９．３　津波による被害

９．３．１　道路橋

１）七ヶ浜地区

（１）韮森橋

韮森橋は，宮城県道 58 号線塩釜七ヶ浜多賀城線上の菖蒲田浜の南端に位置するボックスカルバート形式の橋である．後述する橋本橋と併せて，その位置を図 9.3.1-1 に示す．

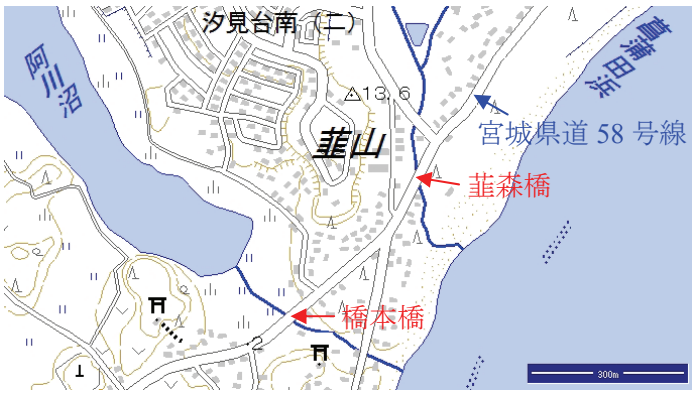


図 9.3.1-1　韮森橋と橋本橋の位置

（電子国土ポータル http://portal.cyberjapan.jp/index.html に加筆）

韮森橋の北東側の裏込土が写真 9.3.1-1 や写真 9.3.1-2 のように流出しているが，これはボックスカルバートの周りが津波によって洗掘されたものと考えられる．写真 9.3.1-1 や写真 9.3.1-3 から確認されるように，ボックスカルバート本体には特に津波で損傷した痕跡は認められなかった．

写真 9.3.1-1　裏込土の流出とボックスカルバート（右）

写真 9.3.1-2　ボックスカルバート上から見た流失した裏込土部分

写真 9.3.1-3　ボックスカルバートの上面

（２）橋本橋

橋本橋は，宮城県道 58 号線塩釜七ヶ浜多賀城線が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（前掲の図 9.3.1-1 参照）ボックスカルバート形式の橋（写真 9.3.1-4）である．

写真 9.3.1-4　ボックスカルバート形式の橋本橋

橋本橋の周辺は，津波によって甚大な被害を受けているが（写真 9.3.1-5），ボックスカルバート本体は重心の低い安定した構造であることもあり，津波による特段の変状は認められなかった．ただし，周囲の裏込土が流出しているため，仮設橋が設置されていた（写真 9.3.1-6).

写真 9.3.1-5　橋本橋の上流側の状況（奥は阿川沼）

写真 9.3.1-6　裏込土の流出と仮設橋

２）東松島地区

（１）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 桁橋である．震災後には橋台の背面土が一部流失して道路面に段差が生じたために通行止めとなっていたが，調査時には応急復旧工事により通行可能となっていた．高欄が上流側になぎ倒されるようにして変形しているが，橋脚および橋台には損傷はみられない．

写真 9.3.1-7　新不動橋の全景と橋台部

（２）松が島橋

松が島橋は，宮城県道 27 号線奥松島・松島公園線が宮戸島へ渡る地点に架かる，昭和 39 年竣工，橋長 45.5m，幅員 6.8m の 3 径間 4 主桁プレテンション T 桁橋である．およそ 45 度の斜角を有する斜橋である．

本州側と宮戸島の両アプローチ部分が津波で流失していた（写真 9.3.1-8）．宮戸島側の橋脚上では桁間のあきが 6cm 程度生じ，橋軸直角方向には 8cm 程度のずれが生じており（写真 9.3.1-9），このずれに対応するように，桁が反時計回りに回転していることが確認された（写真 9.3.1-10）．

橋脚上のサイドブロックと桁はぶつかっており，サイドブロックが無ければ，さらに桁の回転が生じていた可能性がある（写真 9.3.1-11）．高欄については，津波によって物がぶつかったためか，若干，凸凹が生じていたものの，流出はしていなかった（写真 9.3.1-10）．

写真 9.3.1-8　アプローチ部分の流失と仮設道路

写真 9.3.1-9　宮戸島側の橋脚上での桁間の開き

写真 9.3.1-10　桁の回転と高欄の状況

写真 9.3.1-11　サイドブロック

３）石巻地区

（１）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桁橋であり，1987 年に竣工した．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 本が落橋防止構造として取り付けられていた．

津波により，中央径間が落橋防止構造を引張破断しながら上流側に流出するとともに（写真 9.3.1-12,13），橋台裏込土も流出した（写真 9.3.1-14）．新聞報道（読売新聞 2011 年 4 月 19 日）によると，石巻工業港で建造中の大型貨物船（全長 140m，総重量 2 万 4000 トン）が津波により流され，本橋に衝突，一度目の衝突では破壊しなかったが，第 2 波による衝突により貨物船は橋を突き破ったという情報がある．同じ貨物船ではないものの，定川大橋のアプローチ部には衝突した船舶が残っており（写真 9.3.1-15），大きく損傷している（写真 9.3.1-16）．

写真 9.3.1-12　定川大橋の桁流出部（左）と流出した桁（右）

写真 9.3.1-13　流出した桁取り付け部

写真 9.3.1-14　橋台裏込土の流出

写真 9.3.1-15　衝突した船舶

写真 9.3.1-16　損傷したアプローチ部

（２）日和大橋

宮城県道 240 号石巻女川線の旧北上川河口に架かる，3 径間連続鋼床版箱桁橋（83.5+125.0+83.5m）と 4 連の 3 径間連続鋼鈑桁からなる橋長 716.6m の橋梁である（写真 9.3.1-17）．1979 年に竣工し，石巻工業港（石巻港）と石巻新漁港（石巻漁港）の間を結んでいる． 2008 年度～2010 年度に，中央径間の橋脚 2 基において RC 巻立て，ダンパー・変位制限装置の設置，支承の交換等の耐震補修工事が行われている．

津波により橋脚基礎部周りの地盤が洗掘されている（写真 9.3.1-18）が，橋脚は傾斜していない．また，箱桁端部と橋脚間にダンパーが 2 本設置されているが，箱桁と鈑桁のジョイント部の高覧

部に接触痕が確認できるため，地震により橋脚も振動し，ダンパーも機能したと考えられる．また，耐震補強された橋脚部には損傷は確認できなかった．

写真 9.3.1-17　日和大橋の 3 径間連続鋼鈑桁部（左）と 3 径間連続鋼床版箱桁部（右）

写真 9.3.1-18　　3 径間連続鋼鈑桁橋脚基礎部の洗掘

写真 9.3.1-19　　3 径間連続鋼床版箱桁端部のダンパー・落橋防止工と高覧部の移動痕

（３）内海橋

国道 398 号線が旧北上川を横架する箇所に位置する．上述した日和大橋が旧北上川の最河口部に位置するのに対して，本橋は河口から 2 番目の橋で，日和大橋の約 2km 上流に位置する．写真 9.3.1-20 に示すように，中州を跨いで，右岸側（西内海橋）は 6 径間単純橋，左岸側（東内海橋）は 9 径間単純橋である．本橋は橋面を上回る高さの津波の遡上を受けたにもかかわらず，高欄以

外はほとんど損傷していない．なお，本橋では，下流側で歩道拡幅工事が平成 23 年 3 月 30 日までの工期で実施中であった．

写真 9.3.1-21 は西内海橋を上流側から見たものである．桁は恐らく線支承で支持されただけの単純な構造であるが，特に津波によって橋軸直角方向に移動したり，桁が大きく持ち上がったりした形跡はない．写真 9.3.1-22 は西内海橋を下流側から見たものである．右岸側には多数の津波流出物が漂着しているが，中州側ではそれほど流出物は漂着していない．歩道の拡幅に伴って設置されたばかりの下流側の歩道用高欄が上流側に向けて曲げられている．車道部の高欄も上流側に折れ曲がっているが，中州側では折れ曲がっていない．また，写真 9.3.1-23 に示すように，上流側の高欄は車道部，歩道部ともに損傷していない．こうした点から見て，本橋は河口から近かったが，津波の破壊力は大きくなかったと考えられる．なお，写真 9.3.1-20 からも分かるように，東内海橋でも中州側に多くの津波流出物が漂着している．津波の流れの方向によるものか，流出物除去の関係でこうなっているかは調査が必要である．

写真 9.3.1-24 に示すように本橋周辺だけでなく石巻市の海岸部では広範囲に地盤が沈下している．対岸（左岸）には河川堤防の応急対応用のブルーシートが見られる．

写真 9.3.1-20　日和山公園からみた内海橋

写真 9.3.1-21　右岸上流側から見た西内海橋

写真 9.3.1-22　下流側に残る流出物（西内海橋）

写真 9.3.1-23　上流側の高欄には損傷は少ない

写真 9.3.1-24　周辺部に広範囲に生じた地盤沈下（右岸上流側）

（４）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である．東日本大震災後に撮影された航空写真を写真 9.3.1-25 に示す．左岸側の 2 径間の上部構造が津波によって流失し，上流側 140m および 600m 付近にそれぞれ漂着している．トラス橋の橋面高さと同一高さの左岸の堤防上には，北上水辺センターの 2 階建ての建物があり，これの 1 階部分が津波によって損傷を受けている．このため，トラス部分は 2～3m 程度，津波によって水をかぶったと考えられる．

