ 河川沿いに堤外樹林帯
-----------------------	--------------



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
81 CC橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成27年9月 台風18号及び豪雨	不明	-	不明	-	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>平成26年5月撮影</b></p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p>  </div> <div style="width: 45%;">  <p>出典：地理院地図</p> </div> </div>									
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因			<ul style="list-style-type: none"> <li>目立った特性なし</li> </ul>						

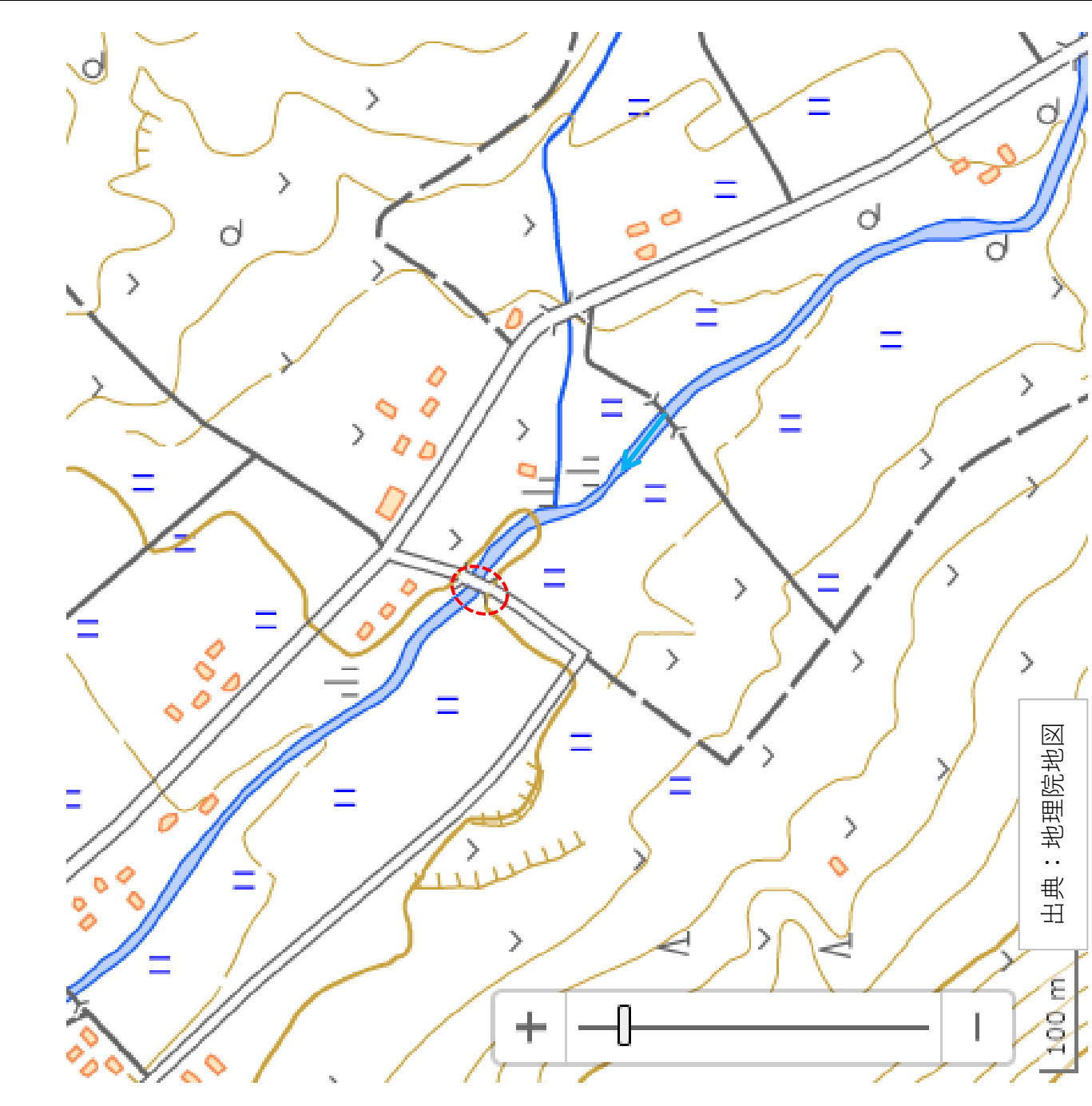


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
85 CG橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成27年9月 台風18号及び豪雨	不明	-	不明	-	
 <p>平成18年8月撮影</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p>									
 <p>上流側</p> <p>植生による滞筋の固定化</p> <p>出典：Googleストリートビュー（平成26年8月撮影）</p>									
 <p>下流側</p> <p>植生による滞筋の固定化</p> <p>出典：Googleストリートビュー（平成26年8月撮影）</p>									
 <p>出典：地理院地図</p>									
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因					<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植生による滞筋の固定化</li> </ul>				



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
96 CR橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成27年6月 豪雨	不明	-	不明	-	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>平成20年4月撮影</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p> </div> <div style="width: 45%;"> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>出典：地理院地図</p> </div>									
確認できた			・目立った特性なし						
定性的洗掘被災リスク要因									

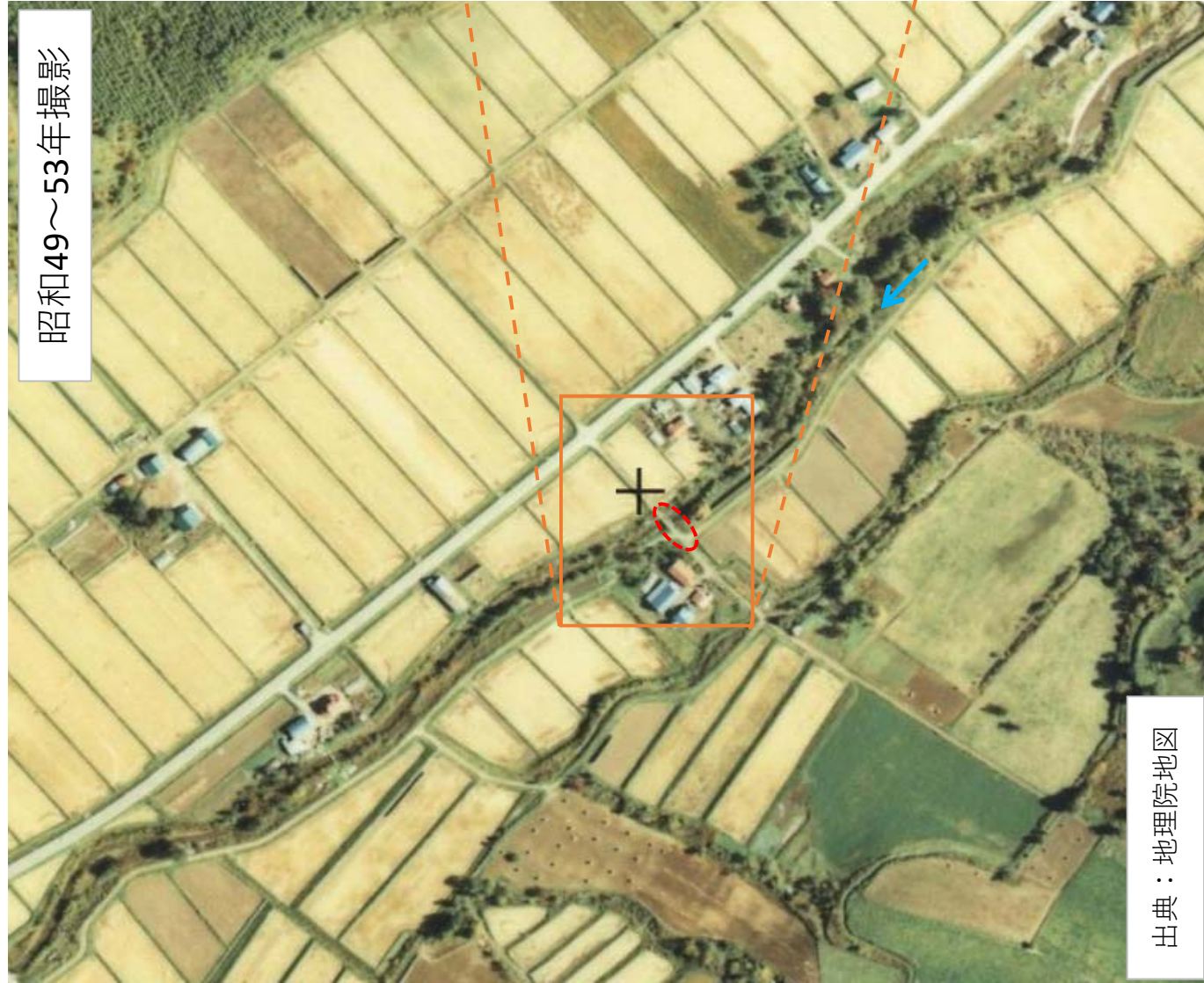
管理番号	97 CS橋	橋梁名	分析ケース 全データ 橋台のみ	見逃しとなった 分析ケース 全データ 橋台のみ	被災要因 平成28年7月 豪雨	下部構造形式 (橋台)	不明	下部構造形式 (橋脚)	-	基礎形式 (橋台)	不明	基礎形式 (橋脚)	-	備考	-
------	--------	-----	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	----------------	----	----------------	---	--------------	----	--------------	---	----	---



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・砂州による滞筋の固定化
-----------------------	--------------



管理番号	98 CT橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
			全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年7月 豪雨	不明	不明	不明	-	-



確認できた  
定性的洗掘被災リスク要因

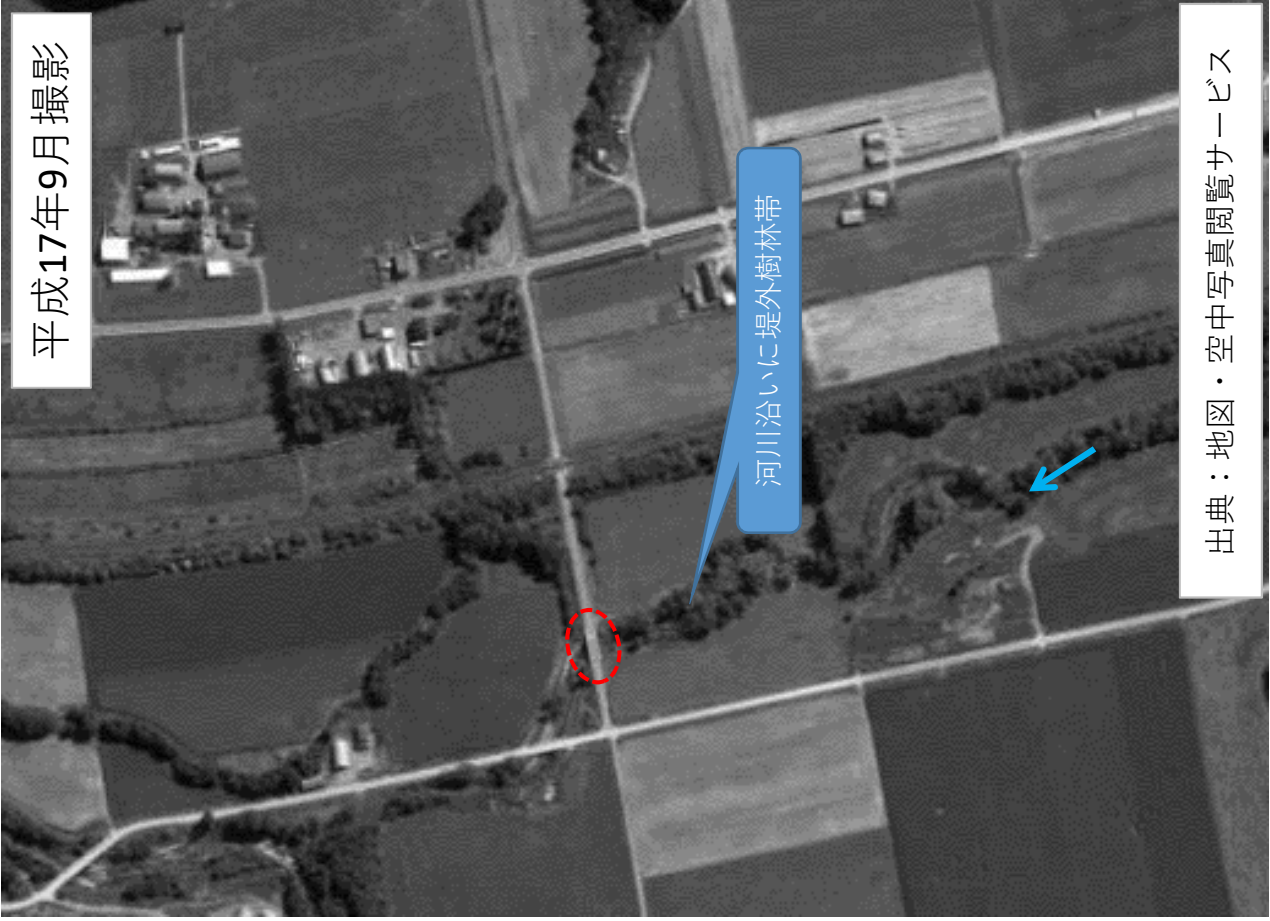
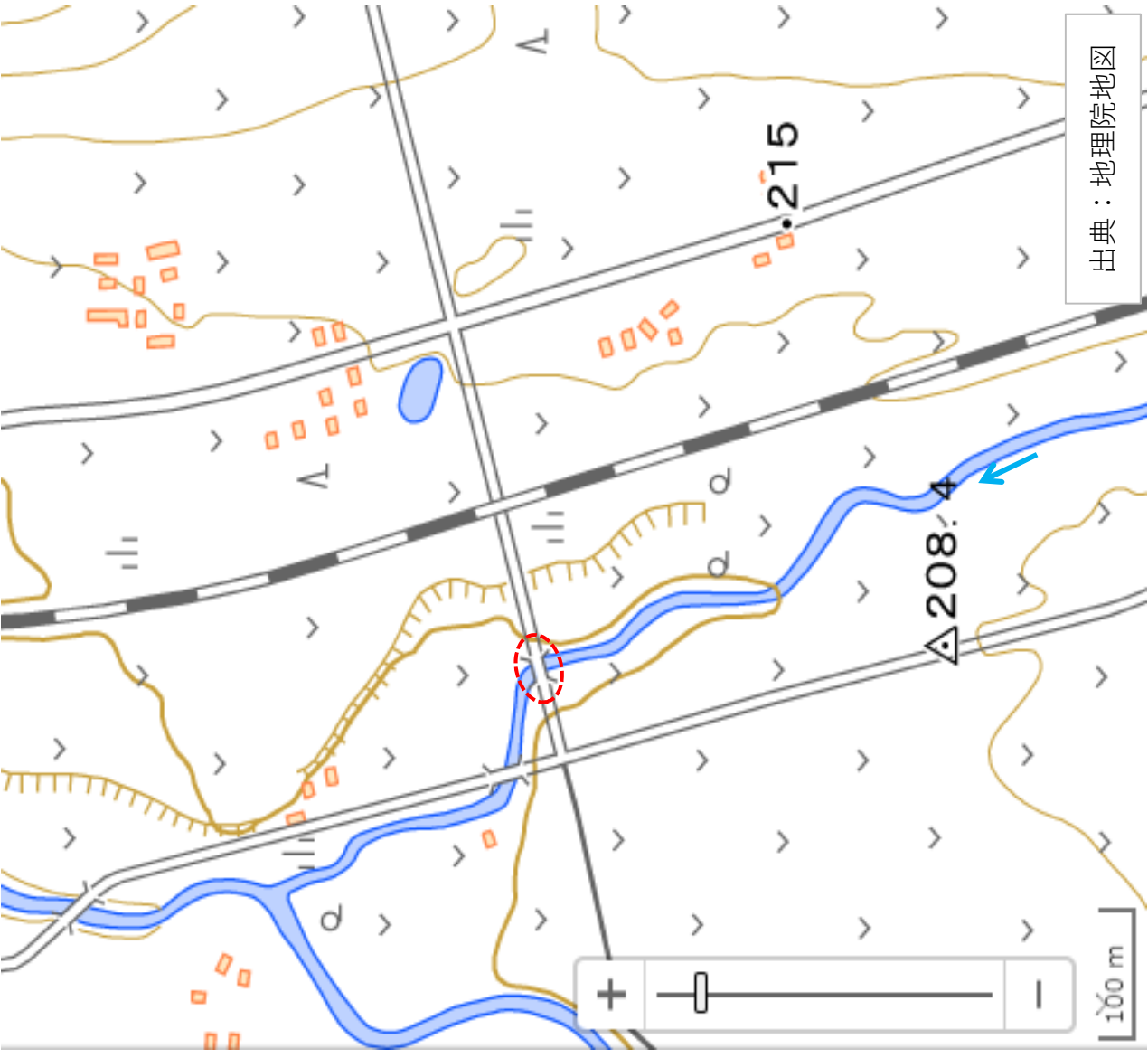
・拡大画像不鮮明のため確認不可



管理番号	99 CU橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった 分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
			全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風11号	逆T式	-	杭	-	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・河川沿いに堤外樹林帯
-----------------------	-------------

管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
101	CW橋	全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風11号	不明	-	直接	-	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;">  <p>平成17年9月撮影</p> <p>河川沿いに堤外樹林帯</p> <p>出典：地図・空中写真閲覧サービス</p> </div> <div style="width: 48%;">  <p>出典：地理院地図</p> </div> </div>									
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因			<ul style="list-style-type: none"> <li>河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>						



管理番号	122 DR橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
			全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風10号	不明	-	不明	-	-

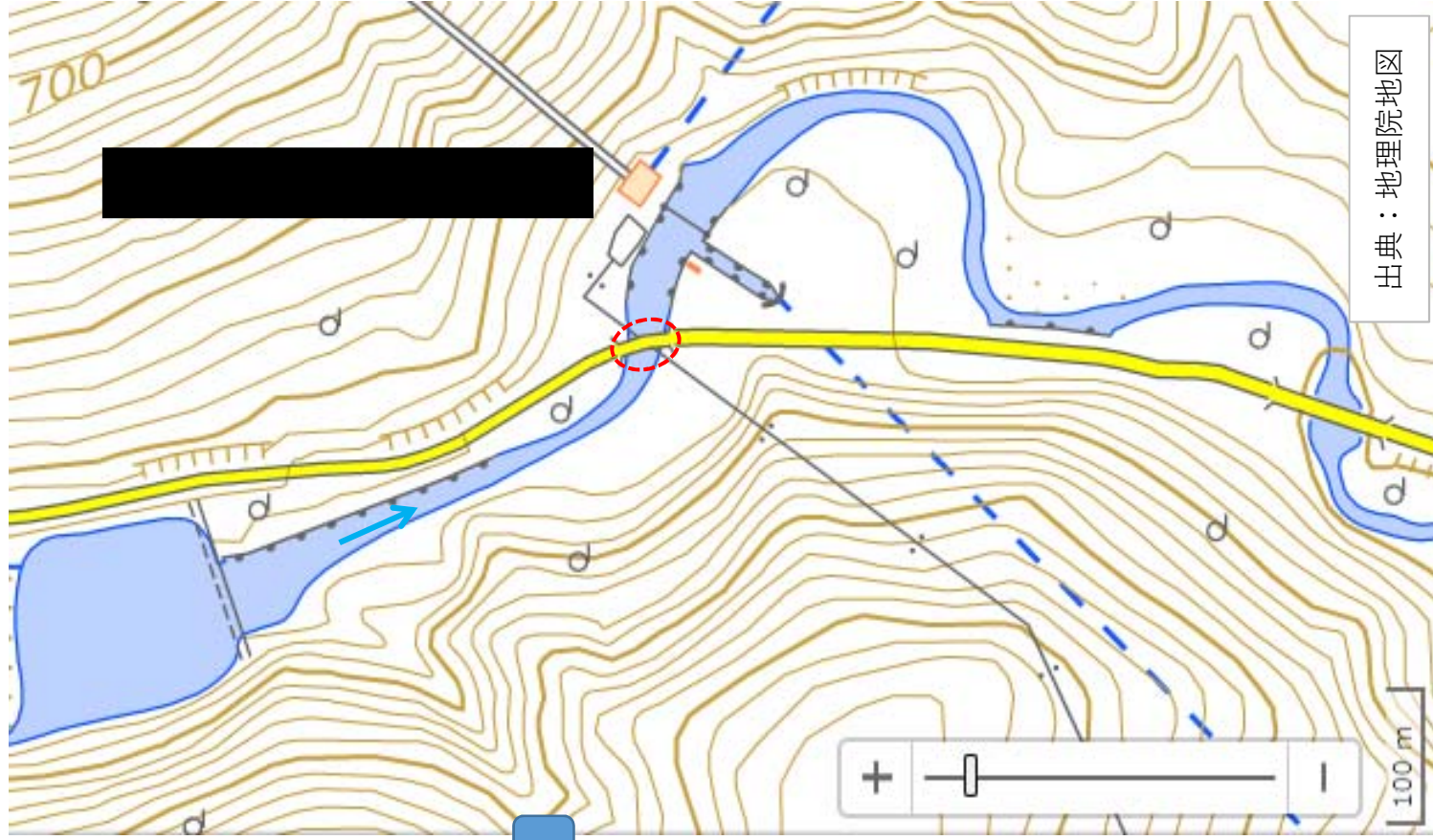


平成16年7月撮影

架橋位置上流に落差工

植生による滞筋の固定化

出典：地図・空中写真閲覧サービス



出典：地理院地図

確認できた  
定性的洗掘被災リスク要因

- ・植生による滞筋の固定化
- ・架橋位置上流に落差工

管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
124 DT橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風10号	不明	-	不明	-	-



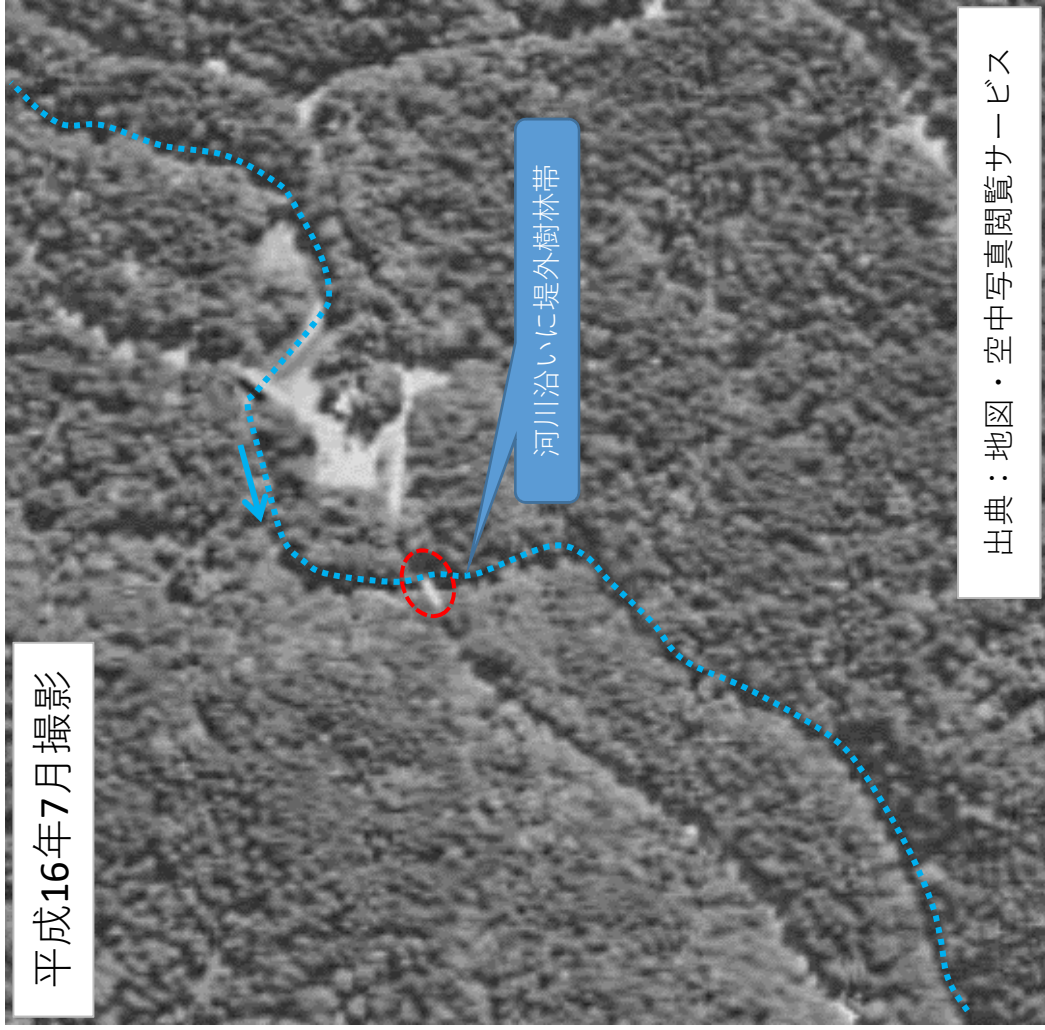
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>
-----------------------	---



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
126 DV橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風10号	不明	-	不明	-	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><b>平成16年撮影</b></p> </div> <div style="width: 48%;"> </div> </div>									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>					<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 架橋位置上流に落差工</li> <li>・ 架橋位置下流に落差工</li> </ul>				



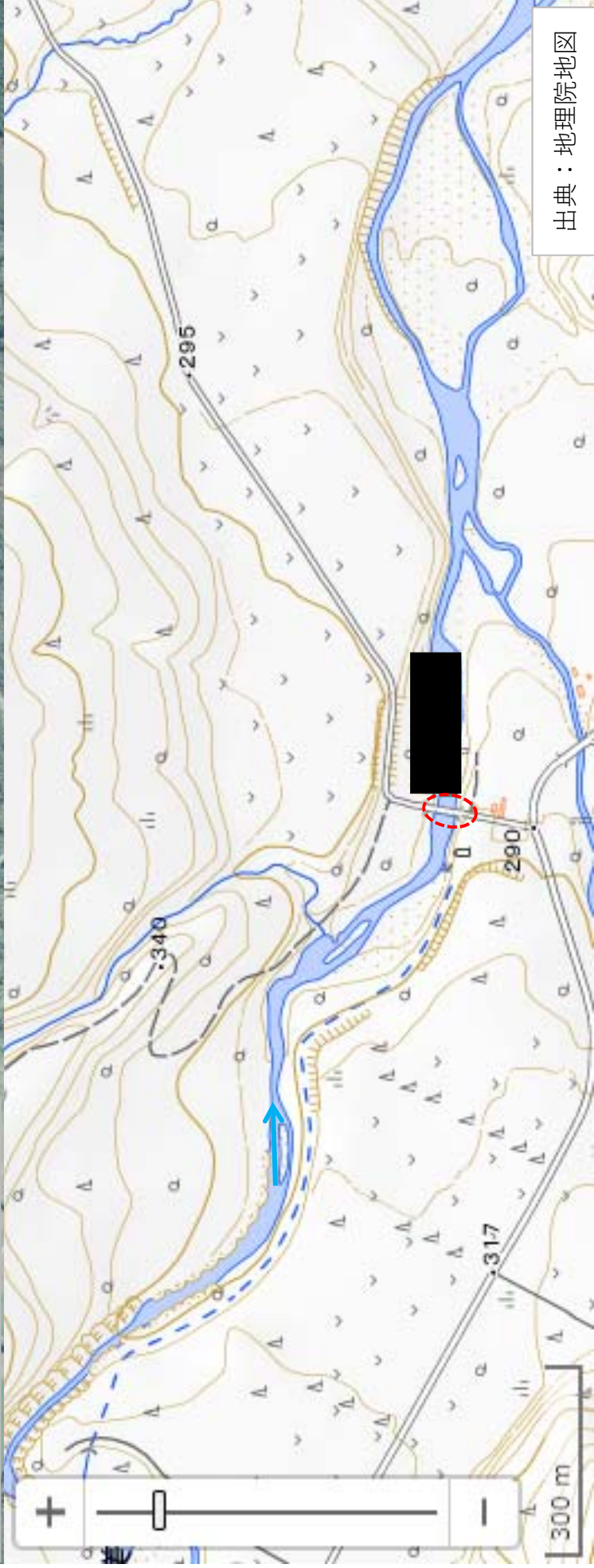
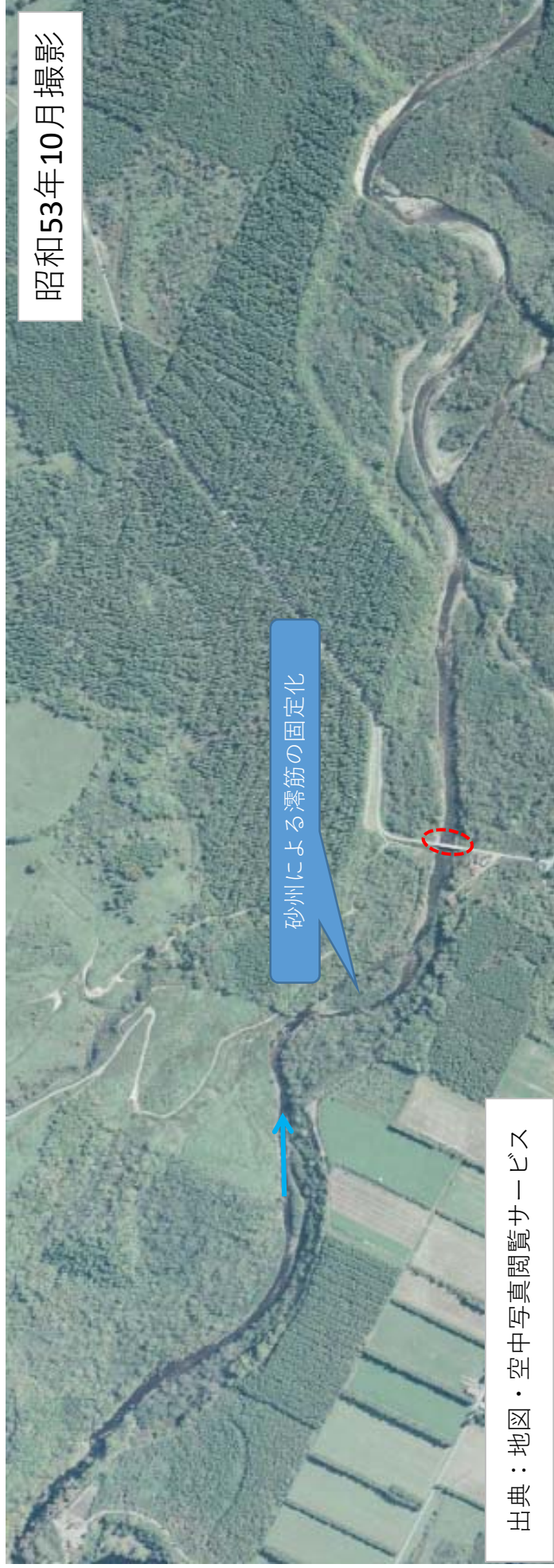
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
129 DY橋	全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風10号	逆T式	-	直接	-	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・河川沿いに堤外樹林帯
-----------------------	-------------


