2011年8月8日　　北海道土木技術会　鋼道路橋研究委員会　振動･複合構造･技術調査合同小委員会

橋梁被害調査報告会

北海道大学チーム

林川俊郎

松本高志

何　興文

寒地土木研究所チーム

三田村浩

澤松俊寿

調査目的と調査方法

□ 調査目的

2011年3月11日（金）14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）による道路橋の被害状況を把握することを目的とする

□ 調査方法

調査日程：平成23年6月13日(月)～6月17日(金)

調査範囲：宮城県内（仙台市宿泊）と陸前高田地区等

調査対象：主に宮城県および市町村管理の道路橋

調査項目：上部構造、支承、下部構造、落橋防止システム、付属物、
橋梁前後の盛土、橋台背面土、補修補強状況　etc.

調査班体制：寒地土木研究所（5名）、北海道大学(3名)
ゴム支承協会(2名)、大日本コンサルタント(2名)

3．調査エリア

6/14(火)：栗原市・登米市
エリア調査
6/16(木)：石巻・松島
エリア調査
6/15(水)：大崎市古川
エリア調査
6/13(月)PM：仙台市名取川
エリア調査
6/17(金)：柴田町
エリア調査
気仙沼
八景島
山王島
井天島
桂島
田代島
牡鹿半島
網地島
M 7.1 - Apr 7 2011, Japan
岩井島
大森島
宮戸島
中ノ島
宮城県
仙台
岩沼
白石
相馬
福島
福島県
© 2011 ZENRIN
Data © 2011 MIRC JHA
© 2011 Cnes/Spot Image
©2010 Google

4．調査行程

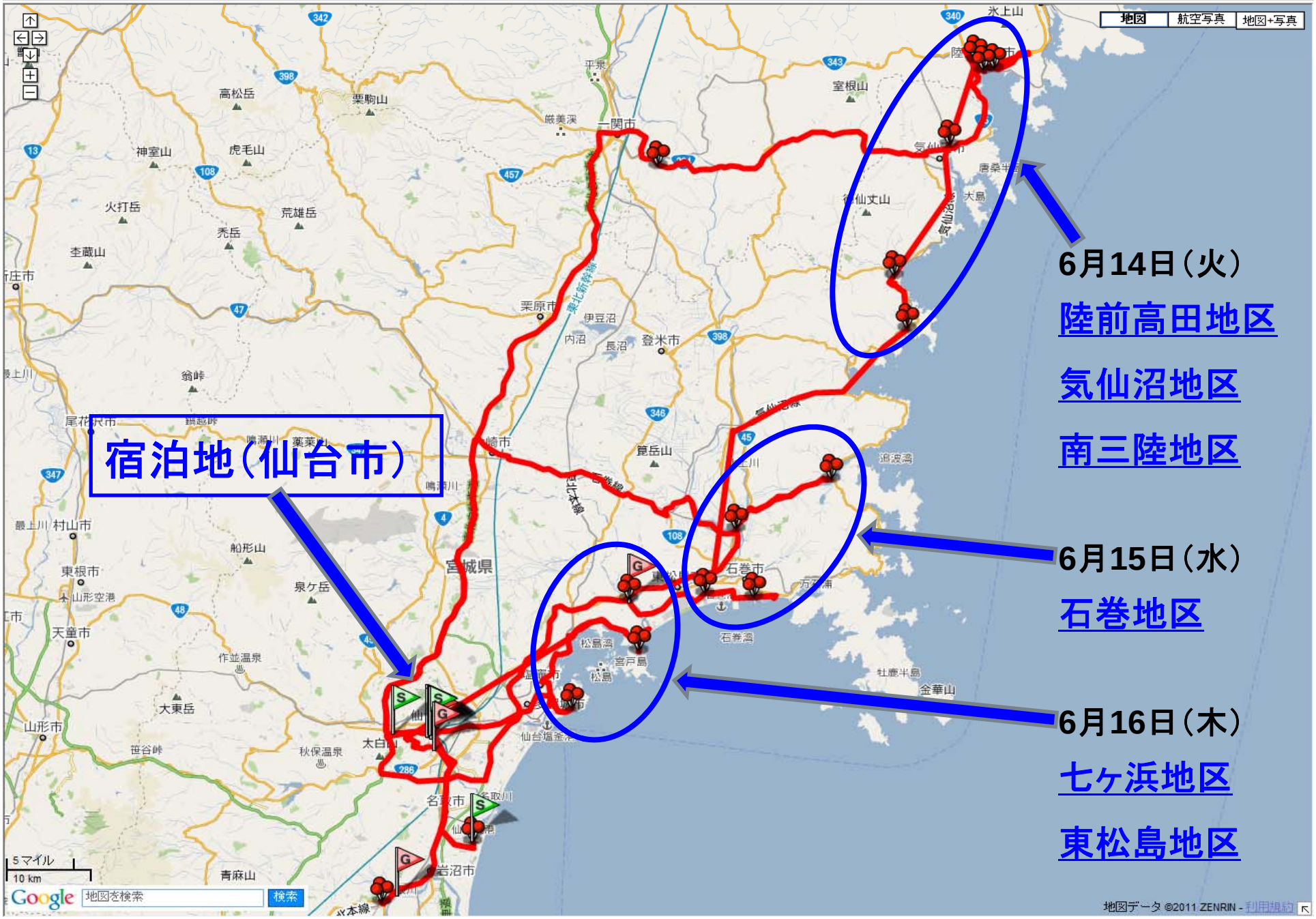
日時	行程		備考
6月13日(月)	AM	各自、仙台へ移動	大日本C：平山、吉岡、佐藤
	13:30	大日本コンサルタント東北支社　集合	
		打合せ（場所：大日本C東北支社会議室）	
		仙台市名取川エリア周辺調査	■大日本C東北支社
		（一連の作業の練習）	
	20:00	ホテルにて北大と合流	■ホテルパールシティ
6月14日(火)	8:00	ホテル出発	大日本C：平山、吉岡、佐藤
	10:00	栗原市エリア調査	
	13:00	登米市エリア調査	
	19:00	ホテル着	
6月15日(水)	8:00	ホテル出発	大日本C：小野、田代、岡本
	10:00	大崎市古川エリア調査	
	19:00	ホテル着	
6月16日(木)	8:00	ホテル出発	大日本C：佐々木、田代
	9:00	松島エリア調査	
	14:00	石巻エリア調査	
	19:00	ホテル着	
6月17日(金)	8:00	ホテル出発	大日本C：佐々木、田代
	9:00	柴田町エリア調査	
	13:00	現地解散	

6．各エリア内の主橋梁位置と調査ルート

表-6.1　主橋梁リスト

日時	主橋梁	路線名	管理者	架橋位置	エリア
6/13 (月)	広瀬大橋	仙台南部道路	宮)道路公社	仙台市太白区宅所下	仙台市名取川
6/14 (火)	新荒瀬橋	一般国道 4 号	国)仙台-古川	栗原市築館字富境	栗原市・登米
	川南高架橋	一般県道有壁若柳線	宮)北部土木事務所	栗原市若柳川南町	
	錦橋	一般国号 398 号	宮)東部土木事務所	登米市迫町佐沼	
	登米大橋	一般国道 342 号	宮)東部土木事務所	登米市登米町寺池	
	桜岡橋	(主)古川登米線	宮)東部土木事務所	登米市米山町桜ヶ岡	
6/15 (水)	岩出山大橋	一般県道岩出山宮崎線	宮)北部土木事務所	大崎市岩出山上川原	大崎市古川
	桜の目橋	(主)古川一迫	宮)北部土木事務所	大崎市古川桜ノ目	
	新江合川橋	一般国道 4 号	国)仙台-古川	大崎市古川福浦	
	志田橋	(主)古川松山	宮)北部土木事務所	大崎市松山入会	
	木間塚大橋	(主)石巻鹿島台大衡線	宮)北部土木事務所	遠田郡美里町入会	
	広長橋	(主)石巻鹿島台大衡線	宮)北部土木事務所	大崎市鹿島台	
6/16 (木)	豊里大橋	(主)河南米山線	宮)東部土木事務所	登米市豊里町入会	石巻・松島
	天王橋	一般国道 45 号	国)仙台-石巻	石巻市小船越	
	東内海橋	一般国道 398 号	宮)東部土木事務所	石巻市	
	東松島大橋	一般県道河南鳴瀬線	宮)東部土木事務所	東松島市高松字日照沢	
	幡谷大橋	一般国道 346 号	宮)東部土木事務所	城郡松島町八幡谷	
	品井沼大橋	一般国道 346 号	宮)東部土木事務所	宮城郡松島町八幡谷	
6/17 (金)	槻木高架橋	一般国道 4 号	国)仙台-岩沼	柴田郡柴田町槻木	柴田町