橋脚には目立った損傷はみられないが，桁－橋脚間をつなぐ落橋防止用のケーブルが破断するとともに，左岸側の上部構造 2 径間を支持する橋台および橋脚上のピン支承およびサイドブロックが損傷している．

上部構造が流失した左岸側の 2 径間については，支承がすべて損傷しているが，サイドブロックは一部原形をとどめたまま残っており，上部構造のトラスが津波によって橋軸直角方向（上流側）に単純に水平に押し流されて落橋したとは考えにくい．上部構造のトラスが津波によって上に持ち上げられ，橋軸直角方向（上流側）に押し流されたために，上部構造がねじれるように回転しながら落橋したと考えられる．”避難するのに精一杯ではっきりと確認した訳ではないが，橋がねじれるようにして落ちた気がする”という近隣住民の目撃情報とも整合する．

右岸側では桁が押し流されることは無く，左岸側の損傷と比較すると損傷の程度は低いが，床版上には木材や下流側から流されてきたと思われる漂着物が堆積したり，下流側に設置された歩道橋のコンクリート床版がめくれ上がったり消失していた．また，主構のフランジに局部座屈が生じている箇所や，塗装が剥げ落ちたりしている箇所がみられた．

写真 9.3.1-25　新北上大橋付近の航空写真（国土地理院による公開写真に加筆）

写真 9.3.1-26 新北上大橋の全景（左岸上流側および右岸下流側）

写真 9.3.1-27 新北上大橋の橋台および津波により流失した上部構造（トラス）

写真 9.3.1-28 新北上大橋の右岸側の上部構造の損傷（トラス）

４）南三陸地区

（１）折立橋

折立橋は，国道 398 号線が折立川を渡る地点に架設された橋長 35m，幅員 11m の 2 径間プレテンション PC 橋である．平成 4 年の竣工であり，平成 2 年道路橋示方書に従って設計されている．地震前に撮影された折立橋の写真を写真 9.3.1-29 に示す．

写真 9.3.1-29　地震前に撮影された折立橋（宮城県ホームページより）

地震後に撮影された衛星写真を写真 9.3.1-30 に示すが，折立橋の下流側約 200m 地点（流出桁 1）と上流側約 10m 地点（流出桁 2）とに橋桁が移動している様子が確認される．それぞれ津波の押し波と引き波で移動したものと推測される．なお，流出桁 1 の上を基準面として，周囲の山の木々に残るビニル袋等の津波の遡上痕までの高低差を測ったところ，12m 程度であった．

写真 9.3.1-30　地震後に撮影された折立橋付近の衛星写真
（Google マップ http://maps.google.co.jp/に加筆）

流出桁 2 は，高欄が完全に流失（写真 9.3.1-31）している．また，橋桁を固定していた合計 14 本のアンカーバーは，橋台上で破断している（写真 9.3.1-32）．いずれの橋桁も下面は見えず，ゴムパッド等は確認できなかったが（写真 9.3.1-33），津波で橋桁が浮き上げられ，桁下面のアンカーバー用の長孔から引き抜かれ，最終的にアンカーバーが破断したものと思われる．流出桁 1 は，歩道側の高欄が流失する形で下流側約 200m の位置まで移動していた（写真 9.3.1-34）．

写真 9.3.1-31　橋台および中間橋脚と流出桁 2

写真 9.3.1-32　A2 橋台上の破断したアンカーバー

写真 9.3.1-33　流出桁 2 の側面

写真 9.3.1-34　流出桁 1

（２）不明（折立橋の上流約 670m）

当該橋は，図 9.3.1-2 に示すように，（１）で述べた折立橋から直線距離で約 670m 上流側に位置する橋である．後述するように，橋台以外は残っておらず，橋名は不明である．

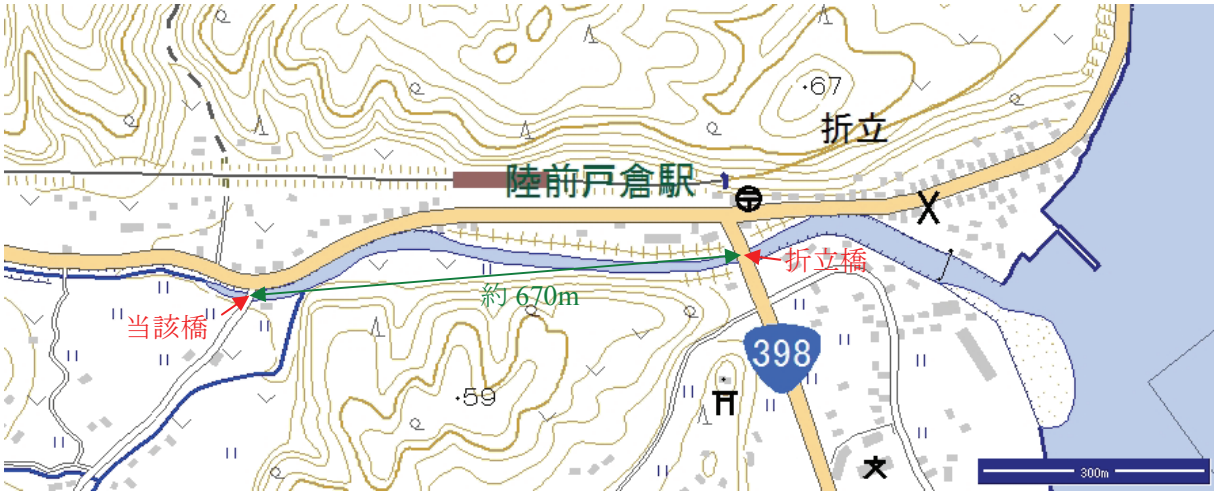


図 9.3.1-2　当該橋と折立橋の位置関係

（電子国土ポータル http://portal.cyberjapan.jp/index.html に加筆）

折立川の河口から約 1km の地点に位置する当該橋は，左岸側の橋台は元の状態を保っていたが（写真 9.3.1-35），右岸側の橋台は裏込土が流失し，背面側に大きく傾いており，床版・桁と思われる残骸がすぐ上流側にあった（写真 9.3.1-36）．調査を行った 4 月 1 日時点で，下流側すぐ近くの地点で仮設道路が供用されていた（写真 9.3.1-37）．

写真 9.3.1-35　左岸側の橋台

写真 9.3.1-36　右岸側の橋台と桁・床版と思われる残骸

写真 9.3.1-37　右岸側の橋台と下流側の仮設道路

（３）横津橋

横津橋は，国道 398 号線が水戸辺川を渡る地点に架かる，橋長 32.9m，幅員 8.4m の 2 径間 3 主桁の鋼 I 桁橋である．1970 年に竣工しており，1964 年の鋼道路橋示方書に基づいて設計がなされている．地震前の状況を写真 9.3.1-38 に示す．

写真 9.3.1-38　地震前の横津橋（宮城県ホームページより）

地震後に撮影された衛星写真を写真 9.3.1-39 に示すが，津波により桁が上流側へ約 100m 移動している．

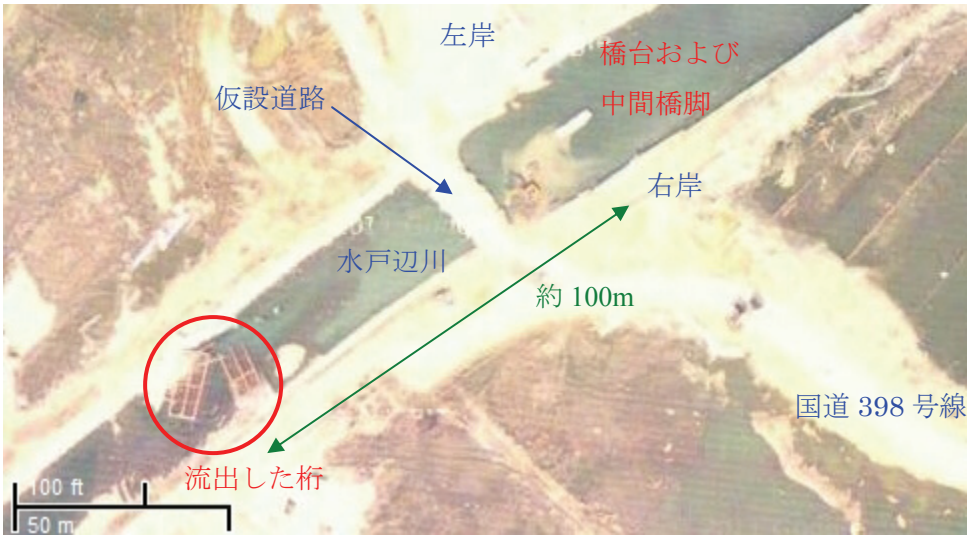


写真 9.3.1-39　地震後に撮影された横津橋付近の衛星写真
（Google マップ http://maps.google.co.jp/に加筆）

橋台および中間橋脚には特に被害は認められないが（写真 9.3.1-40），津波の作用により桁が持ち上げられ，鋼製支承や落橋防止装置が破断し（写真 9.3.1-41），上流約 100m 地点まで桁が流出していた（写真 9.3.1-42）．なお，写真 9.3.1-42 には，横津橋の桁（赤色）とは別に，どこから流出したのかが不明な PC 桁も写っている．

写真 9.3.1-40　中間橋脚と左岸側の橋台

写真 9.3.1-41　破断した落橋防止装置

写真 9.3.1-42　流出した横津橋の桁（左側は不明な PC 桁）

（４）不明（横津橋の上流約 200m）

当該橋は，図 9.3.1-3 に示すように，水戸辺川の右岸側，横津橋の上流約 200m 地点に位置し，水戸辺川に沿った道と水戸辺の支流の交差部に架かる橋である．橋名は不明である．