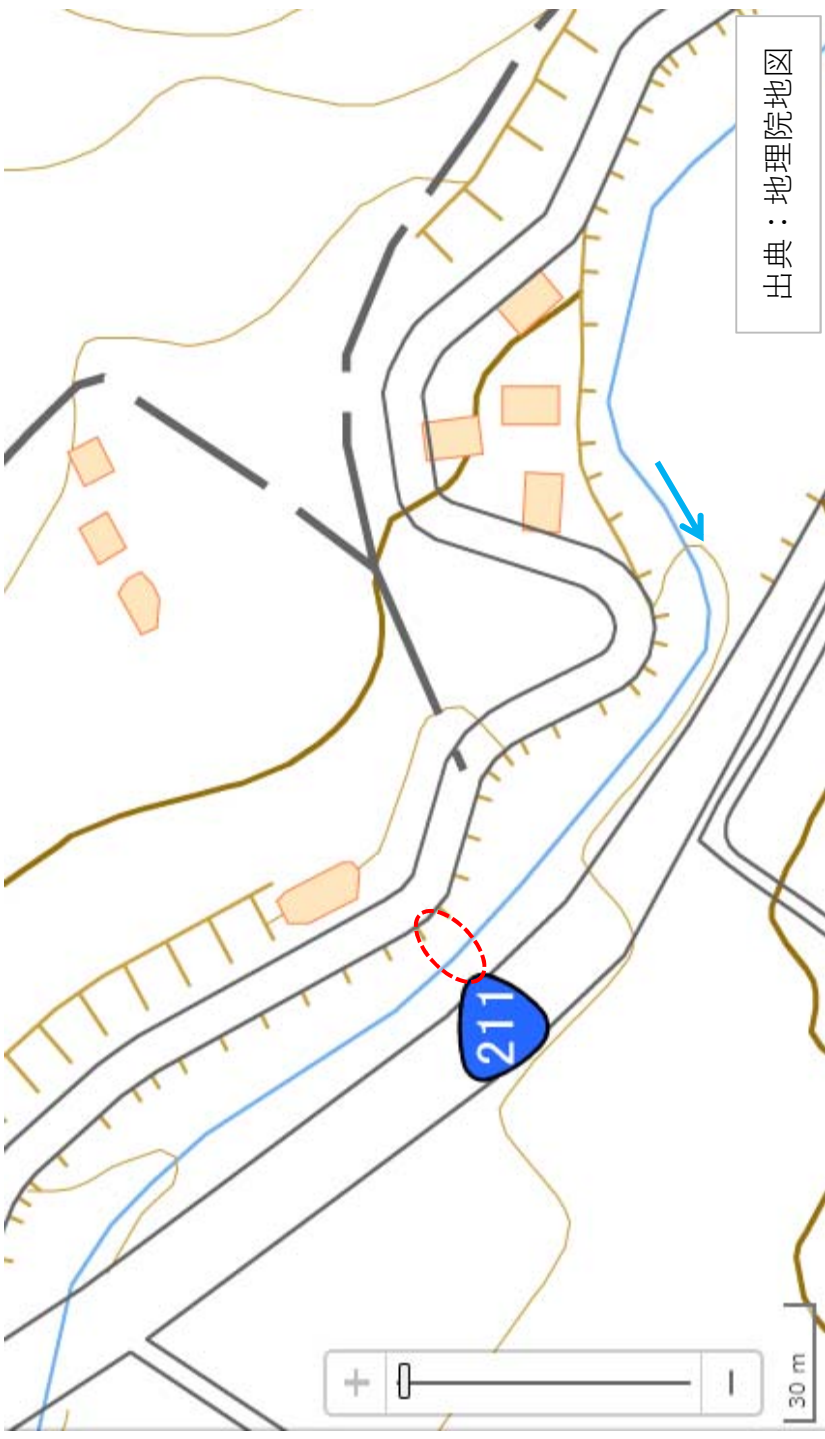


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
135 EE橋		全データ 橋台のみ	全データ 橋台のみ	平成28年8月 台風10号	逆T式	-	直接	-	-



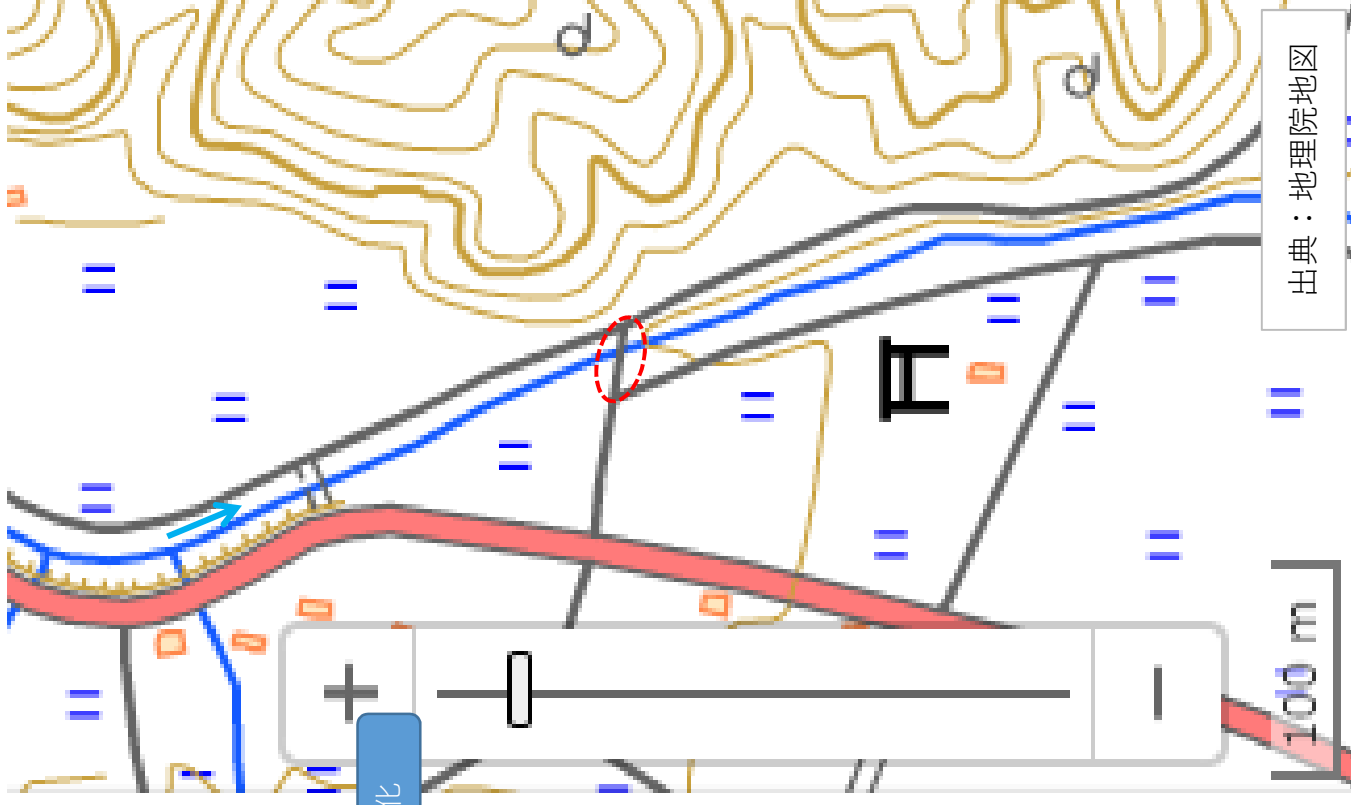
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・砂州による滞筋の固定化
-----------------------	--------------



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
149	ES橋	全データ 橋脚あり	全データ	平成28年6月 豪雨	半重力式	壁式小判型	直接	直接	-
									
<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>					<p>・ 植生による滞筋の固定化</p>				

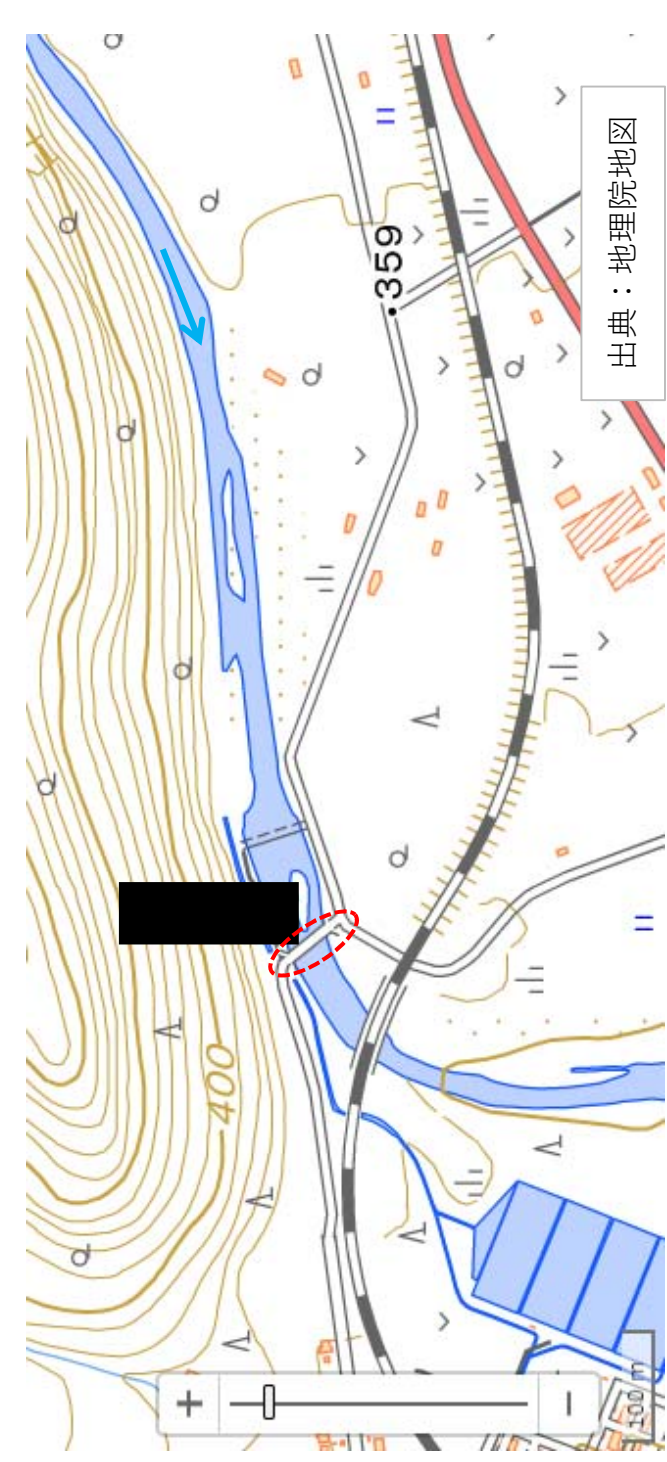


管理番号	35 A1橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
			全データ 橋脚あり	橋脚あり	平成25年7月 豪雨	重力式	-	直接	パイルベント	-



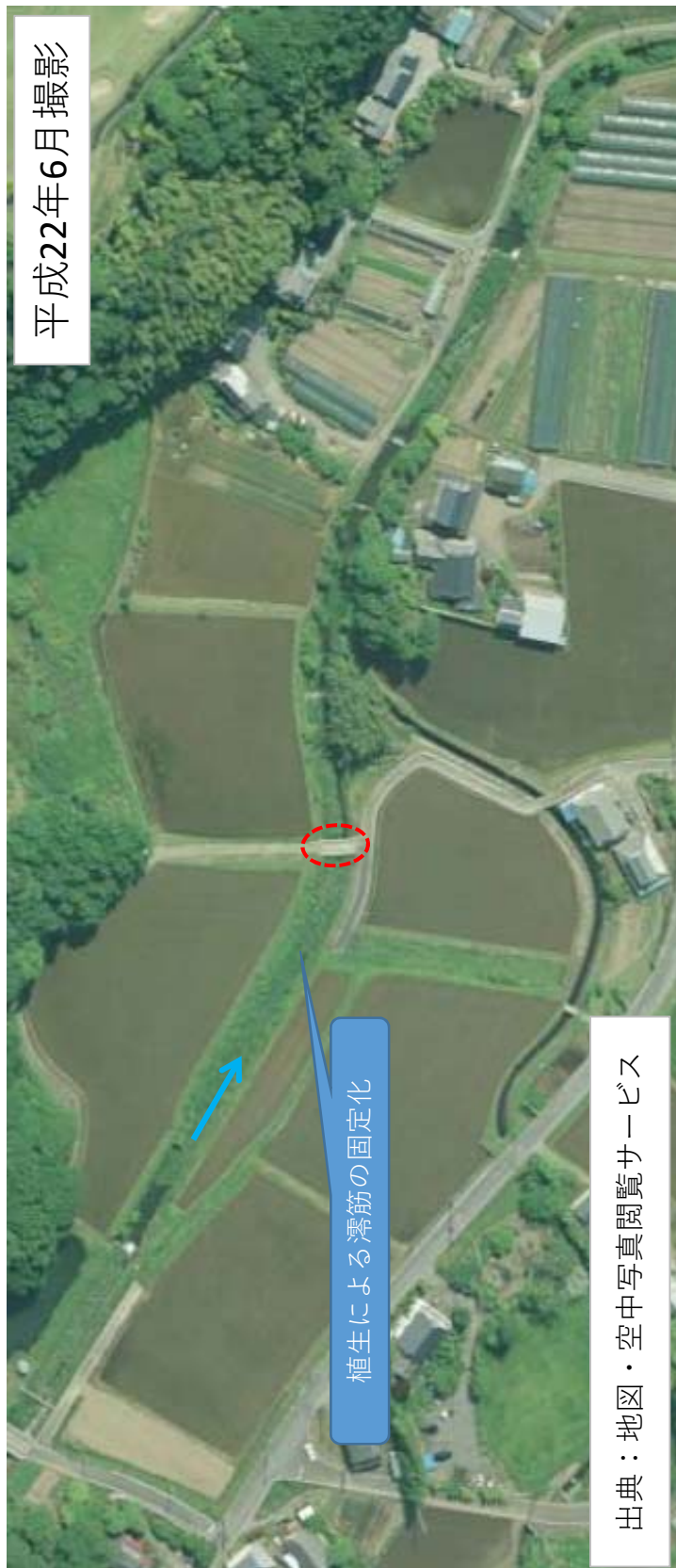
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> <li>・架橋位置上流に落差工</li> </ul>
-----------------------	---

管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
70 BR橋		全データ 橋脚あり	橋脚あり	平成27年7月 豪雨	逆T式	壁式小判型	直接	直接	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> <li>・架橋位置上流に落差工</li> </ul>
-----------------------	---

管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
94 CP橋		全データ 橋脚あり	橋脚あり	平成27年9月 台風18号及び豪雨	不明	-	不明	パイルベント	-



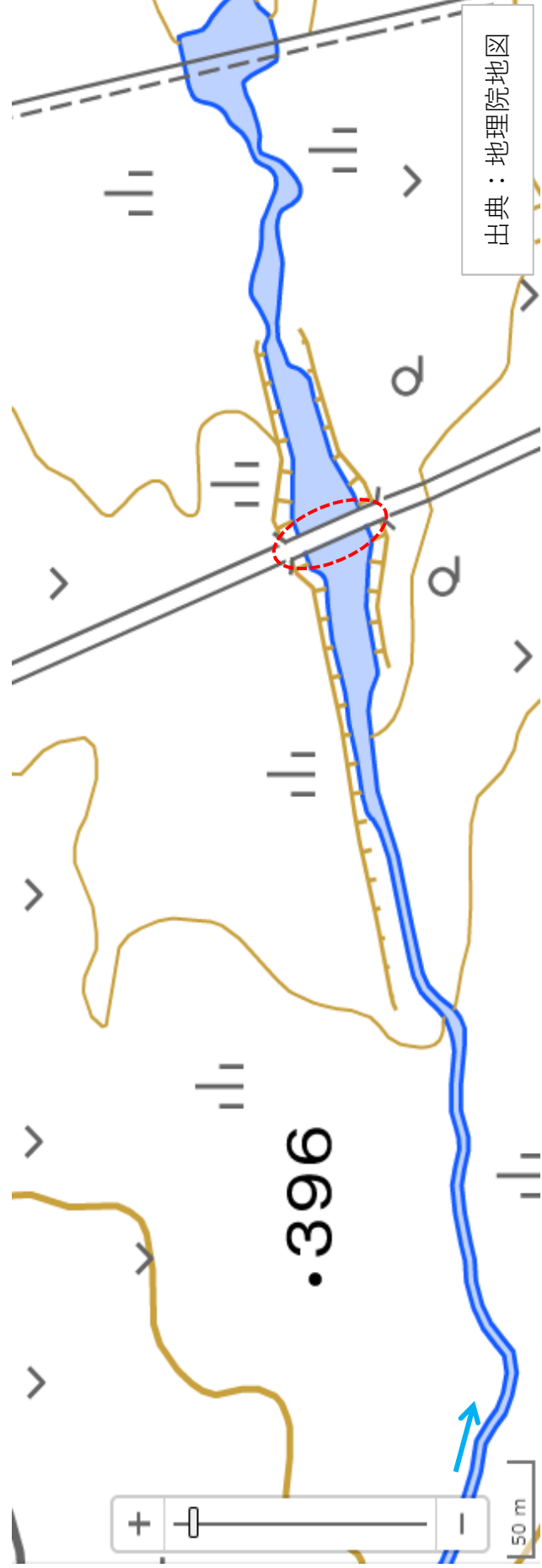
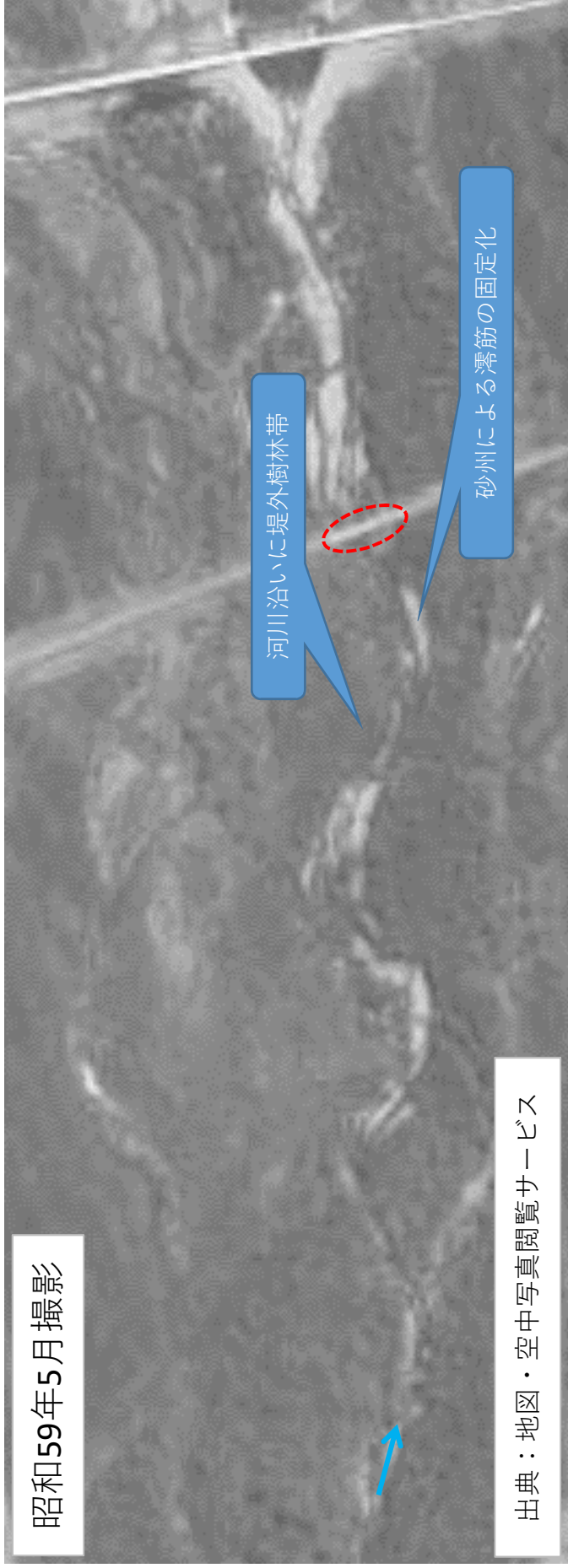
出典：地図・空中写真閲覧サービス



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植生による滞筋の固定化</li> </ul>
-----------------------	---



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
130 DZ橋		全データ 橋脚あり	橋脚あり	平成28年8月 台風10号	重力式	張出式円柱型	不明	不明	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> <li>・河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>
-----------------------	---

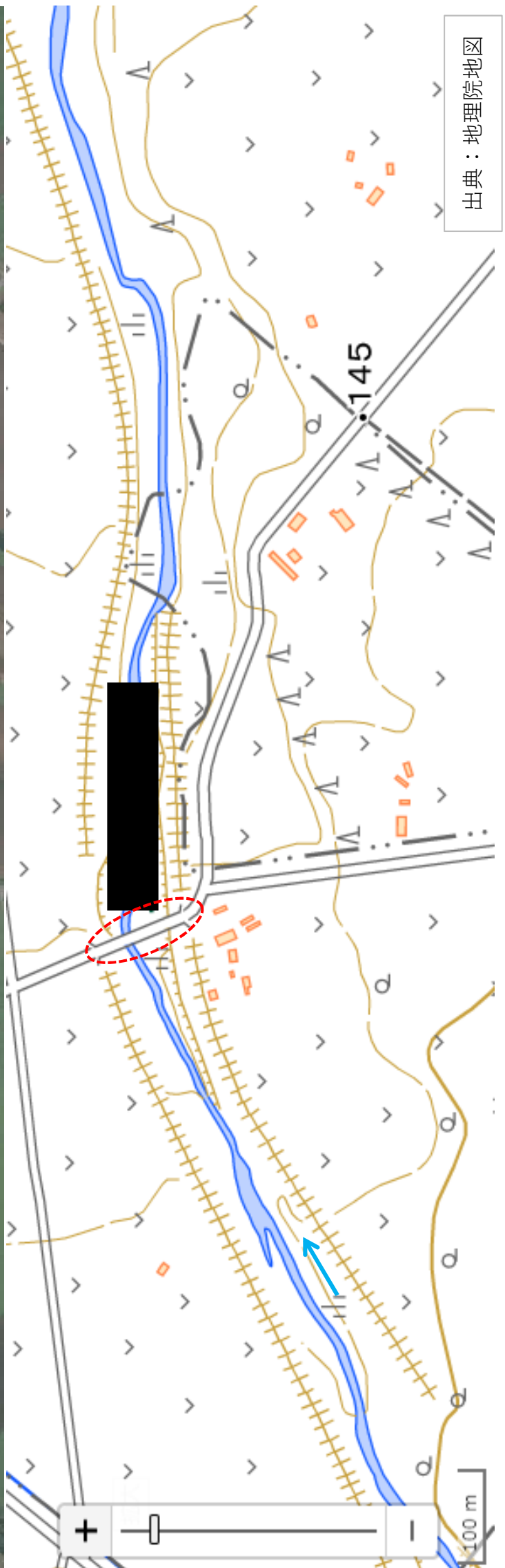
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
131 EA橋	全データ 橋脚あり	橋脚あり	橋脚あり	平成28年8月 台風10号	不明	張出式円柱型	不明	不明	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂州による滞筋の固定化</li> <li>・架橋位置上流に落差工</li> </ul>
-----------------------	---

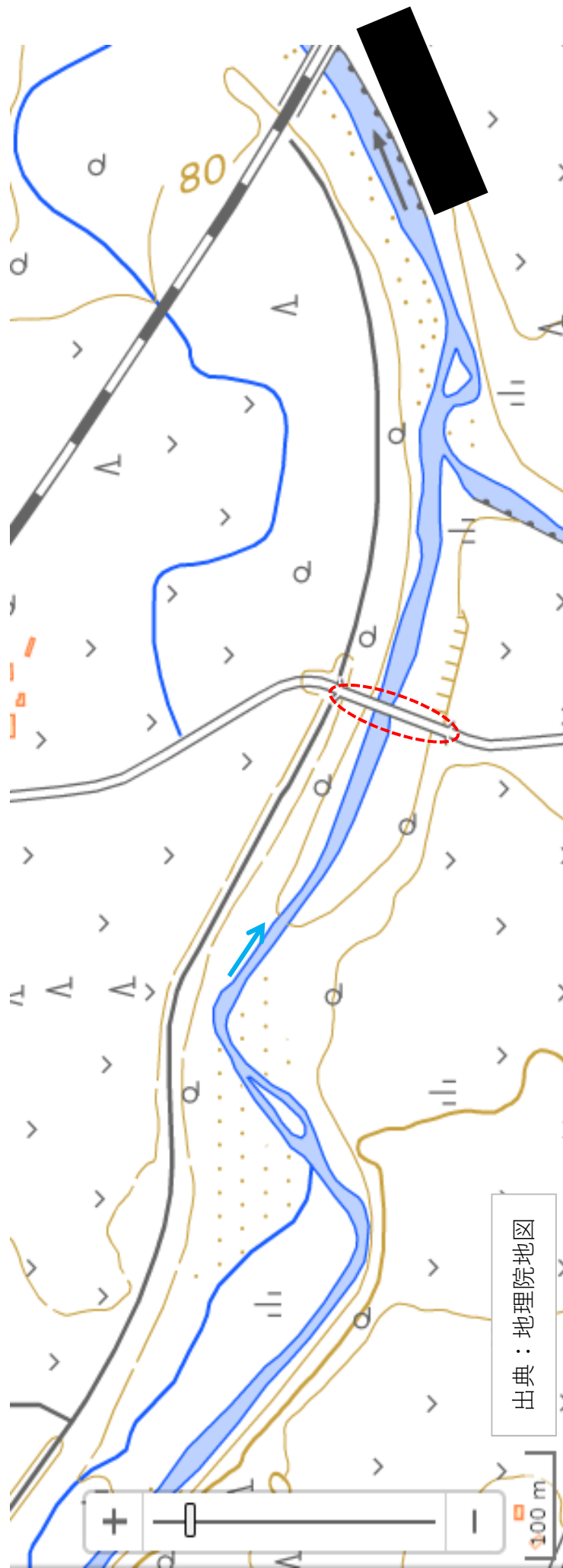


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
132 EB橋	全データ 橋脚あり	河川沿いに堤外樹林帯	橋脚あり	平成28年8月 台風10号	不明	壁式小判型	直接	直接	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植生による滞筋の固定化</li> <li>・河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>
-----------------------	---

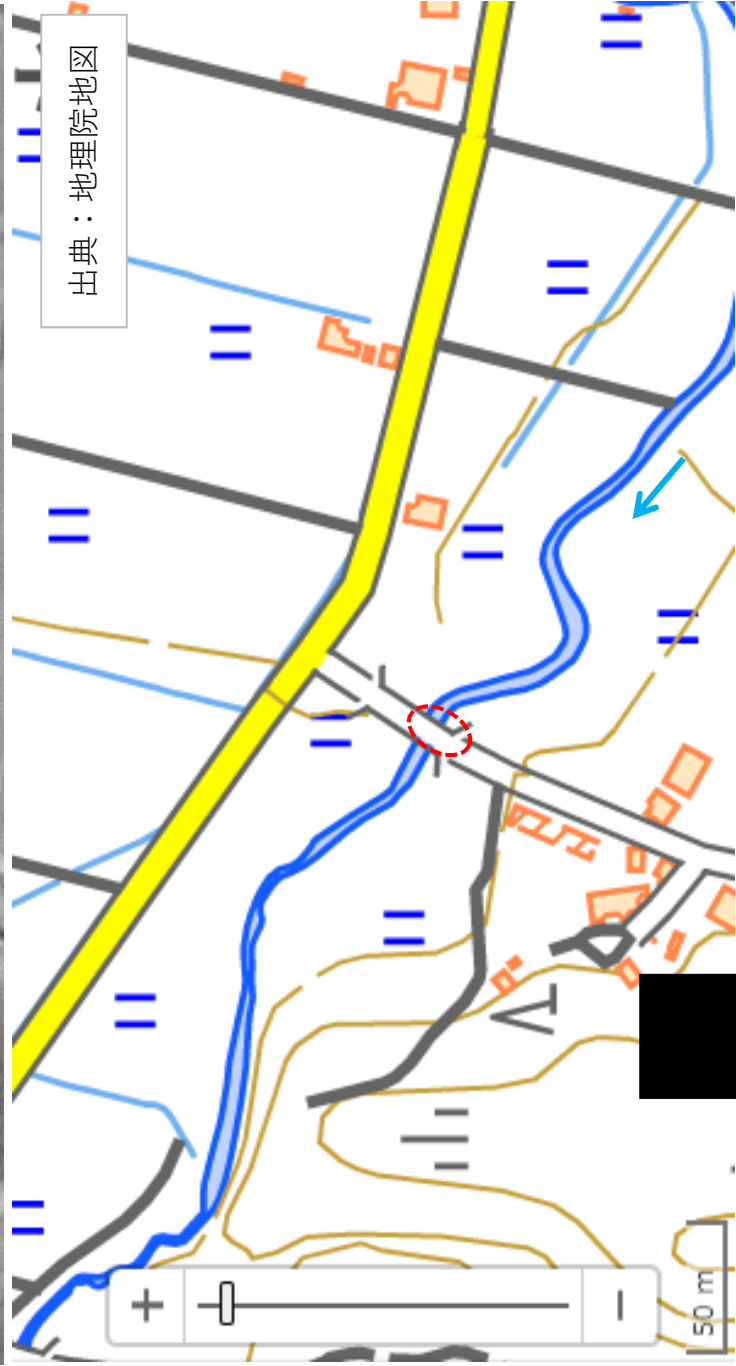
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
134 ED橋		全データ 橋脚あり	橋脚あり	平成28年8月29~31日 台風10号	不明	壁式小判型	直接	直接	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植生による滞筋の固定化</li> <li>・河川沿いに堤外樹林帯</li> </ul>
-----------------------	---



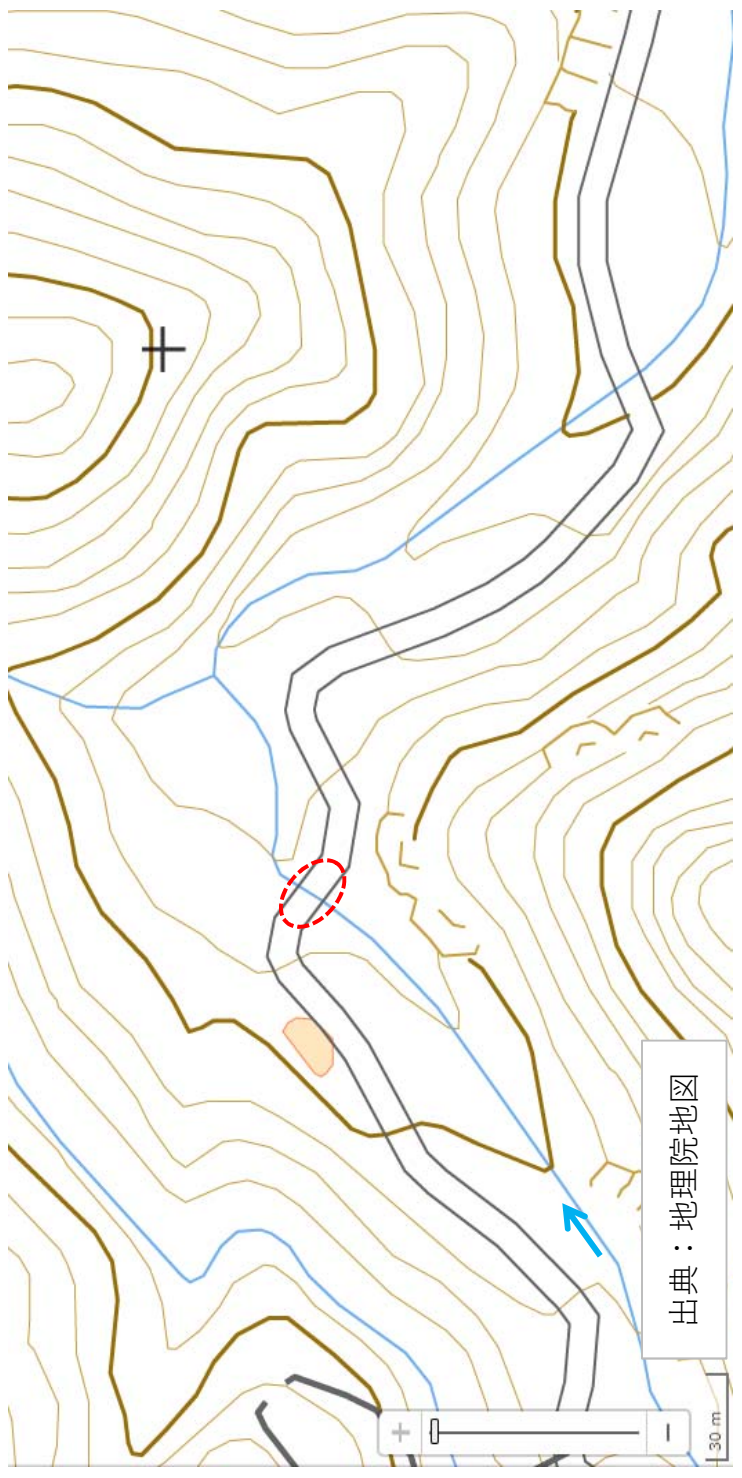
管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
11 K橋		全データ 橋台のみ	全データ	平成25年7月 豪雨	不明	-	不明	-	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・目立った特性なし
-----------------------	-----------