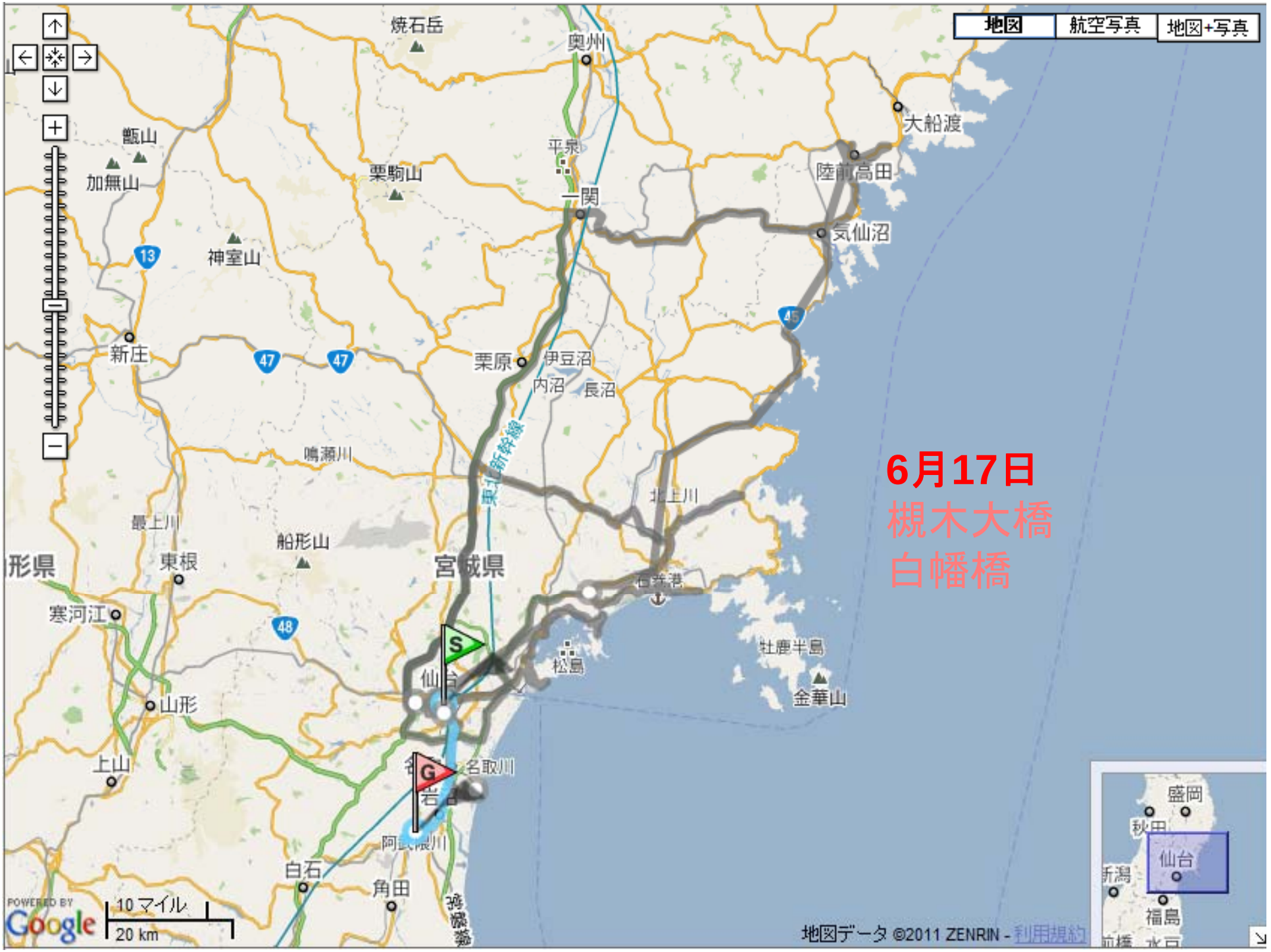
津波による橋梁被害調査全経路（北大チーム）



地図
航空写真
地図+写真
焼石岳
奥州
大船渡
飯山
加無山
栗駒山
平泉
一関
陸前高田
気仙沼
神室山
新庄
栗原
伊豆沼
内沼
長沼
東北新幹線
鳴瀬川
北上川
最上川
船形山
東根
形県
宮城県
寒河江
山形
上山
仙台
松島
牡鹿半島
金華山
名取
名取川
岩沼
阿武隈川
白石
角田
10 マイル
20 km
POWERED BY Google
地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約
盛岡
秋田
仙台
新潟
福島
6月14日（計12橋）
陸前高田地区：
気仙大橋
奈々切跨線橋
沼田跨線橋
川原川橋
古川橋
松原大橋
姉歯橋
気仙沼地区：
小泉大橋
外尾川橋
鉄道橋
二十一浜橋
南三陸地区：
歌津大橋

地図
航空写真
地図+写真
6月15日
石巻地区：
新北上大橋
天王橋
新天王橋
日和大橋
定川大橋
鳴瀬奥松島大橋
東松島大橋
焼石岳
奥州
大船渡
甑山
加無山
栗駒山
平泉
一関
陸前高田
気仙沼
神室山
新庄
栗原
伊豆沼
内沼
長沼
鳴瀬川
東北新幹線
北上川
最上川
船形山
東根
宮城県
寒河江
松島
牡鹿半島
金華山
山形
上山
名取
名取川
岩沼
阿武隈川
白石
角田
盛岡
秋田
仙台
新潟
福島
10 マイル
20 km
POWERED BY Google
地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約

地図
航空写真
地図+写真
焼石岳
奥州
大船渡
甑山
加無山
栗駒山
平泉
一関
陸前高田
気仙沼
神室山
新庄
栗原
伊豆沼
内沼
長沼
東北新幹線
鳴瀬川
北上川
最上川
船形山
東根
宮城県
形県
寒河江
石巻港
牡鹿半島
松島
金華山
山形
仙台
上山
名取
名取川
岩沼
阿武隈川
白石
角田
10 マイル
20 km
POWERED BY Google
地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約
盛岡
秋田
仙台
新潟
福島
6月16日
仙台七ヶ浜地区：
韮森橋
橋本橋
東松島地区：
新不動橋
不動橋
松ヶ島橋
東北大学


地図
航空写真
地図+写真
焼石岳
奥州
大船渡
甑山
加無山
栗駒山
平泉
一関
陸前高田
気仙沼
神室山
新庄
栗原
伊豆沼
内沼
長沼
東北新幹線
鳴瀬川
北上川
最上川
船形山
東根
宮城県
寒河江
石巻港
松島
牡鹿半島
金華山
山形
仙台
上山
名取川
白石
角田
6月17日
槻木大橋
白幡橋
盛岡
秋田
仙台
新潟
福島
10 マイル
20 km
POWERED BY Google
地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約

調査行程（北海道大学班）

1日目：6月14日(火)

（1）陸前高田地区：

気仙大橋、奈々切跨線橋、沼田跨線橋、川原川橋、
松原大橋、姉歯橋

（2）気仙沼地区：

小泉大橋と鉄道橋、二十一浜橋

（3）南三陸地区：

歌津大橋

調査行程(北海道大学班)

2日目:6月15日(水)

(1)石巻地区:

新北上大橋、天王橋、新天王橋、日和大橋、定川橋、
鳴瀬奥松島大橋、東松島大橋

3日目:6月16日(木)

(1)仙台市七ヶ浜地区:

韮森橋、橋本橋

(2)東松島地区:

新不動橋、不動橋、松ヶ島橋、東北大学

4日目:6月17日(金)

槻木大橋、白幡橋

講演内容

1. 15:00-15:10（10分）林川俊郎
   「東北地方太平洋沖地震による橋梁被害調査報告」
2. 15:10-15:35（25分）何　興文
   「津波による橋梁の被害状況」
3. 15:35-16:00（25分）松本高志
   「津波による橋梁被害メカニズムの考察」
4. 16:00-16:25（25分）三田村浩
   「地方公共団体が管理する道路橋の被害状況」
5. 16:25-16:50（25分）澤松俊寿
   「道路橋の被害状況から確認される特徴的傾向」
5. 16:50-17:00（10分）質疑応答

H23東北地方震災調査報告

北海道土木技術会　鋼道路橋研究委員会
「振動」「複合構造」「技術調査」合同小委員会
平成23年8月8日（月）　ホテルモントレエーデルホフ札幌

津波による橋梁の被害状況

何　興文
北海道大学大学院
構造デザイン工学研究室

6月14日（1）
陸前高田地区
奈々切跨線橋
姉歯橋
川原川橋
古川橋
松原大橋
沼田跨線橋
気仙大橋
高田町
陸前高田
気仙町
米崎町
岩手県交通高田
バスターミナル
陸前高田
市役所
市立図書館
高田病院
道の駅
高田松原
高田松原野外
活動センター
高田松原
公園
高田松原
第一球場
高田松原
海水浴場
陸前高田ユース
ホステル
妙恩寺
龍泉寺
気仙小
気仙中
今泉局
気仙川
杉ノ下
銃砲店
天照御
祖神社
高田保育所
高田高
高田街道
東浜街道
浜磯街道
ドラゴンレール大船渡線
高田バイパス
広田湾
200 m
1000 ft
©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約

500m以上上流側に流された
上部構造（5径間すべて）
橋脚だけが残った気仙大橋
国道45 線上の気仙川に1982 年に架設
橋長182m の5 径間の鋼鈑桁橋
©2011 Google - 画像 ©2011 , DigitalGlobe, GeoEye - 利用規約

気仙大橋

橋脚本体には目立った損傷はなかった.
橋台背面の盛土も流れた。

http://akita4184.blog71.fc2.com/blog-entry-1024.html

震災前の気仙大橋

気仙大橋

橋台には制震装置が設置されていたが，上部構造の流出とともに破断.