図 9.3.1-3　当該橋と横津橋の位置関係

東日本大震災後に撮影された当該橋付近の衛星写真を写真 9.3.1-43 に示す．

写真 9.3.1-43　当該橋と流出した桁の位置関係（Google Earth より引用・加筆）

水戸辺川の堤防上に位置する橋台は健全であり（写真 9.3.1-44），鋼製支承が破断している（写真 9.3.1-45）．橋台位置から約 150m 上流側の水戸辺川の右岸には，幅 4.8m の桁が流出していた（写真 9.3.1-46）．

写真 9.3.1-44　横津橋の橋台

写真 9.3.1-45　鋼製支承の状況

写真 9.3.1-46　流出した桁

（５）不明（横津橋の上流約 400m）

横津橋から 400m ほど折立川上流に位置する橋長 20m 程度の 1 車線橋である．写真 9.3.1-47 に示すように，桁は床版を下側に河中に横転していた．写真 9.3.1-48 は左岸側橋台である．鋼製支承が 2 基破断している．下流側のピンチプレートは逸散し，上流側のピンチプレートは浮き上がっている．桁が持ち上げられた際に生じた損傷と考えられる．

写真 9.3.1-47　流出した桁

写真 9.3.1-48　左岸側橋台

（６）不明（横津橋上流左岸側に流出した鋼桁）

水戸辺川の上流で左岸側の堤内地に流出した鋼 I 桁を写真 9.3.1-49 に示す. 橋梁名称は不明である．鋼 I 桁の上フランジに床版ずれ止め筋が確認でき，写真 9.3.1-50 に示すように上フランジの添接部にコンクリート痕が見られることから RC 床版構造であったと考えられる．

写真 9.3.1-49　水戸辺川上流の左岸側堤内地に流出した鋼 I 桁（その 1）

写真 9.3.1-50　水戸辺川上流の左岸側堤内地に流出した鋼 I 桁（その 2）

（７）水尻橋

国道 45 号線の志津川上に 1971 年に架設された橋長 34m の鋼製の 3 径間単純桁橋である．橋台の背面土が流されて土構部が消失するとともに，3 径間のうち 1 径間が落橋しており，調査時には既に応急復旧として仮設の橋が架けられていた．

周辺の建物をみると，津波によって流されてきた漂着物が建物の 4 階近くまで達していることや，支承が小さく貧弱であることを考慮すると，津波により桁に作用する上向きの力によって落橋したこと推定される．

写真 9.3.1-51 水尻橋の落橋部分と背面土の流出部分および周辺の建物

（８）不明（水尻橋の上流約 300m）

国道 45 号線が八幡川を横架する箇所にある 3 径間単純 PC 桁橋である．写真 9.3.1-52，写真 9.3.1-53 に示すように，上流側には特に流木等は付着していないが，下流側には流木が付着している．特に被害は生じていない．

写真 9.3.1-52　上流側

写真 9.3.1-53　下流側

（９）港橋

港橋は，図 9.3.1-4 に示すように，国道 45 号線上の上記（８）の橋の 1 本下に位置する，昭和 37 年に竣工した橋である．東日本大震災後に撮影された航空写真を写真 9.3.1-54 に示す．

写真 9.3.1-55 に示すように，高欄については激しく損傷しているものの，橋の構造本体および前後のアプローチ部分については，津波の作用によって，特段の変状は生じていない（写真 9.3.1-56）．この港橋や，後述するしおさい橋などのように，海面に近く，橋の両端がしっかりと拘束されている場合には上部構造の流出は免れており，橋梁の耐津波対策を考える上で，重要な視点を与えてくれているものと考える．

図 9.3.1-4　港橋の位置

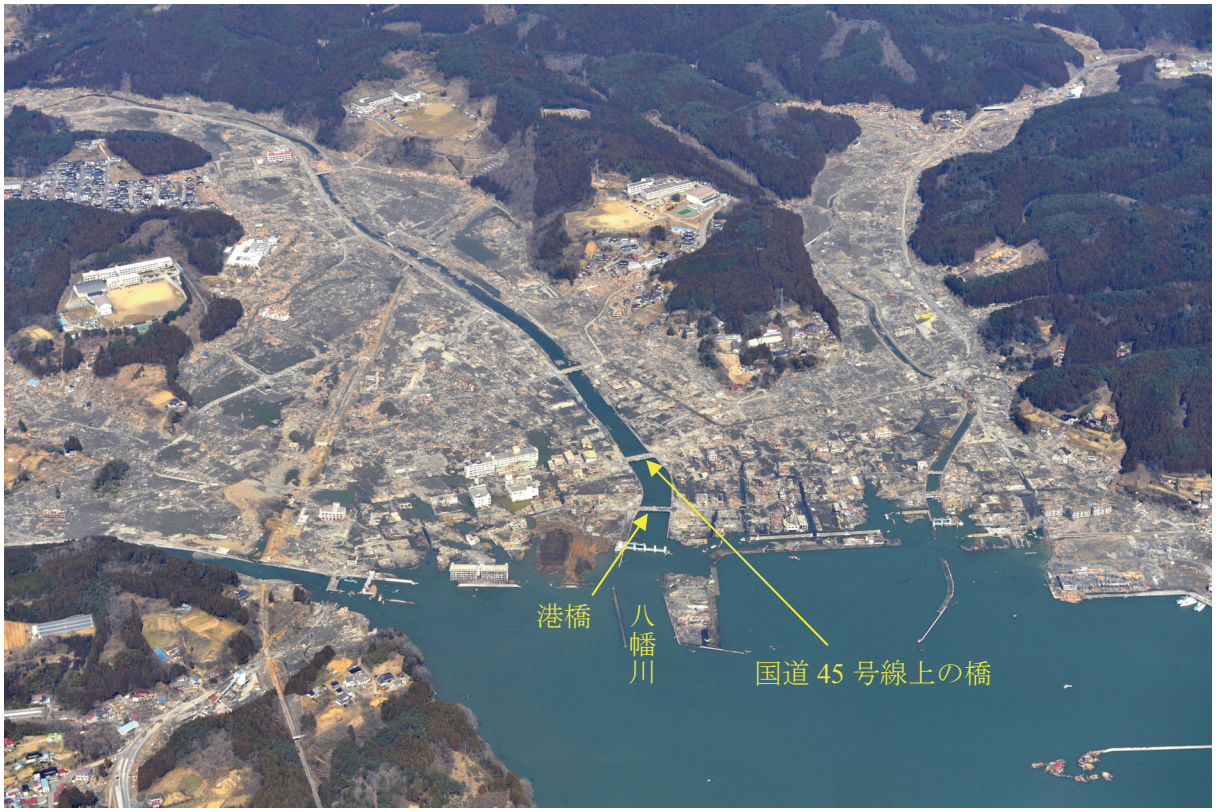


写真 9.3.1-54　南三陸町・八幡川周辺の航空写真（アジア航測（株）の提供写真に加筆）

写真 9.3.1-55　港橋の高欄の損傷

写真 9.3.1-56　港橋の全景

（１０）しずばし

櫻川に架かるしずばしを写真 9.3.1-57 に示す．高欄に添加されていた銘板より昭和 37 年 3 月竣功し，平成 21 年 9 月補修が行われている．津波により鋼製のパイプ高欄が変形し，津波の残留物が高欄および橋桁上に確認されたが，橋桁には大きな損傷が見られなかった．櫻川の少し上流に位置し，しずばしよりエレベーションが高い JR 気仙沼線の盛土の一部が写真 9.3.1-58 に示すように津波により流出しており，しずばしの橋桁の位置が低いことが津波の影響を受けにくかった可能性がある．

写真 9.3.1-57　鋼製高欄に変形が見られるしずばし

写真 9.3.1-58　しずばしの上流側に位置する JR 気仙沼線の盛土の一部の流出状況

（１１）不明（歩道橋）

JR 気仙沼線清水浜駅近くにある桜川橋りょうの上流側にある簡易な歩道橋であり，鋼桁が橋台とゴムパッドで支持されている．津波により，橋台ごと移動していた．

写真 9.3.1-59　橋台ごと移動した歩道橋とその支承部の被害状況

（１２）歌津大橋

1972 年に架設された単純ポステン T 桁橋 2 連，単純 PC プレテン T 桁橋 5 連および単純 PC ポステン T 桁橋 5 連の計 12 径間の橋梁である．コンクリート巻きたてによる補強が行われているほか，中央の 5 径間についてはサイドブロックや，鋼製の移動制限装置が設けられている箇所があった．しかしながら，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．

写真 9.3.1-60　歌津大橋の橋脚と落下した桁

５）気仙沼地区

（１）二十一浜橋

宮城県気仙沼市本吉町の二十一浜川を渡る国道 45 号線の橋梁である（国道 45 号線 109.9km ポイント）．橋長 17m の単純 PC プレテン T 桁橋で，1970 年架設である（写真 9.3.1-61）．

橋梁両側の盛土部分が流出したため通行不能な状態であった．調査時は，流出した盛土部分に仮橋を設ける工事（写真 9.3.1-62）が行われており近接しての調査はできなかったが，目視した限りでは，橋の構造には大きな損傷は認められなかった．橋梁上に多量のがれきが堆積しており，高欄等は損傷しているものと考えられた．