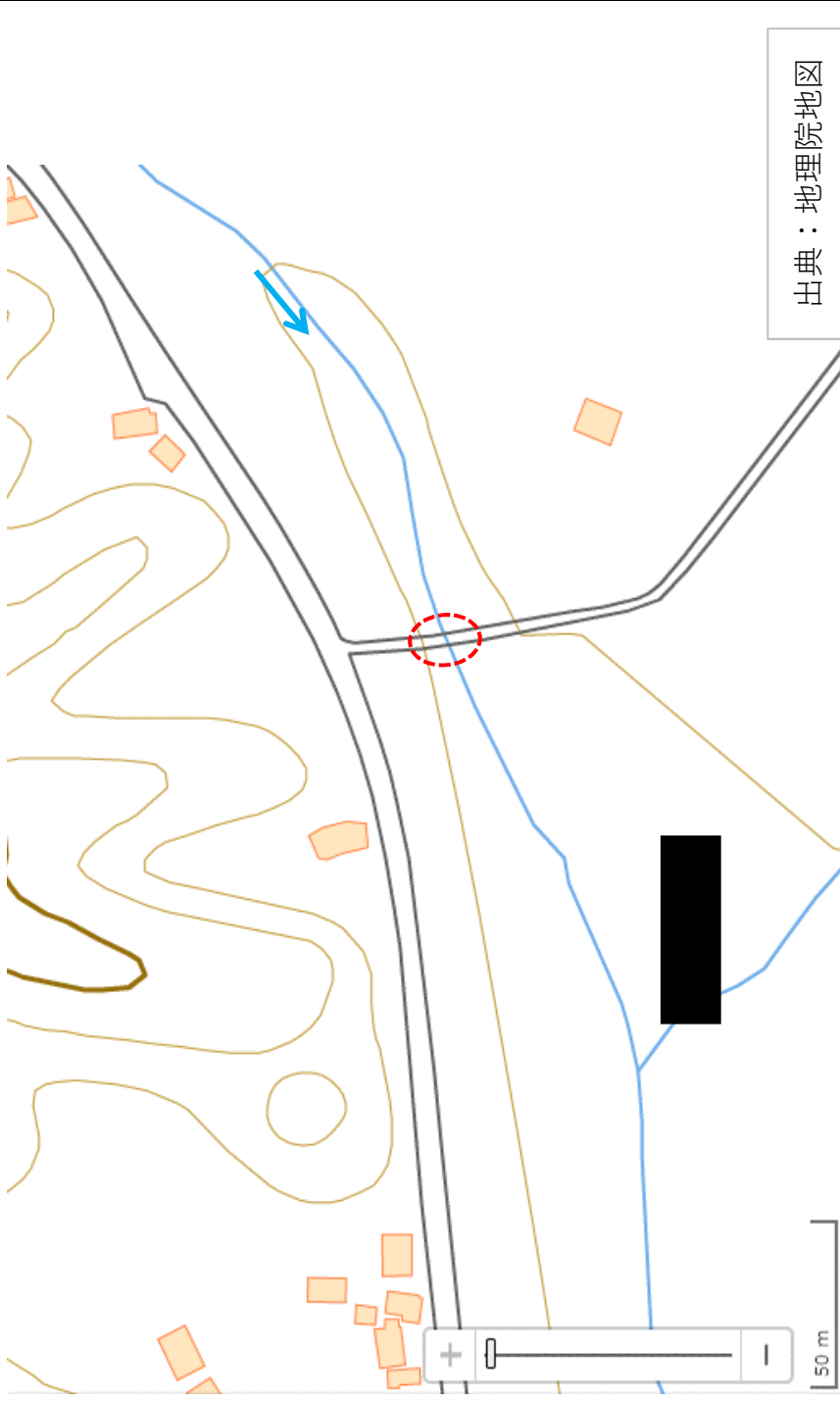


管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
18 R橋		全データ 橋台のみ	全データ	平成25年9月 台風18号	重力式	-	直接	-	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・河川沿いに堤外樹林帯
-----------------------	-------------

管理番号	69 BQ橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
			全データ 橋台のみ	全データ	平成26年8月 台風12号及び豪雨	不明	-	不明	-	-



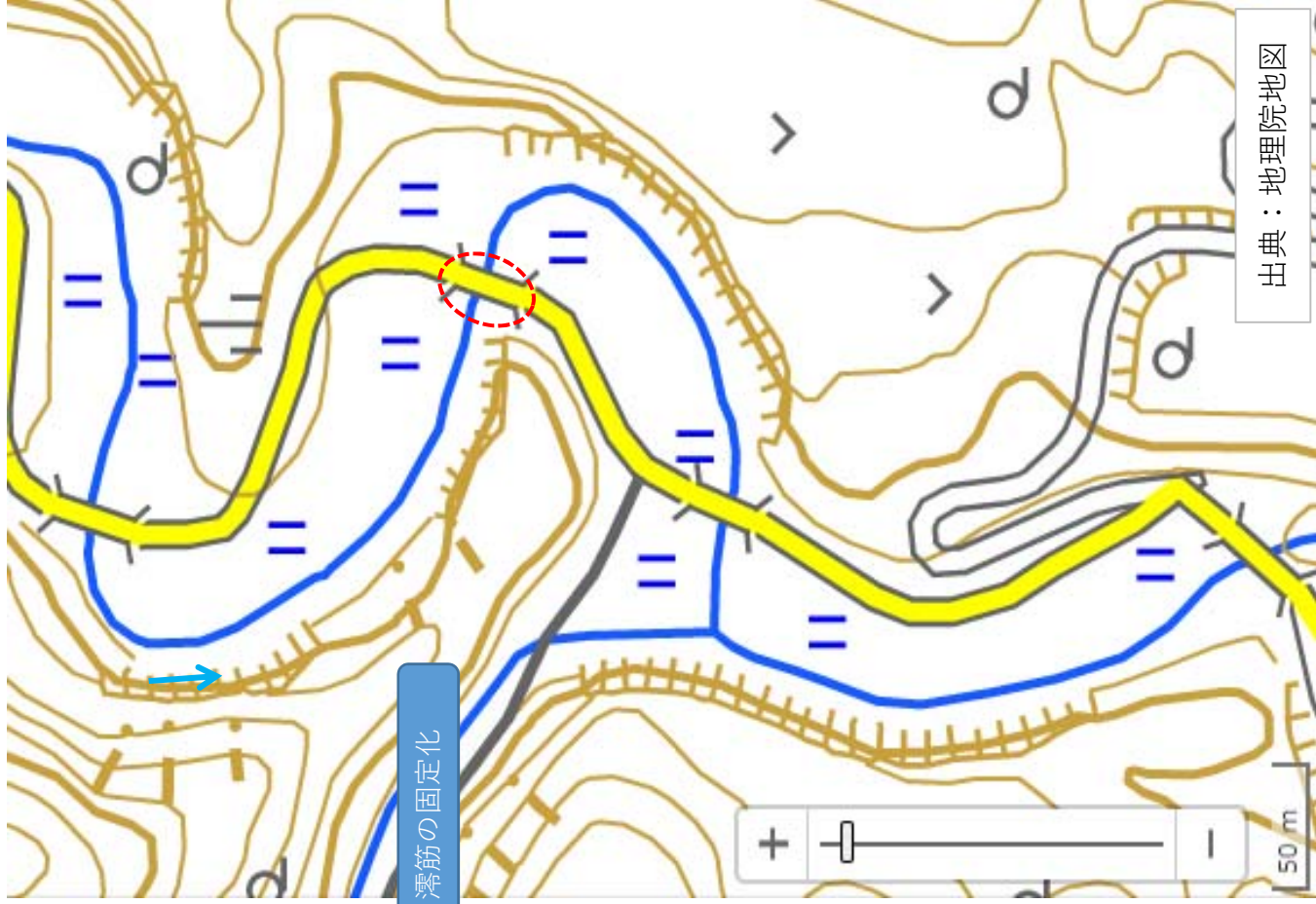
確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・ 植生による滞筋の固定化
-----------------------	---------------



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式(橋台)	下部構造形式(橋脚)	基礎形式(橋台)	基礎形式(橋脚)	備考
77	BY橋	全データ 橋台のみ	全データ	平成27年7月 豪雨	半重力式	-	直接	-	-



出典：地理院地図



出典：地理院地図

平成22年撮影

確認できた  
定性的洗掘被災リスク要因

- ・砂州による滞筋の固定化
- ・河川沿いに堤外樹林帯

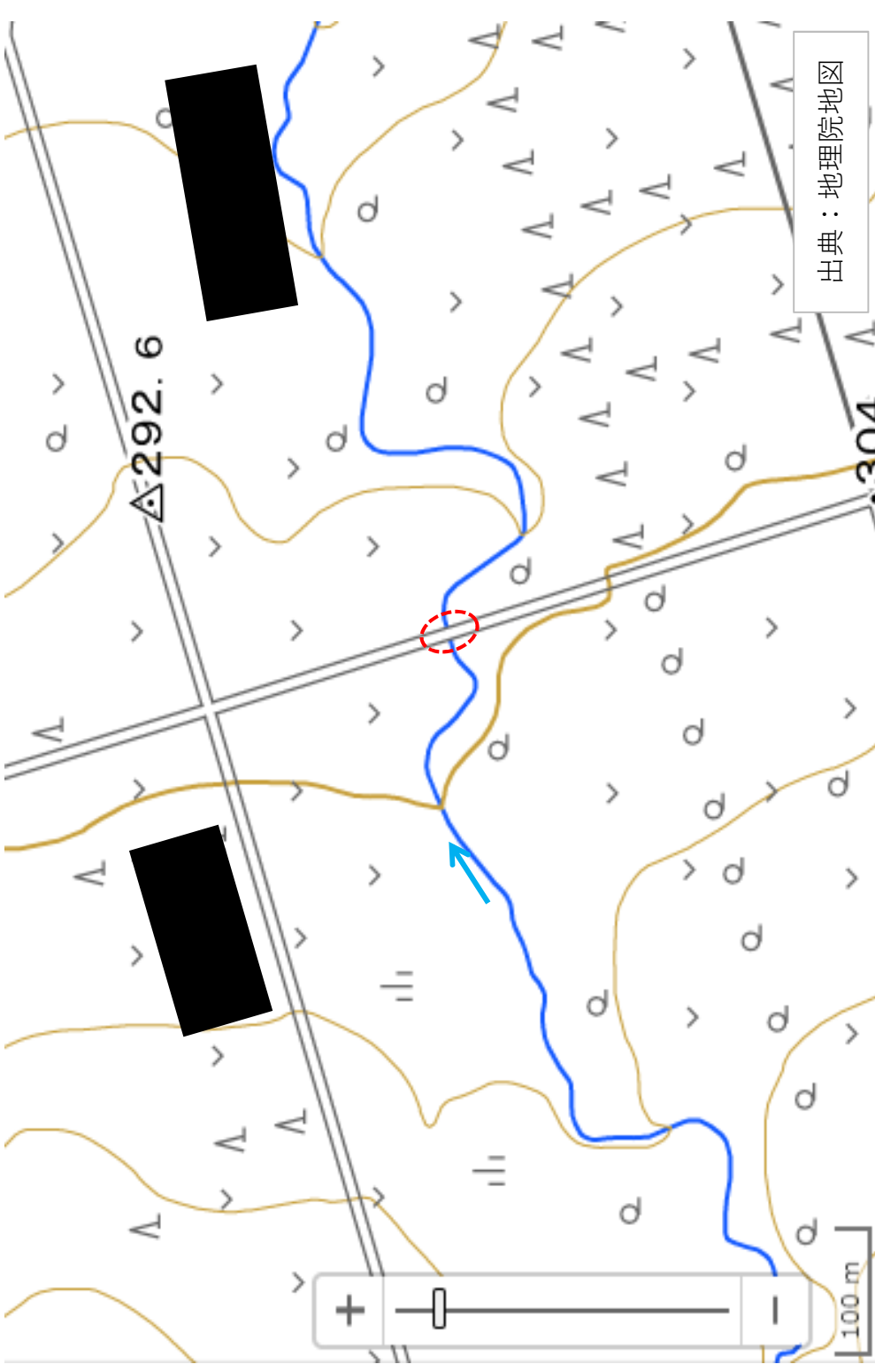


管理番号	116 DL橋	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
			全データ 橋台のみ	全データ	平成28年8月 台風10号	不明	-	直接	-	-



確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・拡大画像不鮮明のため確認不可
-----------------------	-----------------

管理番号	120 DP橋	橋梁名	全データ	分析ケース	全データ	見逃しとなった分析ケース	全データ	被災要因	平成28年8月 台風10号	下部構造形式 (橋台)	半重力式	下部構造形式 (橋脚)	-	基礎形式 (橋台)	直接	基礎形式 (橋脚)	-	備考	-
------	---------	-----	------	-------	------	--------------	------	------	------------------	----------------	------	----------------	---	--------------	----	--------------	---	----	---



昭和52年10月撮影

確認できた 定性的洗掘被災リスク要因	・河川沿いに堤外樹林帯
-----------------------	-------------



管理番号	橋梁名	分析ケース	見逃しとなった分析ケース	被災要因	下部構造形式 (橋台)	下部構造形式 (橋脚)	基礎形式 (橋台)	基礎形式 (橋脚)	備考
143 EM橋		全データ 橋台のみ	全データ	平成28年8月 豪雨	不明	-	不明	-	-

平成23年撮影

出典：地図・空中写真閲覧サービス

出典：地理院地図

<p>確認できた 定性的洗掘被災リスク要因</p>	<p>・河川沿いに堤外樹林帯</p>
-------------------------------	--------------------



個別に検証した結果、着目した定性的洗掘被災リスク要因に該当する橋梁数は表 4-1 に示す通りとなった。なお、管理番号 98 の CT 橋と管理番号 116 の DL 橋については、地理院地図<sup>10)</sup>から得た被災前の航空写真<sup>10),16)</sup>の拡大では不鮮明で、google ストリートビュー<sup>17)</sup>を用いても周辺状況を確認できなかったため、表 4-2 は CT 橋と DL 橋を除いた計 37 橋梁についての検証結果である。

見逃しとなった橋梁のほとんどが着目した定性的洗掘被災リスク要因に該当することが確認できた。特に、砂州による滯筋の固定化に該当する橋梁が多くみられたため、滯筋の固定化が洗掘に及ぼす影響が大きい定性的要因の 1 つと考えられる。ここで、1 つの橋梁に対して複数の定性的洗掘被災リスク要因を有している場合もあるため、「目立った特性なし」の 3 橋梁以外の該当数の合計は 34 にはならない。「目立った特性なし」の 3 橋梁（CC 橋、CR 橋、K 橋）は、洗掘による被災が生じた要因は不明であるものの、小規模な橋梁で下部構造形式などが不明であり、構造的な脆弱性を有していた可能性が考えられる。

表 4-1 定性的洗掘被災リスク要因と該当する橋梁数

定性的洗掘被災リスク要因	該当する橋梁数
①-1 砂州による滯筋の固定化	17
①-2 植生による滯筋の固定化	7
② 河川沿いに堤外樹林帯	13
③-1 架橋位置上流に落差工	6
③-2 架橋位置下流に落差工	1
目立った特性なし	3

## 5. 令和3年の被災事例を対象とした洗掘被災リスク要因の分析

本章では、令和3年に豪雨により洗掘被害が生じた事例を対象に定量的及び定性的洗掘被災リスク要因を分析する。はじめに、5.1において被災事例の現地調査の結果を示す。次に5.2において、定量的及び定性的洗掘被災リスク要因の分析結果を示す。

### 5.1 令和3年の被災事例に関する現地調査

#### 5.1.1 川島大橋

川島大橋（かわしまおおはし）は、木曾川を渡河する橋梁であり、昭和37年に架設された。表5-1に橋梁諸元、図5-1に位置図、図5-2に橋梁一般図（側面図）を示す。

本橋は、令和3年5月27日に橋脚の沈下及び傾斜、上部構造の変形が確認され、5月28日から全面通行止めの措置がとられた。橋脚の沈下及び傾斜が確認される前の5月21日には、近くの川島観測所において直近35年間の年最高水位で過去5番目に高い水位を記録する程の豪雨が発生している。

現地調査は令和3年6月6日に行った。

表5-1 橋梁諸元（川島大橋）

橋長	343.5m
上部構造	鋼5径間連続下路式トラス橋
下部構造	壁式橋台（2基）、壁式橋脚（4基）
基礎形式	橋台：ケーソン基礎、橋脚：ケーソン基礎
竣工年	昭和37年



図5-1 位置図<sup>10)</sup>

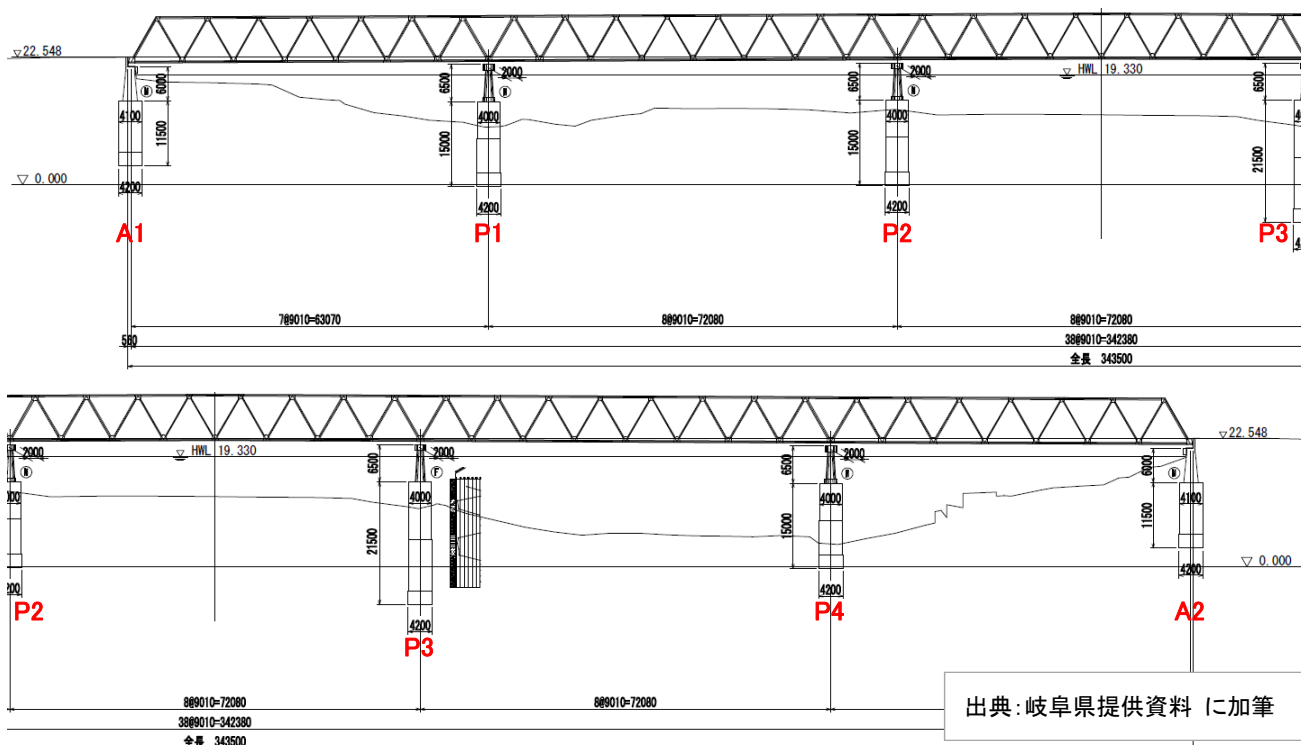


図 5-2 橋梁一般図

現地調査は A2 橋台側から行った。下部構造では、P4 橋脚が沈下し、上流側に約  $1^\circ$  傾斜（写真 5-1）していた。上部構造では、P4 橋脚の沈下及び傾斜に伴い、P4 橋脚位置で上流側に約 33cm 水平移動し、約 14cm 沈下していた（写真 5-2）。この他、上横構の変形やトラス上弦材の座屈が確認された（写真 5-3）。また、A2 橋台上流側支承の移動及び損傷（写真 5-4）が確認された。A1 橋台及び P1 橋脚～P3 橋脚は、遠望目視の範囲では特段の変状は確認できなかった。

上弦材の座屈及び上横構の変形、A2 橋台上流側支承の移動及び損傷は、P4 橋脚の沈下及び傾斜により上部構造が水平移動したことで生じたものと考えられる。

図 5-3 に川島大橋周辺の地形図の変遷を示す。昭和 49 年～昭和 53 年には P4 橋脚周りにあった砂州が移動し、昭和 63 年には P4 橋脚側に溜筋が形成されている。そして平成 20 年以降は現在まで P4 橋脚のみが溜筋に位置しており、P1 橋脚～P3 橋脚は砂州内に位置している（写真 5-5）。図 5-4 に平成 20 年（2008 年）に行われた河川横断測量成果及び令和 3 年（2021 年）5 月 29 日の被災後の河床調査結果から得られた河床高さの推移を示す。図 5-4 より、P4 橋脚周りにおいては平成 20 年（2008 年）以降、砂州及び溜筋が固定化する中で河床低下が進行していたことが考えられる。文献<sup>18)</sup>では、礫河川において、砂州の固定化により溜筋部分だけが河床低下する二極化と呼ばれる河道変化が生じる場合があるとされている。以上のことから、二極化により河床低下が進行していた P4 橋脚周りにおいて、直近の豪雨により河床が P4 橋脚基礎下端まで洗掘されたことで P4 橋脚の沈下及び傾斜に至ったことが考えられる。





写真 5-1 P4 橋脚の傾斜



写真 5-2 P4 橋脚位置における上部構造の水平移動及び沈下

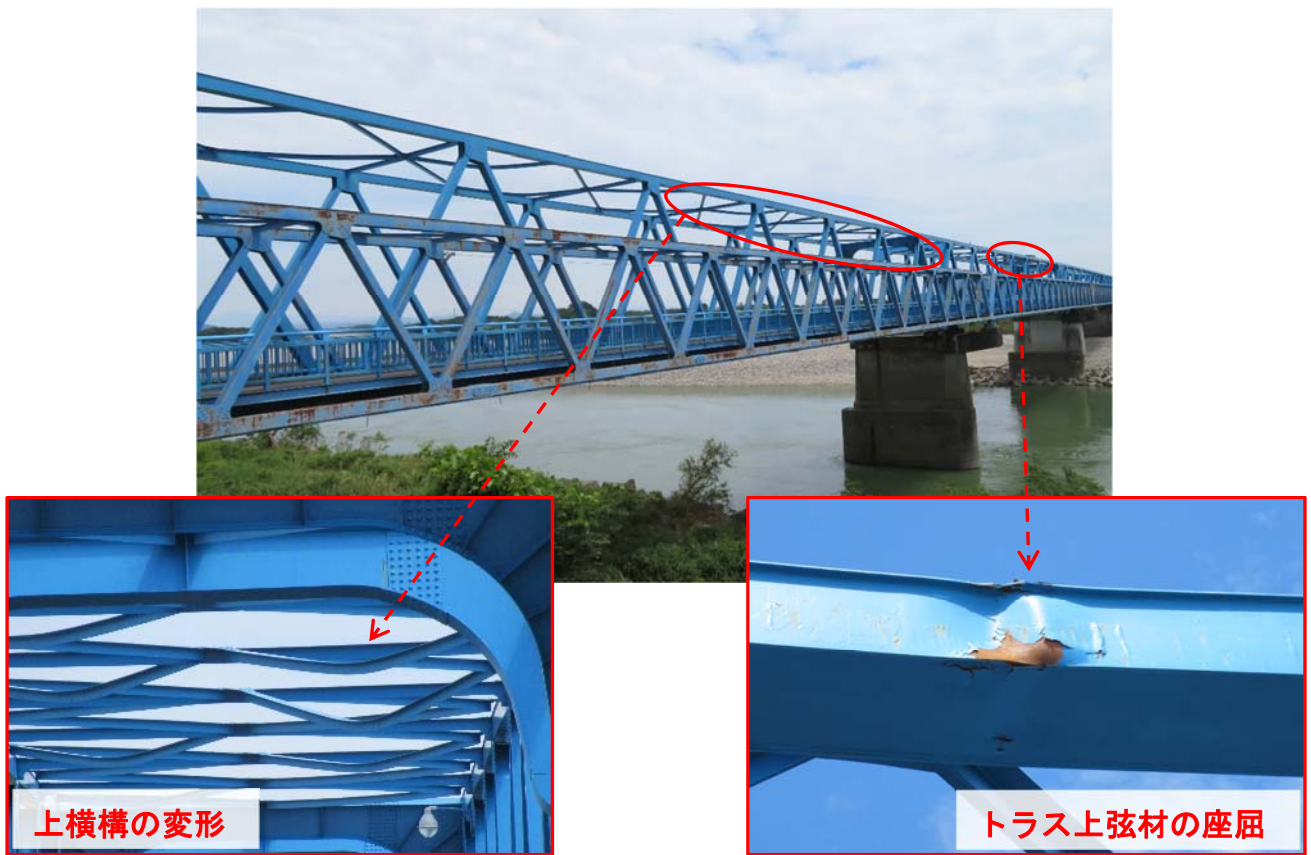


写真 5-3 上部構造部材の変状

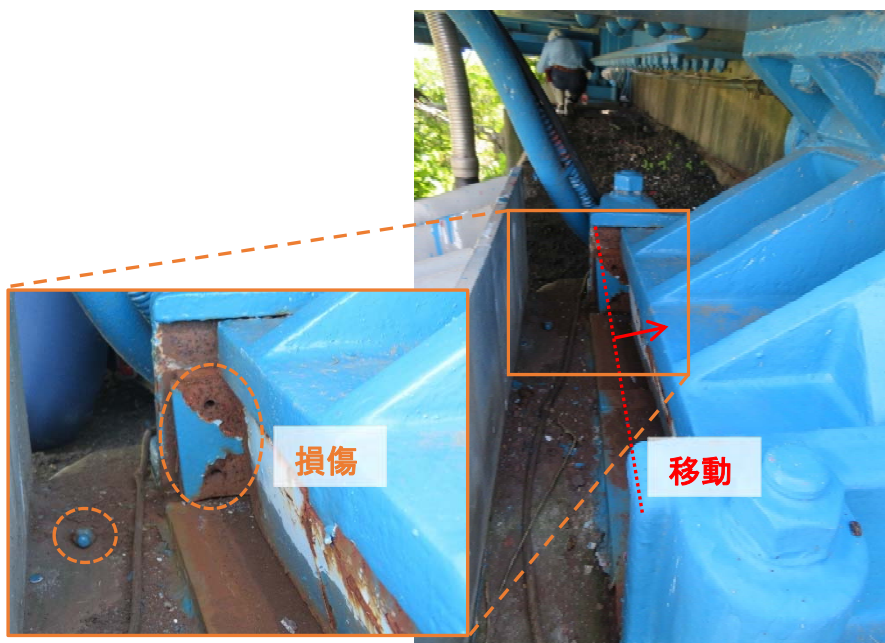


写真 5-4 A2 橋台上流側支承の移動及び損傷



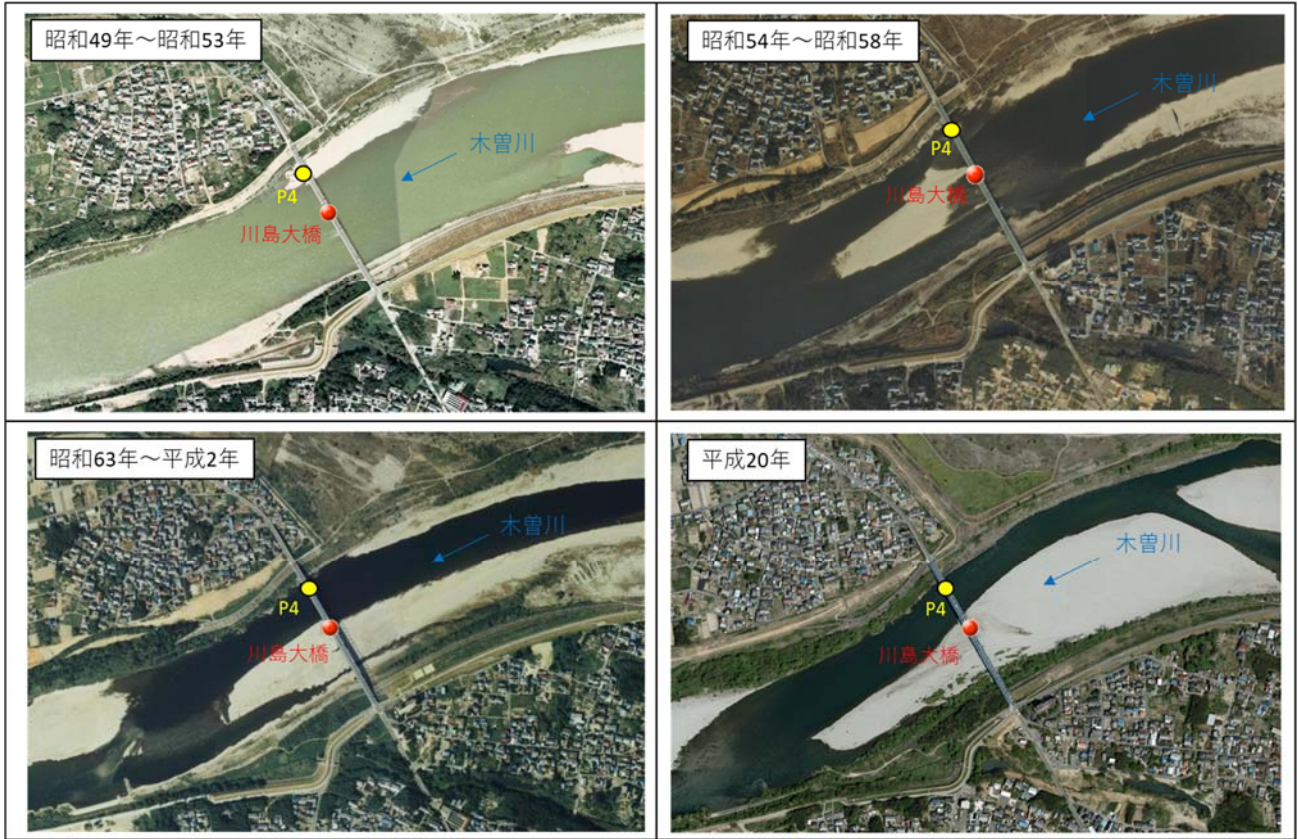


図 5-3 川島大橋周辺の地形図の変遷 <sup>10)</sup>に加筆



写真 5-5 被災時の砂州の状況



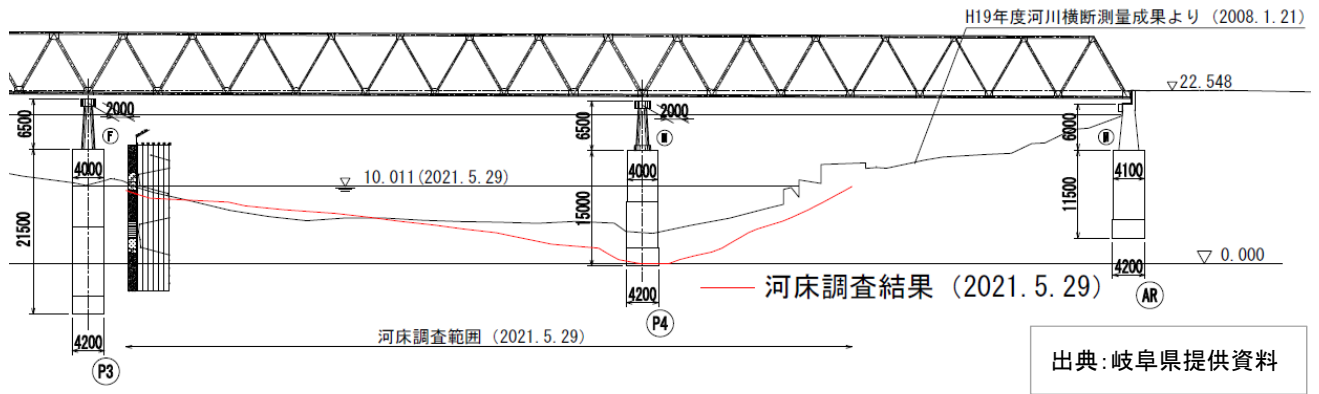


図 5-4 P4 橋脚周りの河床高さの推移

### 5.1.2 黄瀬川大橋

黄瀬川大橋（きせがわおおはし）は、黄瀬川を渡河する橋梁であり、昭和 28 年に架設された。表 5-2 に橋梁諸元、図 5-5 に位置図を示す。

本橋は、令和 3 年 7 月 1 日～3 日の断続的な降雨により橋脚に沈下及び傾斜が生じ、通行止めの措置がとられた。7 月 3 日深夜には黄瀬川の西部で最大時間降水量 75mm が観測され、7 月 1 日～3 日までの総降水量は 721mm であった。

