

第2章 流木集積の影響事例

分析対象とした事例は、昭和63年から平成7年までに被災した35の橋梁と、同じ河川で同程度の洪水規模であるが被害が無かった21の橋梁についてである。これらの事例調査資料を整理し、被災と橋梁及び河道の特性との関係について調査した。

2.1 被災橋梁の特徴

35の被災事例の橋梁及び河道特性に関する情報を表2.1に示す。このうち流木の影響がないもの及びアーチ橋のものを除くと27事例となり、これを分析対象橋梁とすると、図2.1に示すように、最小径間長が構造令（河川管理施設等構造令）で定める20m以上のものは22%の6橋あり、41%の橋梁では最小径間長が10m未満となっている。

(1) 被災の分類

橋梁の被災形態は、上部工・下部工の被災形態によって図2.2に示すように分類され、これによると、橋桁が流失したものは過半数の15橋あり、1橋を除いて橋脚または橋台が倒壊する。また、橋台倒壊を含め橋台周辺が洗掘された事例が8橋あり全体の30%にあたる。この橋台被災のメカニズムは、橋と流木によって堰き上げられた流水が溢水し、橋台周りの河岸を侵食したものがほとんどである。

(2) 水位せきあげ

被災事例のほとんどは、橋桁まで河川水位が上昇した溢水を伴うものである。水位が橋桁まで達すると、水面を流れてきた流木が橋桁及び欄干に集積し河積を阻害し、水位がせきあがり溢水量が多くなる。最小径間長が20m以上でも河川水位が橋桁まで達し橋台周辺や橋台が倒壊しており、径間長が長くても洪水が計画高水位を超えて橋桁に達する場合には、橋桁・流木の集積等による水位のせきあげによって溢水し、大きな被害になることを示唆している。

被災した橋梁は中小河川の中・上流部が多かった。中小河川の中・上流部は下流部や大河川と比較して、橋の桁下高と計画高水位の差（桁下余裕高）が小さく、また計画規模（超過年）が小さく改修が遅れていることが多いこと等のため、洪水時の水位が桁下まで上昇し被災しやすくなったものと考えられる。

(3) 橋脚への流木の集積

橋脚に集積した流木は、草等と一体となって下層ほど厚くなるダルマ状となる。このようになる原因は水中を流れてきた物の流下形態と関係があると考えられるため、生木の比重について文献^{7)~9)}をもとに整理した（図2.3）。同図は代表的な樹種の全てを整理したものではないが、針葉樹では比重0.8周辺に、広葉樹では比重1.0周辺にそれぞれデータが分布していることがわかる。比重が約1より重い針葉樹は、橋脚前面では下降流によって橋脚前面の河床近傍に押しつけられる可能性が高く、一般に洪水時には水位の低い時の方が継続時間は長いことから、比重が約1より重い流木等が多い場合には、橋脚にダルマ状に流木等が集積しやすくなると考えられる。

2.2 被災規模と橋梁及び河道特性の関係

橋梁の被災にとって支配的な要素を把握するには、橋梁や河道特性の諸元と同様に被災規模についても数値化する必要がある。被災規模としては、上部工、下部工、河岸の各箇所別の被災程度と堤内地への溢水の有無の組合わせによって以下の表のように被災規模を4段階に分類した。写真2.1～2.4に各被災規模の代表事例を示すが、数値が大きいほど被災規模が大きいことを意味する。

表2.2 被災規模のランク分け

被災箇所 被災規模	上部工	下部工	河岸	溢水（堤内）
1	被害無	被害なし	一部欠壊	溢水有
2	桁・高欄等損傷	沈下	欠壊	溢水有
3	流失	沈下・傾斜	欠壊or非欠壊	溢水有or溢水無
4	流失	倒壊	欠壊or非欠壊	溢水有or溢水無