写真 9.3.1-61　二十一浜橋（南三陸町側より）

写真 9.3.1-62　二十一浜橋左岸側の復旧工事の状況

（２）外尾川橋

国道 45 号線上の外尾川にかかる橋長 60m の PC 橋である．歩道橋部や側道橋を除くと道路橋は下流側がボックスカルバートのような構造となっているため上部構造の流失は無かった．側径間の盛り土や歩道橋部の桁が流失していたが，橋脚には損傷がなかったために橋梁全体としての損傷は低く，調査時にはすでに盛り土による応急復旧工事が完了していた．

写真 9.3.1-63　外尾川橋の全景（右岸側から撮影）

写真 9.3.1-64　上部構造が流失した外尾川橋の歩道部

写真 9.3.1-65　外尾川橋の震災前と震災後の比較（下の道路が外尾川，右岸側からの撮影）

写真 9.3.1-66　外尾川橋の震災前と震災後の比較（下の道路が外尾川，右岸側からの撮影）

（３）下宿橋

外尾川に架設された PC 桁である．桁が護岸の中にまで埋め込まれていたために津波による流失を免れたと思われる．

写真 9.3.1-67　下宿橋

（４）そでおがわはし

外尾川橋の歩道部に架設された PC 桁が上流側に流されていた．

写真 9.3.1-68　流失した外尾川橋の上部構造

（５）小泉大橋

国道 45 号線が津谷川を渡る地点に架けられた，橋長 182m，幅員 10.5m の連続プレートガーダー橋である（竣工 1974 年）． 3 径間連続桁が 2 連からなる 6 径間橋梁である（写真 9.3.1-69）．耐震補修が行われており，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，一つは上流側に約 350m に，もう一つは堤防を越えて約 400m 上流側に移動していた（写真 9.3.1-70）．橋桁は原型を留めないほどねじれ，破壊しており（写真 9.3.1-71），津波によって転がるように移動したと考えられる．また，写真 9.3.1-69 から分かるように地震前の橋脚はほぼ等間隔であったのに対し，調査時には橋梁中央の橋脚が無くなっており（写真 9.3.1-72），津波によって流出したと思われるが，その橋脚の痕跡を見つけることはできなかった．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（写真 9.3.1-73）．

写真 9.3.1-69　地震前の小泉大橋（橋脚 5 本のうち 4 本のみ写っている）

写真 9.3.1-70　地震後の衛星写真における小泉大橋の被害状況

写真 9.3.1-71　流出した橋桁（左：流出橋桁１，右：流出橋桁２）

写真 9.3.1-72　小泉大橋の被害状況（橋脚）

写真 9.3.1-73　橋台部の破壊状況

６）陸前高田地区

東日本大震災後に撮影された陸前高田地区の航空写真を写真 9.3.1-74 に示す.

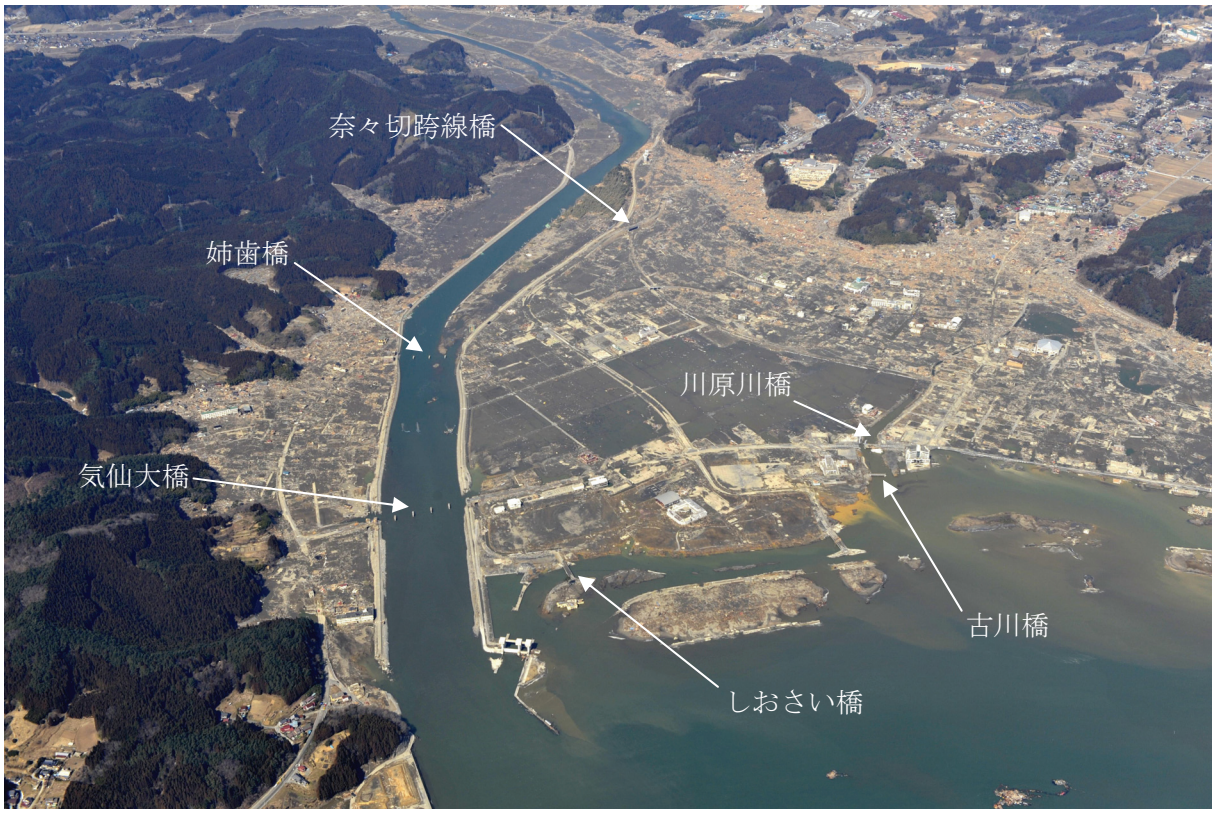


写真 9.3.1-74　陸前高田市・気仙川河口付近の航空写真（アジア航測(株)の提供写真に加筆）

以下，各橋梁の津波による被害について述べる.

（１）奈々切跨線橋

奈々切跨線橋は，JR 大船渡線を跨ぐ国道 340 号の橋梁で平成 10 年に架設されている．橋長は 36.5m である．写真 9.3.1-75 に示すように両端に橋台を有する PC 単純桁である．橋桁に対する津波の影響は小さかったが，写真 9.3.1-76 に示すように鋼製のパイプ高欄およびその外側に設置されている落下防護柵が津波により倒壊していた．倒壊方向が海側のため寄せ波と引き波のうち，最終的に引き波により転倒したと推定できる.

写真 9.3.1-75　JR 大船渡線を跨ぐ奈々切跨線橋

写真 9.3.1-76　津波の引き波により倒壊した鋼製パイプ高欄および落下防護柵

（２）気仙大橋

国道 45 線上の気仙側に 1982 年に架設された橋長 182m の 5 径間の鋼コンクリート連続版桁橋である．下部構造の橋脚には損傷はみられなかったが， 5 径間すべての上部構造が津波によって 500m 以上上流側に押し流されていた．各橋台および各橋脚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している．

橋台部にはサイドブロックが設置されていたが，橋脚上にはサイドブロックは設置されておらず，桁と下部構造をつなぐ部材は支承と制震装置のみであったが，ゴム支承や制震装置は桁が津波によって押し流されたことで破断していた．

写真 9.3.1-77　気仙大橋の橋脚と流失した上部構造

写真 9.3.1-78　気仙大橋の支承とサイドブロックと制震装置

（３）姉歯橋

気仙川に架設された 1932 年完成の橋長 147.2m の 5 径間単純トラス橋である．上部構造である桁が津波によって流失し，上流側に漂着している．橋脚には上流側に歩道橋（桁）を載せるコンクリート部材があったと考えられるが，津波によって上部構造が流された際に削り取られた痕跡がみられた．

トラス橋は金属支承によって支持されていたが，上沓と下沓を止める支承の部材は引きちぎられている．津波によって生じた上向きの力の作用によって，支承は引きはがされるようにして損傷したと推定される．