現地調査は令和 3 年 7 月 6 日に行った。

表 5-2 橋梁諸元（黄瀬川大橋）

橋長	83.49m
上部構造	鋼 5 径間非合成 I 桁橋
下部構造	重力式橋台（2 基）、壁式橋脚（4 基）
基礎形式	橋台：直接基礎、橋脚：直接基礎・ケーソン基礎
竣工年	昭和 28 年



図 5-5 位置図<sup>10)</sup>

現地調査は A2 橋台側から行った。下部構造では P4 橋脚が沈下し、縦断方向は上流側に、横断方向は A2 橋台側に傾斜していた。(写真 5-6、写真 5-7)。

A2 橋台では、パラペット基部に水平方向のひび割れが生じ、前方に傾斜していた(写真 5-8)。これは P4 橋脚の沈下・傾斜に伴う橋台上の桁の傾斜により、伸縮装置を介してパラペットが河川側へ引き込まれたことによるものと考えられる(写真 5-9)。パラペット以外では特段の変状は確認できなかった。

A1 橋台及び P1 橋脚～P3 橋脚は、遠望目視の範囲では特段の変状は確認できなかった。

黄瀬川大橋は、黄瀬川の水衝部に位置しており、河道形状は過去 50 年大きな変化はなく、滯筋は A2 橋台側に固定化されている(図 5-6)。治水地形分類図では A2 橋台側には旧河道があり、水の流れは旧河道の方(A2 橋台側)へ流れやすい特性を有していることが考えられる(図 5-7)。また、平成 6 年～平成 11 年の間に A2 橋台側の護岸の整備が行われている(図 5-8)。

平成 19 年には台風 19 号により A2 橋台護岸が被災し(写真 5-10)、その後、橋台前面の護岸整備が行われている。こうした護岸の整備が水の流れに影響を及ぼした可能性も考えられる。橋脚における既往の洗掘防止対策に関しては、被災時期は不明であるが、令和元年 6 月時点で撮影された Google ストリートビュー<sup>17)</sup>において P4 橋脚周りに設置されていた洗掘防止工の流出や破損が確認されている(写真 5-11)。流出や破損が確認された洗掘防止工は平成 25 年度に設置されたものと考えられるが(図 5-9)、当該年度に設置された洗掘防止工は図 5-9 において斜線でハッチングされた 28 箇所まで白抜き箇所は従前から設置されていたものであり、P4 橋脚周りにおいては過去より洗掘防止工の流出と再設置が行われていたことが推察される。

地盤条件に関して、黄瀬川大橋より約 260m 下流に架かる黄瀬川橋のボーリングデータ<sup>19)</sup>(黄瀬川大橋の最近傍ボーリングデータ)を図 5-10 に示す。N 値の高い礫質土層のほか、比較的 N 値の低い砂質土層などが厚く堆積する互層となっている。また、図 5-11 に示す地質図では、黄瀬川橋及び黄瀬川大橋は同じ地質「谷底平野・山間盆地・河川・海岸平野堆積物」の場所に位置している。これらのことから、黄瀬川大橋架橋位置の地盤においても比較的 N 値の低い層が介在していた可能性も考えられる。なお、黄瀬川大橋より約 260m 下流に架かる黄瀬川橋については標高約-30m の支持層に支持されている(図 5-12)。

以上のことから、A2 橋台～P4 橋脚周りは洗掘が生じやすい立地条件にあったと考えられ、過去より対策が講じられてきたものの、今回の断続的な降雨により P4 橋脚周りの河床が洗掘されたことで沈下及び傾斜に至ったと考えられる。





写真 5-6 P4 橋脚の沈下及び傾斜

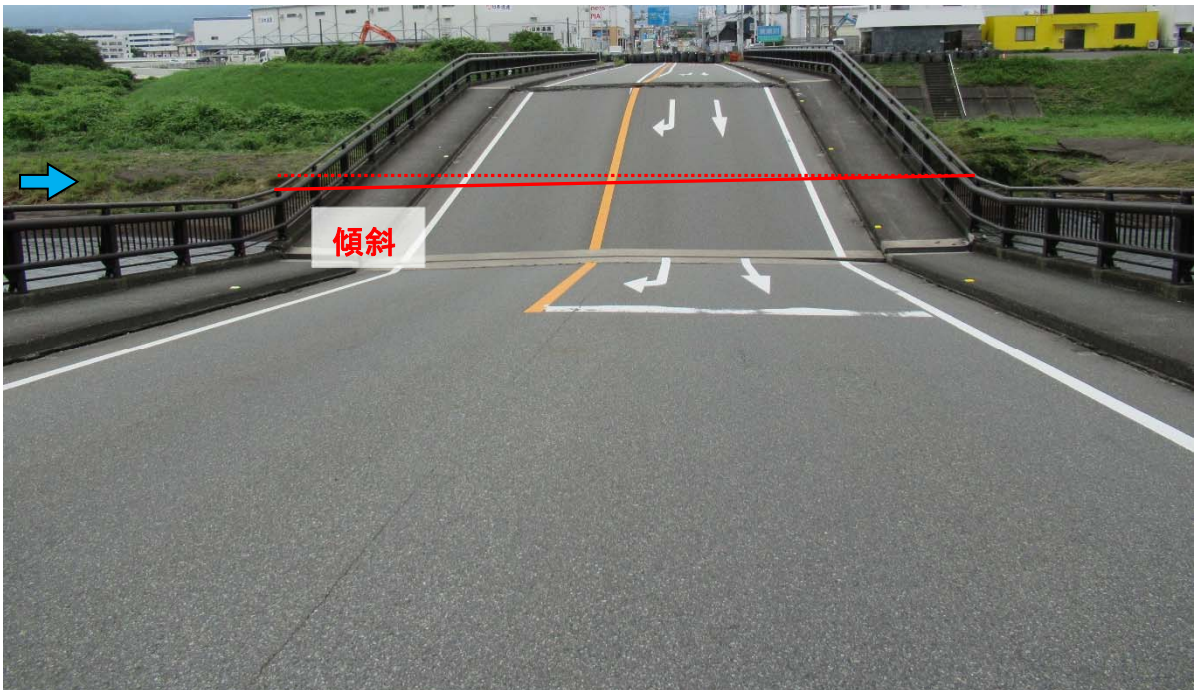


写真 5-7 P4 橋脚上部の道路面の傾き



写真 5-8 A2 橋台パラペット基部のひび割れ



写真 5-9 A2 橋台上の桁端伸縮装置



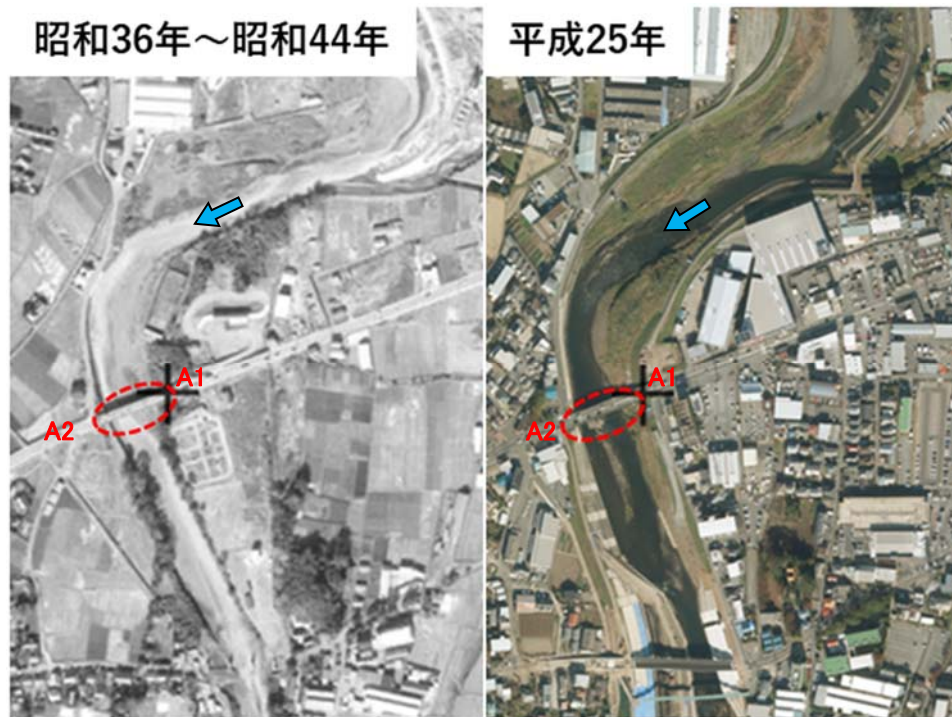


図 5-6 河道形状の変遷<sup>10)</sup>

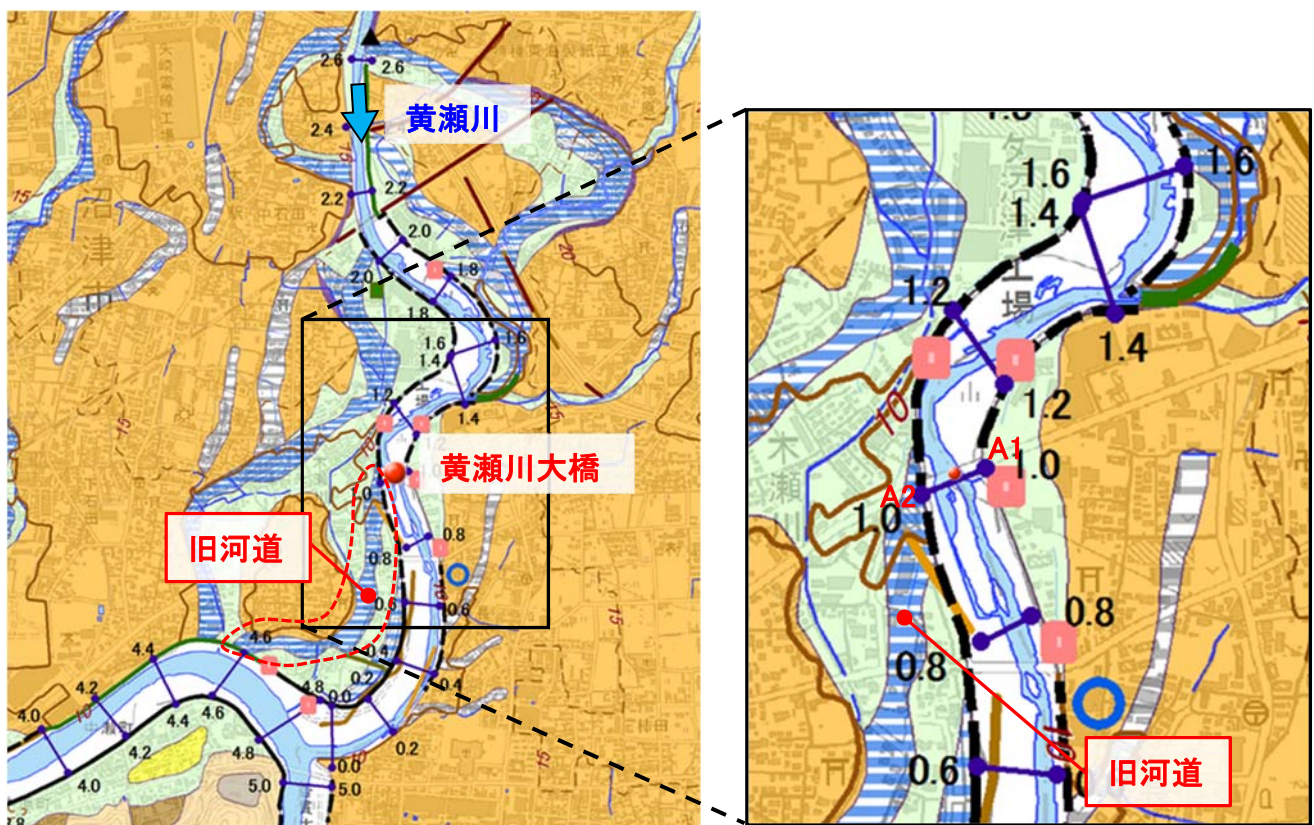


図 5-7 黄瀬川大橋周辺の治水地形分類図<sup>10)</sup>



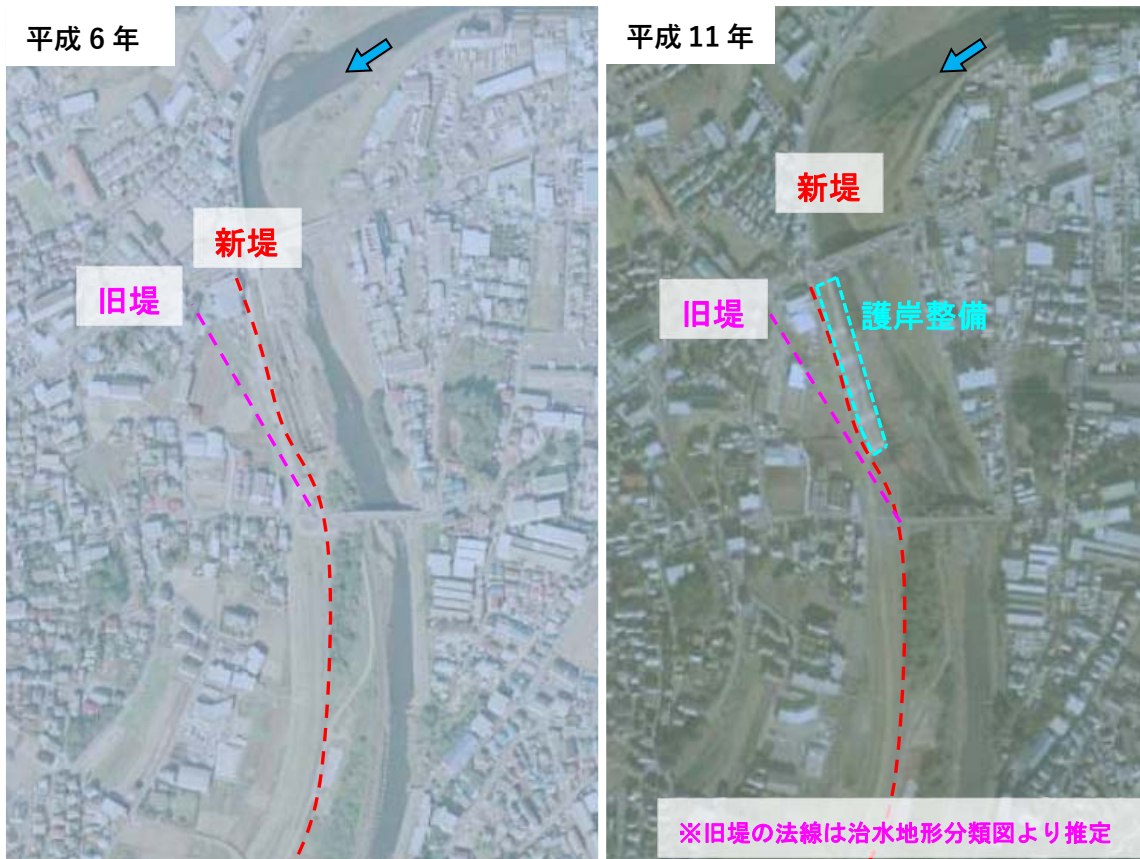


図 5-8 黄瀬川大橋 A2 橋台側の護岸整備<sup>16)</sup>



写真 5-10 平成 19 年台風 19 号による A2 橋台護岸の被災



写真 5-11 P4 橋脚周りの洗掘防止工の被災（令和元年 6 月時点）<sup>17)</sup>

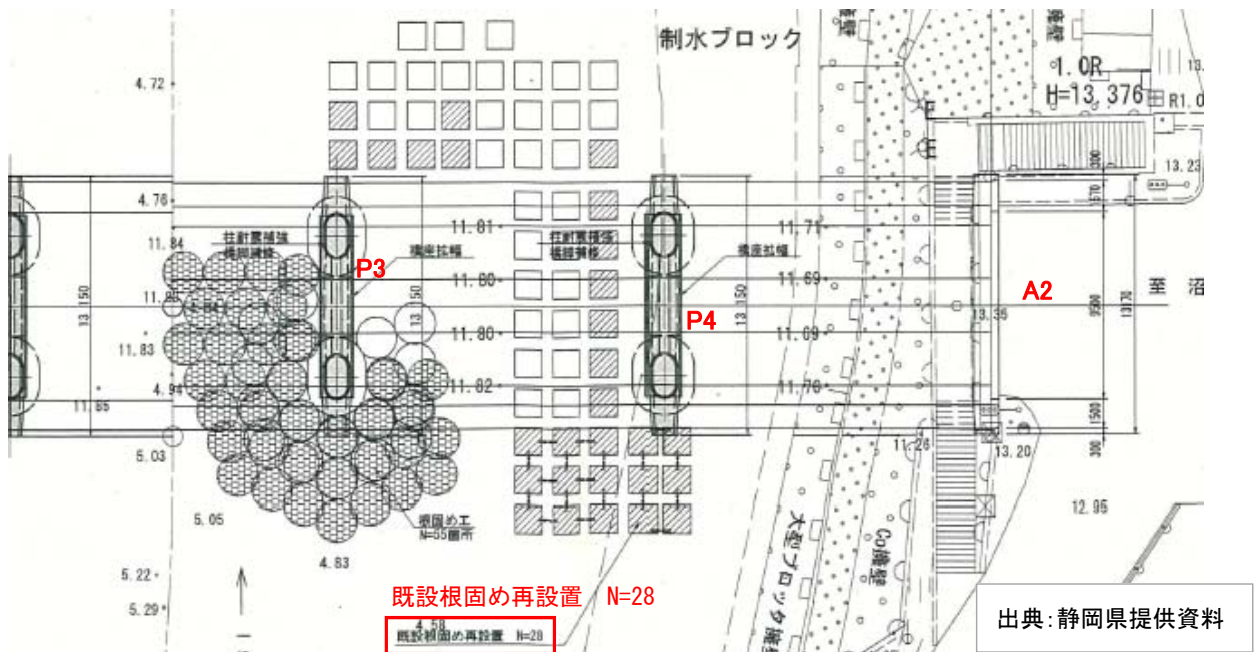


図 5-9 平成 25 年度 黄瀬川大橋橋脚補強工 平面図



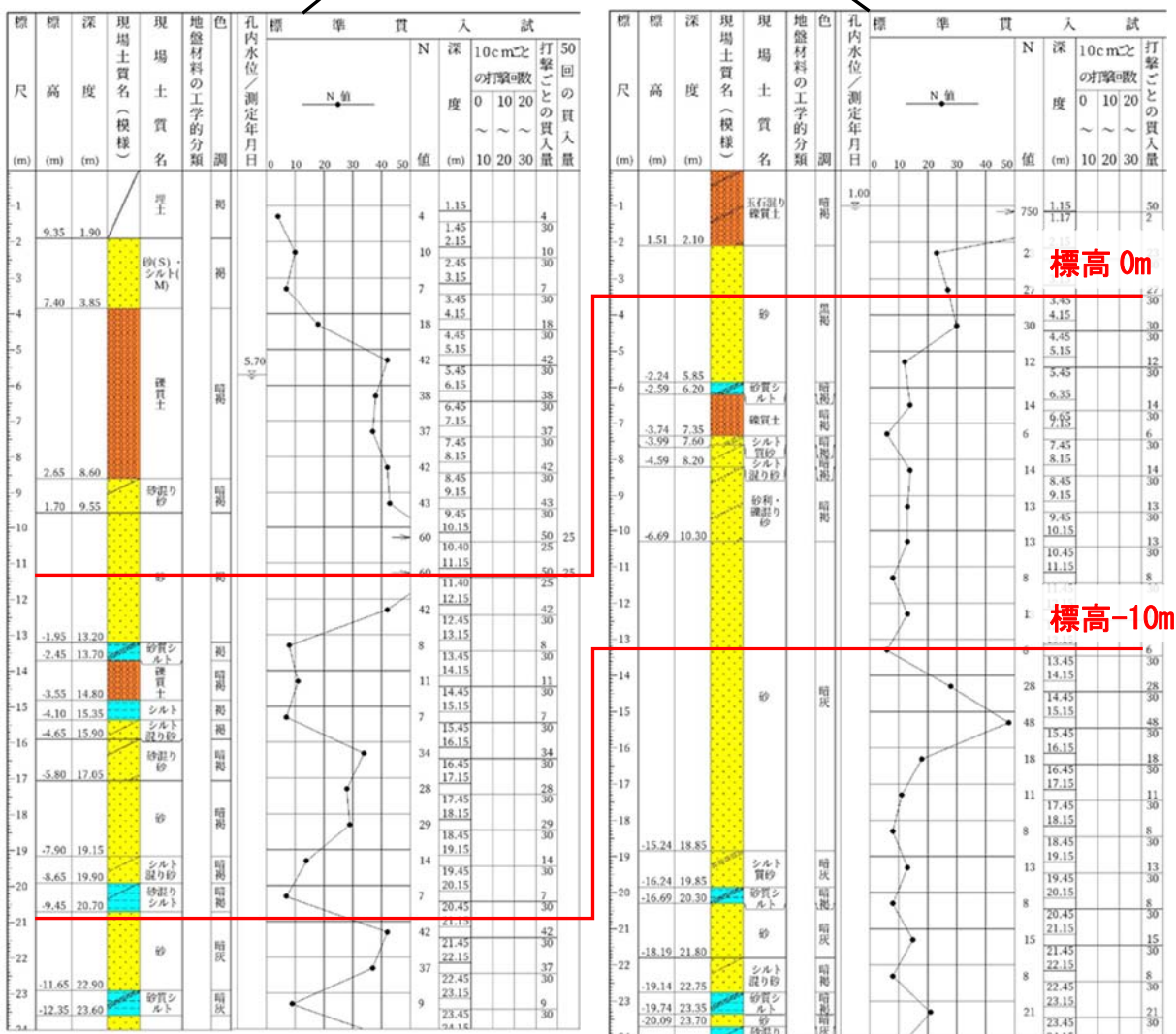


図5-10 黄瀬川橋の地質調査ボーリングデータ<sup>19)</sup>



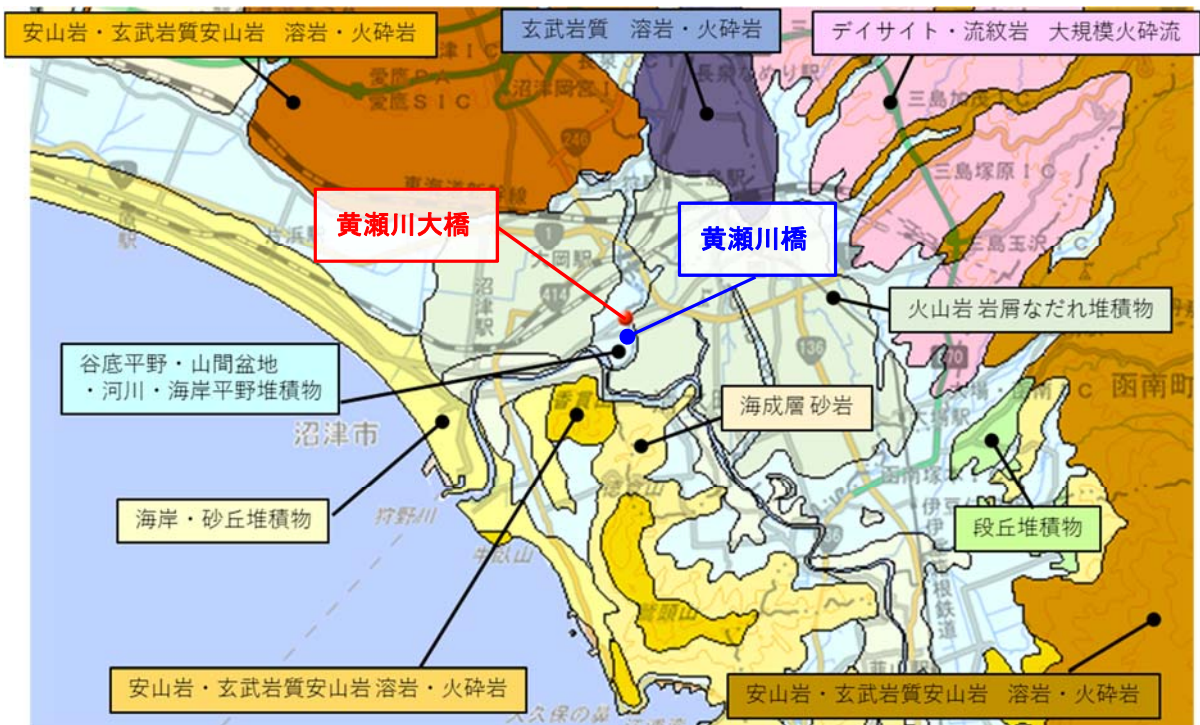


図 5-11 黄瀬川大橋周辺の地質図 10)に加筆

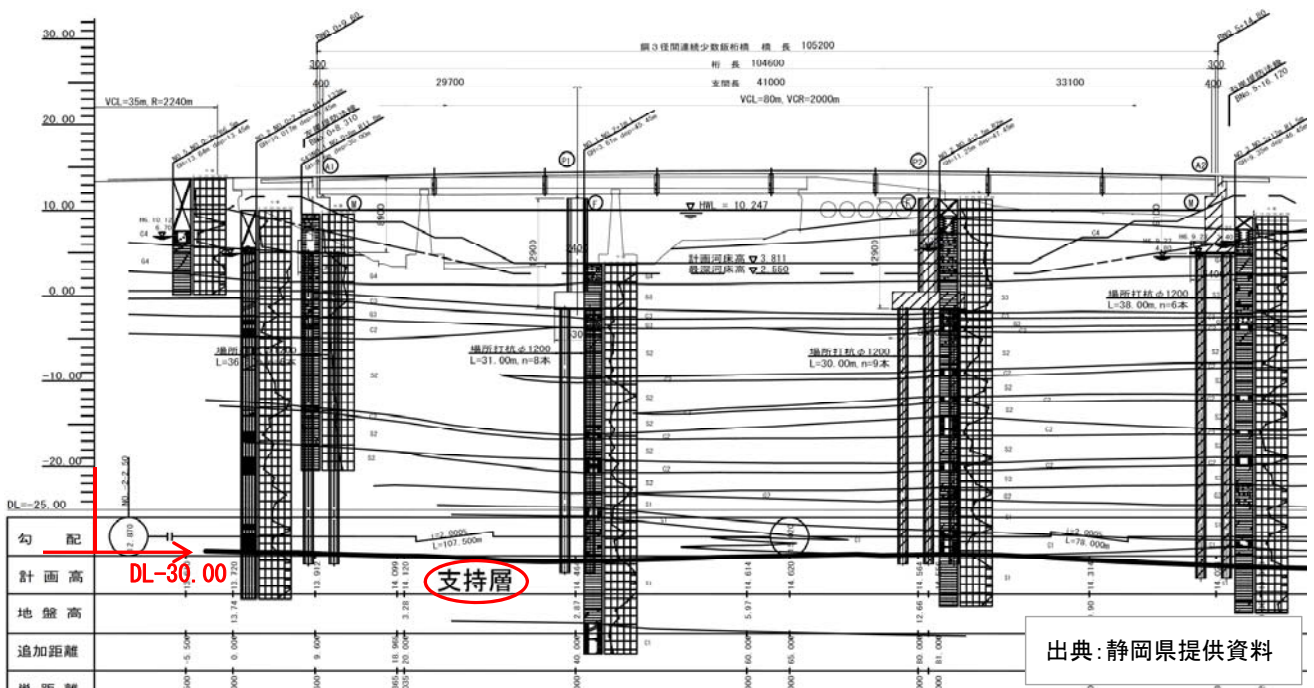


図 5-12 黄瀬川橋の橋梁一般図

### 5.1.3 新大田切橋

新大田切橋（しんおおたぎりばし）は、天竜川の支川である太田切川を渡河する橋梁であり、昭和 62 年に架設された。表 5-3 に橋梁諸元、図 5-13 に位置図、図 5-14 に橋梁一般図を示す。

本橋は、令和 3 年 8 月 12 日から続いた断続的な降雨により、8 月 17 日に基礎周辺地盤の洗掘が確認され、通行止めの措置がとられた。8 月 14 日夜には太田切雨量観測所において最大時間降水量 47mm が観測され、8 月 12 日～15 日までの総降水量は 546mm であった。

現地調査は令和 3 年 8 月 21 日に行った。

表 5-3 橋梁諸元（新大田切橋）

橋長	110.0m
上部構造	3 径間単純ポステン T 桁橋
下部構造	壁式橋台橋脚、箱式橋台、逆 T 式橋脚（2 基）
基礎形式	橋台：直接基礎、橋脚：直接基礎
竣工年	昭和 62 年



図 5-13 位置図<sup>10)</sup>

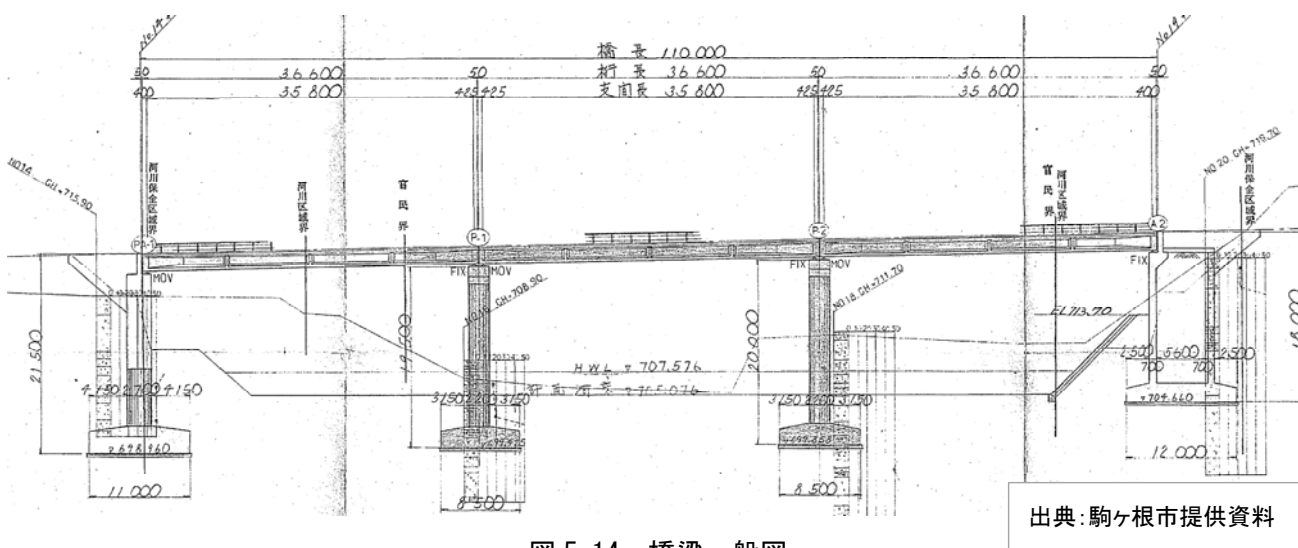


図 5-14 橋梁一般図

出典：駒ヶ根市提供資料



新大田切橋の約 30m 上流側の河床に設置された帯工を境に洗掘により河床が 5m 程度沈下し、P1 橋脚の直接基礎フーチングが露出していた（写真 5-12）。写真 5-13 には P1 橋脚の被災前の状況を示す。フーチング側面が露出し、一部ではあるものの洗掘が基礎底面に達していることが確認された（写真 5-14）。フーチングには部分的にコンクリートの角欠けに伴う鉄筋露出が確認されたものの（写真 5-14）、橋脚躯体にはひび割れなどの損傷は確認されなかった。目視の範囲では、橋梁上面に段差やずれは生じておらず（写真 5-15）、道路管理者が別途実施した計測結果においても、橋脚に傾斜は確認されなかった。なお、調査時には既にテトラポット設置による応急処置が行われていた（写真 5-12）。

新大田切橋の下流では、下流側の床固め工が破壊し（写真 5-16）、上流側の帯工から破壊した床固め工までの約 200m の区間において洗掘により河床が約 5m 低下していた。こうした状況から、下流側の床固め工の破壊に伴い大規模な洗掘が生じたことが考えられる。