これらの被災橋梁と同様に、表2.3に示すアーチ橋を除いた被災しなかった19橋梁のデータも含めて分析した。

図2.4は、被災規模と橋梁及び河道特性の関係についての代表例を示したものである。この(a)、(b)、(c)の各図は（黒丸が大きい程被災規模が大きい）。縦軸に径間長（最小）を、横軸に川幅、水深、河床勾配（逆数）をそれぞれとり、前述の被災規模別に示したものである。これより、径間長がある値を境に被災の有無が分類されるとともに、径間長が狭いほど被災規模が大きくなる傾向を示すことがわかる。また被災事例は川幅が約50m以下に集中しており、これが被災有無のしきい値としてほぼ妥当と考えられる。一方、水深や河床勾配については、被災の有無に係わらずほぼ一定の値に集中しており（水深4～8m、河床勾配約1/400のそれぞれ集中）、被災有無や被災規模との関係に一定傾向が見い出せないことから、被災有無を左右する独立の要素としてはあまり適切ではないと考えられる。

以上のように、被災が生じた橋梁は、河床勾配1/400程度以下でかつ川幅50m程度以下の河道条件を有する中小河川が殆どであり、これに最小径間長が約20m未満の橋梁条件が重なると流木集積による影響で被災しやすいことがわかった。また被災規模は最小径間長が小さいと大きくなる傾向にあり、被災規模の規模を左右する要素として径間長が重要であると考えられた。また被災した橋梁に集積した流木量については、定量的な把握が困難であったため（橋桁等の流失によって流失直前に流木集積がどの程度であったか不明なものも多く、データが存在しても最大集積時の状況が保持されている可能性が少ない等の原因による）、“被災規模＝流木集積量”とはならないが、写真等から判断すると定性的には両者には正の相関があるものと考えられる。したがって「径間長が狭い橋梁ほど、流木が集積しやすく、被災規模も大きくなる傾向がある」ことが定性的に確認された。

2.3 まとめ

現地の事例調査や分析によって、流木の影響による橋梁被災の概要を把握した。特に径間長が被災規模を左右する重要な要素であることを確認した。また樹種（流木）によって比重も異なり、この比重の違いが橋脚の上流面への流木の集積しやすさに影響すると考えられた。しかし、これらの調査や分析だけでは、流木集積の量や流木集積に伴った水位のせきあげ、さらに流木の流下量等、橋梁や河道の工学的な諸元を設計するためのデータとしては不十分と考えられる。そのために、模型実験等によって洪水時の流木の挙動、流木集積のメカニズムをさらに詳細に調べる必要があると考えられた。

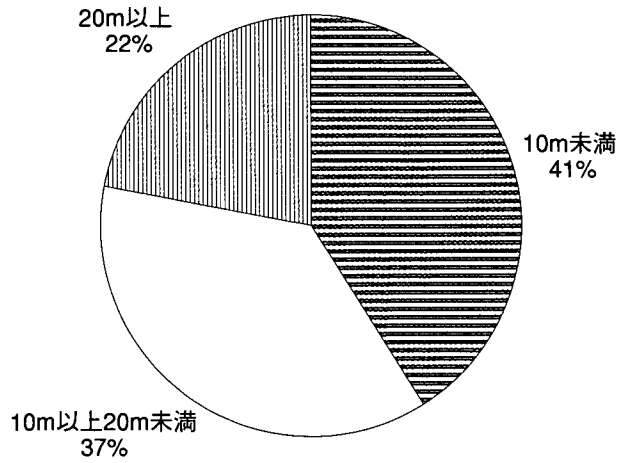
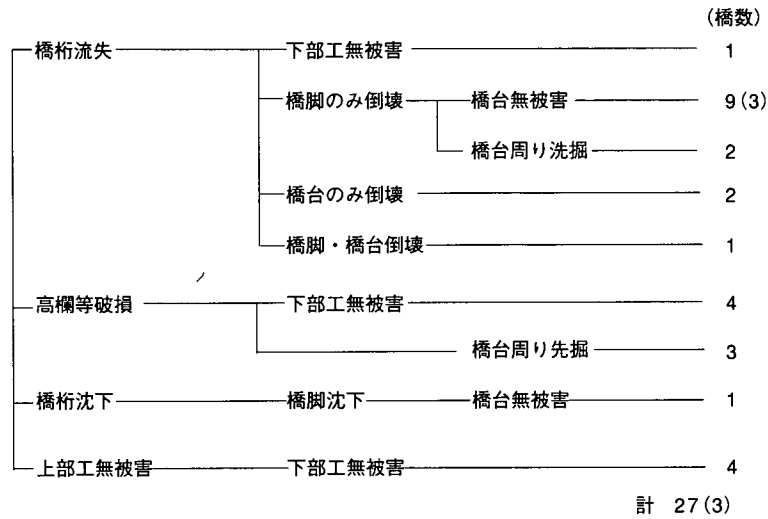