橋台にサイドブロックがあるが，橋脚上には設置されておらず，桁と橋脚をつなぐ部材は支承と制震装置のみで，ゴム支承は破断.

1932 年完成　気仙川に架設
橋長147．2m の5 径間単純トラス橋

橋脚だけが残った**姉歯橋**

気仙大橋

陸地に漂流した姉歯橋の歩道橋部分

漂流した上部工？

震災前の姉歯橋

http://www15.atwiki.jp/konkatu346/pages/86.html

奈々切跨線橋　JR 大船渡線を跨ぐ国道340 号線に平成10年架設

桁に津波による損傷が見られないが、
鋼製パイプ高欄が津波により倒された.
橋台裏盛り土がかなり沈下していた。

沼田跨線橋

国道45 号線上で浜田川に架設

ﾄﾞﾗｺﾞﾝﾚｰﾙ大船渡線と交叉する

橋長65m の3 連PC 単純桁橋

©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約

左岸橋台頂部のサイドブロックおよび橋台のコンクリートが損傷．
桁を固定していたアンカー鉄筋が鉛直方向を向いたまま露出しており、津波の揚力によって浮き上がった後，橋軸直角方向に押し出されて落下したと推測される．
沼田跨線橋
落下した上部工

川原川橋
古川橋
松原大橋
曲松
土手影
木場
高田松原西
340
45
陸前高田浄化
センター
県立高田松原
野外活動
センター
古川
高田松原
公園
高田松原
妙恩寺
高田松原
海水浴場
砂盛
陸前高田ユース
ホステル
市立気仙
中学校
バイパス
東浜街道
震災前の高田松原の地形
©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN -

川原川橋
古川橋
松原大橋
震災後の高田松原の地形
曲松
土手影
木場
高田松原西
古川
高田松原
公園
県立高田松原
野外活動
センター
陸前高田浄化
センター
高田松原
妙恩寺
広田湾
高田松原
海水浴場
砂盛
陸前高田ユース
ホステル
市立気仙
中学校
340
45
©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN 画像 ©2011 , Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, GeoEye - 利用規約

川原川橋

陸前高田市内流れる川原川にある橋長29m のPC 桁橋。海のすぐ近くだが、桁の流失や橋台の損傷は無かった.

川原川橋

震災直後，橋台の背面土が流失していた．仮設の橋桁が架けられていたが、6月には盛土による復旧

川原川橋の下流に平行したPC橋である古川橋．両岸の橋台背面土が流失したが上部構造の流失は免れている．

公園や海水浴場と接続する松原大橋（PC）も橋梁本体の損傷が見られなかった．
（津波の進行方向に平行）

6月14日（2）
気仙沼&南三陸地区
小泉大橋
二十一浜橋
歌津大橋
大岳
長崎山
高城山
愛宕山
高金山
御岳山
小金沢
本吉
陸前小泉
論山
権現森
田束山
蔵内
高塚山
神行堂山
貞任山
陸前港
松島
末の崎
童子山
惣内山
歌津
館崎
羽沢峠
本吉郡
南三陸町
清水浜
琵琶崎
歌津崎
志津川
伏房崎
野島
保呂羽山
©2011 Google - 地図データ ©2011

国道45 号線が津谷川を渡る地点に架けられた**小泉大橋**
橋長182m幅員10.5m の連続プレートガーダー橋（1974 年竣工）
3径間連続桁が2 連からなる6 径間橋梁で，
桁端と橋台との間に3 本のダンパーが設置されていた．
津波により橋桁支承部が破壊され，上部構造が完全に流され、
ダンパーはボルト破壊により取り付け部で分離していた．

鉄道橋（気仙沼線）
小泉大橋
外尾川橋
（60mのPC橋，盛土や歩道橋部の桁が流失したが，
橋梁本体の損傷は少なく，調査時復旧済み）

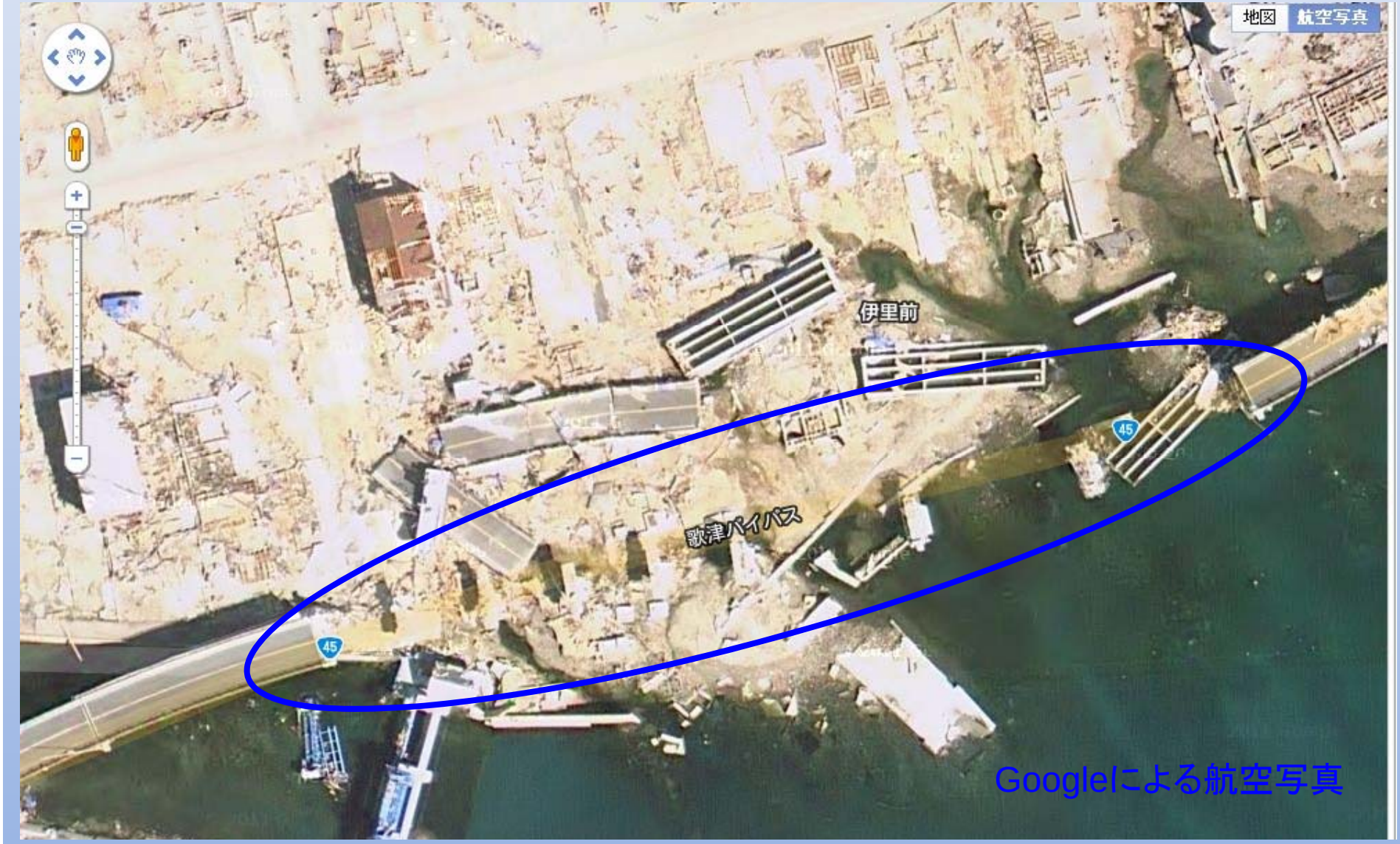
宮城県気仙沼市本吉町の二十一浜川を渡る国道45 号線の**二十一浜橋**

橋長17m の単純PC プレテンT 桁橋で，1970 年架設

橋梁両側の盛土部分が流出したが、調査時は，流出した盛土部分に

仮橋を設ける工事がなされ、通行可能となっていた。

歌津大橋1972 年に架設PC橋、単純ポステンT 桁橋2 連、単純ﾌﾟﾚﾃﾝT 桁橋5 連、
単純ﾎﾟｽﾃﾝT 桁橋5 連の計12 径間．津波によって8 径間崩壊。