太田切川は伊那谷の河岸段丘を東に流下して天竜川に合流する急勾配の河川であり、橋梁前後の区間では 1/34 程度の河床勾配となっている。河岸段丘を削り込むように流れ、「田切地形」と呼ばれる深い谷地形を形成している。天竜川流域は脆弱な地質構造と急峻な地形により古くから幾多の土砂災害を起こしてきたとされ<sup>20)</sup>、新大田切橋の上流側には落差工が多数設置されている（図 5-15）。これらのことを踏まえると、今回の災害も、増水時に土石を伴う水流で大規模な河床低下が生じるという過去の災害と同様のメカニズムにより生じたことが考えられる。



写真 5-12 河床の低下と P1 橋脚基礎の露出





出典：駒ヶ根市提供資料

写真 5-13 被災前の P1 橋脚



写真 5-14 P1 橋脚基礎底面の露出



写真 5-15 被災後の橋梁上面の状況

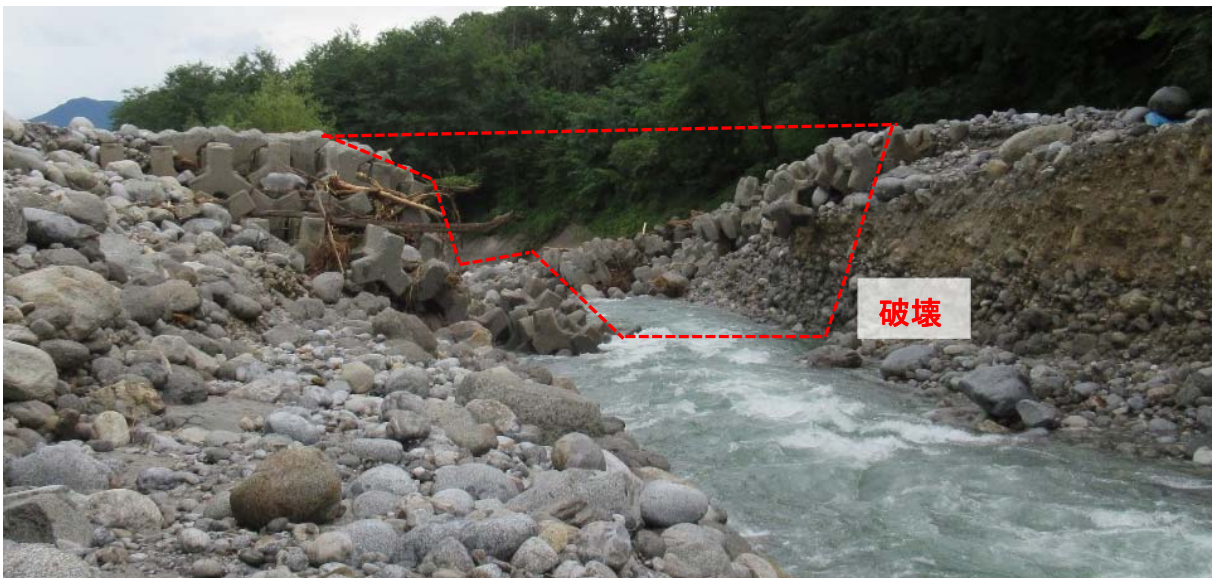


写真 5-16 新大田切橋下流側の床固め工の破壊



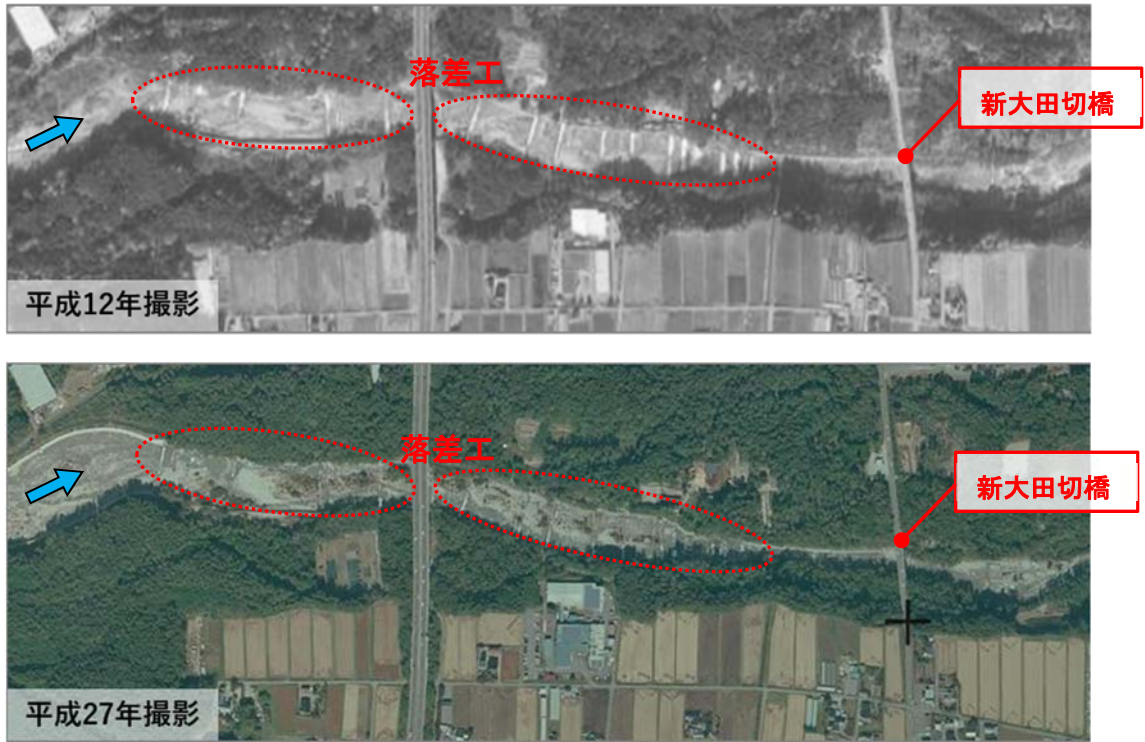


図 5-15 新大田切橋上流側の変遷（落差工の設置状況）<sup>10), 16)</sup>



## 5.2 洗掘被災リスク要因の分析

### 5.2.1 川島大橋

#### 5.2.1.1 線形判別分析式による判別

はじめに、川島大橋における定量的洗掘被災リスク要因を整理する。なお、ここで用いる説明関数については、橋脚ありの橋梁又は橋台のみの橋梁どちらにも適用することができる全橋梁データを用いた内部相関のある変数を除いたケース 2 の説明関数（式 (3-3)）を用いることとする。

- $x_1$  : 竣工年（西暦） = 1962
- $x_2$  : 橋長（m） = 343.5
- $x_3$  : 河床勾配 = 1/483（木曾川水系河川整備計画<sup>2D</sup>より算出）
- $x_4$  : 湾曲角度（°） = 76（2.2 に示した方法で算出）
- $x_5$  : 河積阻害率 = 0.023

式 (2-1) において、

- 橋脚幅 2.0m（5.1.1 図 5-2 には記載がないため、図 5-16 より梁幅 2.0m を橋脚幅と仮定）
  - 川幅 343.5m（5.1.1 図 5-2 より計画高水位位置における川幅は不明であるが橋長とほぼ同等と見受けられるため、川幅 = 橋長と仮定）
- として、河積阻害率は  $\{(2.0 \times 4) / 343.5\} \doteq 0.023$

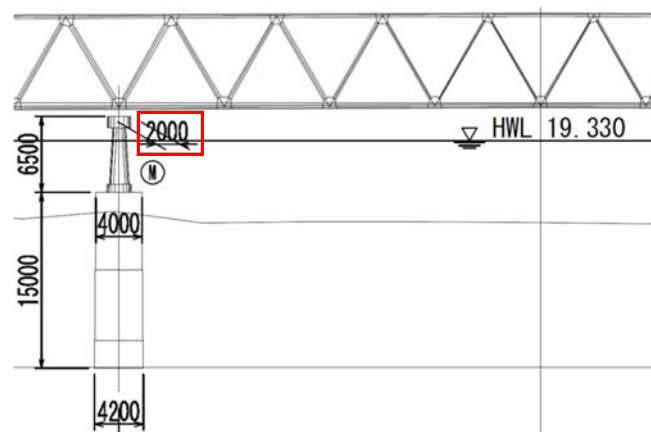


図 5-16 川島大橋の梁幅（5.1.1 図 5-2 より抜粋）

以上の変数を用いて、式 (3-3) で線形判別分析を行う。

$$\begin{aligned} f &= 0.0448x_1 + 0.0042x_2 + 4.8210x_3 - 0.0032x_4 - 12.0831x_5 - 88.7599 \\ &= 0.0448 \times 1962 + 0.0042 \times 343.5 + 4.8210 \times \frac{1}{483} - 0.0032 \times 76 \\ &\quad - 12.0831 \times 0.023 - 88.7599 \\ &\doteq 0.0693 \end{aligned}$$

ここで、ケース 2 における被災あり及び被災なしそれぞれの重心は 3.2.2 より以下の値である。

被災ありの重心： -0.9078

被災なしの重心： 0.2098

以上より、線形判別分析の結果は被災なしの重心に近いこと、川島大橋は“被災なし”と判別される。3.2.2の表3-6に示す寄与度より、橋長が大きく、河積阻害率が小さいことが“被災なし”と判別された要因と考えられる。

### 5.2.1.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証

川島大橋における定性的洗掘被災リスク要因については、5.1.1及び5.1.1の図5-3に示すように「砂州による滞筋の固定化」に該当する。砂州の発達による滞筋の固定化により、被災したP4橋脚周りにおいて実質的に川幅が狭まるのと同様の状態となっていたことが考えられる。また、被災したP4橋脚はケーソン基礎であり（5.1.1図5-2）、長年の河床低下の進行により基礎が露出し、狭まった川幅（固定化した滞筋の幅）に対してケーソン幅による河積阻害が生じていた。仮に固定化した滞筋の幅約84m（図5-4の縮尺から算出）とケーソン基礎幅4.0m（図5-4）で河積阻害率を計算すると4.8%となり、前頁で整理した元の河積阻害率2.3%より2倍以上大きくなる。このように、滞筋の固定化の状態（定性的洗掘被災リスク要因）や洗掘の進行状態が変化することにより、河積阻害率（定量的洗掘被災リスク要因）に変化が生じる場合もあることが確認された。なお、前頁の線形判別分析における河積阻害率（0.023）を4.8%（0.048）に置き換えて試算すると、 $f \approx -0.233$ となる。被災あり及び被災なしの重心の境界値は $-0.3490$ （被災あり及び被災なしの重心の平均値）であり、“被災あり”の判別へと近づくものの、“被災なし”となる判別結果には変わらなかった。

なお、河川沿いの堤外樹林帯や架橋位置上下流の落差工は確認されなかった（図5-17）。



図5-17 被災前の川島大橋周辺の航空写真（平成20年撮影）<sup>10)</sup>

## 5.2.2 黄瀬川大橋

### 5.2.2.1 線形判別分析式による判別

黄瀬川大橋における定量的洗掘被災リスク要因を整理する。

- $x_1$  : 竣工年 (西暦) = 1953
- $x_2$  : 橋長 (m) = 83.49
- $x_3$  : 河床勾配 = 1/200 (狩野川水系河川整備計画<sup>22)</sup>より算出)
- $x_4$  : 湾曲角度 (°) = 73 (2.2 に示した方法で算出)
- $x_5$  : 河積阻害率 = 0.072

式(2-1)において、

- 橋脚幅 1.5m (計画高水位位置では梁部にあたるため、図 5-18 より梁幅 1.5m を橋脚幅とする)
- 川幅 83.49m (静岡県提供資料より計画高水位位置における川幅は不明であるが橋長とほぼ同等と見受けられるため、川幅=橋長と仮定)

として、河積阻害率は  $\{(1.5 \times 4) / 83.49\} \doteq 0.072$

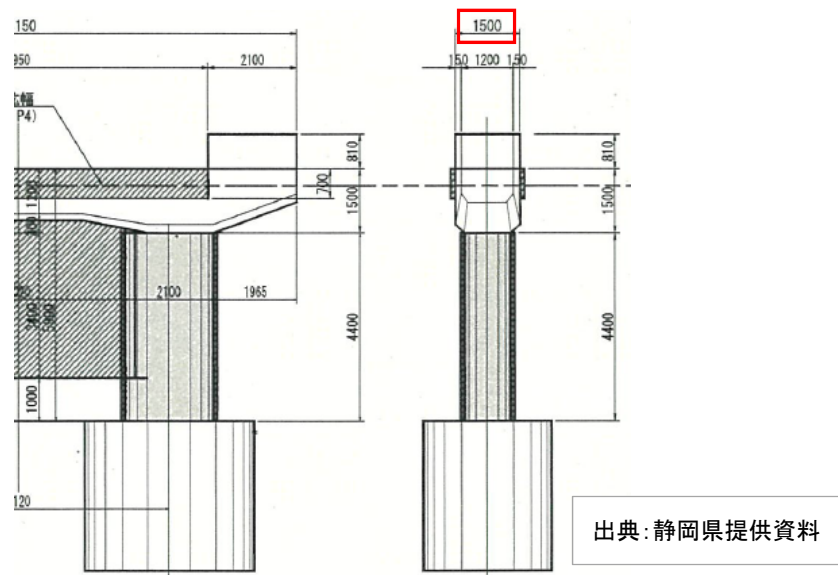


図 5-18 黄瀬川大橋橋脚の梁幅

以上の変数を用いて、式(3-3)で線形判別分析を行う。

$$\begin{aligned}
 f &= 0.0448x_1 + 0.0042x_2 + 4.8210x_3 - 0.0032x_4 - 12.0831x_5 - 88.7599 \\
 &= 0.0448 \times 1953 + 0.0042 \times 83.49 + 4.8210 \times \frac{1}{200} - 0.0032 \times 73 \\
 &\quad - 12.0831 \times 0.072 - 88.7599 \\
 &\doteq -1.9943
 \end{aligned}$$

ここで、ケース 2 における被災あり及び被災なしそれぞれの重心は 3.2.2 より以下の値である。

被災ありの重心 : -0.9078

被災なしの重心 : 0.2098



以上より、線形判別分析の結果は被災ありの重心に近いこと、黄瀬川大橋は“被災あり”と判別される。3.2.2の表3-6に示す寄与度より、竣工年が古く、湾曲角度及び河積阻害率が高いことが“被災あり”と判別された要因と考えられる。

#### 5.2.2.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証

黄瀬川大橋における定性的洗掘被災リスク要因については、5.1.2及び5.1.2の図5-6に示すように「砂州による滞筋の固定化」に該当する。また、過去にA2橋台側の護岸が整備されたことにより(5.1.2図5-8)、水の流れに変化が生じた可能性も考えられる。

なお、河川沿いの堤外樹林帯や架橋位置上下流の落差工は確認されなかった(図5-19)。



図5-19 被災前の黄瀬川大橋周辺の航空写真（平成25年撮影）<sup>10)</sup>

## 5.2.3 新大田切橋

### 5.2.3.1 線形判別分析式による判別

新大田切橋における定量的洗掘被災リスク要因を整理する。

- $x_1$  : 竣工年 (西暦) = 1987
- $x_2$  : 橋長 (m) = 110
- $x_3$  : 河床勾配 = 1/34 (天竜川水系河川整備計画<sup>23)</sup>より推定)
- $x_4$  : 湾曲角度 (°) = 0 (直線区間と判断)
- $x_5$  : 河積阻害率 = 0.07

式(2-1)において、

- 橋脚幅 2.2m (図 5-20 より計画高水位位置における橋脚幅)
- 川幅 約 67m (図 5-20 より計画高水位位置における川幅は不明であるため、図 5-20 の縮尺から算出)

として、河積阻害率は  $\{(2.2 \times 2) / 67\} \approx 0.07$

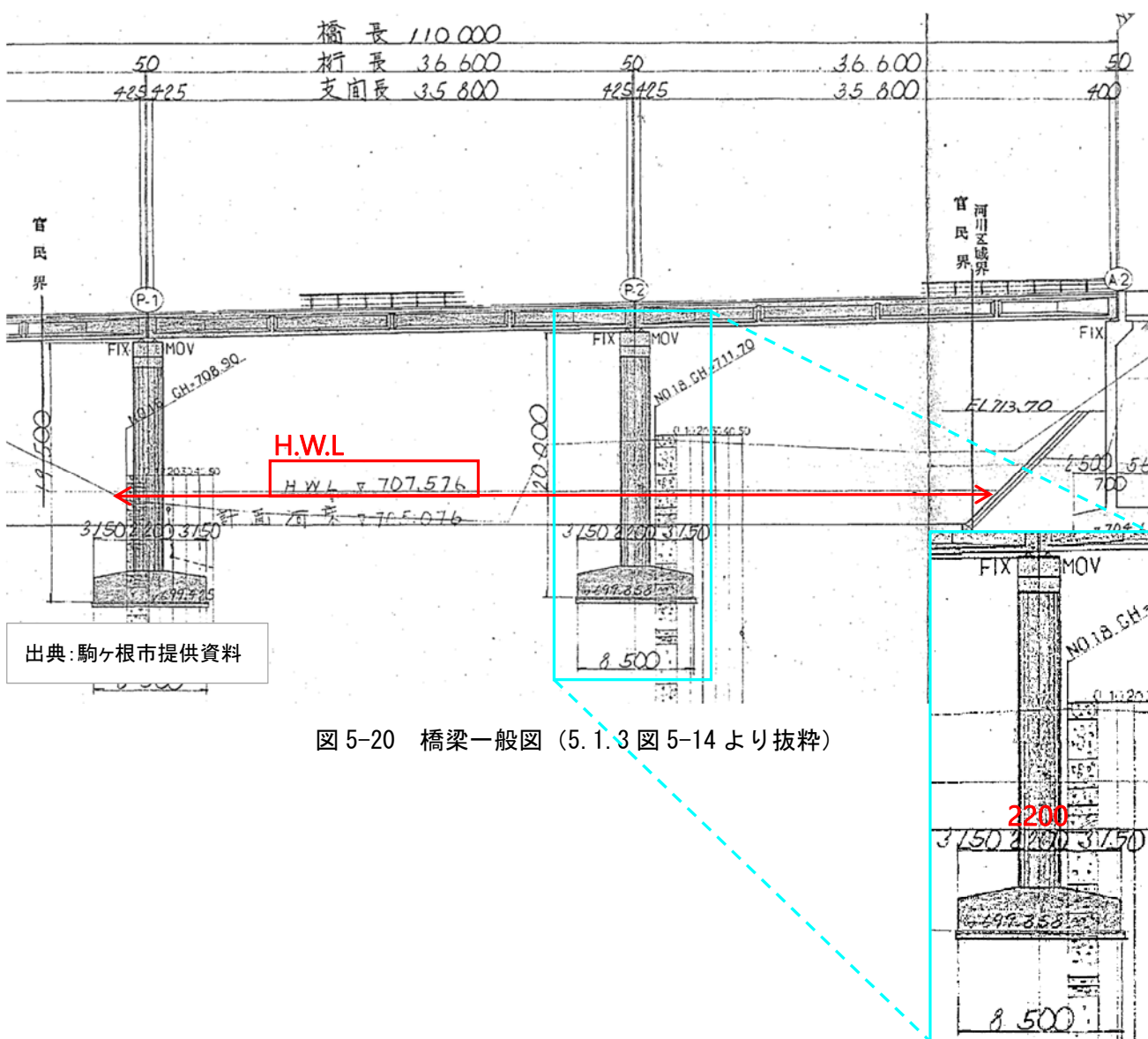


図 5-20 橋梁一般図 (5.1.3 図 5-14 より抜粋)

以上の変数を用いて、式(3-3)で線形判別分析を行う。

$$\begin{aligned} f &= 0.0448x_1 + 0.0042x_2 + 4.8210x_3 - 0.0032x_4 - 12.0831x_5 - 88.7599 \\ &= 0.0448 \times 1987 + 0.0042 \times 110 + 4.8210 \times \frac{1}{34} - 0.0032 \times 0 \\ &\quad - 12.0831 \times 0.07 - 88.7599 \\ &\approx 0.0157 \end{aligned}$$

ここで、ケース2における被災あり及び被災なしそれぞれの重心は3.2.2より以下の値である。

被災ありの重心：-0.9078

被災なしの重心：0.2098

以上より、線形判別分析の結果は被災なしの重心に近いこと、新大田切橋は“被災なし”と判別される。3.2.2の表3-6に示す寄与度より、竣工年が新しく、橋長が大きく、湾曲角度が小さい（河道が直線であること）ことが“被災なし”と判別された要因と考えられる。

#### 5.2.3.2 定性的洗掘被災リスク要因の個別検証

新大田切橋における定性的洗掘被災リスク要因については、「架橋位置上流に落差工」「架橋位置下流に落差工（本橋では床固め工）」が該当する（図5-21）。また、新大田切橋が架かる太田切川は5.1.3に述べたように深い谷地形を流れる河川であり、推定した河床勾配は1/34と急勾配である。河川堤防の構造検討の手引き<sup>24)</sup>では、河床勾配が1/34の河道は「セグメントM」に分類される。手引き<sup>24)</sup>によれば、セグメントMに分類される河道の場合、直線河道であればどこの河岸も侵食され得るとされている。加えて、5.1.3に述べたように天竜川流域は古くから幾多の土砂災害を起こしており、土石を伴う水流が生じることでより大規模な侵食が生じる条件にあったと考えられる。

なお、砂州や植生による滞筋の固定化は確認されなかった（図5-21）。



図5-21 被災前の新大田切橋周辺の航空写真（平成27年撮影）<sup>10)</sup>



### 5.3 令和3年の被災事例分析結果のまとめ

定量的及び定性的の2つの視点による洗掘被災リスク要因について、近年の被災事例3事例を対象に分析した結果を表5-4に示す。

表5-4 定量的及び定性的洗掘被災リスク要因の分析結果一覧

対象橋梁	定量的洗掘被災リスク要因による線形判別分析結果	定性的洗掘被災リスク要因の個別検証結果
川島大橋	“被災なし”	砂州による滯筋の固定化
黄瀬川大橋	“被災あり”	砂州による滯筋の固定化
新大田切橋	“被災なし”	架橋位置上流に落差工 架橋位置下流に落差工（本橋では床固め工）

定量的洗掘被災リスク要因による線形判別分析の結果については、3橋梁のうち1橋梁が“被災あり”、2橋梁が“被災なし”と判別された。2橋梁が“被災なし”と判別されたものの、定性的洗掘被災リスク要因の個別検証結果では、3橋梁全てにおいて、4章で着目した定性的洗掘被災リスク要因に該当した。

また、対象とした3橋梁について個別に洗掘被災リスク要因を分析した結果、川島大橋については、砂州による滯筋の固定化により長年にわたって河床低下が進行していたことが考えられる。また、砂州による滯筋の固定化により実質的な川幅の狭窄が生じ、加えて河床低下の進行によりケーソン基礎が露出したことで実質的に河積阻害率が変化したことが考えられる。このように、滯筋の固定化の状態（定性的洗掘被災リスク要因）や洗掘の進行状態が変化することにより、河積阻害率（定量的洗掘被災リスク要因）に変化が生じる場合もあることが確認された。

黄瀬川大橋については、砂州による滯筋の固定化や既設の洗掘防止工の流出と再設置が行われていたと推察されることから、過去より被災が生じやすい立地条件にあったことが考えられる。なお、護岸の整備により水の流れに変化が生じた可能性も考えられる。

新大田切橋については、河床勾配（1/34）からセグメントMに分類される。セグメントMに分類される河道の場合、直線河道であればどこの河岸も侵食され得るとされており、新大田切橋は土石を伴う水流により河床の侵食が生じやすい条件であったことが考えられる。本事例のように急勾配の場合は直線河道の場合でも洗掘被災リスクが高くなる可能性があることを考慮した洗掘被災リスクの検討は今後の課題と考える。

## 6. まとめ（洗掘被災リスクが高い条件の提示と今後の課題）

本研究では、はじめに、過去の被災あり橋梁及び被災なし橋梁のデータを収集し、各橋梁が有する定量的洗掘被災リスク要因を変数として線形判別分析を行った。収集した被災あり橋梁及び被災なし橋梁それぞれに対する適合率（実際に被災が生じた橋梁を“被災あり”と判別するか否か、又は、実際に被災が生じていない橋梁を“被災なし”と判別するか否か）を検討するとともに、分析の結果得られた各説明変数の寄与度の大きさから洗掘被災リスクが高くなる定量的洗掘被災リスク要因を明らかにした。

橋脚ありの橋梁の場合、線形判別分析における各説明変数の寄与度からみた洗掘被災リスクは、以下に示すリスク要因の組合せに該当する条件で高くなることが分かった。

- ・ 竣工年が古い
- ・ 橋長が小さい
- ・ 河積阻害率が大きい
- ・ 湾曲角度が大きい

一方、橋台のみの橋梁の場合、以下に示すリスク要因の組合せに該当する条件で高くなることが分かった。

- ・ 竣工年が古い
- ・ 橋長が小さい
- ・ 湾曲角度が大きい

次に、線形判別分析の結果、見逃しとなった 39 橋梁（うち 2 橋梁は確認不可）について、航空写真<sup>10,16</sup>や地形図<sup>10</sup>、google ストリートビュー<sup>17</sup>を用いて渡河地点周辺の状況を個別に検証し、以下に示す定性的洗掘被災リスク要因との関係について整理した。

- ①砂州や植生による滞筋の固定化
- ②河川沿いの堤外樹林帯の有無
- ③架橋位置上流又は下流の落差工の有無

検証の結果、見逃しとなった橋梁のほとんどが着目した定性的洗掘被災リスク要因に該当することが確認できた。特に、砂州による滞筋の固定化に該当する橋梁が合計で 17 橋梁と多くみられた。

さらに、令和 3 年に豪雨により洗掘被害が生じた 3 橋梁を対象に定量的及び定性的の 2 つの視点から洗掘被災リスク要因を分析した。その結果、定量的洗掘被災リスク要因による線形判別分析結果では 3 橋梁のうち 2 橋梁が“被災なし”と判別されたものの、定性的洗掘被災リスク要因の個別検証では 3 橋梁全てにおいて、先に着目した定性的洗掘被災リスク要因に該当することが確認できた。また、対象とした 3 橋梁について個別に洗掘被災リスク要因を分析した結果、川島大橋では、砂州による滞筋の固定化により長年にわたって河床低下が進行していたことのほか、定性的洗掘被災リスク要因や洗掘の進行状態が変化することにより、定量的洗掘被災リスク要因に変化が生じる場合もあることが確認された。黄瀬川大橋では、砂州による滞筋の固定化や既設の洗掘防止工の流出と再設置が行われていたと推察されることから過去より被災が生じやすい立地条件にあったことが確認された。なお、護岸の整備により水の流れに変化が生じた可能性もある。新大田切橋は、セグメント M に分類される直線河道であり、土石を伴う水流により河床の侵食が生じやすい条件であったことが確認された。

本研究の結果を基に、定量的洗掘被災リスク要因、定性的洗掘被災リスク要因、点検などにより把握される洗掘の進行状態の 3 つの要素から洗掘被災リスクの高い橋梁の条件を図式的に表したものを図 6-1

に示す。いずれかの要素 1 つにでも該当する橋梁は洗掘被災リスクが高い橋梁と考えられ、2 つの要素や 3 つの要素が重なる部分に該当する橋梁は、さらに洗掘被災リスクが高い橋梁であると考えられる。ここで、「洗掘の進行状態」は、本研究で明らかにした定量的及び定性的洗掘被災リスク要因による評価だけでなく、実際に生じている橋梁基礎周辺の洗掘の進行状態や洗掘防止工の状態によっても洗掘被災リスクの高さは変わるため、要素の 1 つとして加えた。令和 3 年の被災事例においても、川島大橋では長年にわたって河床低下が進行していたことが今回の被災に至った要因の 1 つと考えられ、黄瀬川大橋では被災前の時点で洗掘防止工の流出や破損が確認されていた。同様の定量的及び定性的洗掘被災リスク要因を有する橋梁どうしても、すでに洗掘などの変状が生じている場合とそうでない場合とでは洗掘被災リスクの高さは異なると考えられる。図 6-1 に「洗掘の進行状態」として示した 3 つの項目は、令和 3 年の被災事例だけでなく、道路防災点検で用いる安定度調査表<sup>3)</sup>及び「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物）」に示されている洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表<sup>4)</sup>を考慮して整理した。安定度調査表<sup>3)</sup>及び採点表<sup>4)</sup>にある項目のうち、現地の変状や橋梁の防護条件を評価する項目を参照したものである。

今後の課題として、橋脚がある橋梁及び橋台のみの橋梁それぞれに対して洗掘被災リスクが高い条件を抽出する手法の精度を向上させることが挙げられる。線形判別分析結果の適合率そのものを上げることは、現状のデータ収集体制においては難しいが、見逃しとなった橋梁の定性的洗掘被災リスク要因及び洗掘の進行状態を明らかにして見逃しの数を減らすことで線形判別分析結果（適合率）を補うことは可能と考える。本研究においても、川島大橋の分析で定性的洗掘被災リスク要因や洗掘の進行状態が定量的洗掘被災リスク要因の実質的变化に影響したことを検証したのはその一例である。また、新大田切橋の事例のように、急勾配の場合は直線河道の場合でも洗掘被災リスクが高くなる可能性があることを考慮した洗掘被災リスクについて検討することも洗掘被災リスクが高い条件を抽出するうえで有用と考える。橋脚がある橋梁及び橋台のみの橋梁それぞれの場合で定性的洗掘被災リスク要因及び洗掘の進行状態をより細かく検証し、定量的手法と定性的手法・洗掘状態を組み合わせることで推定精度が向上するものと考えられる。