図 2.1 被災橋梁の最小径間長の分類



注) () 書きは溢水なしで内数。アーチ橋含まず

図 2.2 被災形態の分類

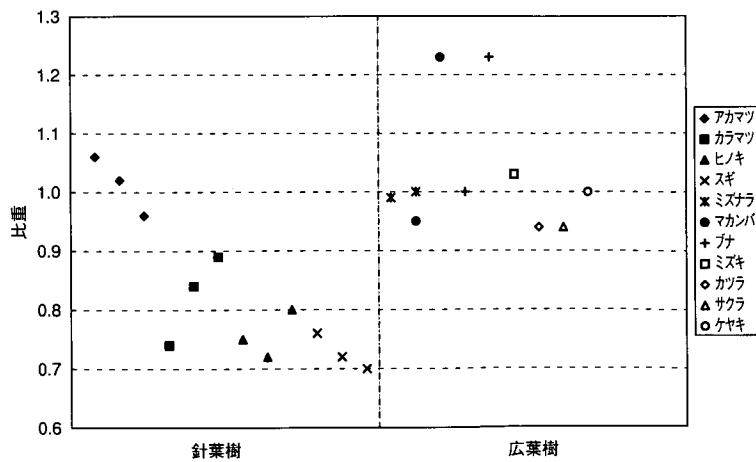


図 2.3 生木の比重

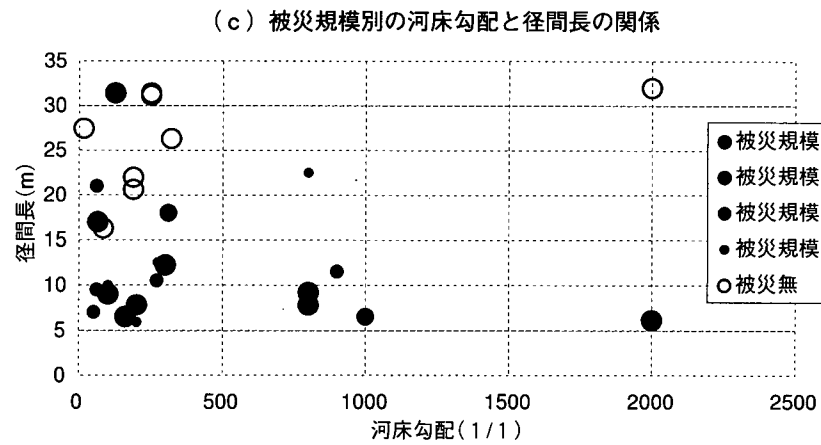
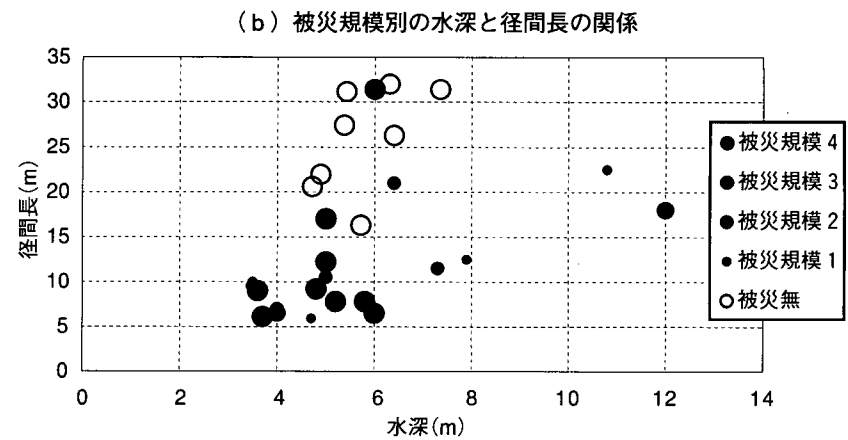
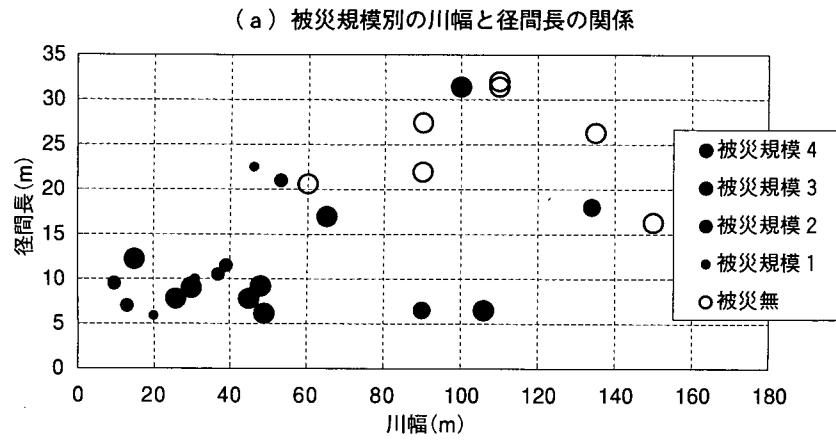