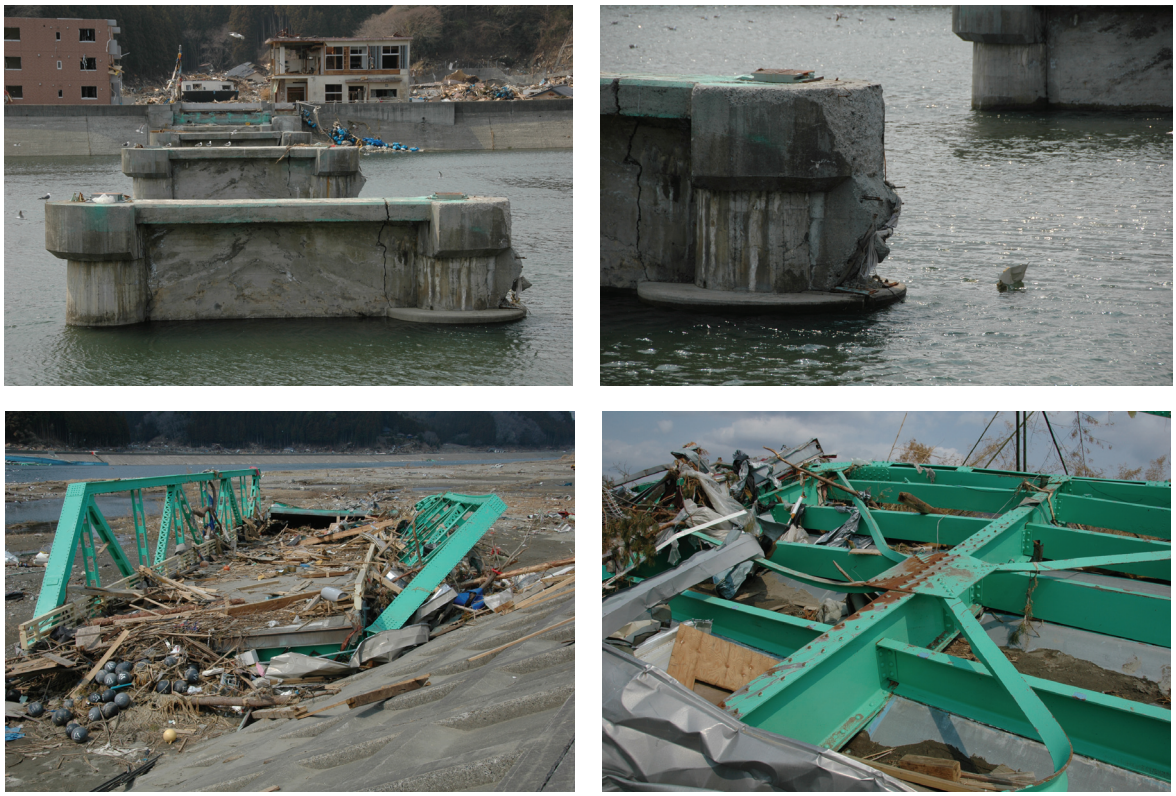


写真 9.3.1-79　姉歯橋の下部構造と流失した上部構造（トラス）

写真 9.3.1-80　損傷した姉歯橋の支承

（４）しおさい橋

しおさい橋は，図 9.3.1-5 に示すように，市街地と高田松原公園とを結ぶ橋である．

写真 9.3.1-81 のように，津波の作用によって橋の構造本体には特段の変状は生じていなかった．津波による大きな被災を免れた要因としては，図 9.3.1-5 から分かるように，しおさい橋の橋軸方向は海岸線にほぼ直交しており，津波の主たる作用方向がしおさい橋の橋軸方向であったことも関係する可能性はあるが，しおさい橋の構造形式が両端がしっかりと拘束された強固なものであったことが最大の要因であると考えられる．実際，写真 9.3.1-82 からも分かるように，裏込土は津波によって流失する被害が生じており，しおさい橋のような構造形式の高い耐津波作用が示されているものと考える．

図 9.3.1-5　しおさい橋の位置

写真 9.3.1-81　しおさい橋の全景

写真 9.3.1-82　裏込土の流失

（５）川原川橋

陸前高田市内中央を流れる川原川に架設された橋長 29m の PC 桁橋である．桁両端を橋台によって支持された構造であるが桁の流失や橋台の損傷は無かったが，右眼側橋台の背面土が流失していた．仮設の橋桁が架けられており，1 車線が通行可能となっていた．

川原川橋の下流側には近くの建物の一部が津波によって流されてきており，津波が橋をおそった際に桁にぶつかった可能性がある．ただし，桁は落橋防止用の 8 本のケーブルによって橋台に固定されており，これによって桁の流失が免れた可能性がある．

川原川橋周辺の建物の柱のかぶりコンクリートが削られて軸方向鉄筋がむき出しになっていた．津波の際に運ばれてきた石，砂利などによって削られたと考えられる．

写真 9.3.1-83　川原川橋の全景と流失した橋台背面土および仮設の橋桁

写真 9.3.1-84　川原川橋に衝突した可能性がある建物

写真 9.3.1-85　川原川橋周辺の建物とその柱

（６）古川橋

川原川橋の下流に平行して仮設された PC 橋である．両岸の橋台背面土が流失しているが川原川橋と同様に上部構造の流失は免れている．護岸や道路などは津波によって消失しており，周りに津波の流れを阻害するものが無かったために，津波の力が橋に集中しなかったために，古川橋の落橋が免れた可能性がある．

写真 9.3.1-86　古川橋の全景とふみかけ板と流失した橋台背面の土

（７）沼田跨線橋

国道 45 号線上で浜田川に仮設された橋長 65m の 3 連の PC 単純桁橋である．左岸の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しており，落橋する際にコンクリートを削り落としたと考えられる．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いる．津波による上向きが作用したことにより，桁がサイドブロックを乗り越える様にして浮き上がって，その後，橋軸直角方向に押し出されて橋台や橋脚から落下したと考えられる．

写真 9.3.1-87　沼田跨線橋の全景および流失した上部構造（PC 桁）

写真 9.3.1-88　沼田跨線橋の損傷した橋台頂部と橋脚の頂部および桁

７）亘理郡地区

（１）常磐自動車道吉田橋

常磐自動車道の宮城県亘理郡に位置し，橋長 315.8m，幅員 10.7m の鋼 5 径間連続非合成箱桁橋であり，2005 年に竣工した．逆台形閉断面箱桁とすることで橋脚幅を小さくし，景観性および経済性に配慮されている．

亘理郡は津波により甚大な被害を受けた．常磐自動車道は盛土部と橋梁部からなるが，盛土部がちょうど堤防のようになり，津波浸水域の境界となっている．橋梁部から津波が内陸部へと進入した．橋脚基礎部にはわずかに洗掘が，また支承部にはわずかに残留変形が見られるものの，橋梁躯体部には特に損傷は確認できない．

写真 9.3.1-89　吉田橋の全景とわずかに残留変形がみられる高減衰ゴム支承

写真 9.3.1-90　橋桁下部における津波の痕跡

８）釜石・宮古地区

（１）矢の浦橋

釜石駅を経由して甲子川河口の矢の浦橋を調査した．橋長 108.6m の 3 径間の鋼桁橋である．矢の浦橋付近はインターネットで釜石港湾事務所付近映像が公開されており，これによると周辺建物が 2 階まで浸かっていることから，津波は矢の浦橋の橋面を 6m 程度超えているようである．写真 9.3.1-91～92 に矢の浦橋付近の震災前後の写真を示す．現地は，海に近く，津波が大きく越波し上部工の損傷が予想されたものの，本体には大きな損傷は見られなかった．しかしながら，すぐ近くの上流側の 2 径間分の管路が流失していた．付属形式の管路や，拡幅された歩道桁は，桁本体に比較すると，重量/抵抗断面積が小さいために，多くの場所でこのような損傷が確認された（写真 9.3.1-93，写真 9.3.1-94）．

写真 9.3.1-91　矢の浦橋付近衛星写真

写真 9.3.1-92　矢の浦橋近傍の管路流失

写真 9.3.1-93　矢の浦橋

写真 9.3.1-94　矢の浦橋近傍の水管橋

（２）大槌川橋

主要地方道 280 号線が大槌川を横架する箇所に位置する 3 径間単純 PC 橋である．写真 9.3.1-95，写真 9.3.1-96 に示すように，高欄が上流側に押し曲げられたが，わずかに桁が上流側に移動した形跡があるほかは，橋本体には著しい被害は生じなかった．なお，この橋の下流約 300m に JR 山田線の橋梁があったが，この橋では 11 径間すべての桁が流出した．一部のレールは写真 9.3.1-95 に示すように，本橋の左岸下流側まで流されてきた．写真 9.3.1-97 は本橋周辺の津波による甚大な被害状況である．

写真 9.3.1-95　大槌川橋（主要地方道 280 号線）

写真 9.3.1-96　上流側に曲がった高欄

写真 9.3.1-97　周辺の津波による被害状況

（３）浪板橋

釜石市から大槌町に入っても，家屋の損傷は著しく，特に津波が到達したエリアでの木造で再使用可能なものは極めて限られていた．浪板橋は浪板川を横過する橋長 25m の橋梁である．写真 9.3.1-98～99 に浪板橋の震災前後の衛星写真を示す．浪板橋は単純 2 連の PC 桁（各 12.5m）であるが，両側面に鋼桁の拡幅桁（各 12.5m）があり，両拡幅桁および両拡幅橋脚が流失していた．4 つの鋼桁はいずれも 30～100m 程度上流まで流されていた．4 月 1 日の調査時点では，両側の背面盛土は，復旧されており，交互通行が可能となっていた．下流側の橋脚は中間部から上が流失していた．また，上流側の流失橋脚の基礎部は撤去されたのか，辺りには見つからなかった．上流側には，橋脚の梁部が横たわっていたが，上流側か下流側の橋脚かは不明であった（写真 9.3. 1-100～103）

写真 9.3.1-98　浪板橋付近衛星写真

写真 9.3.1-99　震災後の浪板橋

写真 9.3.1-100　応急復旧された浪板橋

写真 9.3.1-101　流失した拡幅桁

写真 9.3.1-102　浪板橋の損傷した橋脚部

写真 9.3.1-103　流失した拡幅桁

（４）宝来橋

国道 45 号線が陸中山田地区の関口川を横架する箇所に位置する 2 径間 PC 単純橋であり，写真 9.3.1-104，写真 9.3.1-105 に示すように，河口部で海岸護岸とほぼ接する箇所に位置していた．海岸護岸には 30cm 程度移動した痕跡が認められたが，橋本体にはほとんど被害は生じていない．写真 9.3.1-106 は橋台及び支承部である．桁はゴム支承によって橋台に支持されており，桁と橋台が接触していたが，それ以外には目立った被害は見られなかった．写真 9.3.1-107 は恐らく上流側