Googleによる航空写真

歌津大橋 コンクリート巻きたてによる補強や中央の5 径間についてサイドブロックや，鋼製の移動制限装置が設けられていた．しかし，移動制限装置やサイドブロックの有無によらず，端部を除く8 径間で桁が津波によって落下している．津波によってサイドブロック以上の高さまで桁が持ち上げられて押し流されて，落橋したことがわかる．

歌津大橋

津波による上揚力によって下流側の支承が破断し，
桁が回転し，横転する形で流出したと考えられる。

6月15日
石巻地区
新北上大橋
定川大橋
日和大橋
石巻市
東松島市
牡鹿郡
北上川
石巻線
仙石線
陸前山下
石巻市役所
陸前赤井
東松島市役所
石巻港
石巻漁港
市立病院
こだまホスピタル
石巻専修大
石巻市総合運動公園
石巻オーシャンCC
女川町役場
女川運動公園
京ケ森
牧山
沢田
万石浦
渡波
唐松山
高崎山
大六天山
硯上山万石浦県立自然公園
サン・ファンバウティスタパーク
航空自衛隊松島基地
大欠山
鹿妻
矢本
矢本氏重層門
赤坂病院
石巻別街道
石巻河南
石巻港
石巻街道
三陸自動車道(無料区間)
東部運動
佳景山
欠山
旭山
沢田山
上品山
硯上山
高梨山
石投山
籠峰山
トヤケ森山
愛宕山
牧野巣山
福地山
白鳥渡来地
小渕山
明神山
藤原牧場
ソロミ山
経山
富士高森山
愛宕山
小倉山
舟島山
神取山
和渕
龍ノ口山
ののの岳
桃生豊里
北上川
長面浦
2 km
2 mi
©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN - 利用規約

左岸側の2 径間の
上部構造が流失
新北上大橋
国道398 号線上の北上川にかかる橋長566m
主径間が84.8m の7 径間の単純トラス橋
上流側に漂着した上部工
Googleによる航空写真
©2011 Google - 画像 ©2011 , Cnes/Spot Image, DigitalGlobe, GeoEye

左岸から見た
新北上大橋
2 径間流失

上部構造が津波によって持ち上げられ，上流側に押し流され，ねじれるように回転しながら落橋したか？

津波による被害は軽微
地震動による被害も見られない。

日和大橋

宮城県道240 号線旧北上川河口に架かる,
3 径間連続鋼床版箱桁橋と4 連の
3 径間連続鋼鈑桁からなる長さ716.6mの橋梁

耐震補強された橋脚

橋脚基礎部周りの地盤が洗掘,
橋脚は損傷や傾斜していない

ダンパー・変位制限装置が設置

定川大橋

東松島市の定川に架かるスパン長40m，幅員12m の3 径間のRC桁橋，1987 年に竣工．
45 度の斜角を有する桁が6 個のゴムパッドで支持されており，径32mm の鋼棒10 本の落橋防止構造．
新聞報道によると大型貨物船（全長140m）が津波により流され，橋に衝突し橋を突き破った？
橋のアプローチ部および桁には別の船舶が衝突した痕跡があり，大きく損傷している 。

津波により，橋台裏込土流出

中央径間が落橋防止構造を引張破断し
上流側に流出

支承部

6月16日（1）
仙台七ヶ浜地区
橋本橋と韮森橋　宮城県道58 号線阿川沼から太平洋へと注ぐ川と
交差する部分に位置するボックスカルバート形式の橋
韮森橋
橋本橋
塩竈市役所
塩釜高東
キャンパス
西塩釜
塩釜中央
自動車学校
合同庁舎
塩竈港緑地
大昭倉庫
七ヶ浜
町役場
総合スポーツ
センター
君ケ岡公園
吉田浜局
セイルヨット
遠藤商店
七ケ浜町デイ
サービス
センター
生涯学習
センター
七ヶ浜町
歴史資料館
くろしお宮城
ボートマリーナ
汐見台局
汐見小
東豊中
多賀城高
体育館
貞山高
陸上自衛隊
多賀城駐屯地
警察学校
向洋中
大代局
砂押川
仙塩総合
病院
多賀城緑地
韮山
菖蒲田
海水浴場
高山海水
浴場
御殿山
松ケ浜小
菅松院
23

橋本橋

周囲の裏込土が流出したが，ボックスカルバート本体は
特段の被害はなかった．調査時，仮設橋が設置されていた。

津波10m以上と
の証言者

韮森橋北東側の裏込土が洗掘された流出，
本体には特に損傷した痕跡はなかった．
ボックスカルバート本体

海側は公園、完全に洗掘され浸水

不動橋＆新不動橋
松ケ島橋
6月16日（2）
東松島地区
©2011 Google - 地図データ ©2011 ZENRIN -
東松島市
松島町
鳴瀬第一中
萩ケ森山
富山
大欠山
牛網池
鹿妻
陸前小野
文浜市小
東部運動公園
明神神社
石巻湾
不老山
鰯山
大仏山
野蒜小
野蒜
陸前大塚
呼崎
天王崎
手樽公園
陸前富山
手樽
高城町
松島町役場
松島
新富山
葉山神社
松島湾
蛇島崎
東名
松島海岸
松島海浜公園
丸山
野蒜送信所
野蒜海水
扇谷山
双観山
朴島
寺崎
大森島
根崎
美女浦
大高森
浦戸中
奥松島縄文村歴史資料館
室浜海水浴場
桂島
浦戸局
寒風沢島
宮戸島
波津々浦
松崎
大日山
松島高
愛宕
松島運動公園
JA
仙石線
東北本線
三陸自動車道
鳴瀬奥松島
石巻街道
奥松島パークライン

松が島橋，宮城県道27 号線に架かる，昭和39 年竣工，橋長45.5m幅員6.8m，3 径間4 主桁プレテンションT 桁橋で45 度斜角を有する斜橋

新不動橋　県道奥松島公園線上の2 径間の斜角を有するPC 桁橋

不動橋

東北大学工学部建物の被害

おわり！

耐津波設計は可能か？

土木学会東日本大震災被害調査団「緊急地震被害調査報告書」を
参考させて頂きました。ここで感謝の意を記します。

津波による橋梁被害メカニズムの考察

北海道大学大学院
松本　高志

調査内容と報告内容

- 調査日　6月14～17日
  - 被災より約3ヶ月後.
- 調査対象
  - 国道45号線を中心に陸前高田から仙台の間.
  - 主に津波によって被災した橋梁.
- 調査方法
  - 徒歩による近接目視.
- 現地調査の結果に基づき，既往の研究を参照しつつ，津波による橋梁被害メカニズムの考察を行う.