図 2.4 被災規模と橋梁及び河道特性との関連

表 2.1 被害橋梁諸元一覧

番号	橋梁名	河川名	水系名	被災年月	上部工 被害	下部工 被害	越水状況	河岸決壊 状況	被災規模	川幅(m)	最大径間 (m)	最小径間 (m)	上部工 型式	下部工 型式	橋脚幅 (m)	橋脚長 (m)	河積 阻害率(%)	河床勾配 (1/1)	平均河床高 (m、被災前)	H.W.L. (m)	流量 (本)	桁下標高 (m)	備考
1	臂の裡海橋	山国川	山国川	1993.9	流失	倒壊			4	100.0	35.7	31.4	鈑桁	小判形	0.8		2	125	47.6	54.8	250	52.8	
2	露橋	七瀬川	大分川	1993.9	流失	無			3	90.0	13.5	4.8	鈑桁	小判形				1000	12.9	19.1	1500	19.0	
3	下中橋	串良川	肝属川	1993.9	流失	倒壊	一部溢水		4	49.0	6.1	6.1	桁橋	小判形	0.3	4.6	4	2000	15.3	19.2		19.0	
4	眼鏡橋	御船川	緑川	1988.5	流失	流失																	アーチ橋
5	下泊里橋	玖珠川	筑後川	1993.9	流失	倒壊		一部損壊	4	106.0	7.8	6.8	桁橋	小判形	1.2	4.4	14	160	291.1	298.3		299.8	
6	荒平橋	河原内川	大野川	1993.9	流失	橋脚流失		下流損壊	4	30.0	10.0	10.0	桁橋	小判形	0.4	4.0	3	100	34.1	36.3		37.6	
7	来鉢橋	湯布川	大分川	1993.9	流失	倒壊			4	25.9	9.1	9.1	桁橋	小判形	1.0	5.8	8	200	72.8	77.3		78.6	
8	常盤橋	玉来川	大野川	1990.7	高欄破損	無	溢水	河岸決壊	2	39.0	11.5	11.5	桁橋	長方形				900	253.6	256.2		257.9	
9	魚住橋	大野川	大野川	1990.7	流失		溢水	河岸決壊															アーチ橋
10	向野橋	大野川	〃	1990.7	高欄破損	無	溢水	河岸決壊	3	134.0	18.7	15.1	桁橋	小判形	2.1	7.6	9	310	66.6	75.6	10000	77.1	
11	原田橋	大野川	〃	1990.7	流失	破損		河岸損壊	3	127.5	14.5	13.0	桁橋	小判形	1.2	6.1		310			10000		
12	大野橋	大野川	〃	1990.7	流失	アバウト決壊		河岸決壊															アーチ橋
13	大渡橋	大野川	〃	1990.7			溢水	河岸損壊															流木なし
14	折戸寄	黒川	白川	1990.7	流失	倒壊	溢水	損壊	4	34.7	12.0	12.0	桁橋	小判形	0.6	4.7	4	750	470.5	477.5	20000		
15	松原橋	黒川	〃	1990.7	高欄破損	無			2	9.7	9.5	9.5	床版橋					60	537.2	539.4	20000	539.7	