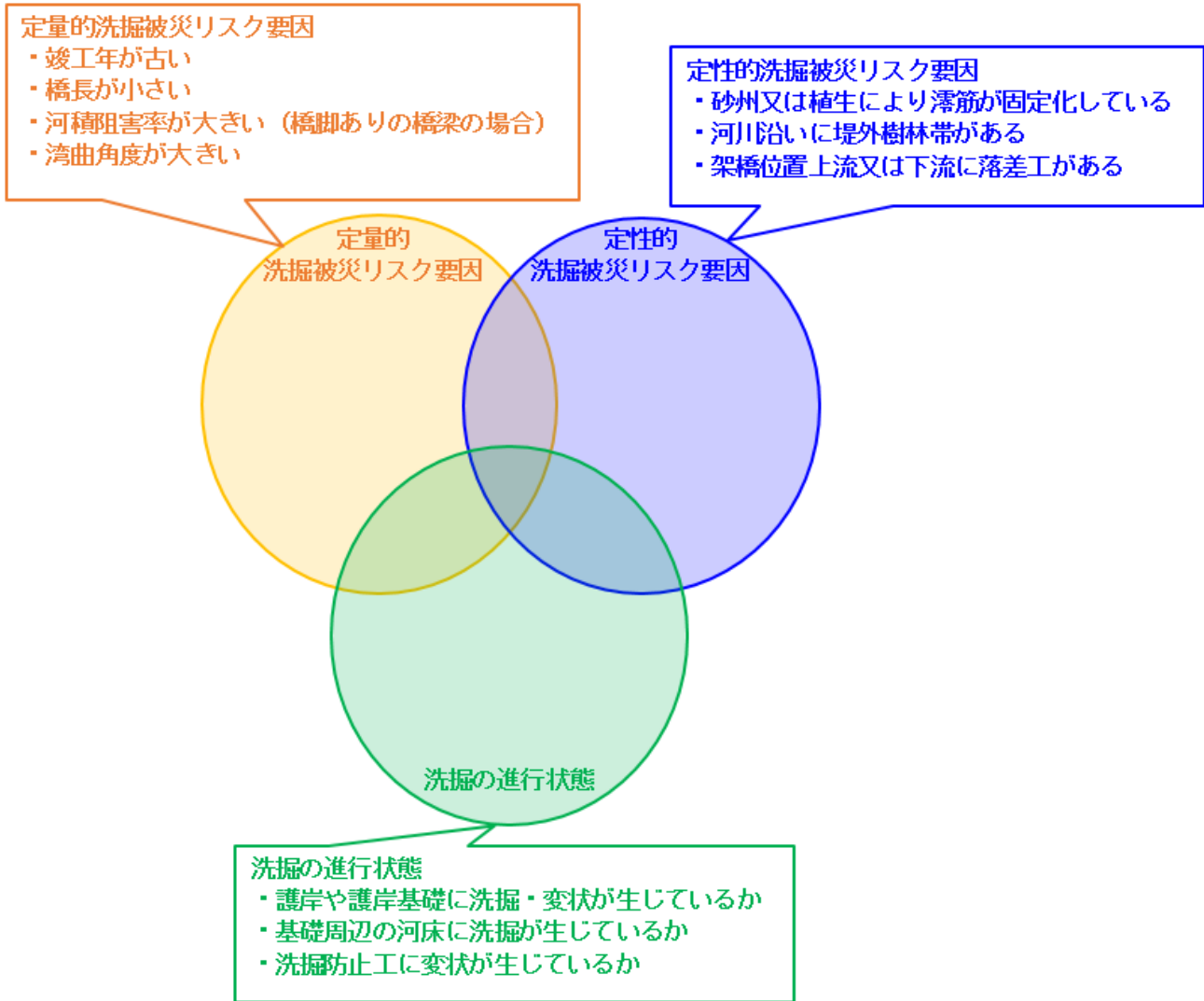


図 6-1 洗掘被災リスクの高い条件

## 参考文献

- 1) 「河川を横過する橋梁に関する計画の手引き（案）」平成 21 年 7 月、財団法人国土技術研究センター、JICE 資料第 109001 号
- 2) 「治水上から見た橋脚問題に関する検討」平成 5 年 11 月、建設省土木研究所河川部河川研究室、土木研究所資料第 3225 号
- 3) 「道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）」平成 19 年 9 月、財団法人道路保全技術センター
- 4) 橋梁下部構造の維持管理に関する検討業務、平成 13 年 3 月、国土交通省土木研究所基礎研究室・日本技術開発株式会社
- 5) 佐溝昌彦、渡邊 諭、杉山友康、岡田勝也：統計的手法による鉄道橋梁の増水時における被災注意橋脚抽出手法、土木学会論文集 D3（土木計画学）、Vol.69、No.3、平成 25 年
- 6) 「鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）基礎構造物・抗土圧構造物」平成 19 年 1 月、鉄道総合技術研究所編
- 7) 「鉄道河川橋りょうにおける基礎・抗土圧構造物の維持管理の手引き」令和 3 年 6 月、鉄道総合技術研究所編
- 8) 藤田智弘、七澤利明、佐々木惇郎：洗掘被害を受けやすい既設橋梁の抽出への線形判別分析の適用、土木技術資料令和元年 11 月号
- 9) 国土交通省、国土数値情報（流域メッシュデータ）<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 10) 国土交通省国土地理院、地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/>
- 11) 廣田雄一：判別分析の手法による銀行の健全性評価、慶應義塾大学岡部研究会報告書平成 11 年度秋学期（参照先：「岡部光明ホームページ」<https://www.okabem.com/>）
- 12) 前野詩朗、吉田圭介：河道内の流れと植生動態、ながれ、第 33 巻、第 4 号、平成 26 年 8 月発行
- 13) 山本太郎、千葉学、高橋賢司、佐藤裕介：砂州掘削調査による河道断面の比高拡大プロセスの考察、土木学会第 72 回年次学術講演会、平成 29 年 9 月
- 14) 秋山壽一郎：樹林帯の氾濫流抑制機能、自然災害科学、Vol.25、No.3、平成 18 年
- 15) 「床止めの構造設計手引き」平成 10 年 12 月、財団法人国土開発技術研究センター編
- 16) 国土交通省国土地理院、地図・空中写真閲覧サービス <https://mapps.gsi.go.jp/>
- 17) google マップ、google ストリートビュー <https://www.google.co.jp/maps/>
- 18) 猪股広典、小関博司：流砂の連続性確保(2)～河道内横断構造物管理の課題例と解決の方向～土木技術資料令和 4 年 2 月号
- 19) 一般財団法人国土地盤情報センター、国土地盤情報データベース <https://publicweb.ngic.or.jp/public/publicweb.php>
- 20) 国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所ホームページ <https://www.cbr.mlit.go.jp/tenryo/jimusyo/activity.html>
- 21) 国土交通省中部地方整備局木曾川下流河川事務所、木曾川水系河川整備計画 <https://www.cbr.mlit.go.jp/kisokaryu/kisosansen-plan/index.html>
- 22) 国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所、狩野川水系河川整備計画 <https://www.cbr.mlit.go.jp/numazu/river/seibi/>

- 23) 国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所、天竜川水系河川整備計画  
[https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/river/seibi\\_tenryu/seibi\\_kako.html](https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/river/seibi_tenryu/seibi_kako.html)
- 24) 「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」平成 24 年 2 月、財団法人国土技術研究センター、JICE  
資料第 111002 号
- 25) 玉野治光：手作り時代の橋梁工事、土木学会誌 Vol.74、No.14、昭和 64 年



## 謝辞

本研究に用いる橋梁データの収集にあたっては、所管の道路管理者の方々には、ご多忙にもかかわらず、多大なご協力を頂きました。

また、令和3年に発生した豪雨による洗掘被害の現地調査にあたっては、中部地方整備局、関東地方整備局、岐阜県、静岡県、駒ヶ根市を始めとする関係諸機関の方々には、ご多忙にもかかわらず、多大なご協力を頂きました。ここに記して、深甚なる謝意を表します。

## 巻末資料

巻末資料 1	構造諸元や河川特性と被災割合の分析 .....	113
巻末資料 2	橋梁データベース.....	117





## 巻末資料 1 構造諸元や河川特性と被災割合の分析

本編 2 章で収集した被災あり橋梁 214 橋梁及び被災なし橋梁 445 橋梁のデータを用いて、構造諸元や河川特性と被災割合の関係について、一次統計分析した結果を示す。

### 1. 竣工年と被災割合

図 参考-1 に竣工年と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・ 1950 年以前では被災あり割合は大きい
- ・ 1951 年以降で被災ありは急激に減少
- ・ 1976 年以降で被災ありは更に減少傾向

1976 年以降の被災ありの減少傾向は、1976 年に河川管理施設等構造令が制定され、橋脚の形状や基礎の根入れ深さなどが指針として示されたことが理由の 1 つと考えられる。

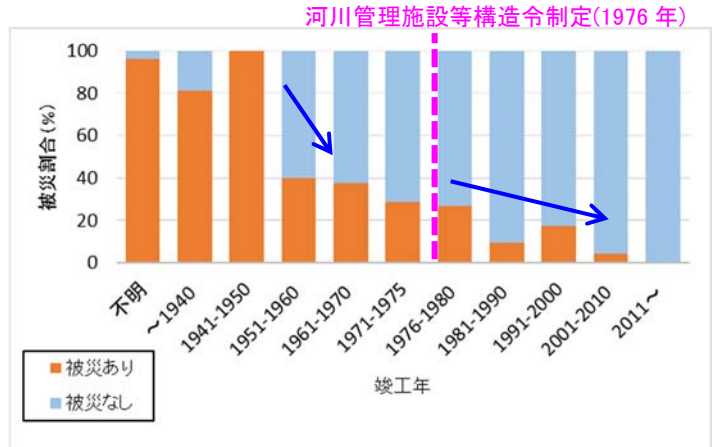


図 参考-1 竣工年と被災割合

### 2. 河積阻害率と被災割合

図 参考-2 に河積阻害率と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・ 5%以上では河積阻害率が大きいほど被災ありは増加

図 参考-3 には、竣工年と河積阻害率と被災割合の関係を分析した 3 次元グラフを示す。x 軸に竣工年、y 軸に河積阻害率、z 軸に被災割合を示している。このグラフでは被災ありの割合のみを示している。このグラフからは以下のことが確認できる。

- ・ 古い年代、特に 1955 年以前で河積阻害率の大きい橋梁の被災が多くなっている。

古い年代では橋梁の架橋機材や工法の面で制約が大きく<sup>25)</sup>、支間長を大きくすることが難しかったため、河積阻害率の大きい橋梁が多いものと想定される。

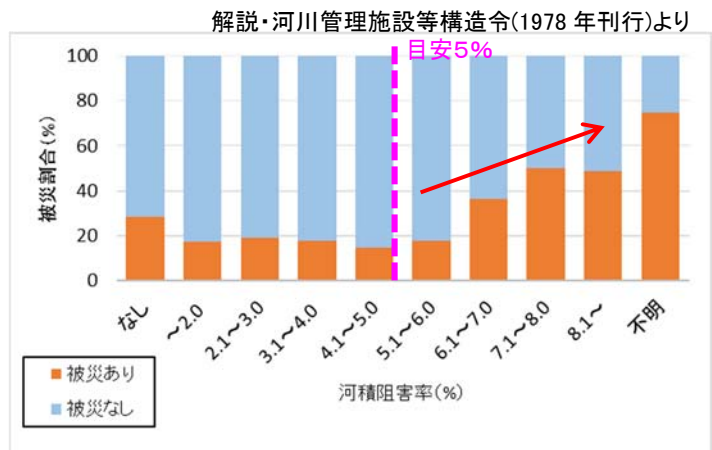


図 参考-2 河積阻害率と被災割合

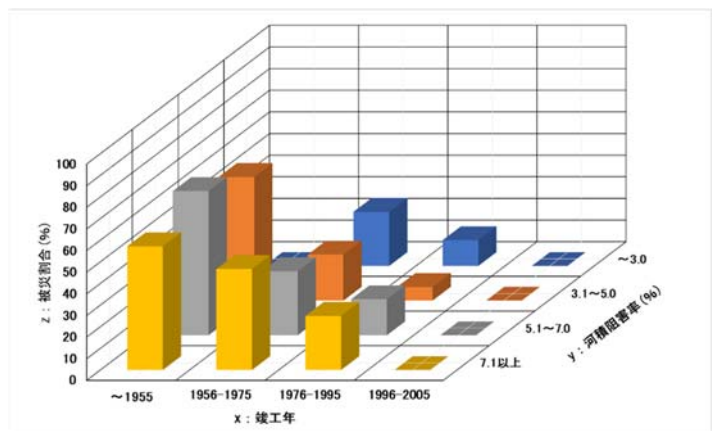


図 参考-3 竣工年と河積阻害率と被災割合

### 3. 湾曲角度と被災割合

図 参考-4 に湾曲角度と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・90° 以上で湾曲角度が大きいほど被災ありは増加

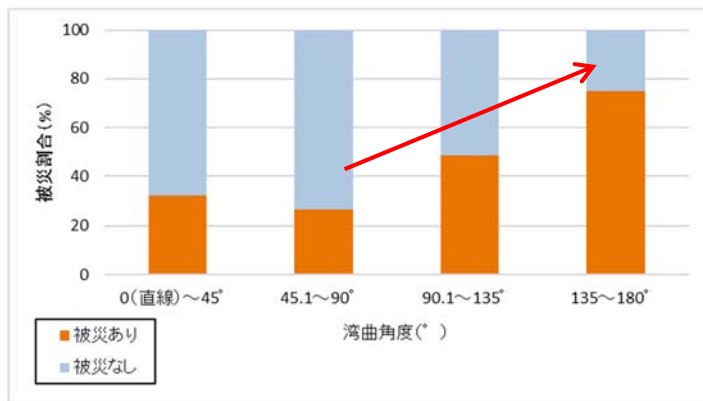


図 参考-4 湾曲角度と被災割合

### 4. 河床勾配と被災割合

図 参考-5 に河床勾配と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・1/400 以上で河床勾配が大きいほど被災ありは増加

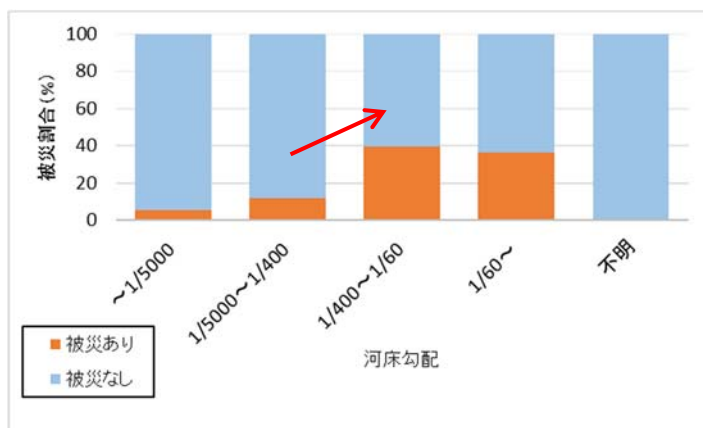


図 参考-5 河床勾配と被災割合

### 5. 砂州の有無と被災割合

図 参考-6 に砂州の有無と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・砂州ありの方が被災あり割合は大きい

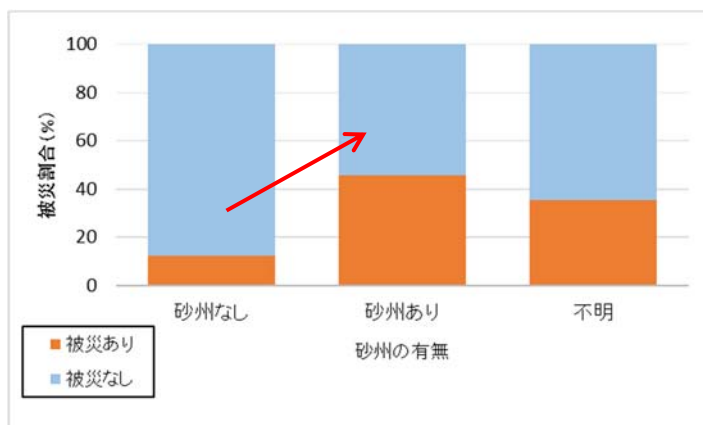


図 参考-6 砂州の有無と被災割合

## 6. 橋梁の基礎形式と被災割合

図 参考-7 に橋脚の基礎形式と被災割合<sup>※1</sup>を、図 参考-8 に橋台の基礎形式と被災割合<sup>※2</sup>を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・90%以上が直接基礎とパイルベント

※1：被災あり 214 橋梁のうち、1 基以上の橋脚に「倒壊・流出」「沈下・傾斜」のいずれかが生じた 65 橋梁（橋脚基礎形式不明 21 橋梁を除く）を対象に分析した。複数の橋脚基礎形式を有する橋梁についても、被災した橋脚の基礎形式に着目して分析したが、1 橋梁で複数の基礎形式の橋脚が被災した事例は確認されなかった。

※2：被災あり 214 橋梁のうち、1 基以上の橋台に「倒壊・流出」「沈下・傾斜」のいずれかが生じた 49 橋梁（橋台基礎形式不明 22 橋梁を除く）を対象に分析した。

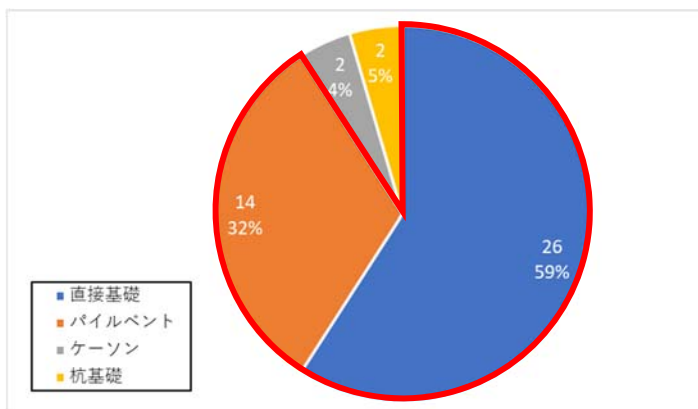


図 参考-7 基礎形式（橋脚）と被災割合

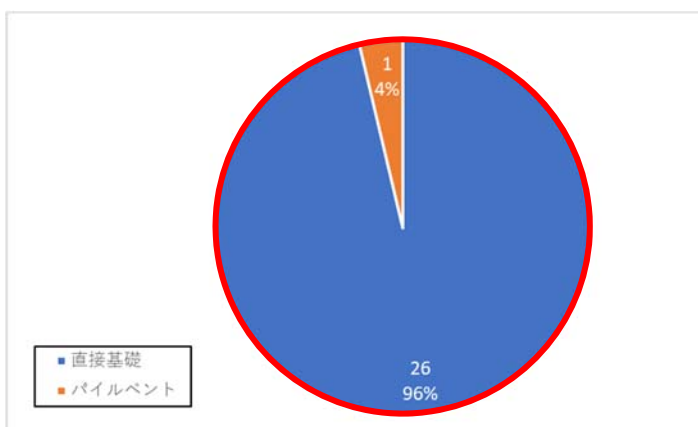


図 参考-8 基礎形式（橋台）と被災割合

## 7. 護床工の有無と被災割合

図 参考-9 に護床工の有無と被災割合を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・護床工設置橋梁の被災は実質なし<sup>※3</sup>

※3：護床工を有する橋梁で 3 件被災があったものの、2 件は橋台背面の浸食による被災、1 件は護床工が設置されていない橋脚のみ被災のため、護床工を有する橋脚が被災した事例は確認されなかった。

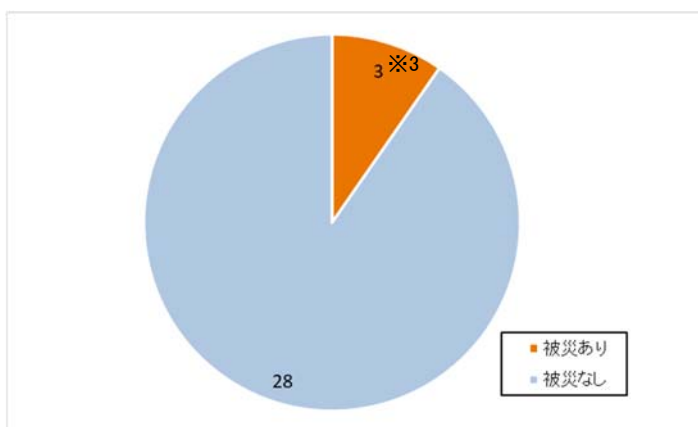


図 参考-9 護床工の有無と被災割合



## 8. 1980年以降に竣工した橋梁の被災形態

図 参考-10 に 1976 年の河川管理施設等構造令制定及び 1978 年の解説・河川管理施設等構造令刊行以降（1980 年以降）に竣工した橋梁の被災形態を分析した結果を示す。以下のことが確認できる。

- ・全 14 件<sup>※4</sup>のうち、橋脚の被災は 3 件<sup>※5</sup>  
(全て傾斜)
- ・全 14 件<sup>※4</sup>のうち、橋台の被災は 12 件<sup>※5</sup>  
(12 件全てで背面土砂流出、そのうち 2 件は傾斜も併発)
- ・上記 12 件のうち、傾斜が生じた 2 件は水衝部<sup>※6</sup>にある橋台で、橋脚の傾斜 3 件と合わせて傾斜の被災は合計 5 件（グラフ赤枠）
- ・橋台の被災 12 件のうち、5 件は背面土砂が完全流出<sup>※6, ※7</sup>（グラフ黒枠）

※4：うち 11 件は北海道の橋梁

※5：うち 1 件は橋脚・橋台ともに被災（重複）

※6：護岸の有無は不明

※7：「完全流失」とは橋台背面の土砂が流失した結果、橋台背面側にも新たな水みちが形成されるに至った被災状況を指す（写真 参考-1）

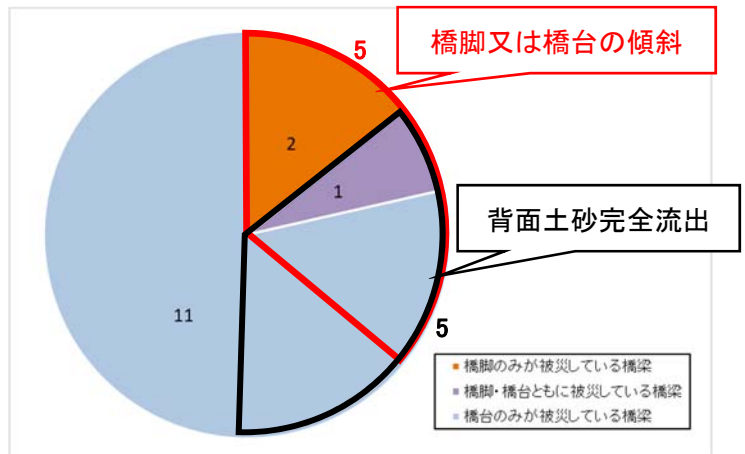


図 参考-10 1980年以降に竣工した橋梁の被災形態



写真 参考-1 橋台背面土砂の完全流失

## 巻末資料2 橋梁データベース

次頁以降に、表 巻末-1～表 巻末-12 として作成した橋梁データベースを示す。表 巻末-1～表 巻末-4 に被災あり橋梁のデータベース、表 巻末-5～表 巻末-12 に被災なし橋梁のデータベースを示す。

表 巻末-1 被災あり橋梁データベース(1)

管理番号	橋梁名	構造諸元										河川特性				
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (Σ 植or1基あたり※)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R(m)	湾曲角度 θ(°)			
1	A橋	不明	601.5	12	53.2	18.4	1110.8	600.0	3.1	1/75	1	280	80			
2	B橋	1972	201.1	24	13.0	9.2	1249.1	200.0	4.6	1/346	1	400	110			
3	C橋	不明	199.5	21	16	6.0	1258.4	199.5	3.0	1/338.6	1	9999	0			
4	D橋	不明	不明	1	不明	-	17.9	14.8	-	1/27.6	M	110	70			
5	E橋	不明	不明	1	不明	-	1.7	5.3	-	1/27.6	M	45	90			
6	F橋	不明	18.0	1	不明	-	4.4	9.8	-	1/68.9	1	50	105			
7	G橋	不明	9.0	2	不明	0.34※	4.5	8.0	4.3	1/66.7	1	70	80			
8	H橋	不明	不明	不明	不明	不明	67.5	不明	不明	1/52.8	M	9999	0			
9	I橋	不明	8.0	不明	不明	不明	4.5	6.0	不明	1/36	M	9999	0			
10	J橋	1971	49.8	2	24.4	1.5※	410.0	47.9	3.1	1/384.1	1	180	145			
11	K橋	1968	8.0	1	不明	-	11.4	6.7	-	1/214.3	1	45	70			
12	L橋	1982	150.0	5	32.5	10.0	481.0	142.0	7.0	1/143.6	1	670	75			
13	M橋	1964	6.0	1	5.7	-	19.5	4.5	-	1/151.4	1	65	70			
14	N橋	不明	75.6	15	不明	7.0	878.4	120.0	5.8	1/770	2	9999	0			
15	O橋	不明	不明	3	不明	不明	348.0	不明	不明	1/16.5	M	65	90			
16	P橋	1967	63.0	3	25.0	5.0	188.3	58.6	8.5	1/305.1	1	220	140			
17	Q橋	1958	12.7	1	不明	-	8.3	11.4	-	1/8.5	M	175	100			
18	R橋	1961	12.7	1	不明	-	7.0	11.0	-	1/6.5	M	9999	0			
19	S橋	1963	16.8	2	不明	1.5※	6.6	16.0	9.4	1/6.4	M	40	80			
20	T橋	不明	28.3	3	不明	3.9	97.9	26.5	14.7	1/41	M	190	120			
21	U橋	不明	15.7	2	不明	0.6※	14.2	13.0	4.6	1/27	M	9999	0			
22	V橋	不明	8.6	1	7.96	-	6.2	4.3	-	1/94.8	1	9999	0			
23	W橋	1935	27.0	3	不明	1.6	28.0	18.2	8.8	1/113.7	1	170	100			
24	X橋	不明	16.2	2	不明	1.1※	18.4	13.9	7.9	1/81.1	1	9999	0			
25	Y橋	不明	142.1	17	不明	11.2	1725.7	112.0	10.0	1/5200	3	9999	0			
26	Z橋	1934	240.0	16	不明	8.0	1145.6	235.0	3.4	1/607.3	2	550	85			
27	AA橋	1974	25.05	1	25.05	-	44.5	23.9	-	1/105	1	80	85			
28	AB橋	1986	23.9	3	8	2.5	44.1	22.7	11.0	1/231.3	1	80	90			
29	AC橋	1967	21.04	2	10.52	0.7※	33.7	20.4	3.4	1/109.5	1	9999	0			
30	AD橋	2004	26.1	1	24	-	33.5	17.3	-	1/109.5	1	9999	0			
31	AE橋	1957	51.8	4	18.7	6.2	100.8	50.1	12.4	1/286.7	1	220	80			
32	AF橋	1931	46.25	4	12.55	4.0	88.2	45.2	8.8	1/148	1	120	115			
33	AG橋	1968	21.69	2	10.85	0.9※	40.5	20.6	4.4	1/107.1	1	9999	0			
34	AH橋	1955	28.4	2	8.63	1.0※	32.1	21.8	4.6	1/93.5	1	9999	0			
35	AI橋	1969	29.9	2	14.95	0.5※	26.1	27.5	1.8	1/147.1	1	9999	0			
36	AJ橋	1932	20.7	2	13.124	1.8※	13.5	16.6	10.8	1/143.6	1	65	115			
37	AK橋	1963	24.1	2	12.5	不明	12.6	不明	不明	1/110.5	1	9999	0			
38	AL橋	不明	51.0	2	25.5	0.6※	91.7	49.0	1.2	1/430	2	70	90			
39	AM橋	1983	78.1	3	25.4	1.2	141.8	76.9	1.6	1/90.6	1	90	95			
40	AN橋	不明	16.5	2	不明	1.2※	10.4	14.5	8.3	1/65	1	9999	0			
41	AO橋	1979	26.0	1	25.3	-	7.6	19.6	-	1/100	1	9999	0			
42	AP橋	不明	18.7	1	不明	-	8.9	11.5	-	1/61.6	1	9999	0			
43	AQ橋	1937	34.2	3	14.0	2.2	69.1	32.6	6.7	1/125	1	9999	0			
44	AR橋	1971	30.9	2	14.9	1.5※	56.0	25.6	5.9	1/79.2	1	9999	0			
45	AS橋	不明	23.6	4	6.0	1.3	57.4	19.0	6.8	1/1800	2	9999	0			
46	AT橋	不明	4.0	1	不明	-	0.1	2.6	-	1/7.1	M	9999	0			
47	AU橋	不明	不明	1	不明	-	16.3	不明	-	1/53.7	M	60	110			
48	AV橋	不明	不明	不明	不明	不明	43.7	不明	不明	1/59.6	M	50	110			
49	AW橋	不明	54.0	1	不明	-	38.5	不明	-	1/71.3	1	9999	0			
50	AX橋	不明	29.9	2	不明	2.0※	47.7	28.9	6.9	1/116.3	1	9999	0			
51	AY橋	不明	47.5	1	47.0	-	102.9	45.9	-	1/62.1	1	9999	0			
52	AZ橋	不明	32.7	4	不明	2.74	82.1	30.1	9.1	1/60.8	1	9999	0			
53	BA橋	不明	24.2	不明	不明	不明	34.2	22.9	不明	1/64.7	1	9999	0			
54	BB橋	不明	不明	1	不明	-	12.9	不明	-	1/53	M	9999	0			



表 巻末-2 被災あり橋梁データベース(2)

管理番号	橋梁名	構造諸元										河川特性				
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (Σ 植or1基あたり※)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 θ(°)			
55	BC橋	1965	44.2	4	11.1	1.2	23.5	40.3	3.0	1/80.4	1	9999	0			
56	BD橋	1975	20.3	1	不明	-	1.0	18.4	-	1/81	1	275	95			
57	BE橋	不明	154.8	14	不明	8.0	79.0	152.2	5.3	1/300	1	9999	0			
58	BF橋	不明	356.5	39	10.1	11.7	1663.5	351.4	3.3	1/806.1	2	9999	0			
59	BG橋	不明	25.4	2	24.8	不明	15.5	24.5	不明	1/88	1	9999	0			
60	BH橋	不明	3.5	1	不明	-	1.7	2.2	-	1/14	M	65	75			
61	BI橋	不明	不明	1	不明	-	1.1	3.3	-	1/15	M	40	100			
62	BJ橋	不明	4.7	1	不明	-	0.6	3.1	-	1/16	M	9999	0			
63	BK橋	1955	147.3	19	10.4	12.5	772.6	145.9	8.6	1/375	1	330	145			
64	BL橋	不明	10.2	1	不明	-	5.0	9.1	-	1/50	M	9999	0			
65	BM橋	1953	55.0	2	27.4	2.0※	38.3	53.0	3.8	1/980	2	9999	0			
66	BN橋	不明	19.0	3	6.3	1.2	8.4	16.1	7.5	1/435	2	9999	0			
67	BO橋	1960	4.1	1	3.7	-	0.8	3.0	-	1/100	1	110	130			
68	BP橋	1963	58.8	9	6.6	4.0	131.9	57.1	7.0	1/190.1	1	190	115			
69	BQ橋	1972	13.5	1	13.0	-	2.6	11.3	-	1/42.8	M	9999	0			
70	BR橋	1972	48.7	2	23.6	1.2※	229.0	46.8	2.6	1/117	1	200	75			
71	BS橋	不明	7.5	1	不明	-	6.7	7.0	-	1/152	1	75	85			
72	BT橋	不明	7.9	1	不明	-	2.9	7.0	-	1/43.3	M	9999	0			
73	BU橋	1961	36.1	6	6.2	4.0	63.5	35.5	11.3	1/100.9	1	9999	0			
74	BV橋	不明	不明	3	不明	不明	124.3	44.2	不明	1/235	1	9999	0			
75	BW橋	不明	10.2	1	不明	-	3.7	7.4	-	1/18.5	M	9999	0			
76	BX橋	不明	10.1	1	不明	-	4.4	7.0	-	1/94.8	1	60	70			
77	BY橋	1974	18.0	1	17.4	-	14.6	16.5	-	1/82.4	1	9999	0			
78	BZ橋	不明	不明	6	不明	不明	124.3	不明	不明	1/210	1	9999	0			
79	CA橋	不明	273.0	5	54.6	10.0	1071.2	271.0	3.7	1/160.1	1	9999	0			
80	CB橋	1956	12.7	1	12.0	-	8.3	11.2	-	1/48	M	9999	0			
81	CC橋	2000	21.1	1	20.2	-	22.4	19.2	-	1/151	1	9999	0			
82	CD橋	1951	4.3	1	4.0	-	5.8	3.7	-	1/83.8	1	9999	0			
83	CE橋	1968	4.8	1	4.4	-	13.9	3.9	-	1/115.1	1	40	90			
84	CF橋	1944	18.3	1	17.6	-	11.8	13.6	-	1/85.9	1	9999	0			
85	CG橋	1975	23.9	1	不明	-	20.7	21.7	-	1/43.5	M	9999	0			
86	CH橋	1972	201.1	24	13.0	8.3	1249.1	201.1	4.1	1/346	1	9999	0			
87	CI橋	不明	11.6	1	11.1	-	25.0	9.7	-	1/172.7	1	100	80			
88	CJ橋	1956	6.0	1	6.0	-	17.4	4.3	-	1/113.1	1	9999	0			
89	CK橋	不明	3.6	1	3.0	-	14.4	3.3	-	1/105	1	9999	0			
90	CL橋	1958	8.0	1	8.0	-	6.0	7.4	-	1/170	1	120	100			
91	CM橋	1969	45.9	9	5.0	2.4	166.8	44.5	5.4	1/238.9	1	9999	0			
92	CN橋	不明	199.5	19	16.0	7.1	1258.4	199.5	3.6	1/338.6	1	9999	0			
93	CO橋	1934	59.9	7	8.55	3.0	152.6	58.9	5.1	1/344.5	1	9999	0			
94	CP橋	1965	8.8	2	4.0	0.2※	5.5	7.7	2.6	1/52.7	M	40	80			
95	CQ橋	不明	156.0	14	12.7	5.3	171.5	151.9	3.5	1/244.2	1	9999	0			
96	CR橋	1968	9.4	1	8.7	-	7.1	8.2	-	1/65	1	45	55			
97	CS橋	1981	13.9	1	不明	-	36.9	12.4	-	1/60	M	9999	0			
98	CT橋	1981	13.9	1	不明	-	37.8	12.6	-	1/60	M	9999	0			
99	CU橋	2005	26.7	1	25.5	-	8.2	23.3	-	1/35	M	9999	0			
100	CV橋	1963	59.9	2	不明	不明	1896.6	不明	不明	1/1138.8	2	210	125			
101	CW橋	1993	13.7	1	13.2	-	18.1	12.1	-	1/60	M	40	105			
102	CX橋	1967	15.5	1	15.5	-	22.3	13.9	-	1/103.1	1	90	95			
103	CY橋	1971	45.7	4	14.7	4.0	320.2	44.4	9.0	1/110.1	1	130	125			
104	CZ橋	1973	20.0	1	不明	-	53.1	18.5	-	1/103	1	40	115			
105	DA橋	1973	124.5	4	30.4	6.0	122.0	118.8	5.1	1/68.3	1	85	105			
106	DB橋	不明	27.7	1	不明	-	35.6	25.9	-	1/187.5	1	100	115			
107	DC橋	不明	16.6	2	不明	不明	7.5	11.0	不明	1/58.4	M	40	110			
108	DD橋	1978	13.5	1	不明	-	9.4	12.3	-	1/614	2	65	90			