に添加されていた歩道橋が流出したものと考えられる．本地区も津波により激甚な被害を受けているが，明神崎と小根ケ崎で囲われた山田湾に面していることから，大槌地区等に比較すると津波の影響が小さかった可能性がある．

写真 9.3.1-104　宝来橋（国道 45 線）

写真 9.3.1-105　宝来橋 2

写真 9.3.1-106　橋台及び支承

写真 9.3.1-107　桁の流出

（５）宮古橋

大槌町を北上し，地震直後に漁船が衝突するような多くの映像が放映された宮古大橋を走行したが，大きな損傷はないように思えた．写真 9.3.1-108～109 に宮古橋周辺の震災前後の衛星写真を示す．写真 9.3.1-110 は，宮古大橋に近接する宮古橋左岸側の状況を示すが，橋台背面および護岸背面が 5m 程度えぐられていた．ビデオ画像によると，閉伊川左岸堤防を越えた津波が，堤防に沿って遡上しており，この影響により大きく洗掘されたと思われる．宮古橋上部工には，大きな損傷は見られなかったが，本橋では工事が実施されていたが，地震により損傷したものでないようであった．すなわち，震災当時，上面床版増厚工事により通行止され，補強工事中であったように思われた（写真 9.3.1-111）．さらに，上流側の山田線の鉄道橋は，左岸側の 6 径間が流失し

ている．

写真 9.3.1-108　宮古橋付近衛星写真

写真 9.3.1-109　震災後の宮古橋

写真 9.3.1-110　宮古橋の背面土流失状況

写真 9.3.1-111　宮古橋の補修状況

９）道路橋の簡易分析

ここでは，代表的道路橋梁について，抵抗力作用力比を求め，道路橋の桁損傷度との関係を示す．評価式を以下に示す[5)]．

$$\beta = \frac{S}{F}$$

$$F = \frac{1}{2}\rho C_d V^2 A$$

$$S = \mu W$$

ここに，

β：桁抵抗力作用力比

F：桁に作用する力

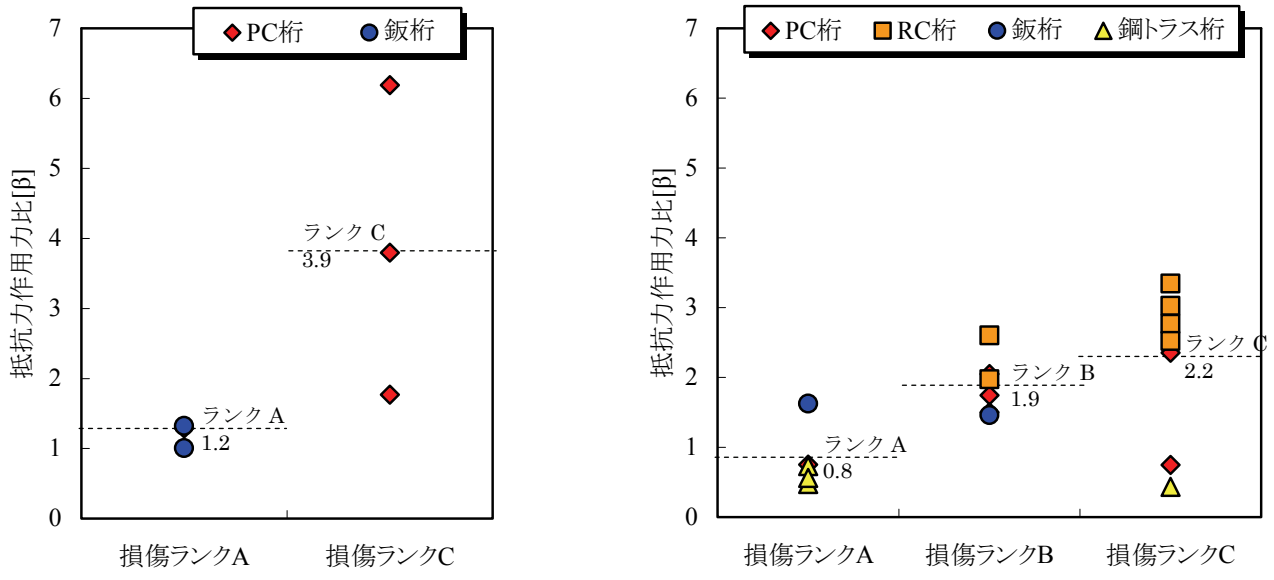
S：桁の抵抗力

既往の実験値から，V=5m/s，μ=0.6 と仮定して，代表的橋梁のβ値を求める．また，損傷度につ

いては，桁流失したものを A，桁移動などの中程度の損傷 B，軽微な損傷を C としている．
表 9.3.1-1 に現場計測より得られたβ値の一覧を示し，図 9.3.1-6 に対象橋梁のβ値およびスマトラ沖地震の分析により得られたβ値を示す．過去すでに報告されているように，スマトラ沖地震においては，β値と損傷度には相関性があり，損傷ランク A でβの平均値が 0.8，損傷ランク B で 1.9，損傷ランク C で 2.2 と損傷ランク A と C では 2.5 倍もの差異が発生している．同様の手法で今回調査した代表的橋梁をプロットすると，損傷ランク A（桁流失）では 1.2，損傷ランク C（桁移動なし）ではばらつきが大きいものの，平均値では 3.9 と約 3 倍の差異が発生している．

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

９．３．２　鉄道橋

１）南三陸地区

（１）水尻川橋梁

水尻川橋梁は，気仙沼線陸前戸倉駅と志津川駅間にあり，3 径間単純 PC 桁橋である．竣工は昭和 46 年 5 月である．水尻川橋梁の川下側に国道 45 号線水尻川橋がある．津波により，3 つ全ての桁が川上に流出し，中間にあった 2 基の単柱式 RC 橋脚が倒壊している．桁と橋脚の配置図の概要を図 9.3.2-1 に示す．図には，現地にて測定した移動量やスパンも示している．ただし，これらの測定結果には，相当の誤差が含まれている可能性に留意されたい．

図 9.3.2-1 にある写真(1)～(6)から撮影した写真を写真 9.3.2-1～6 に示す．中央にあった PC 桁橋は，相当の重量があると思われるが，これが 200m ほど川上に流されている．今回の津波の威力を物語っている．写真 9.3.2-6 の RC 橋脚の切断面と部材軸方向のなす角度はほぼ 90 度である．切断面には，現行規準で設計される RC 橋脚に比べ相当に少ない軸方向鉄筋が見える．この橋脚が地震動そのものの作用によりより倒壊したのか，あるいは津波により倒壊したのかの判断は難しい．ただし，写真 9.3.2-7 に示すように，本高架橋周辺にある気仙沼線内で，津波の作用を受けていない同形状の単柱式 RC 柱に地震動による損傷は観察できていない．