16	武之橋	甲突川	甲突川	1993.8	倒壊	倒壊																	アーチ橋
17	昭和橋	甲突川	〃	1993.8	流失	倒壊	溢水		4	48.0	9.2	9.2	桁橋	円柱	0.6		5	800	2.0	6.0	25000	5.9	
18	原良橋	甲突川	〃	1993.8	流失	倒壊	溢水	損壊	4	45.0	8.9	7.8	桁橋	円柱	0.6		5	800	2.9	6.5	25000	6.8	
19	新上橋	甲突川	〃	1993.8	倒壊	倒壊	溢水																アーチ橋
20	玉江橋	甲突川	〃	1993.8			溢水																アーチ橋
21	姫川湯橋	姫川	姫川	1995.7	桁破損	破損	溢水	(アバウト背 後)		48.0	54.0	54.0	箱桁					64	246.4	252.7		246.4	桁下水深?
22	昭和橋	鳥居川	信濃川	1995.7	高欄破損	無	溢水		1	31.0	11.0	10.5	桁橋	円柱	1.0	5.5	6	100	337.5	338.7	413	339.8	
23	今池橋	関川	関川	1995.7	無	無	一部溢水		1	160.0	15.0	12.5	桁橋	小判形	1.5	6.3	9	273	7.5	11.7	0	12.0	
24	新保橋	関川	〃	1995.7	流失	倒壊	溢水	破堤		155.0	31.0	31.0	桁橋	小判形	1.9	5.0	5	160	65.9	68.4		69.4	破堤
25	学校橋	関川	〃	1995.7	高欄破損	無	溢水	河岸損壊	2	53.0	26.5	26.5	桁橋	小判形	1.3	6.0	3	60	92.6	95.5		96.5	
26	環橋	関川	〃	1995.7	流失	倒壊	溢水	河岸決壊	4	65.0	20.6	17.0	桁橋	小判形	1.3	6.2	4	63.8	170.8	173.6	20	175.3	
27	大谷橋	関川	〃	1995.7	流失	有	溢水	破堤		40.0	44.8	44.8	鈑桁					30	334.6	338.6	15	339.6	破堤
28	天奈橋	宮川		1991.9	高欄破損	無	溢水		1	6.0	9.2	9.2	鈑桁	長方形				69		2.0			
29	占用橋	宮川		1991.9	桁破損	無	溢水	河岸決壊	2	6.2	6.8	6.8	桁橋					69		2.4			
30	久留橋	一ノ瀬川	宮川	1991.9		沈下	溢水(小)		2	37	11.0	10.5						270					
31	本郷橋	岩村川	木曾川	1989.9			溢水	河岸損壊	2	13		7.0						50					
32	松ヶ枝橋	橋本川	紀ノ川	1995.7			溢水		1	20		5.9						200					
33	矢床橋	鬼付女川	一ツ瀬川	1993.5			溢水																草のみ集積
34	大倉田橋	庄内川	大渡川	1993.8		倒壊	溢水	河岸決壊	4	15		12.2						300					
35	更正橋	五十鈴川	五十鈴川	1993.8			溢水	河岸決壊	1	46		22.5						800					