橋梁の大規模損傷

- 大規模損傷箇所
  - 桁　流失
  - 橋脚　流失
  - 護岸　損傷
  - 橋台　背面土流失
  - アプローチ　盛土流失

桁が流失した橋

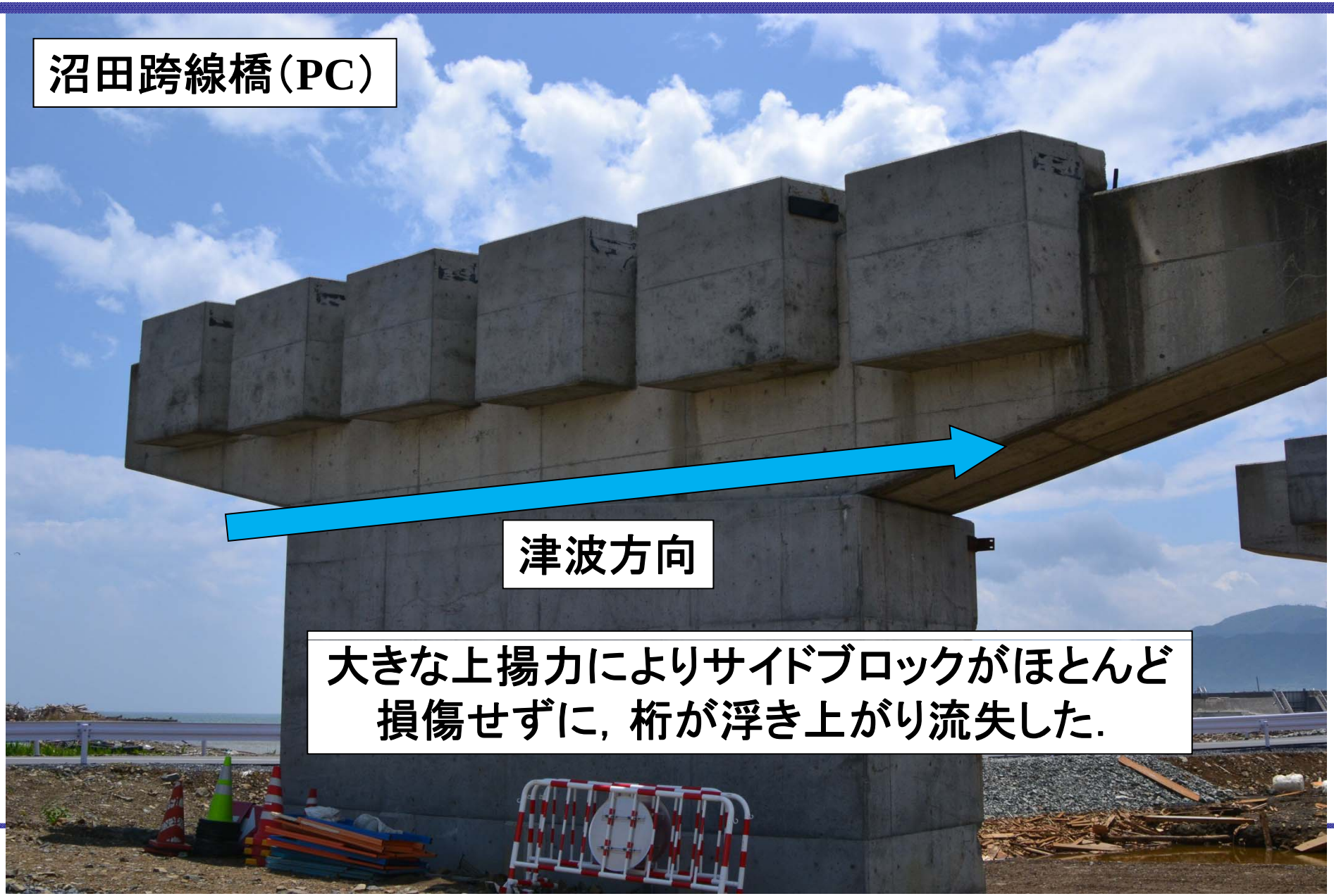
- 鋼鈑桁：気仙大橋，小泉大橋

- 鋼トラス桁：姉歯橋，新北上大橋

桁が流失した橋

- PC桁：沼田跨線橋，歌津大橋，定川大橋

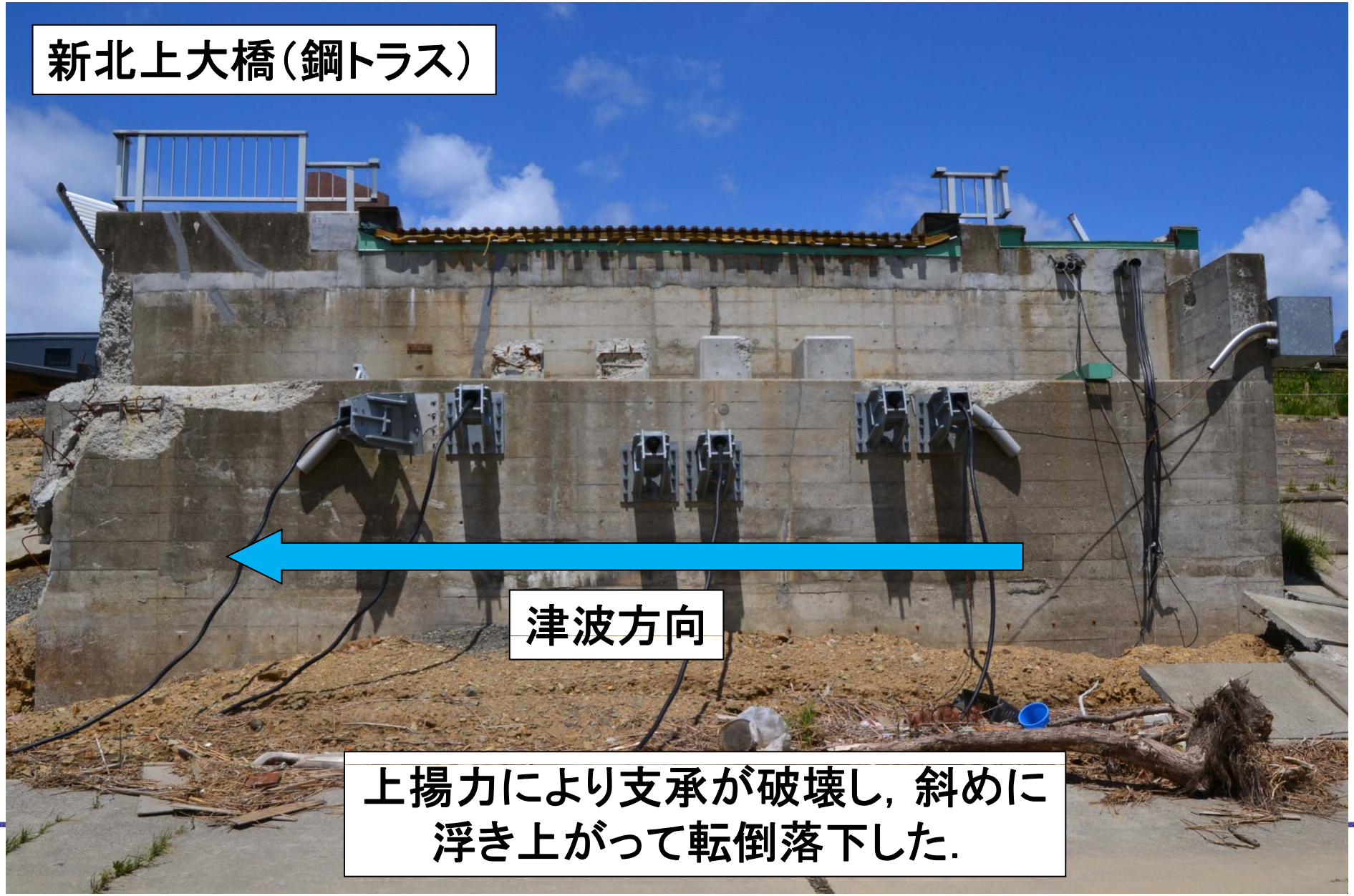
浮き上がり水平に落橋するケース



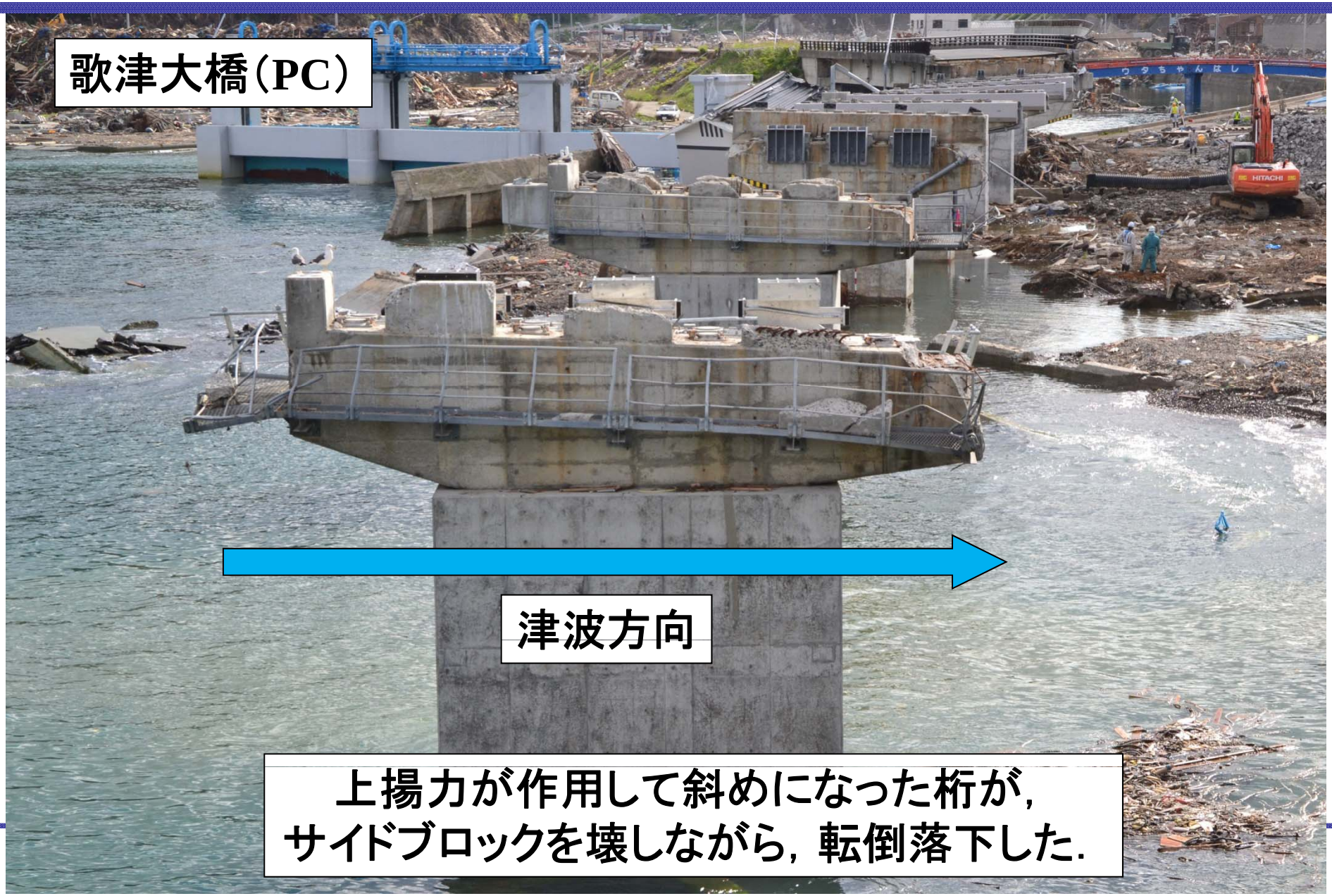
斜めに落橋するケース

上揚力と水平力により支承が破断し，
斜めになって桁が流失した．

斜めに落橋するケース



斜めに落橋するケース



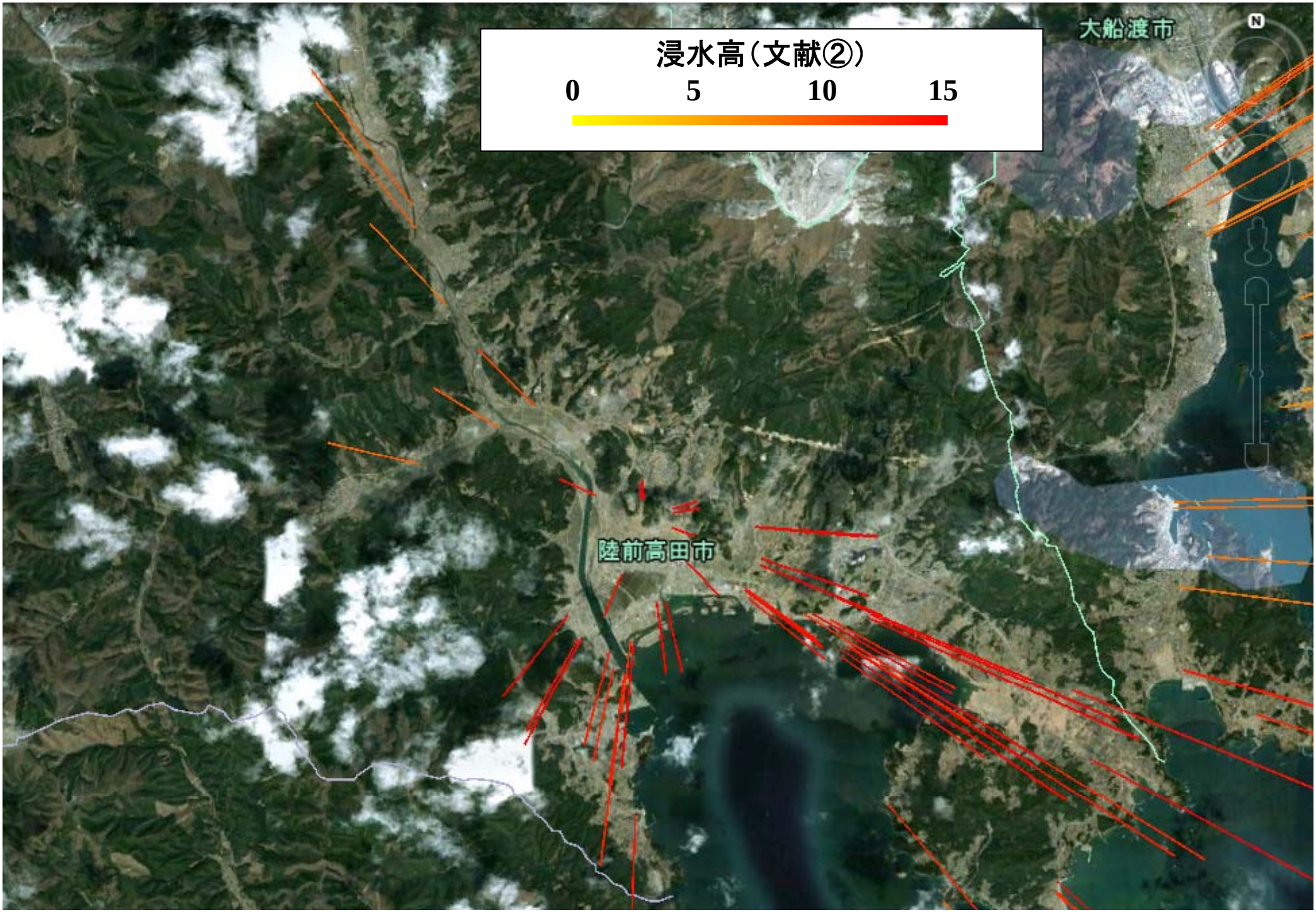