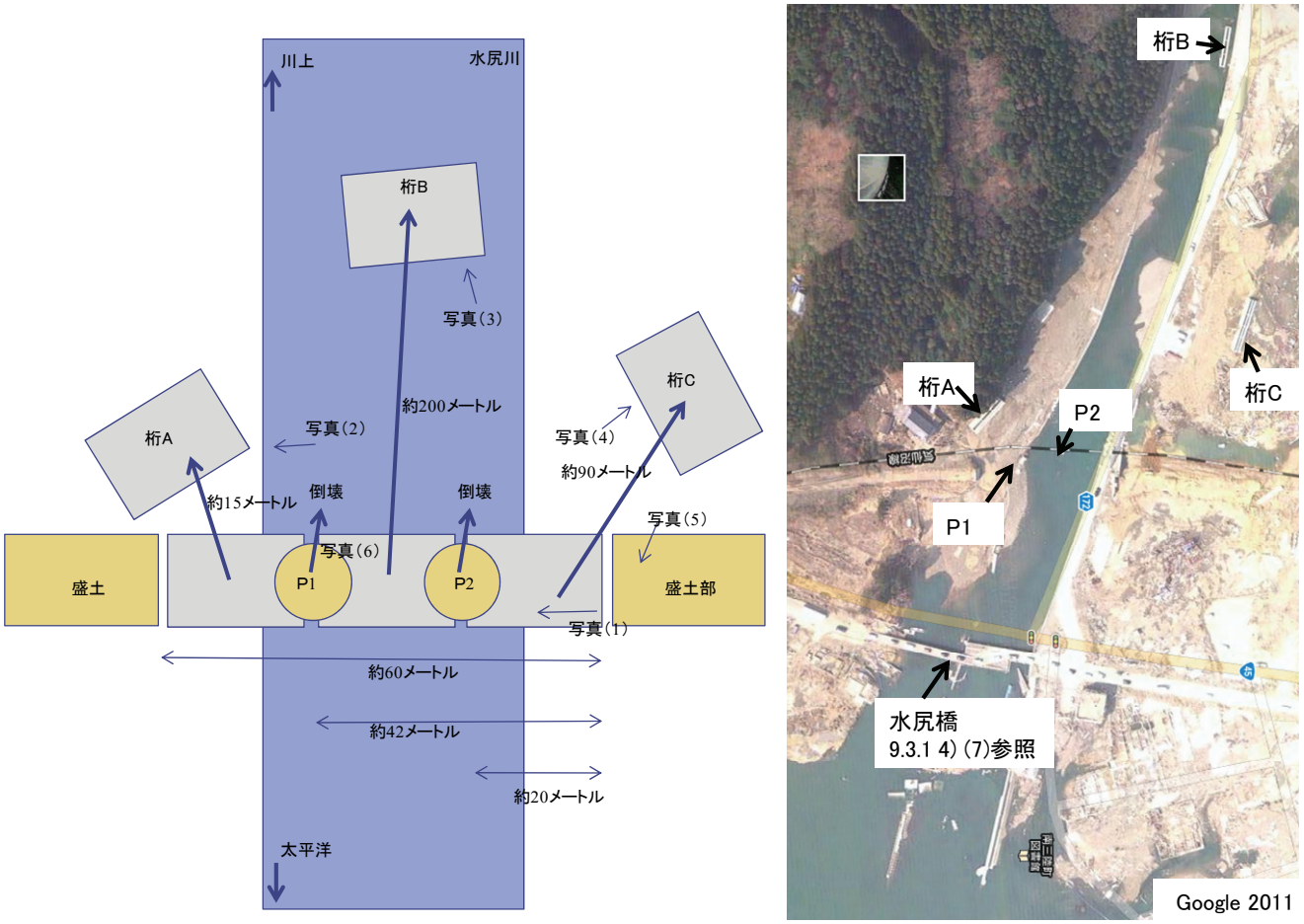


図 9.3.2-1　水尻川橋梁と流出した桁の位置関係の概要（右は Google による航空写真）

写真 9.3.2-1　倒壊した 2 つの橋脚

写真 9.3.2-2　右岸側に架かっていた PC 桁

写真 9.3.2-3　中央径間にあった PC 桁

写真 9.3.2-4　左岸側に架かっていた PC 桁

写真 9.3.2-5　左岸側橋台

写真 9.3.2-6　倒壊した単柱式 RC 橋脚

写真 9.3.2-7　水尻川橋梁の周辺にある単柱式 RC 柱

（２）清川橋梁，第 1・第 2 清水浜架道橋，桜川橋梁

気仙沼線志津川駅と歌津駅の間にある清水浜駅は，津波により壊滅的な被害を受けている．清水浜駅から歌津駅側には，3 つの橋梁がある．清水浜駅側から第一清水浜架道橋，桜川橋梁，そして第二清水浜架道橋である．各橋梁の間は盛土部である．各橋梁の配置図を図 9.3.2-2 に示す．また，図中にある写真(1)～(8)の位置で撮影した写真を写真 9.3.2-8～15 に示す．

各写真に示されるように，橋梁は地震動およびその後の津波を受けた後も健全であり，特に大きな損傷は観察されなかった．写真 9.3.2-13 は，第一清水浜架道橋の上から歌津駅方向を撮影したものだが，特に橋梁上部工の変状は見られない．一方，盛土部は，そのほとんどが津波により崩壊・流出していた．また，線路は津波により，川上方向に流されていた（写真 9.3.2-15）．

図 9.3.2-2　清川橋梁，第 1・第 2 清水浜架道橋，桜川橋梁

写真(1)

写真 9.3.2-8　第一清水浜架道橋

写真(2)

写真 9.3.2-9　桜川橋梁

写真(3)

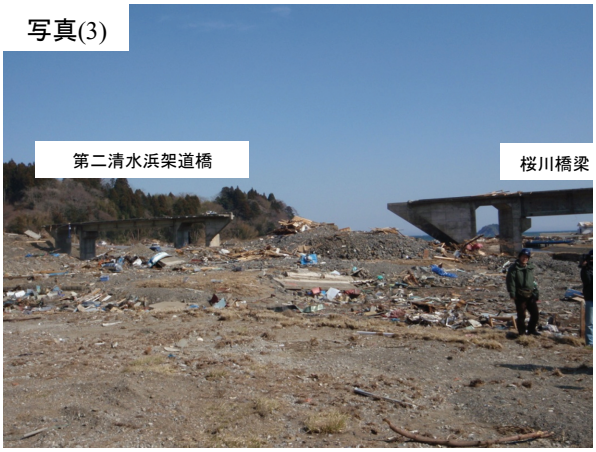


写真 9.3.2-10　桜川橋梁・第二清水浜架道橋

写真(4)

写真 9.3.2-11　第二清水浜架道橋

写真(5)

写真 9.3.2-12　桜川橋梁

写真(6)

写真 9.3.2-13　第一清水浜架道橋上から歌津駅方向を望む

写真(7)

写真(8)

写真 9.3.2-14　第一清水浜架道橋上から清水浜方向を望む　　写真 9.3.2-15　流出した線路

（３）第１細浦架道橋

第一細浦架道橋は，気仙沼線清水浜駅と歌津駅の間に位置する国道 45 線を跨ぐ架道橋である．2 径間単純 PC 桁橋である．図 9.3.2-3 に第一細浦架道橋の配置を示す．図には，推定される津波の進入路も示した．また，写真(1)～(5)の位置で撮影した写真を写真 9.3.2-16～20 に示す．

竣工は昭和 46 年であり，耐震補強もされていないことから，現行規準で耐震設計される橋脚に比べ，耐震性能は相当に低いと思われるが，単柱式 RC 橋脚に特に損傷は見られない．また，橋面位置には津波により運ばれた木材等が散在しており，津波により完全に本架道橋は水没したようだが，これによるコンクリート構造物の損傷は観察されなかった．一方，架道橋と第二細浦トンネル間にある盛土は津波により大きく損壊し，線路も山側に流出している．

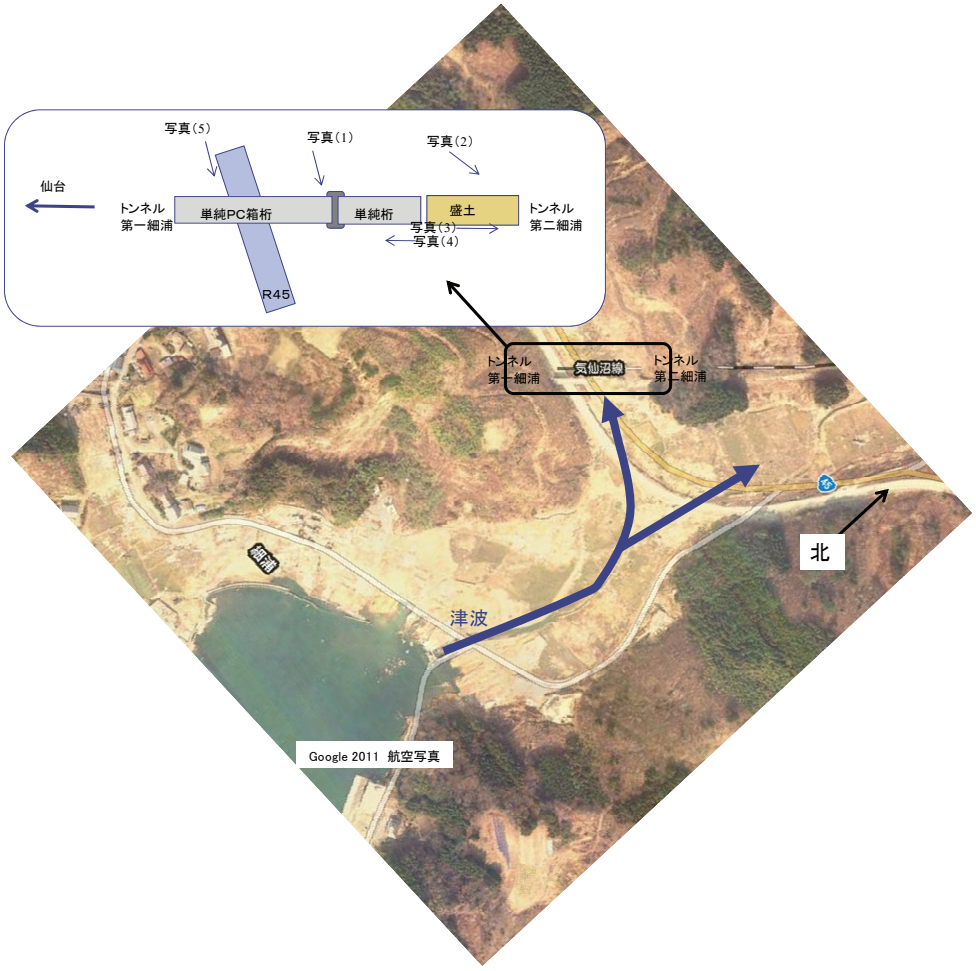


図 9.3.2-3　第 1 細浦架道橋と港の位置関係

写真 9.3.2-16　単柱式 RC 橋脚　写真 9.3.2-17　第二細浦トンネル周辺の盛土

写真 9.3.2-18　第二細浦トンネル周辺の盛土　写真 9.3.2-19　第一細浦トンネル

写真 9.3.2-20　第 1 細浦架道橋

２）気仙沼地区

（１）小泉架道橋など陸前小泉駅周辺

陸前小泉駅は，気仙沼線蔵内駅と本吉駅の間に位置する．陸前小泉駅の北側には津谷川がある．陸前小泉駅周辺の橋梁の配置の状況を図 9.3.2-4 に示す．この中の道路橋（外尾川橋，下宿橋）は，9.3.1 5) (2)と(3)を参照されたい．また，図中にある写真(1)～(5)の位置で撮影した写真を写真 9.3.2-21～25 に示す．ここに示す橋梁は，桁の上に住宅が打ち上げられるなど，津波により完全に水没したと思われる．桁の一部は落下している（写真 9.3.2-22）．単柱式 RC 柱に損傷や残留変位は外観的に確認できず，地震動そのものの作用に高架橋は耐えたものと推察されるが，地震後に残る海水のため橋脚下端部を確認できない箇所もあった．