表 2.3 無被害橋梁諸元一覧

番号	橋梁名	河川名	竣工年	川幅(m)	最大径間(m)	最小径間(m)	上部工型式	下部工型式	橋脚幅(m)	橋脚長(m)	河槽 阻害率(%)	河床勾配 (1/1)	平均河床高 (m、被災前)	H.W.L. (m)	流木量 (本)	桁下標高 (m)	備考
1	洞門橋	山国川	1978	110.0	34.0	31.4	桁橋	小判形	1.2		3	250	44.9	52.6	250	52.251	
2	禅海橋	山国川	1991	110.0	54.9	32.0	箱桁	小判形	2.0		6	2000	50.0	56.7	250	56.309	
3	羅漢寺橋	山国川	1920	70.0	30.7	28.5	アーチ	小判形				2000	50.0	54.4	250	57.7	
4	七仙橋	山国川	1976	150.0	36.9	16.3	桁橋	小判形	1.3		6	83	54.0	61.1	250	59.716	
5	早瀬川	山国川	1983		31.1	31.1	桁橋	小判形	1.6			250	61.6	69.0	250	66.97	
6	中川原橋	山国川	1978	60.0	20.6	20.6	桁橋	小判形	1.7		6	188	67.5	73.0	250	72.168	
7	岩矢橋(新)	山国川	1979	90.0	87.8	22.0	桁橋	円柱	1.7		6	188	67.8	73.3	250	72.641	
8	馬溪橋	山国川	1923	80.0	17.2	15.7	アーチ	小判形	2.3		12	100	72.0	80.3	250	79.8	
9	平野橋	七瀬川	1981	135.0	27.5	26.3	桁橋	小判形				320	16.2	21.3	1500	22.6	
10	木野上橋	七瀬川	1978	90.0	27.5	27.5	桁橋	小判形				15	20.1	24.1	1500	25.42	
11	田吹橋	七瀬川	1971	60.0	19.5	19.5	桁橋	小判形						27.7	1500	28.94	
12	滝川橋	御船川	1979	115.8	29.0	28.9	桁橋	小判形	1.5	3.5	4			15.4		16.326	
13	五庵橋	御船川	1952	53.5	21.1	16.2	桁橋	小判形		6.7				15.9		15.82	
14	御船橋	御船川	1956	65.0	25.0	20.0	桁橋	小判形						16.2		17.12	
15	妙見橋	御船川	1978	108.0	27.0	27.0	桁橋	長方形	1.4	9.0	4			18.1		20	
16	三久保橋	黒川	1986		21.2	21.2								477.6	20000	478.15	
17	内牧橋	黒川	1970		24.5	24.5	桁橋	小判形							20000	482.7	
18	皿ノ瀬橋	黒川	1977		20.8	20.8	床版橋	小判形							20000	483.6	
19	福田島橋	黒川	1972		18.5	18.5	桁橋	円柱							20000	485.77	
20	小嵐山橋	黒川	1967		19.8	19.7	桁橋	円柱							20000	493.05	
21	の場橋	黒川	1979		21.0	21.0	桁橋	小判形							20000	495.2	



写真 2.1 被災規模 1：流木による河道閉塞、溢水有、(飯山橋)