上揚力が作用して斜めになった桁が，
サイドブロックを壊しながら，転倒落下した．

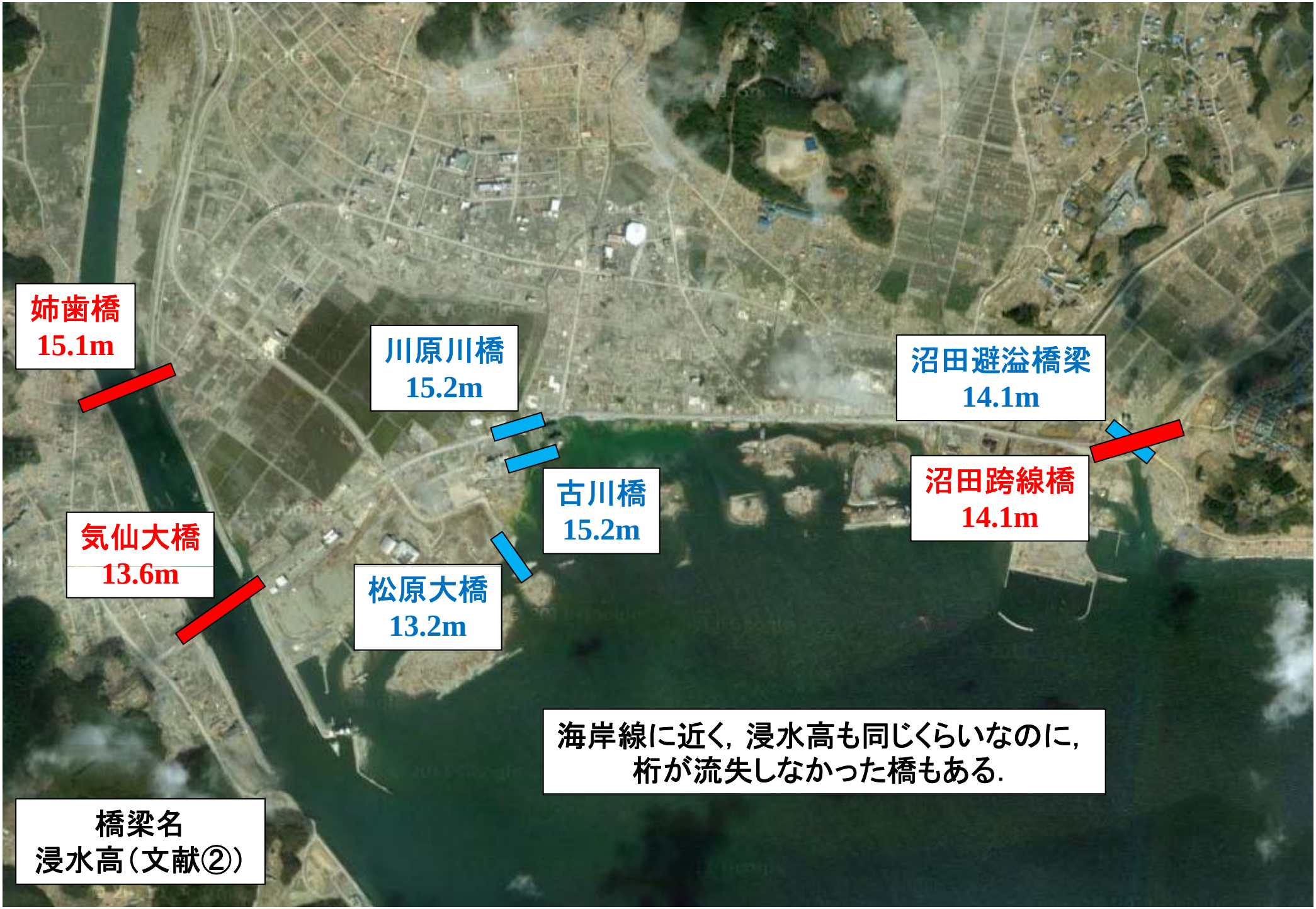
船舶衝突により落橋するケース

陸前高田地区で桁が流失しなかった橋

- 沼田避溢橋梁（鉄道，鋼鈑桁），川原川橋（PC）

古川橋（PC），松原大橋（PC）


浸水高（文献②）
0
5
10
15
大船渡市
陸前高田市
N

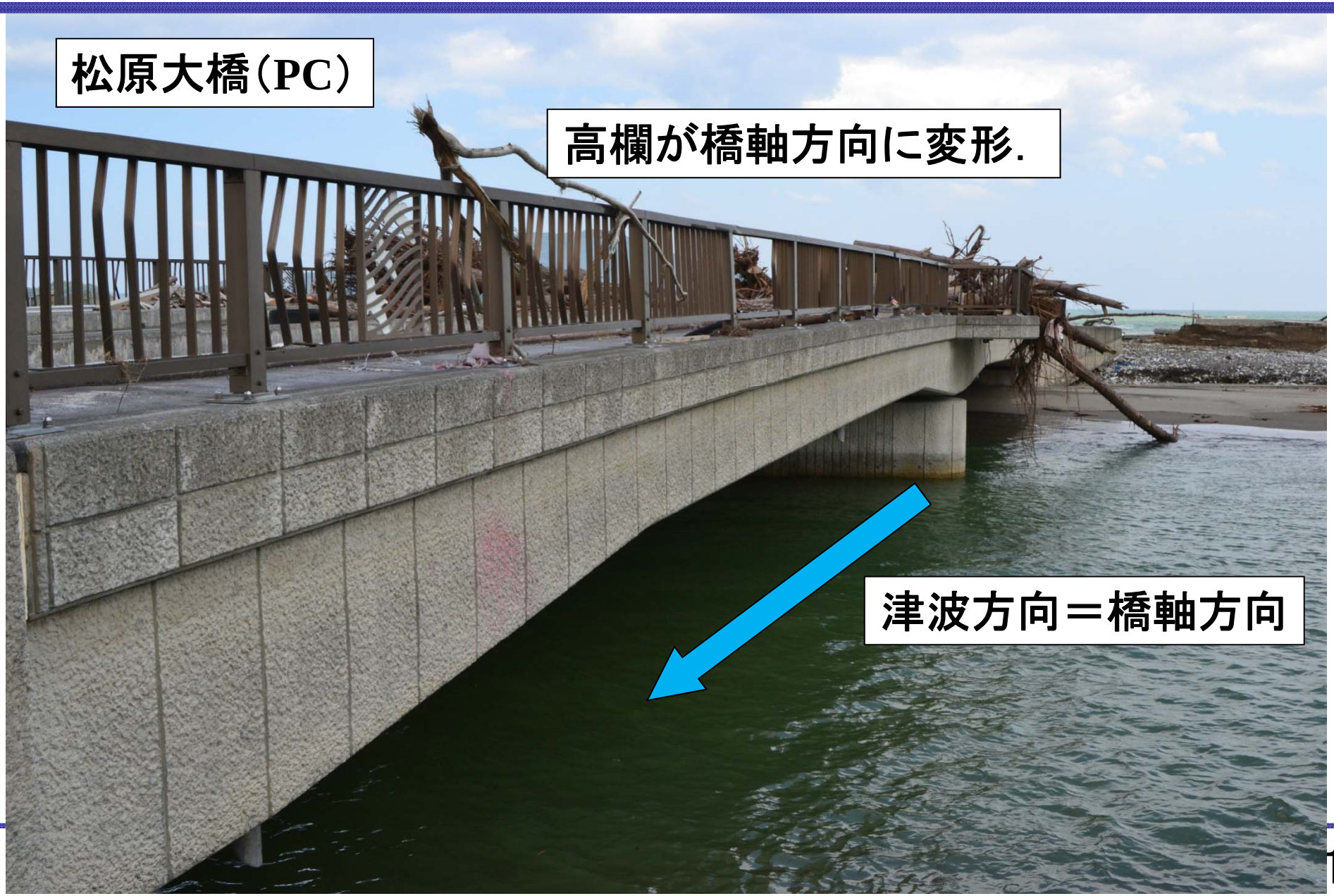

姉歯橋
15.1m
川原川橋
15.2m
沼田避溢橋梁
14.1m
古川橋
15.2m
沼田跨線橋
14.1m
気仙大橋
13.6m
松原大橋
13.2m
海岸線に近く，浸水高も同じくらいなのに，
桁が流失しなかった橋もある．
橋梁名
浸水高（文献②）

陸前高田地区で桁が流失しなかった橋

陸前高田地区で桁が流失しなかった橋

陸前高田地区で桁が流失しなかった橋