表 巻末-3 被災あり橋梁データベース(3)

管理番号	橋梁名	構造諸元										河川特性					
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (Σ 植or1基あたり※)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R(m)	湾曲角度 θ(°)				
109	DE 橋	1979	28.3	4	不明	1.8	222.1	25.2	7.1	1/145.8	1	75	130				
110	DF 橋	1995	62.5	2	不明	2.2※	52.4	61.4	3.6	1/30.3	M	115	85				
111	DG 橋	1982	58.7	2	28.5	2.0※	77.6	57.1	3.5	1/50	M	9999	0				
112	DH 橋	1972	48.7	2	23.6	1.2※	229.0	47.1	2.5	1/117	1	225	105				
113	DI 橋	不明	58.5	2	32.0	1.4※	71.5	56.8	2.5	1/76.9	1	90	90				
114	DJ 橋	1984	130.5	4	32.5	3.6	334.5	128.6	2.8	1/227	1	190	90				
115	DK 橋	不明	50.0	3	20.0	3.2	302.8	32.8	9.8	1/125	1	9999	0				
116	DL 橋	1972	5.3	1	5.3	-	3.3	5.0	-	1/26.3	M	9999	0				
117	DM 橋	1970	6.4	1	6.4	-	5.4	5.0	-	1/25.9	M	9999	0				
118	DN 橋	1962	5.5	1	5.16	-	11.9	5.3	-	1/22	M	9999	0				
119	DO 橋	1976	7.9	1	7.9	-	10.5	不明	-	1/16.6	M	9999	0				
120	DP 橋	1973	9.4	1	9.4	-	7.6	9.0	-	1/23.3	M	9999	0				
121	DQ 橋	不明	198.0	4	57.0	7.0	332.9	194.0	3.6	1/139.5	1	9999	0				
122	DR 橋	1994	46.4	1	不明	-	93.1	39.2	-	1/57.4	M	100	70				
123	DS 橋	1991	31.6	1	不明	-	8.5	不明	-	1/62.5	1	9999	0				
124	DT 橋	1979	29.6	1	不明	-	20.1	25.0	-	1/30.4	M	9999	0				
125	DU 橋	2004	不明	1	不明	-	41.2	不明	-	1/41.1	M	45	110				
126	DV 橋	1985	11.0	1	不明	-	17.9	9.3	-	1/31.7	M	9999	0				
127	DW 橋	1991	70.0	2	不明	1.5※	147.3	66.0	2.3	1/110.2	1	9999	0				
128	DX 橋	1984	198.4	5	39.6	4.2	439.6	192.5	2.2	1/121.3	1	9999	0				
129	DY 橋	1992	23.7	1	23.0	-	34.2	21.1	-	1/48.1	M	75	100				
130	DZ 橋	1972	41.0	2	20.5	1.6※	31.4	39.5	4.1	1/25.9	M	9999	0				
131	EA 橋	1974	48.0	2	23.1	1.7※	40.4	41.1	4.1	1/39.8	M	9999	0				
132	EB 橋	1967	70.7	3	24.3	1.3	46.7	69.1	1.9	1/63.5	1	9999	0				
133	EC 橋	1970	70.5	3	23.4	3.0	67.6	68.4	4.4	1/97.3	1	9999	0				
134	ED 橋	1975	98.0	4	23.7	3.6	130.7	95.8	3.8	1/156.9	1	500	70				
135	EE 橋	1972	40.0	1	39.2	-	114.2	38.5	-	1/44.4	M	9999	0				
136	EF 橋	1979	30.24	4	不明	3.0	339.0	28.5	10.5	1/106.7	1	70	95				
137	EG 橋	1960	83.8	3	27.0	4.8	267.1	78.0	6.2	1/56.6	M	9999	0				
138	EH 橋	1979	59.55	2	30	1.6※	158.2	57.1	2.8	1/49.5	M	9999	0				
139	EI 橋	不明	61.6	2	30.1	1.6※	136.3	60.2	2.7	1/46.1	M	75	85				
140	EJ 橋	1992	145.0	4	40.0	5.4	623.0	143.1	3.8	1/204.1	1	290	90				
141	EK 橋	1933	17.5	1	17.0	-	59.9	16.1	-	1/100	1	9999	0				
142	EL 橋	不明	30.0	5	不明	0.5※	49.9	28.3	7.1	1/101.5	1	9999	0				
143	EM 橋	1964	7.4	1	7.0	-	12.6	6.2	-	1/4.7	M	30	85				
144	EN 橋	1977	17.9	3	6.0	1.8	10.6	16.0	11.3	1/108.7	1	125	105				
145	EO 橋	1960	不明	1	不明	-	9.1	不明	-	1/38.8	M	9999	0				
146	EP 橋	不明	13.1	1	不明	-	13.3	12.0	-	1/120.7	1	9999	0				
147	EQ 橋	1974	6.5	1	4.0	-	2.3	5.5	-	1/40.5	M	40	85				
148	ER 橋	1952	38.4	7	6.0	1.2	46.1	37.6	3.2	1/196.6	1	9999	0				
149	ES 橋	1969	11.9	2	5.9	0.9※	8.0	10.6	8.5	1/20	M	85	55				
150	ET 橋	不明	5.6	1	5.6	-	17.4	5.4	-	1/125	1	9999	0				
151	EU 橋	1965	19.3	3	6.37	1.0	12.9	18.5	5.4	1/111.8	1	9999	0				
152	EV 橋	1961	24.0	3	12.1	1.6	6.4	23.2	6.9	1/65.5	1	160	85				
153	EW 橋	1967	15.0	2	7.485	1.6※	10.7	13.8	11.6	1/90.2	1	45	80				
154	EX 橋	1978	46.2	6	10.48	3.0	97.9	44.6	6.7	1/535	2	9999	0				
155	EY 橋	1971	36.1	3	12.05	2.0	57.8	33.3	6.0	1/110.8	1	9999	0				
156	EZ 橋	1971	24.0	4	6.0	0.9	26.8	20.1	4.5	1/184.3	1	9999	0				
157	FA 橋	不明	34.0	2	13.4	2.0※	9.5	32.3	6.2	1/19.1	M	9999	0				
158	FB 橋	1992	15.5	3	5.3	不明	21.8	不明	不明	1/94.5	1	9999	0				
159	FC 橋	1845	8.8	1	8.8	-	10.2	不明	-	1/133.8	1	9999	0				
160	FD 橋	1892	9.5	1	9.5	-	6.5	不明	-	1/45	M	90	50				
161	FE 橋	1993	18.3	3	6.1	不明	20.7	不明	不明	1/115	1	75	75				
162	FF 橋	1965	14.2	2	7.1	不明	5.8	不明	不明	1/33.9	M	9999	0				

表 巻末-4 被災あり橋梁データベース(4)

管理番号	橋梁名	構造諸元										河川特性				
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (Σ 植or1基あたり※)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R(m)	湾曲角度 θ(°)			
163	FG 橋	1992	10.0	2	5.1	不明	6.1	不明	不明	1/42.7	M	9999	0			
164	FH 橋	1935	14.6	3	5	不明	6.3	不明	不明	1/45.7	M	9999	0			
165	FI 橋	不明	13.1	不明	3.9	不明	5.4	不明	不明	1/69	1	9999	0			
166	FJ 橋	1928	27.6	4	6.9	不明	129.8	不明	不明	1/772	2	9999	0			
167	FK 橋	1992	28.9	4	7.5	不明	59.1	不明	不明	1/113.8	1	9999	0			
168	FL 橋	1991	4.9	1	4.9	-	1.6	不明	-	1/25.3	M	9999	0			
169	FM 橋	1992	35.3	3	12	不明	126.9	不明	不明	1/702.4	2	110	70			
170	FN 橋	1992	38.5	3	不明	不明	107.0	不明	不明	1/354.2	1	9999	0			
171	FO 橋	1992	44.2	4	12.2	不明	161.6	不明	不明	1/844.8	2	9999	0			
172	FP 橋	1992	13.8	2	6.9	不明	11.2	不明	不明	1/96.1	1	9999	0			
173	FQ 橋	1970	71.5	2	29.9	不明	770.6	不明	不明	1/36	M	9999	0			
174	FR 橋	1931	127.5	9	14.5	不明	984.8	不明	不明	1/262.5	1	170	75			
175	FS 橋	1918	29.0	1	29	-	328.8	不明	-	1/61.3	1	9999	0			
176	FT 橋	1921	41.3	不明	21.4	不明	100.2	不明	不明	1/147.7	1	220	80			
177	FU 橋	不明	36.5	5	12	不明	97.9	不明	不明	1/135	1	80	85			
178	FV 橋	不明	24.3	2	12.15	不明	89.7	不明	不明	1/124	1	170	85			
179	FW 橋	不明	18.6	2	9.3	不明	89.3	不明	不明	1/113.6	1	180	70			
180	FX 橋	1964	23.5	2	11.75	不明	88.8	不明	不明	1/85.2	1	9999	0			
181	FY 橋	1964	18.0	2	9	不明	65.3	不明	不明	1/85.2	1	120	90			
182	FZ 橋	1954	9.0	2	4.5	不明	12.4	不明	不明	1/44.9	M	80	65			
183	GA 橋	不明	12.7	1	12.7	-	13.0	不明	-	1/55.6	M	30	95			
184	GB 橋	不明	23.4	2	11.7	不明	125.1	不明	不明	1/141.7	1	9999	0			
185	GC 橋	1957	12.1	1	12.1	-	44.9	不明	-	1/47.6	M	80	60			
186	GD 橋	1957	14.1	3	8.7	不明	45.7	不明	不明	1/83.6	1	60	100			
187	GE 橋	1930	17.8	3	10.7	不明	5.7	不明	不明	1/79.2	1	9999	0			
188	GF 橋	1929	23.2	3	7.8	不明	17.7	不明	不明	1/135	1	95	75			
189	GG 橋	1959	84.0	4	不明	不明	76.3	不明	不明	1/139.7	1	110	115			
190	GH 橋	1980	123.0	6	不明	不明	171.0	不明	不明	1/251.3	1	9999	0			
191	GI 橋	不明	9.15	不明	不明	不明	10.9	不明	不明	1/84.1	1	9999	0			
192	GJ 橋	不明	不明	不明	不明	不明	12.0	不明	不明	1/82.9	1	9999	0			
193	GK 橋	1979	不明	不明	不明	不明	15.3	不明	不明	1/97.6	1	35	105			
194	GL 橋	不明	不明	不明	不明	不明	23.9	不明	不明	1/125.5	1	9999	0			
195	GM 橋	不明	41.7	不明	不明	不明	74.1	不明	不明	1/254	1	280	95			
196	GN 橋	1994	不明	不明	不明	不明	76.7	不明	不明	1/188.6	1	9999	0			
197	GO 橋	不明	不明	不明	不明	不明	31.4	不明	不明	1/74.6	1	70	85			
198	GP 橋	不明	不明	不明	不明	不明	44.4	不明	不明	1/86.6	1	190	65			
199	GQ 橋	不明	19.9	不明	不明	不明	158.2	不明	不明	1/176.5	1	9999	0			
200	GR 橋	不明	不明	不明	不明	不明	86.9	不明	不明	1/152.7	1	160	95			
201	GS 橋	1959	24.1	不明	不明	不明	95.6	不明	不明	1/121.2	1	9999	0			
202	GT 橋	2000	不明	不明	不明	不明	43.4	不明	不明	1/59	M	170	65			
203	GU 橋	不明	不明	不明	不明	不明	86.0	不明	不明	1/70.5	1	9999	0			
204	GV 橋	不明	不明	不明	不明	不明	86.4	不明	不明	1/89.9	1	9999	0			
205	GW 橋	1958	47.0	不明	不明	不明	114.9	不明	不明	1/115.7	1	9999	0			
206	GX 橋	不明	40.0	不明	不明	不明	119.8	不明	不明	1/128.7	1	220	50			
207	GY 橋	1927	37.4	不明	不明	不明	309.8	不明	不明	1/96.9	1	9999	0			
208	GZ 橋	1975	不明	不明	不明	不明	605.2	不明	不明	1/226	1	9999	0			
209	HA 橋	1980	336.6	10	不明	不明	949.4	不明	不明	1/156.3	1	9999	0			
210	HB 橋	1978	307.0	7	不明	不明	805.9	不明	不明	1/226.3	1	140	70			
211	HC 橋	1954	142.0	不明	不明	不明	764.1	不明	不明	1/550	2	200	70			
212	HD 橋	1966	63.43	4	19.55	4.4※	120.7	不明	不明	1/371.7	2	9999	0			
213	HE 橋	1959	64.72	8	8.03	7.0※	57.1	不明	不明	1/47	M	9999	0			
214	HF 橋	1959	101.7	不明	49.8	4.4※	1307.9	不明	不明	1/166.7	1	106	90			



表 巻末-5 被災なし橋梁データベース(1)

管理番号	橋梁名	構造諸元						河川特性					
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅 (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 $\theta$ (°)
1	HG橋	1964	25.0	1	24.4	-	不明	23.0	-	1/7.5	M	9999	0
2	HH橋	1970	29.8	1	29.0	-	不明	28.6	-	1/11.4	M	9999	0
3	HI橋	1967	99.3	4	24.2	6.0	141.0	99.4	6.0	1/133.3	1	9999	0
4	HJ橋	1979	71.2	2	34.8	2.0	349.2	68.9	2.9	1/222.2	1	100	74
5	HK橋	1991	400.8	8	61.4	34.5	1327.5	383.7	9.0	1/573.2	2	9999	0
6	HL橋	1954	400.6	14	60.0	34.5	1327.5	383.7	9.0	1/573.2	2	9999	0
7	HM橋	2004	70.0	2	35.0	2.0	41.5	68.6	2.9	1/245.9	1	9999	0
8	HN橋	2009	411.5	5	122.0	18.0	1314.1	362.6	5.0	1/561.1	2	9999	0
9	HO橋	1973	118.6	4	39.2	6.0	515.1	114.1	5.3	1/111.5	1	9999	0
10	HP橋	1970	137.0	3	72.8	4.2	524.4	131.9	3.2	1/119.3	1	154	63
11	HQ橋	1972	170.4	3	61.6	5.0	562.3	147.0	3.4	1/98.7	1	9999	0
12	HR橋	1962	7.3	1	6.6	-	不明	不明	-	1/11.4	M	9999	0
13	HS橋	1962	8.4	1	7.6	-	不明	8.4	-	1/12.8	M	9999	0
14	HT橋	1990	155.3	4	43.1	4.5	712.0	149.0	3.0	1/200	1	9999	0
15	HU橋	1962	180.0	6	29.4	8.3	717.2	165.6	5.0	1/205.3	1	9999	0
16	HV橋	1993	331.0	8	41.1	22.5	784.7	328.0	6.9	1/266.7	1	9999	0
17	HW橋	2000	375.0	5	110.0	13.3	1258.0	370.0	3.6	1/411.3	2	9999	0
18	HX橋	1960	83.8	3	27.0	4.7	266.9	82.6	5.7	1/56.6	M	9999	0
19	HY橋	1974	59.6	2	30.0	1.0	156.8	58.6	1.7	1/48.4	M	59.3	103
20	HZ橋	1973	25.0	1	24.1	-	17.6	22.0	-	1/20.9	M	37.7	88
21	IA橋	1979	64.0	2	31.6	1.6	131.6	58.5	2.7	1/44.4	M	9999	0
22	IB橋	1999	57.0	2	28.2	1.4	129.8	48.5	2.9	1/41.8	M	9999	0
23	IC橋	2001	51.0	2	25.5	1.1	129.7	47.5	2.3	1/41.5	M	9999	0
24	ID橋	2003	51.8	1	50.0	-	52.4	46.7	-	1/38	M	111	57
25	IE橋	1983	138.0	3	53.0	4.7	0.2	130.9	3.6	1/3.4	M	9999	0
26	IF橋	1999	310.0	9	36.0	19.0	671.1	290.0	6.6	1/1785.7	2	9999	0
27	IG橋	1999	310.0	9	36.0	19.0	671.1	290.0	6.6	1/1785.7	2	9999	0
28	IH橋	1984	95.6	3	31.6	3.0	391.0	93.5	3.2	1/126.1	1	132.1	69
29	II橋	1963	40.1	2	19.4	1.8	291.7	38.4	4.7	1/92.6	1	185.2	86
30	IJ橋	1958	28.7	1	28.0	-	200.5	27.0	-	1/67.1	1	55.6	103
31	IK橋	1965	35.0	1	34.2	-	162.8	23.4	-	1/14.7	M	61.1	70
32	IL橋	1991	59.1	2	29.1	1.3	47.9	52.1	2.5	1/105.4	1	9999	0
33	IM橋	2007	294.6	8	78.3	13.3	702.8	288.2	4.6	1/141.8	1	9999	0
34	IN橋	1993	294.6	8	79.4	13.3	702.8	288.2	4.6	1/141.8	1	9999	0
35	IO橋	1991	111.0	4	27.5	7.5	0.6	105.0	7.1	1/4	M	9999	0
36	IP橋	1970	49.4	3	16.0	1.6	35.1	47.4	3.4	1/40.7	M	9999	0
37	IQ橋	1997	174.8	6	29.5	9.2	259.1	168.4	5.5	1/105.4	1	9999	0
38	IR橋	2010	308.0	7	52.0	12.0	629.3	304.0	3.9	1/141.8	1	9999	0
39	IS橋	1991	10.4	1	10.0	-	不明	8.2	-	1/3.7	M	9999	0
40	IT橋	1973	46.0	1	45.1	-	33.8	42.6	-	1/16.2	M	9999	0
41	IU橋	1974	18.8	1	18.2	-	31.2	17.1	-	1/14.6	M	9999	0
42	IV橋	1977	50.0	1	48.8	-	28.9	47.0	-	1/12.8	M	9999	0
43	IW橋	1979	52.8	2	26.0	1.4	1.0	44.1	3.2	1/4.7	M	9999	0
44	IX橋	1982	185.0	5	42.3	11.8	16.2	179.0	6.6	1/10.2	M	9999	0
45	IY橋	1988	142.0	2	70.5	2.2	2.6	125.0	1.8	1/14.1	M	9999	0
46	IZ橋	1963	150.0	5	29.2	5.1	163.5	137.5	3.7	1/130.4	1	9999	0
47	JA橋	1959	40.7	3	13.0	2.0	62.4	38.6	5.2	1/113.7	1	9999	0
48	JB橋	1976	130.0	3	95.0	2.0	398.2	127.0	1.6	1/85.8	1	9999	0
49	JC橋	1982	73.0	2	36.0	2.4	394.0	70.5	3.4	1/58.8	M	169.8	78
50	JD橋	1982	417.0	6	202.0	12.6	387.9	388.0	3.2	1/58.8	M	9999	0
51	JE橋	1970	77.2	3	30.5	2.0	0.3	75.3	2.7	1/12.4	M	9999	0
52	JF橋	1971	162.7	3	66.5	4.0	280.1	152.3	2.6	1/94.8	1	132.1	108
53	JG橋	1972	139.3	4	34.0	7.9	200.0	127.0	6.2	1/94.7	1	75.5	102
54	JH橋	1974	100.0	3	32.5	2.7	162.4	97.0	2.8	1/59.4	M	141.5	114
55	JI橋	1990	40.7	2	20.0	1.2	39.4	36.0	3.3	1/63.4	1	179.2	78
56	JJ橋	1958	34.9	3	11.0	2.8	24.3	34.0	8.2	1/47.4	M	103.8	78

表 巻末-6 被災なし橋梁データベース(2)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性					
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工価)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 θ(°)	
57	JK橋	1986	452.7	12	37.6	15.2	1500.6	429.0	3.5	1/340.4	1	9999	0	
58	JL橋	1966	452.5	12	37.6	15.2	1500.6	429.0	3.5	1/340.4	1	9999	0	
59	JM橋	2007	212.0	4	75.3	7.8	706.4	205.0	3.8	1/190.3	1	9999	0	
60	JN橋	1974	89.9	2	44.5	88.0	379.1	不明	不明	1/101.6	1	9999	0	
61	JO橋	1979	393.0	9	43.4	6.5	1924.9	380.0	1.7	1/3027.8	2	132.1	65	
62	JP橋	1970	30.4	1	30.0	-	不明	29.0	-	1/7.5	M	9999	0	
63	JQ橋	1982	99.3	4	24.2	4.2	141.0	94.0	4.5	1/133.3	1	9999	0	
64	JR橋	1967	400.5	9	60.0	14.2	1327.5	378.0	3.8	1/671.6	2	9999	0	
65	JS橋	1981	7.0	1	6.5	-	不明	4.2	-	不明	不明	9999	0	
66	JT橋	1989	287.0	11	34.5	11.7	622.3	285.0	4.1	1/152.4	1	9999	0	
67	JU橋	1982	452.5	12	37.4	18.3	1500.6	448.0	4.1	1/340.4	1	9999	0	
68	JV橋	1972	51.3	2	27.8	2.0	25.3	39.4	5.1	1/24.3	M	80	79	
69	JW橋	1971	30.2	1	30.0	-	10.0	29.2	-	1/7.6	M	9999	0	
70	JX橋	1972	101.0	3	37.0	4.5	13.5	98.9	4.6	1/17	M	50	100	
71	JY橋	1972	70.0	3	29.9	4.4	13.3	66.5	6.6	1/17	M	50	74	
72	JZ橋	1972	73.0	2	35.8	2.6	5.1	66.8	3.9	1/7.9	M	9999	0	
73	KA橋	1973	34.5	1	34.3	-	不明	31.7	-	1/21.6	M	40	80	
74	KB橋	1973	20.0	1	19.4	-	不明	17.8	-	1/16	M	9999	0	
75	KC橋	2000	28.9	1	27.8	-	54.5	26.6	-	1/106.8	1	9999	0	
76	KD橋	1977	28.9	1	28.0	-	54.5	26.6	-	1/106.8	1	9999	0	
77	KE橋	1978	43.2	1	44.6	-	74.3	41.0	-	1/155.3	1	220	80	
78	KF橋	1959	43.0	3	12.8	2.0	74.3	41.1	4.9	1/155.3	1	220	80	
79	KG橋	2007	36.9	1	36.2	-	38.0	34.7	-	1/50	M	9999	0	
80	KH橋	1972	460.9	7	84.3	15.0	1228.4	440.0	3.4	1/212	1	9999	0	
81	KI橋	1988	467.7	13	93.9	12.6	1228.2	455.0	2.8	1/231.1	1	9999	0	
82	KJ橋	1967	74.5	3	27.6	3.0	98.4	72.2	4.2	1/78.9	1	153.1	75	
83	KK橋	1984	189.9	9	29.2	15.8	1371.5	208.8	7.6	1/535.1	2	240	76	
84	KL橋	1984	125.0	6	29.2	6.6	1371.5	122.8	5.4	1/535.1	2	280	65	
85	KM橋	1982	76.6	2	37.9	2.7	153.1	75.5	3.6	1/347.9	1	9999	0	
86	KN橋	2001	76.6	2	37.9	2.7	153.1	75.5	3.6	1/347.9	1	9999	0	
87	KO橋	1967	15.6	1	15.0	-	3.6	13.6	-	1/51	M	9999	0	
88	KP橋	2012	96.5	2	57.6	3.0	148.4	93.5	3.2	1/119.3	1	9999	0	
89	KQ橋	2003	221.8	7	54.7	12.0	148.4	217.0	5.5	1/119.3	1	9999	0	
90	KR橋	1965	398.4	9	44.0	14.5	1665.6	380.0	3.8	1/932	2	9999	0	
91	KS橋	1967	420.3	9	46.4	7.0	1735.1	409.0	1.7	1/917.6	2	9999	0	
92	KT橋	1972	420.3	9	46.4	7.0	1735.1	409.0	1.7	1/917.6	2	9999	0	
93	KU橋	1985	321.0	7	64.0	16.2	665.7	187.0	8.7	1/560.5	2	230	74	
94	KV橋	1974	383.6	9	44.5	21.0	1507.7	374.8	5.6	1/1083.3	2	9999	0	
95	KW橋	2006	449.5	14	43.9	32.0	129.3	436.2	7.3	1/249.4	1	400	42	
96	KX橋	2011	300.5	7	64.5	12.5	665.7	273.0	4.6	1/560.5	2	218	83	
97	KY橋	1980	216.9	5	70.4	5.6	12.0	169.0	3.3	1/42	M	9999	0	
98	KZ橋	1991	214.0	5	58.0	10.9	471.3	208.8	5.2	1/364.7	1	9999	0	
99	LA橋	1987	420.0	14	40.0	6.0	463.5	65.0	9.2	1/218	1	280	67	
100	LB橋	1987	420.0	14	40.0	6.0	463.5	65.0	9.2	1/218	1	280	67	
101	LC橋	1986	543.2	13	65.0	42.0	27.8	36.8	114.1	1/173.8	1	53.3	95	
102	LD橋	2009	535.0	14	65.0	45.5	27.8	36.8	123.6	1/173.8	1	53.3	95	
103	LE橋	1973	99.1	3	32.9	4.9	200.2	95.9	5.1	1/158.4	1	100	60	
104	LF橋	1965	205.9	6	33.4	9.0	731.9	204.0	4.4	1/311.3	1	9999	0	
105	LG橋	1993	509.0	9	90.0	16.0	2872.2	500.0	3.2	1/1039	2	9999	0	
106	LH橋	1964	344.6	10	33.6	21.0	3043.9	339.0	6.2	1/797.3	2	9999	0	
107	LI橋	1997	420.0	5	142.0	10.3	1722.8	380.0	2.7	1/522.9	2	666.7	75	
108	LJ橋	2009	468.0	8	76.0	21.0	2630.7	457.0	4.6	1/1074.6	2	9999	0	
109	LK橋	1964	338.2	10	41.5	13.0	2905.1	329.0	4.0	1/746.3	2	9999	0	
110	LL橋	2003	339.3	10	41.5	13.0	2905.1	329.0	4.0	1/746.3	2	9999	0	
111	LM橋	1955	42.4	3	14.1	2.9	260.1	64.0	4.5	1/1181.1	2	9999	0	
112	LN橋	1976	47.4	2	26.8	1.7	201.5	53.1	3.2	1/415.5	2	276	84	

表 巻末-7 被災なし橋梁データベース(3)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性						
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工価)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 $\theta$ (°)		
113	LO橋	1979	43.1	3	14.0	2.0	260.1	41.6	4.8	1/1181.1	2	9999	0		
114	LP橋	1996	47.4	2	23.3	1.5	258.1	45.6	3.3	1/1181.1	2	9999	0		
115	LQ橋	1961	42.0	2	20.5	1.1	41.5	40.0	2.8	1/167.4	1	53.8	84		
116	LR橋	1958	32.4	2	16.1	0.7	34.2	31.0	2.3	1/127.8	1	9999	0		
117	LS橋	1959	32.3	2	16.4	0.7	25.7	31.0	2.3	1/118.6	1	9999	0		
118	LT橋	1960	37.6	2	14.9	0.6	25.2	36.0	1.7	1/203.3	1	50	110		
119	LU橋	1961	37.0	2	18.0	1.0	20.6	36.0	2.8	1/121.5	1	38.5	75		
120	LV橋	1961	16.0	1	15.5	-	8.2	15.0	-	1/91.7	1	9999	0		
121	LW橋	1985	42.1	2	20.4	0.5	41.5	40.6	1.2	1/167.4	1	94.5	81		
122	LX橋	1979	42.1	2	20.4	0.5	41.5	40.6	1.2	1/167.4	1	94.5	81		
123	LY橋	1982	33.8	2	16.8	0.4	25.7	32.7	1.2	1/118.6	1	9999	0		
124	LZ橋	1988	562.9	11	67.9	29.0	563.9	550.8	5.3	1/1915.8	2	9999	0		
125	MA橋	1961	14.3	1	12.6	-	7.8	13.0	-	1/78	1	68.8	90		
126	MB橋	1995	24.5	1	24.5	-	23.8	22.5	-	1/133	1	131.6	70		
127	MC橋	2011	254.0	8	34.8	14.0	10.2	251.0	5.6	1/60.4	1	26.3	60		
128	MD橋	2007	359.0	10	40.4	24.0	19.1	336.0	7.1	1/69.5	1	9999	0		
129	ME橋	1955	11.6	1	11.0	-	3.4	10.9	-	1/550	M	9999	0		
130	MF橋	1958	14.0	1	13.6	-	4.9	12.7	-	1/25.1	M	9999	0		
131	MG橋	1985	16.5	1	15.9	-	4.9	15.2	-	1/25.1	M	9999	0		
132	MH橋	1980	374.6	5	90.3	16.0	1140.0	369.0	4.3	1/456.5	2	9999	0		
133	MI橋	1986	367.9	5	93.3	13.7	1595.1	359.0	3.8	1/934.8	2	9999	0		
134	MJ橋	1990	367.9	5	93.3	13.7	1595.1	359.0	3.8	1/934.8	2	9999	0		
135	MK橋	1954	6.0	1	6.0	-	2.4	3.3	-	1/34.3	M	9999	0		
136	ML橋	1971	17.0	1	17.0	-	10.4	15.0	-	1/58.8	M	42.9	85		
137	MM橋	1971	19.0	1	19.0	-	10.5	17.0	-	1/58.7	M	179.7	67		
138	MN橋	1954	15.1	1	14.2	-	10.5	13.4	-	1/58.8	M	179.7	67		
139	MO橋	1954	3.5	1	3.5	-	2.9	2.8	-	1/10.9	M	9999	0		
140	MP橋	1954	15.0	1	14.3	-	15.8	13.2	-	1/55.9	M	46.1	81		
141	MQ橋	1955	19.0	1	19.0	-	17.3	17.1	-	1/43.4	M	28.6	87		
142	MR橋	1967	76.6	3	24.9	3.0	123.7	74.8	4.0	1/1208.3	2	9999	0		
143	MS橋	1975	85.7	3	34.2	4.0	123.7	83.7	4.8	1/1208.3	2	9999	0		
144	MT橋	1982	20.7	1	20.0	-	20.3	17.7	-	1/42.2	M	9999	0		
145	MU橋	1986	64.3	3	24.7	1.6	84.3	59.6	2.7	1/135.3	1	118.4	90		
146	MV橋	1958	52.4	3	22.3	1.4	17.8	48.0	2.9	1/8.6	M	9999	0		
147	MW橋	1964	60.0	2	33.7	2.3	176.0	57.4	4.0	1/142.9	1	9999	0		
148	MX橋	1955	52.7	3	20.0	3.0	180.4	51.0	5.9	1/325	1	54.1	132		
149	MY橋	1987	68.5	3	33.5	1.4	176.0	60.0	2.3	1/142.9	1	9999	0		
150	MZ橋	1972	52.7	3	20.0	2.0	180.4	50.5	4.0	1/325	1	46.3	124		
151	NA橋	1973	310.0	6	58.0	10.8	794.0	300.0	3.6	1/4500	2	9999	0		
152	NB橋	1971	310.5	6	58.0	10.8	794.0	300.0	3.6	1/4500	2	9999	0		
153	NC橋	1975	220.2	8	36.0	14.0	139.3	212.0	6.6	1/266.7	1	9999	0		
154	ND橋	1973	35.8	1	35.0	-	38.6	33.8	-	1/177	1	106.3	70		
155	NE橋	1973	35.8	1	35.0	-	38.6	33.8	-	1/177	1	106.3	70		
156	NF橋	1954	8.6	1	8.1	-	9.2	7.4	-	1/46.2	M	57.1	70		
157	NG橋	1977	375.0	11	34.5	7.0	933.3	372.0	1.9	1/4166.7	2	9999	0		
158	NH橋	1965	370.0	12	32.8	14.0	710.5	360.0	3.9	1/3185.7	2	105.6	80		
159	NI橋	1964	43.9	3	14.1	2.8	33.8	41.8	6.7	1/137.3	1	355.3	60		
160	NJ橋	1990	47.8	1	47.1	-	33.8	45.2	-	1/137.3	1	312.8	62		
161	NK橋	1976	81.0	3	29.4	4.0	76.3	78.8	5.1	1/287.5	2	128.2	41		
162	NL橋	1965	30.8	1	30.0	-	57.1	29.7	-	1/85.7	1	47.6	72		
163	NM橋	1970	20.7	1	20.0	-	9.7	19.0	-	1/33.3	M	9999	0		
164	NN橋	1969	29.7	1	29.0	-	8.3	25.8	-	1/24.4	M	9999	0		
165	NO橋	1970	12.5	1	12.5	-	2.8	11.2	-	1/12.2	M	33.3	75		
166	NP橋	1970	6.3	1	6.3	-	2.1	5.2	-	1/10	M	9999	0		
167	NQ橋	1955	7.0	1	7.0	-	不明	不明	-	不明	不明	9999	0		
168	NR橋	1999	503.3	9	71.5	28.2	1436.4	498.0	5.7	1/5666.7	3	9999	0		