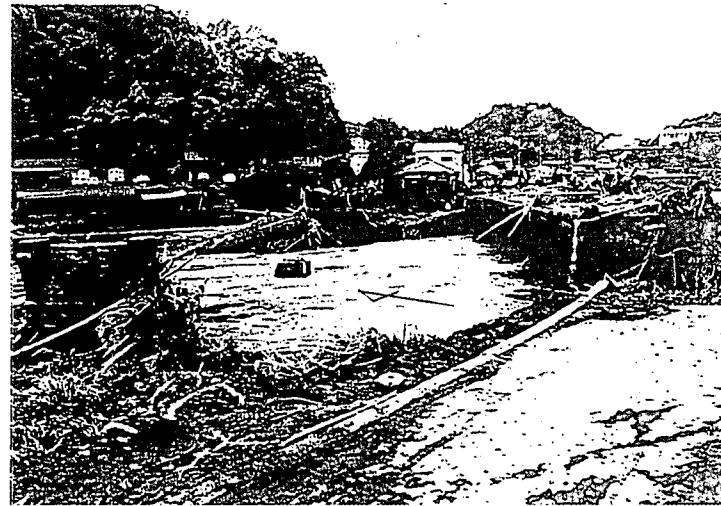
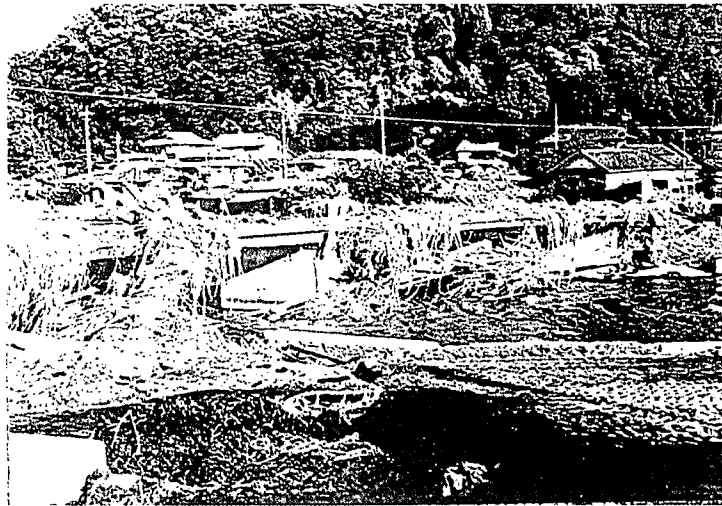


写真 2.2 被災規模 2：高欄破損、河岸欠壊、大量溢水、(常磐橋)



写真 2.3 被災規模3：橋桁流失、(露橋)

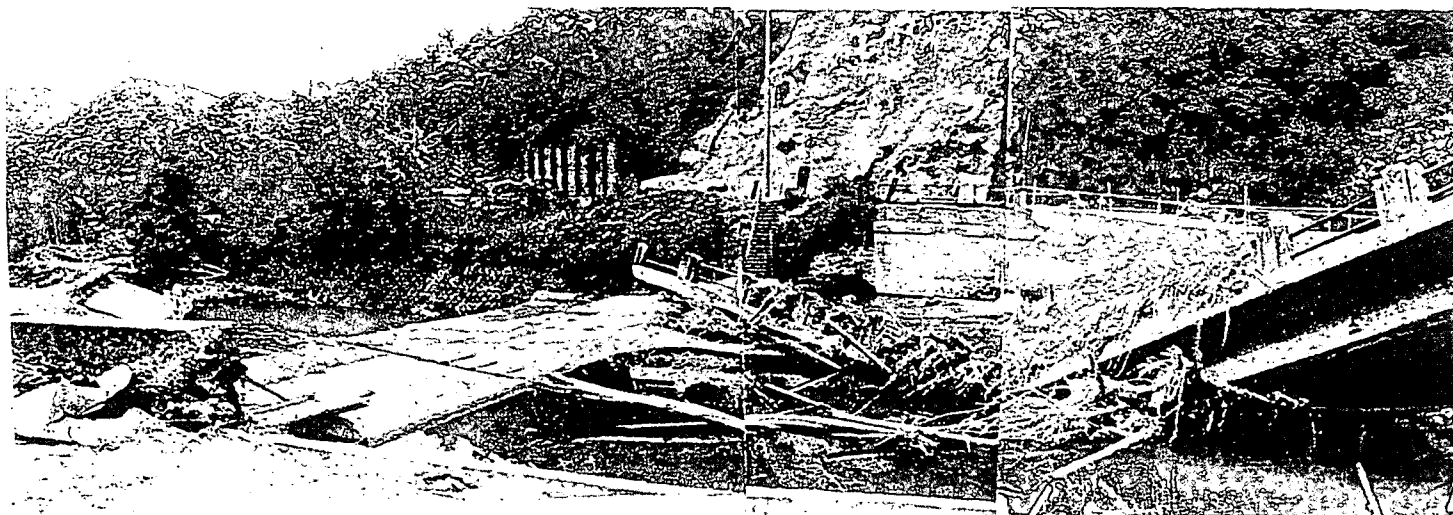


写真 2.4 被災規模 4：橋桁流失、橋脚流失、河岸欠壊、(荒平橋)