陸前高田地区で桁が流失しなかった橋



桁が流失しなかった橋

- 盛土流出：二十一浜橋（PC）

桁が流失しなかった橋

- 斜橋：松が島橋（PC）

斜橋の桁が回転したが，サイドブロックが抵抗したか．

桁流失に関する既往の研究

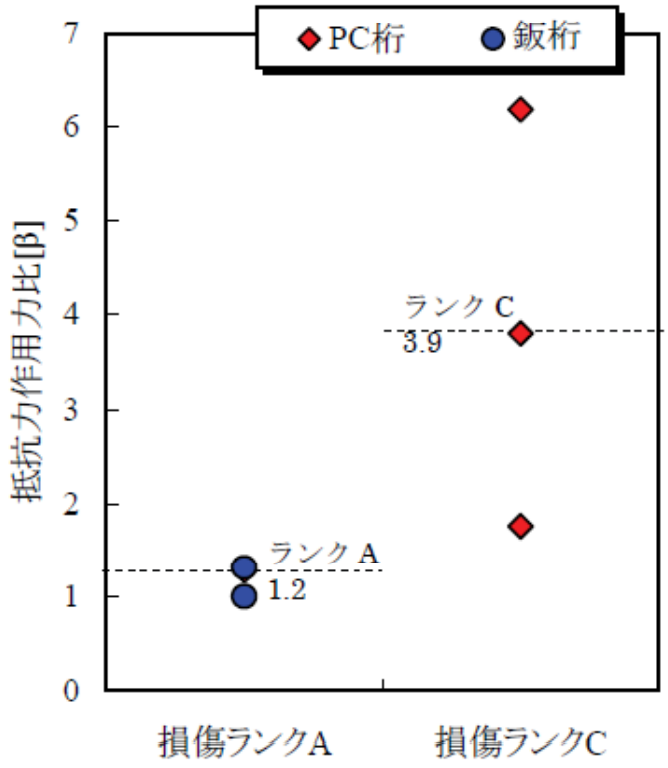
- 簡易分析(文献①)
  - 抵抗力作用力比β.
  - 抵抗力Sは摩擦力による.
  - 作用力Fは水平力のみ，上揚力なし.
  - 歌津，小泉，気仙，川原川，二十一浜，浜田川の分析.

$$\beta = \frac{S}{F},\ S = \mu W,\ F = \frac{1}{2}\rho C_d V^2 A$$

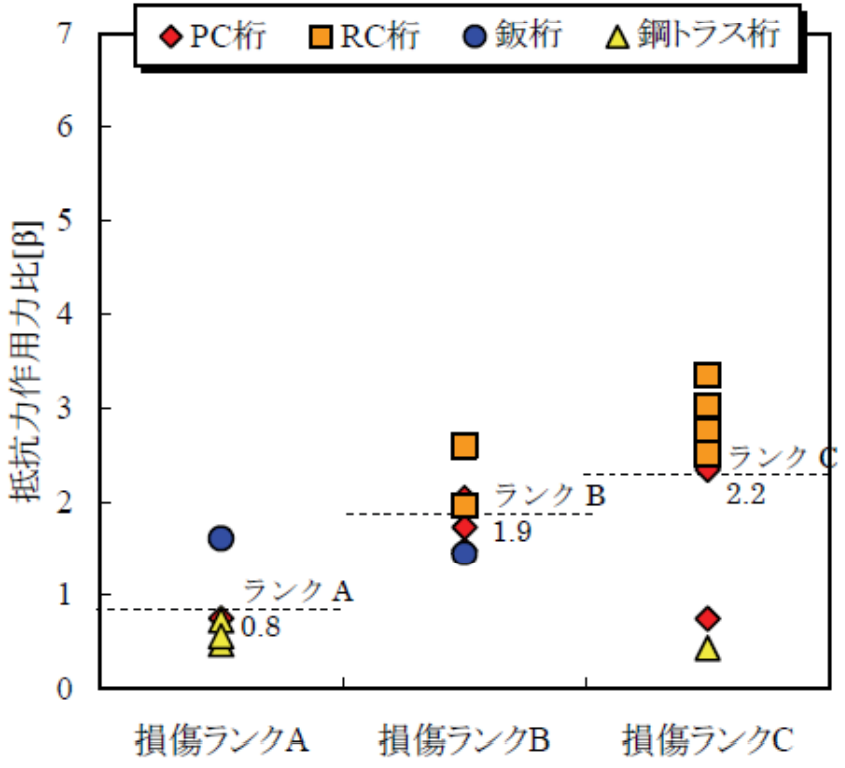
W:桁重量，ρ:水の単位体積重量，C_d:抗力係数，
V:水の流速，A:被水圧面積