表 巻末-8 被災なし橋梁データベース(4)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性						
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 $\theta$ (°)		
169	NS橋	2007	510.8	9	71.1	28.2	1436.4	498.0	5.7	1/5666.7	3	9999	0		
170	NT橋	1988	106.5	3	51.0	2.9	147.3	104.7	2.8	1/197.8	1	9999	0		
171	NU橋	1972	218.4	9	32.2	12.5	152.2	210.5	5.9	1/500	2	9999	0		
172	NV橋	1981	337.0	7	180.0	15.0	171.8	147.0	10.2	1/1500	2	9999	0		
173	NW橋	1972	84.5	3	34.0	2.0	115.9	82.6	2.4	1/1100	2	329.7	60		
174	NX橋	1965	40.8	3	13.0	2.4	29.5	39.4	6.1	1/104	1	9999	0		
175	NY橋	1972	9.4	1	8.9	-	5.4	7.4	-	1/53	M	35.7	60		
176	NZ橋	1962	325.9	9	39.0	24.0	831.1	296.0	8.1	1/864.3	2	600	88		
177	OA橋	1972	325.9	9	39.0	24.0	831.1	296.0	8.1	1/864.3	2	600	88		
178	OB橋	1972	325.9	9	39.0	24.0	831.1	296.0	8.1	1/864.3	2	600	88		
179	OC橋	1993	240.0	4	66.6	9.0	1362.3	236.0	3.8	1/133.9	1	512.5	90		
180	OD橋	2007	240.0	4	68.9	9.0	1362.3	236.0	3.8	1/133.9	1	512.5	90		
181	OE橋	1976	22.4	1	23.6	-	17.0	不明	-	1/410	2	9999	0		
182	OF橋	1983	47.0	1	46.0	-	51.8	44.0	-	1/424.2	2	9999	0		
183	OG橋	2005	494.9	7	70.4	18.0	1815.2	475.0	3.8	1/3066.7	2	9999	0		
184	OH橋	2007	696.6	7	145.4	26.0	1815.8	684.0	3.8	1/3440	2	1457.1	75		
185	OI橋	2000	196.0	3	80.0	3.0	146.5	191.0	1.6	1/68.4	1	9999	0		
186	OJ橋	1985	94.0	2	46.3	2.6	146.9	87.0	3.0	1/77.5	1	9999	0		
187	OK橋	1971	111.8	5	32.5	5.8	183.7	108.0	5.4	1/6500	3	324	96		
188	OL橋	1957	108.6	5	23.5	5.8	183.7	108.0	5.4	1/6500	3	324	96		
189	OM橋	1976	169.6	5	33.9	8.0	92.4	164.0	4.9	1/226.4	1	320	46		
190	ON橋	1973	169.6	5	33.9	8.0	92.4	164.0	4.9	1/226.4	1	320	46		
191	OO橋	1969	169.6	5	33.2	7.2	92.4	163.0	4.4	1/226.4	1	260	55		
192	OP橋	1989	134.4	3	52.0	不明	741.5	不明	不明	1/6250	3	9999	0		
193	OQ橋	1972	156.2	4	41.5	不明	850.7	不明	不明	1/7500	3	9999	0		
194	OR橋	1969	156.2	4	41.5	不明	850.7	不明	不明	1/7500	3	9999	0		
195	OS橋	1979	40.0	2	19.5	不明	144.5	不明	不明	1/6250	3	9999	0		
196	OT橋	2003	109.8	2	63.9	不明	122.3	不明	不明	1/8000	3	9999	0		
197	OU橋	1973	29.8	2	14.4	不明	9.3	不明	不明	1/51.4	M	9999	0		
198	OV橋	1971	121.5	4	35.5	3.0	212.0	120.0	2.5	1/538.5	2	217.4	78		
199	OW橋	1955	304.2	7	51.1	不明	606.8	不明	不明	1/2500	2	9999	0		
200	OX橋	1933	82.6	5	18.3	6.0	188.2	80.0	7.5	1/541	2	133.3	102		
201	OY橋	1997	180.0	6	30.0	10.0	181.9	177.0	5.6	1/129.9	1	9999	0		
202	OZ橋	2001	180.0	6	30.0	10.0	181.9	177.0	5.6	1/129.9	1	9999	0		
203	PA橋	1976	28.1	1	27.3	-	22.1	26.0	-	1/3200	2	9999	0		
204	PB橋	1985	365.4	5	103.6	5.2	1221.6	361.0	1.4	1/1115.4	2	9999	0		
205	PC橋	1954	342.6	10	79.4	5.2	1221.6	361.0	1.4	1/1115.4	2	9999	0		
206	PD橋	2003	464.0	5	150.0	12.0	1218.7	398.0	3.0	1/1428.6	2	9999	0		
207	PE橋	1968	160.0	5	31.2	6.7	607.0	154.0	4.4	1/294.1	1	116.7	63		
208	PF橋	1992	11.4	1	不明	-	6.5	9.3	-	1/107.9	1	9999	0		
209	PG橋	2003	17.5	1	不明	-	9.1	15.6	-	1/79.2	1	9999	0		
210	PH橋	1966	40.8	2	不明	1.4	271.1	40.0	3.5	1/140	1	100	83		
211	PI橋	1994	125.2	3	不明	1.4	670.3	125.2	1.1	1/3535.7	2	170	120		
212	PJ橋	1991	138.3	4	不明	3.8	666.3	136.3	2.8	1/3535.7	2	152	60		
213	PK橋	1983	82.2	3	不明	2.3	615.0	78.6	2.9	1/3000	2	9999	0		
214	PL橋	1987	30.2	4	不明	3.0	338.8	26.4	11.4	1/142.9	1	9999	0		
215	PM橋	1991	54.4	2	不明	1.5	334.7	51.8	2.9	1/86.2	1	80	84		
216	PN橋	1982	39.6	2	不明	1.3	329.1	38.7	3.4	1/142.9	1	90	52		
217	PO橋	1984	89.3	3	不明	2.4	591.7	87.1	2.8	1/565	2	9999	0		
218	PP橋	1974	68.0	1	不明	-	不明	48.0	-	1/2.7	M	9999	0		
219	PQ橋	1974	160.0	2	不明	3.3	391.5	95.0	3.5	1/2000	2	220	90		
220	PR橋	1974	248.0	12	不明	17.0	不明	24.5	69.4	不明	不明	9999	0		
221	PS橋	1974	114.0	3	不明	5.2	379.4	112.5	4.6	1/170	1	9999	0		
222	PT橋	1990	191.4	5	不明	9.0	1286.3	189.5	4.7	1/730.6	2	9999	0		
223	PU橋	1989	200.0	4	不明	5.5	1976.4	196.0	2.8	1/1457.1	2	245	50		
224	PV橋	1964	157.3	4	不明	5.6	1283.1	155.7	3.6	1/730.6	2	278	81		

表 巻末-9 被災なし橋梁データベース(5)

管理番号	橋梁名	構造諸元						河川特性					
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 $\theta$ (°)
225	PW橋	1997	188.3	4	不明	6.9	1779.8	185.0	3.7	1/476.9	2	345	65
226	PX橋	1987	191.1	4	不明	6.0	1390.0	183.9	3.3	1/1571.4	2	9999	0
227	PY橋	1992	123.7	2	不明	1.8	146.5	121.8	1.5	1/224.2	1	9999	0
228	PZ橋	2009	58.7	2	不明	1.5	135.9	56.0	2.7	1/201.5	1	312	75
229	QA橋	1995	113.0	2	不明	2.1	134.1	107.1	2.0	1/130	1	535	67
230	QB橋	2002	98.5	1	不明	-	135.1	91.7	-	1/155.7	1	9999	0
231	QC橋	1997	73.3	1	不明	-	137.6	71.0	-	1/232.8	1	9999	0
232	QD橋	1973	148.1	5	不明	4.8	158.6	147.7	3.2	1/909.1	2	9999	0
233	QE橋	1983	124.8	4	不明	4.2	154.9	122.0	3.4	1/782.4	2	9999	0
234	QF橋	1974	55.0	2	不明	1.0	136.9	52.9	1.9	1/220.8	1	9999	0
235	QG橋	2001	107.3	4	不明	7.1	3427.4	80.0	8.9	1/233.3	1	90	116
236	QH橋	1994	23.0	1	不明	-	5.0	20.2	-	1/62.9	1	45	106
237	QI橋	1997	15.7	1	不明	-	8.8	8.8	-	1/68.1	1	100	63
238	QJ橋	1998	12.5	1	不明	-	7.8	8.0	-	1/72.5	1	9999	0
239	QK橋	1992	16.6	1	不明	-	23.2	16.6	-	1/76.9	1	9999	0
240	QL橋	1990	17.9	1	不明	-	42.7	17.9	-	1/153.8	1	78	70
241	QM橋	1986	31.1	2	不明	不明	59.6	31.1	不明	1/131.6	1	205	62
242	QN橋	1984	31.1	2	不明	不明	59.3	31.1	不明	1/153.8	1	9999	0
243	QO橋	1985	31.0	2	不明	不明	61.0	31.0	不明	1/109.9	1	200	70
244	QP橋	1985	30.0	2	不明	不明	57.8	30.0	不明	1/343.3	1	100	63
245	QQ橋	1983	27.4	1	不明	-	57.5	27.4	-	1/246.3	1	9999	0
246	QR橋	1983	27.4	1	不明	-	56.2	27.4	-	1/123.5	1	9999	0
247	QS橋	1991	17.7	1	不明	-	25.5	17.7	-	1/90.9	1	56	33
248	QT橋	1993	16.5	1	不明	-	11.2	16.5	-	1/58.8	M	30	71
249	QU橋	2013	67.5	2	不明	2.0	154.5	58.5	3.4	1/88.1	1	9999	0
250	QV橋	2010	74.5	2	不明	2.3	155.2	54.9	4.2	1/82.4	1	9999	0
251	QW橋	2015	194.0	3	不明	6.0	270.0	82.4	7.3	1/347.5	1	9999	0
252	QX橋	2007	178.0	5	不明	7.2	99.7	85.0	8.5	1/71.4	1	9999	0
253	QY橋	2004	90.0	2	不明	3.5	81.1	80.0	4.4	1/55.6	M	111	53
254	QZ橋	1996	59.0	1	不明	-	58.0	48.2	-	1/97.8	1	133	82
255	RA橋	1996	59.5	1	不明	-	57.8	42.4	-	1/84.3	1	36	90
256	RB橋	1995	65.5	1	不明	-	57.1	57.2	-	1/122	1	50	102
257	RC橋	1996	45.5	1	不明	-	47.6	37.2	-	1/101.7	1	9999	0
258	RD橋	1982	39.0	2	不明	1.8	9.9	36.9	4.9	1/131.6	1	40	60
259	RE橋	1992	65.8	2	不明	1.2	115.4	63.7	1.9	1/350	1	192	64
260	RF橋	1999	33.8	1	不明	-	14.6	24.6	-	1/84	1	9999	0
261	RG橋	2009	29.4	1	不明	-	17.4	28.1	-	1/39.5	M	162	62
262	RH橋	1932	13.2	1	不明	-	14.8	11.9	-	1/116.3	1	9999	0
263	RI橋	1990	34.3	1	不明	-	134.0	27.0	-	1/87.1	1	9999	0
264	RJ橋	1984	24.1	1	不明	-	16.0	12.5	-	1/44.4	M	9999	0
265	RK橋	1976	12.0	1	不明	-	10.0	8.0	-	1/35.7	M	50	48
266	RL橋	1964	19.8	2	不明	1.2	52.8	18.0	6.7	1/47.4	M	9999	0
267	RM橋	1997	61.5	2	不明	1.8	82.8	59.9	3.0	1/332.4	1	9999	0
268	RN橋	1993	19.8	1	不明	-	5.8	17.5	-	1/15.5	M	42	64
269	RO橋	2000	2.5	1	不明	-	5.5	32.4	-	1/15.5	M	42	64
270	RP橋	2002	27.0	1	不明	-	3.6	20.6	-	1/16.6	M	56	53
271	RQ橋	1991	19.7	1	不明	-	8.9	17.6	-	1/16.6	M	86	65
272	RR橋	2005	80.3	3	不明	3.7	41.4	78.3	4.7	1/185.2	1	240	63
273	RS橋	2003	65.1	2	不明	1.7	87.5	61.5	2.7	1/332.4	1	9999	0
274	RT橋	1988	373.0	5	不明	10.0	924.8	370.9	2.7	1/374.0	2	9999	0
275	RU橋	1997	40.6	2	不明	1.8	25.6	39.1	4.6	1/108.3	1	216	125
276	RV橋	2008	217.5	6	不明	10.5	269.2	204.7	5.1	1/500	2	9999	0
277	RW橋	1995	121.6	3	不明	4.6	273.9	121.6	3.8	1/452.2	2	9999	0
278	RX橋	2000	130.0	4	不明	5.3	219.4	130.0	4.1	1/564.5	2	153	60
279	RY橋	2013	115.4	3	不明	2.7	221.6	115.3	2.3	1/1370	2	483	69
280	RZ橋	1965	11.7	2	不明	1.0	9.4	10.5	9.5	1/79.1	1	43	67

表 巻末-10 被災なし橋梁データベース(6)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性						
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 $\theta$ (°)		
281	SA橋	1978	15.5	1	不明	-	2.2	10.0	-	1/58.5	M	9999	0		
282	SB橋	1993	73.4	3	不明	3.4	118.4	71.0	4.8	1/107.9	1	9999	0		
283	SC橋	2008	40.5	2	不明	1.5	84.0	34.0	4.4	1/85.5	1	9999	0		
284	SD橋	2006	43.7	2	不明	1.6	98.2	36.0	4.4	1/97	1	9999	0		
285	SE橋	2005	19.1	1	不明	-	27.0	16.6	-	1/80	1	43	90		
286	SF橋	2011	307.9	5	不明	15.2	1612.4	304.9	5.0	1/2800	2	9999	0		
287	SG橋	2011	624.0	9	不明	25.0	1517.3	620.0	4.0	1/772.7	2	9999	0		
288	SH橋	2008	199.0	3	不明	9.0	1522.5	29.7	30.3	1/5000	2	362	63		
289	SI橋	1991	28.2	1	不明	-	35.5	22.5	-	1/308.8	1	9999	0		
290	SJ橋	1990	28.2	1	不明	-	25.2	26.5	-	1/124.4	1	9999	0		
291	SK橋	1995	27.3	1	不明	-	26.7	19.8	-	1/277.8	1	67	66		
292	SL橋	1982	70.6	3	不明	13.5	59.5	67.3	20.0	1/958.3	2	9999	0		
293	SM橋	2003	655.0	10	不明	28.8	1443.8	342.9	8.4	1/7800	3	9999	0		
294	SN橋	1993	366.9	8	不明	16.1	935.2	364.0	4.4	1/634.6	2	9999	0		
295	SO橋	1998	328.0	8	不明	15.6	958.3	325.2	4.8	1/111.1	2	9999	0		
296	SP橋	1999	366.0	6	不明	16.0	1448.2	360.0	4.4	1/10000	3	485	90		
297	SQ橋	1998	1166.0	24	不明	69.3	1174.2	455.0	15.2	1/2125	2	52	69		
298	SR橋	1982	109.0	3	不明	3.2	157.0	102.1	3.1	1/166.7	1	9999	0		
299	SS橋	1998	139.8	4	不明	6.3	150.3	139.8	4.5	1/157.1	1	9999	0		
300	ST橋	1971	114.0	4	不明	5.4	150.8	111.6	4.8	1/169.9	1	9999	0		
301	SU橋	1957	43.4	3	不明	不明	85.8	不明	不明	1/333.3	1	186	48		
302	SV橋	1996	63.5	1	不明	-	176.9	52.9	-	1/872.2	2	156	95		
303	SW橋	1970	49.0	2	不明	11.1	105.9	42.7	26.0	1/1000	2	171	53		
304	SX橋	1984	49.0	2	不明	不明	105.9	45.7	不明	1/1000	2	171	53		
305	SY橋	2005	18.7	1	不明	-	15.6	13.0	-	1/129.9	1	9999	0		
306	SZ橋	1937	53.0	1	不明	-	482.3	52.4	-	1/212.8	1	224	107		
307	TA橋	2003	59.0	1	不明	-	330.7	53.6	-	1/152.5	1	441	77		
308	TB橋	1990	144.0	5	不明	5.3	497.5	137.7	3.8	1/214.3	1	9999	0		
309	TC橋	1992	49.0	2	不明	1.5	64.4	40.2	3.7	1/85.5	1	297	64		
310	TD橋	2006	50.0	2	不明	2.3	1.8	50.0	4.6	1/15.9	M	46	90		
311	TE橋	2007	43.5	3	不明	1.3	98.8	34.5	3.8	1/62.9	1	134	45		
312	TF橋	1978	28.8	1	不明	-	20.7	25.0	-	1/32.5	M	9999	0		
313	TG橋	1983	160.0	5	不明	9.9	50.3	20.0	49.5	1/67.5	1	121	100		
314	TH橋	1985	40.8	3	不明	1.2	19.3	39.9	3.0	1/26.2	M	9999	0		
315	TI橋	1953	27.2	2	不明	1.0	99.3	25.6	3.9	1/63.5	1	9999	0		
316	TJ橋	1971	36.1	2	不明	1.8	15.8	34.7	5.1	1/21.4	M	9999	0		
317	TK橋	1955	52.6	3	不明	2.0	166.7	52.0	3.8	1/151.2	1	229	90		
318	TL橋	不明	58.2	3	不明	1.0	166.7	52.0	1.9	1/151.2	1	229	90		
319	TM橋	1994	54.5	2	不明	2.0	130.9	54.0	3.7	1/67.6	1	166	60		
320	TN橋	1992	430.2	8	不明	17.1	2279.1	410.1	4.2	1/223.5	1	9999	0		
321	TO橋	1974	17.7	1	不明	-	2.4	16.2	-	1/60.1	1	110	62		
322	TP橋	2005	20.0	1	不明	-	2.8	18.2	-	1/61.7	1	102	77		
323	TQ橋	2000	20.2	1	不明	-	12.3	14.6	-	1/100	1	9999	0		
324	TR橋	1999	19.0	1	不明	-	14.1	17.2	-	1/108	1	9999	0		
325	TS橋	1999	19.4	1	不明	-	13.8	17.7	-	1/106.8	1	9999	0		
326	TT橋	1999	25.8	1	不明	-	20.7	23.5	-	1/166.7	1	25	86		
327	TU橋	1998	20.0	1	不明	-	15.8	18.2	-	1/123.8	1	9999	0		
328	TV橋	2003	21.8	1	不明	-	3.6	7.3	-	1/37.3	M	9999	0		
329	TW橋	1984	17.6	1	不明	-	31.6	15.5	-	1/147.4	1	9999	0		
330	TX橋	2002	16.4	1	不明	-	8.5	11.0	-	1/103.9	1	9999	0		
331	TY橋	1999	22.8	1	不明	-	22.7	19.7	-	1/144.2	1	9999	0		
332	TZ橋	2001	21.0	1	不明	-	20.5	20.2	-	1/129.1	1	9999	0		
333	UA橋	1965	27.6	1	不明	-	42.8	27.0	-	1/357.1	1	108	65		
334	UB橋	1974	22.0	1	不明	-	14.5	21.5	-	1/83.3	1	34	95		
335	UC橋	不明	33.0	2	不明	1.2	40.2	33.0	3.7	1/227.3	1	9999	0		
336	UD橋	2000	32.8	1	不明	-	32.6	31.9	-	1/254.5	1	9999	0		



表 巻末-11 被災なし橋梁データベース(7)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性						
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 θ(°)		
337	UE橋	2001	31.1	1	不明	-	31.6	29.8	-	1/346.2	1	175	64		
338	UF橋	1974	18.0	1	不明	-	15.6	17.4	-	1/106	1	83	110		
339	UG橋	1972	250.0	7	不明	7.2	1826.0	240.0	3.0	1/1333.3	2	9999	0		
340	UH橋	1972	405.3	11	不明	13.0	1445.9	403.0	3.2	1/370.4	1	9999	0		
341	UI橋	2004	23.7	1	不明	-	13.0	18.9	-	1/340	1	9999	0		
342	UJ橋	1984	8.8	1	不明	-	0.9	7.1	-	1/28.5	M	44	70		
343	UK橋	1988	8.4	1	不明	-	0.8	6.7	-	1/27.4	M	44	70		
344	UL橋	1956	6.4	1	不明	-	0.6	5.3	-	1/23.3	M	9999	0		
345	UM橋	1976	28.3	1	不明	-	21.8	25.2	-	1/153.8	1	41	93		
346	UN橋	1985	18.7	1	不明	-	8.0	16.7	-	1/43.5	M	9999	0		
347	UO橋	1971	36.6	2	不明	1.4	45.1	30.2	4.6	1/388.9	1	126	70		
348	UP橋	2012	355.0	6	不明	16.9	2616.0	352.8	4.8	1/13700	3	840	68		
349	UQ橋	1998	532.0	6	不明	17.9	1553.9	348.5	5.1	1/811.8	2	9999	0		
350	UR橋	2012	401.0	4	不明	21.0	2810.5	395.5	5.3	1/22800	3	9999	0		
351	US橋	2007	383.0	7	不明	18.3	2617.2	380.0	4.8	1/26500	3	420	96		
352	UT橋	2017	182.0	1	不明	-	475.8	165.2	-	1/1680	2	318	104		
353	UU橋	1994	60.0	3	不明	3.2	1.7	58.1	5.5	1/12.7	M	9999	0		
354	UV橋	1988	30.0	1	不明	-	0.5	27.4	-	1/9.5	M	9999	0		
355	UW橋	1998	70.0	1	不明	-	47.0	66.3	-	1/43.3	M	9999	0		
356	UX橋	1996	45.0	1	不明	-	56.4	34.0	-	1/39	M	125	123		
357	UY橋	1966	13.6	1	不明	-	16.9	12.4	-	1/76.9	1	56	90		
358	UZ橋	1992	39.8	1	不明	-	66.8	37.0	-	1/138.9	1	142	87		
359	VA橋	1985	68.0	2	不明	1.5	107.8	65.0	2.3	1/357.1	1	138	145		
360	VB橋	1989	112.2	3	不明	3.0	127.9	110.0	2.7	1/1857.1	2	9999	0		
361	VC橋	1984	124.1	4	不明	6.0	163.6	89.0	6.7	1/1518.2	2	9999	0		
362	VD橋	1981	6.4	1	不明	-	1.6	5.0	-	1/13.3	M	9999	0		
363	VE橋	1966	20.0	1	不明	-	34.8	20.0	-	1/85.5	1	9999	0		
364	VF橋	1988	7.2	1	不明	-	1.4	4.0	-	1/27.8	M	78	65		
365	VG橋	1976	12.1	1	不明	-	2.3	6.8	-	1/31.9	M	103	80		
366	VH橋	1976	12.2	1	不明	-	2.4	5.2	-	1/32.9	M	66	65		
367	VI橋	1965	11.1	1	不明	-	3.4	9.0	-	1/47.2	M	9999	0		
368	VJ橋	1966	45.0	2	不明	1.0	36.9	45.0	2.2	1/151.2	1	9999	0		
369	VK橋	1974	81.9	4	不明	2.1	38.1	80.9	2.6	1/142.4	1	353	70		
370	VL橋	2004	80.0	3	不明	3.2	52.7	84.0	3.8	1/163.5	1	9999	0		
371	VM橋	1985	28.6	1	不明	-	10.2	26.9	-	1/184.2	1	185	105		
372	VN橋	1968	12.0	1	不明	-	2.4	10.4	-	1/20.8	M	78	77		
373	VO橋	1975	31.0	2	不明	1.2	41.4	28.0	4.3	1/328.2	1	93	86		
374	VP橋	2003	102.5	3	不明	3.2	191.7	96.0	3.3	1/163.6	1	84	73		
375	VQ橋	1954	19.6	2	不明	1.6	19.4	17.2	9.3	1/32.8	M	9999	0		
376	VR橋	2004	25.6	1	不明	-	不明	23.6	-	不明	不明	9999	0		
377	VS橋	2004	40.0	1	不明	-	不明	33.7	-	不明	不明	9999	0		
378	VT橋	2004	30.0	1	不明	-	不明	28.0	-	不明	不明	9999	0		
379	VU橋	2004	32.7	1	不明	-	不明	29.6	-	不明	不明	9999	0		
380	VV橋	1999	34.8	1	不明	-	11.5	28.8	-	1/39.6	M	9999	0		
381	VW橋	1999	32.7	1	不明	-	11.7	29.0	-	1/40.4	M	75	80		
382	VX橋	2001	31.3	1	不明	-	10.4	30.6	-	1/27.2	M	9999	0		
383	VY橋	1996	32.3	1	不明	-	11.1	30.3	-	1/30.1	M	9999	0		
384	VZ橋	2010	13.6	1	不明	-	14.1	13.6	-	1/93.3	1	60	63		
385	WA橋	2007	22.0	1	不明	-	14.2	22.0	-	1/96.2	1	88	83		
386	WB橋	2009	22.0	1	不明	-	14.3	22.0	-	1/99.1	1	105	53		
387	WC橋	2017	10.3	1	不明	-	2.4	8.4	-	1/12.6	M	95	50		
388	WD橋	1992	17.0	1	不明	-	4.0	13.7	-	1/57.6	M	95	50		
389	WE橋	1992	13.6	1	不明	-	2.9	9.0	-	1/49.2	M	9999	0		
390	WF橋	1985	89.6	3	不明	不明	149.6	不明	不明	1/1300	2	164	68		
391	WG橋	2001	41.8	3	不明	2.0	92.2	38.3	5.2	1/646.7	2	9999	0		
392	WH橋	1984	100.3	3	不明	3.7	139.6	97.2	3.8	1/769.2	2	108	76		

表 巻末-12 被災なし橋梁データベース(8)

管理番号	橋梁名	構造諸元							河川特性						
		竣工年 (西暦)	橋長 (m)	径間数	最大支間長 (m)	橋脚幅(m) (全て工値)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	川幅 (m)	河積阻害率 (%)	河床勾配	セグメント	曲率半径 R (m)	湾曲角度 θ(°)		
393	WI橋	2010	33.2	2	不明	1.0	142.0	29.6	3.4	1/1545.5	2	179	75		
394	WJ橋	1992	268.0	5	不明	4.8	433.9	268.0	1.8	1/2200	2	9999	0		
395	WK橋	1984	117.2	3	不明	3.2	266.8	112.3	2.9	1/1928.6	2	357	69		
396	WL橋	1976	20.5	1	不明	-	45.5	18.0	-	1/60.6	1	9999	0		
397	WM橋	1977	6.3	1	不明	-	0.2	5.8	-	1/6	M	333	87		
398	WN橋	1979	19.7	1	不明	-	35.0	16.0	-	1/47.6	M	9999	0		
399	WO橋	1980	51.5	2	不明	2.5	58.0	17.5	14.3	1/90.9	1	100	112		
400	WP橋	1975	14.3	1	不明	-	45.4	12.5	-	1/66.7	1	9999	0		
401	WQ橋	1957	21.0	2	不明	1.0	6.0	19.0	5.3	1/6.3	M	53	100		
402	WR橋	1993	61.0	2	不明	1.6	30.4	48.0	3.3	1/102	1	9999	0		
403	WS橋	1992	58.0	2	不明	2.2	31.0	50.0	4.4	1/119.8	1	184	119		
404	WT橋	1977	60.0	2	不明	2.2	25.5	54.0	4.1	1/82.3	1	83	95		
405	WU橋	1985	96.0	3	不明	4.8	144.9	90.0	5.3	1/1000	2	9999	0		
406	WV橋	2005	202.4	3	不明	8.3	211.1	179.2	4.6	1/388.9	1	397	68		
407	WW橋	1977	70.1	2	不明	1.5	184.1	68.2	2.2	1/333.3	1	281	70		
408	WX橋	2014	68.4	1	不明	-	188.3	65.0	-	1/217.4	1	193	113		
409	WY橋	1996	113.8	3	不明	4.0	212.8	112.0	3.6	1/857.9	2	9999	0		
410	WZ橋	1988	102.0	3	不明	3.6	213.1	94.0	3.8	1/1040	2	9999	0		
411	XA橋	2013	88.4	3	不明	3.8	66.3	84.8	4.5	1/217.4	1	144	93		
412	XB橋	1977	53.6	2	不明	1.0	53.2	51.8	1.9	1/532	2	9999	0		
413	XC橋	1982	53.2	2	不明	1.0	51.7	45.8	2.2	1/472.5	2	9999	0		
414	XD橋	1992	22.2	1	不明	-	3.0	19.5	-	1/109.6	1	77	110		
415	XE橋	1988	35.8	2	不明	0.67	26.0	34.2	2.0	1/508	2	169	77		
416	XF橋	1981	34.5	2	不明	1.5	21.8	33.8	4.4	1/171	1	9999	0		
417	XG橋	1979	14.9	1	不明	-	4.0	13.5	-	1/64.9	1	9999	0		
418	XH橋	1993	17.3	1	不明	-	6.1	15.7	-	1/110.3	1	64	65		
419	XI橋	1957	10.7	1	不明	-	3.0	5.8	-	1/48.3	M	61	79		
420	XJ橋	1953	9.2	1	不明	-	2.9	6.7	-	1/44.7	M	9999	0		
421	XK橋	1967	9.2	1	不明	-	2.8	7.2	-	1/34.1	M	9999	0		
422	XL橋	1999	9.5	1	不明	-	2.6	5.9	-	1/36.9	M	9999	0		
423	XM橋	1994	344.8	8	不明	13.3	854.8	389.0	3.4	1/560	2	9999	0		
424	XN橋	2007	342.8	8	不明	14.0	929.3	382.0	3.7	1/1225	2	825	72		
425	XO橋	1967	94.9	7	不明	7.8	88.0	94.0	8.3	1/106.7	1	298	85		
426	XP橋	1991	24.7	1	不明	-	13.2	16.6	-	1/50	M	123	65		
427	XQ橋	1976	17.0	1	不明	-	19.6	14.7	-	1/76.3	1	9999	0		
428	XR橋	1988	19.0	1	不明	-	11.4	不明	-	1/48.1	M	34	85		
429	XS橋	1971	12.9	1	不明	-	18.1	7.6	-	1/91.7	1	60	65		
430	XT橋	1981	42.1	2	不明	1.0	37.6	27.5	3.6	1/136.7	1	177	50		
431	XU橋	1999	30.1	1	不明	-	26.1	24.0	-	1/84.2	1	9999	0		
432	XV橋	1995	40.5	2	不明	1.0	32.6	27.3	3.7	1/125	1	323	60		
433	XW橋	1996	35.5	1	不明	-	32.0	37.2	-	1/124.7	1	9999	0		
434	XX橋	1985	45.3	2	不明	1.4	35.4	27.0	5.2	1/137	1	132	80		
435	XY橋	1973	32.0	2	不明	1.5	16.3	29.7	5.0	1/29.4	M	54	130		
436	XZ橋	1955	442.5	7	不明	不明	1195.6	436.0	不明	1/800	2	9999	0		
437	YA橋	1935	620.7	17	不明	不明	1645.5	不明	不明	1/5833.3	3	639	70		
438	YB橋	1963	475.3	10	不明	不明	1631.0	472.0	不明	1/3750	2	9999	0		
439	YC橋	1986	755.5	10	不明	不明	1591.7	750.0	不明	1/1111.1	2	9999	0		
440	YD橋	2004	171.4	2	不明	不明	1616.3	164.4	不明	1/10000	3	1372	65		
441	YE橋	2003	532.0	10	不明	43.0	1631.2	不明	不明	1/2237.5	2	9999	0		
442	YF橋	1994	331.2	5	不明	5.5	1308.2	127.0	4.3	1/243.9	1	385	63		
443	YG橋	1974	129.8	4	不明	6.0	1257.2	130.0	4.6	1/166.7	1	9999	0		
444	YH橋	1980	55.1	2	不明	2.0	115.9	53.6	3.7	1/263.2	1	9999	0		
445	YI橋	1987	54.9	2	不明	1.2	121.0	52.9	2.3	1/384.6	1	9999	0		







-----

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

N o . 1202

March 2022

-----

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675