表 9.3.1-1　橋梁諸元

対象橋梁	対象径間	桁形式	桁損傷度	桁長	橋の総幅	橋の総高	抗力係数	上部工重量	水の流速	水の密度	摩擦係数	作用力	抵抗力	β
				L[m]	B[m]	D[m]	Cd	W[kN]	v[m/s]	ρ_w[kg/m^3]	μ	F[kN]	S[kN]	S/F
歌津大橋	9径間目	単純PCポステンT桁	A	29.9	8.3	2.5	1.8	3600	5.00	1030	0.60	1676	2160	1.29
小泉大橋	1～6径間目	連続鋼鈑桁	A	181.8	11.3	2.6	1.7	17000	5.00	1030	0.60	10135	10200	1.01
気仙大橋	1～5径間目	連続鋼鈑桁	A	181.1	13.3	2.7	1.6	22000	5.00	1030	0.60	9970	13200	1.32
川原川橋	1径間目	単純PC中空ホロー桁	C	28.8	14.8	1.8	1.3	8800	5.00	1030	0.60	853	5280	6.19
二十一浜橋	1径間目	単純PCプレテンT桁	C	16.6	8.3	1.5	1.6	1500	5.00	1030	0.60	509	900	1.77
浜田川橋	1径間目	単純PCポステンT桁	C	22.5	14.8	1.7	1.3	4100	5.00	1030	0.60	648	2460	3.80



(a)　対象橋梁

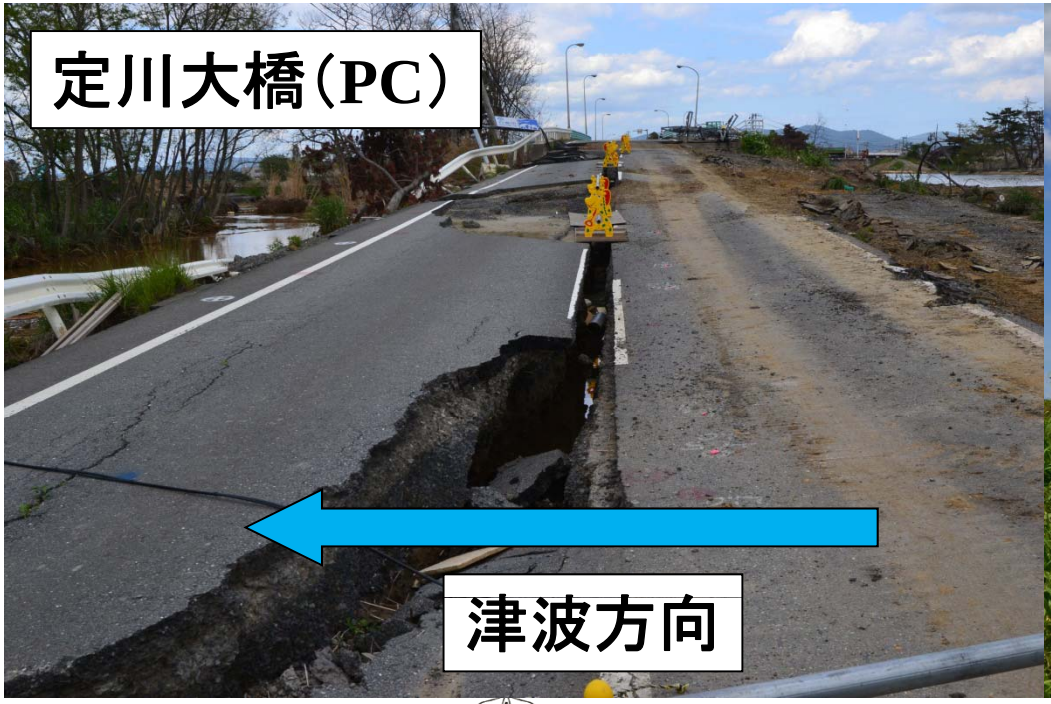


(b)　スマトラ橋梁

図 9.3.1-6　抵抗力作用力比

橋台背面土とアプローチ盛土の流失，護岸の損傷

- 背面土・盛土：気仙大橋，奈々切跨線橋，沼田跨線橋，川原川橋，古川橋，二十一浜橋，新北上大橋，定川大橋，韮森橋，橋本橋，新不動橋，松が島橋
- 護岸：気仙大橋，小泉大橋，新北上大橋，新不動橋



盛土流失に関する既往の研究

- 遠心模型実験(文献②)
- 台形盛土とコンクリート護岸の遠心模型に疑似津波を作用.
  - 盛土:法面すべり.
  - 護岸:張工流失.
  - 海側法尻部から天端間で減速→天端でも減速→陸側天端から法尻部で加速.
  - 陸側法面に高い掃流力.

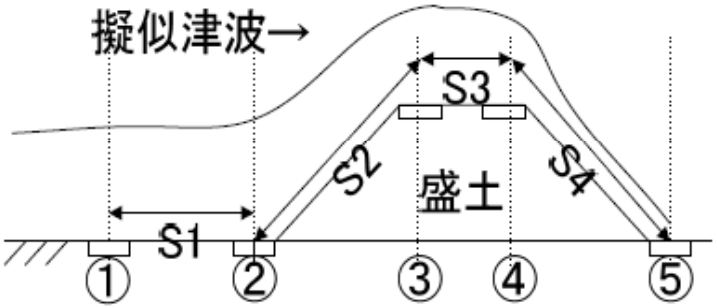


図-5.14　センサーの設置個所

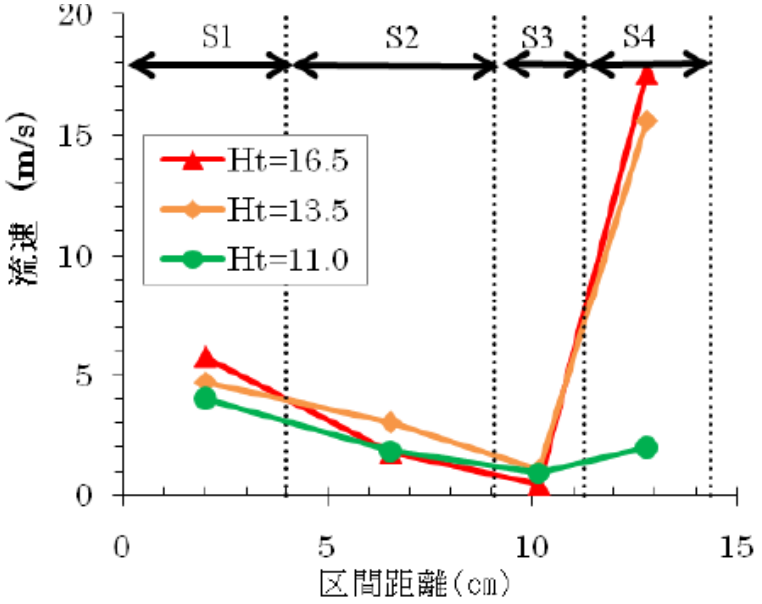


図-5.19 擬似津波の流速変化

まとめ

- 桁の流失
  - 浮き上がって水平移動し落下.
  - 浮き上がって，斜め移動もしくは横転し落下.
  - サイドブロックを水平になぎ倒した橋はない.
  - 船舶衝突により落下.
  - 海岸線に近く，津波に没しても，流失しない橋もある.
  - 流失の有無は作用力抵抗力比により概ね傾向が示される
  - さらに詳細な作用力と抵抗力の把握が必要.

まとめ

- 背面土・盛土の流失，護岸の損傷
  - 陸側法面の浸食から崩壊し流失.
  - 護岸では張工の流失と盛土の浸食.
  - 橋台近くで流失が大きい.
  - 実験により，陸側法面で流速が増大し，高い掃流力が生じることが示されている.

まとめ

- 津波対策工
  - 詳細な作用力と抵抗力の把握が必要.
  - 桁形状，地形効果，漂流物などによる作用力への影響.
  - 支承・落橋防止システムの抵抗力評価.
  - 上揚力への抵抗検討.
  - 船舶の衝突荷重.
  - 橋台背面土・アプローチ盛土・護岸の強化.

参考文献

① 土木学会東日本大震災被害調査団，緊急地震被害調査報告書，土木学会，2011.

② 幸左賢二ほか，津波による道路構造物の被害予測とその軽減策に関する研究，道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート，新道路技術会議，No. 19-2 ，2010.

③ 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ，東北地方太平洋沖地震津波情報，
http://www.coastal.jp/ttjt/，2011.

END