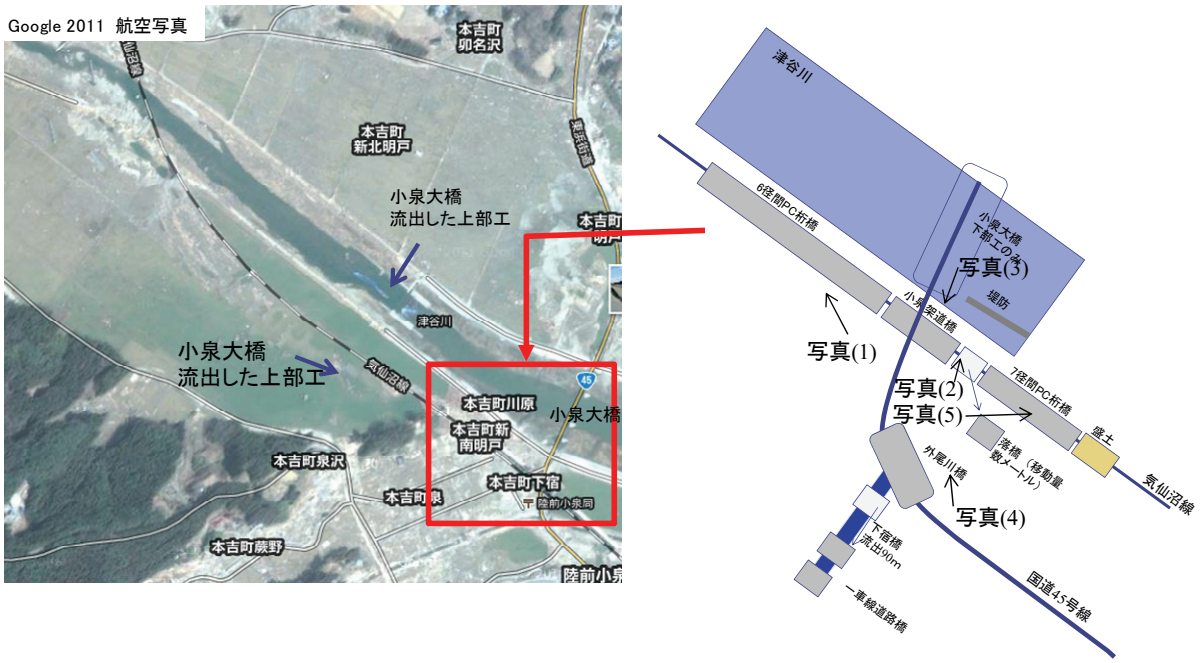


図 9.3.2-4　小泉架道橋など陸前小泉駅周辺

写真 9.3.2-21　小泉架道橋西側の様子

写真 9.3.2-22　PC 桁の落橋

写真 9.3.2-23　小泉架道橋

写真 9.3.2-24　小泉架道橋と外尾川橋

写真 9.3.2-25　小泉架道橋東側の様子

一方，この小泉高架橋などの陸前小泉駅の西側は津谷川に沿って盛土部があり，その先で津谷川を跨ぐ高架橋（津谷川橋梁）がある（図 9.3.2-5）．図 9.3.2-5 にある写真(1)～(3)の位置から撮影した写真を写真 9.3.2-26～29 に示す．津谷川にある単柱式 RC 橋脚が大きく川上側に傾いており，その位置の上部工は津波により落橋，流出している．この位置の橋梁は，1978 年の宮城県沖地震でも損傷している [6]．その時の資料によると，当該地盤は非常に軟弱であり，RC の場所打ち杭が使用されているとある．地震動により単柱式 RC 橋脚が曲げやせん断力で損傷した場合には，橋脚はこのような傾きを呈さないと思われ，津波により橋脚が柱下端を起点に回転したと推察されるが，橋脚や基礎の損傷状態を現地で確認できていないため，地震動による橋脚の損傷の可能性も否定できない．なお，この橋梁から陸前小泉駅周辺は，盛土部である．写真 9.3.2-29 に示されるように，盛土部はほぼ完全に崩壊しており，レールは河川から離れる方向に流出していた．

図 9.3.2-5　津谷川を跨ぐ橋梁群

写真 9.3.2-26　津谷川右岸の橋台

写真 9.3.2-27 傾斜する単柱式 RC 橋脚

写真 9.3.2-28　流出した PC 桁橋

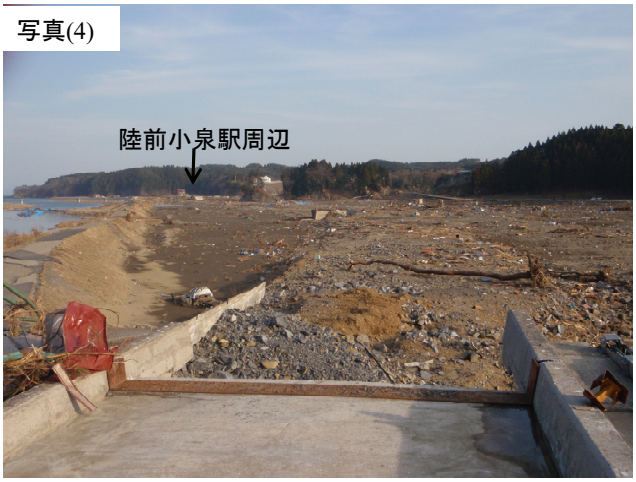


写真 9.3.2-29　盛土部の津波による崩壊

９．４　橋梁被害の特徴

以上に示したように，宮城県，岩手県における地震及び津波による橋梁の被災形態とそのメカニズム，被害度には様々なものがある．これらに関しては，今後さらに詳細に検討していく必要があるが，今回の調査の範囲で特徴として指摘できる事項を示すと，以下のようになる．

９．４．１　地震動による橋梁被害

１）地震動による橋梁の被害は，昭和 30 年代，40 年代等，震度法だけで耐震設計され，地震時保有耐力法のコンセプトが考慮されていなかった橋において著しい．耐震補強されていなかった新幹線や在来線の高架橋，あるいは天王橋のように部分的に耐震補強されていても，全体としての耐震性が低い橋に大きな被害が生じている．平成 2 年以降の地震時保有耐力法あるいはこれと同様な考え方で設計された橋梁では，被害は全体として著しいものではない．

２）平成 2 年以降の地震時保有耐力法あるいはこれと同様な考え方で設計された橋のほとんどでは積層ゴム支承が採用されており，積層ゴム支承はサイドストッパーの破断やピンの破断等，従来型の金属支承に固有の地震被害を防止するために有効であった．ただし，仙台東部道路において，積層ゴム支承の破断が生じた．ゴム層と鋼版間の接着が切れており，支承の製造法も含めて原因究明が求められる．

３）今回の地震では，宮城県内の被害は橋梁だけではなく建築物，河川施設等においても全般的に 1978 年宮城県沖地震と比較して少ないように思われる．これだけから見れば，平成 2 年以降推進されてきた地震時保有耐力法を中心とする橋梁の耐震対策が効果を発揮したと見ることができるが，現在までに十分な調査ができていない福島県地域においては宮城県，岩手県以上に構造物被害が生じている．さらに，現在まで地震動として公表されている K-Net は岩盤上の記録であり，今後，被災構造物やその周辺地盤上で観測された強震記録をよく分析し，被害と地震動の関係を詳細に分析していくことが重要である．

９．４．２　津波による橋梁の被害

１）津波による被害形態を区分すると，図 9.4.2-1 に示すように，(a) 洗掘によって基礎が倒壊したり，橋脚自体が破壊した結果桁が流出した橋，(b) 津波による上揚力によって桁が持ち上げられた結果，桁が流出した橋，(c) 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橋の 3 種類がある．支承やその周りのサイドブロック等の損傷から判断すると，津波の作用を受けて単純に桁が橋軸直角方向に流出した橋はほとんど見られなかった．なお，基礎の洗掘による被害は道路橋でも小泉大橋等に見られるが，主として鉄道橋に多く発生している．これは，道路橋と鉄道橋では建設年代が異なるため，基礎の根入れ深さや耐力が異なっていたことが影響していると考えられる．桁が高くなるほど，桁が回転して流出しやすくなると考え

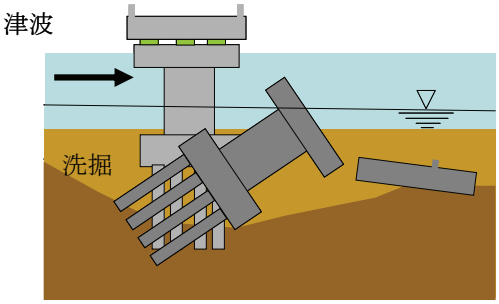
られる．

２）桁がどの程度の水平力や上揚力を受けたかは，9.3.1 の 9)に示されるように実験，解析を含めて今後詳細に検討していく必要がある．しかしながら，上記１）の損傷メカニズムから考えると，桁の浮き上がり，特に下流側の桁の浮き上がりを防止することが桁の流出を防止する上で有効であると考えられる．現在，地震動による落橋を防止するため，橋軸及び橋軸直角方向の過度な桁の移動を防止できるように落橋防止構造が設置されているが，津波に対しては，浮き上がり防止を目指して，“津波落橋防止構造”を設置することが有効であると考えられる．なお，津波落橋防止構造の設置はあくまでも基礎の洗掘や橋脚の曲げ・せん断破壊に対する安全性を有していることが前提となる．

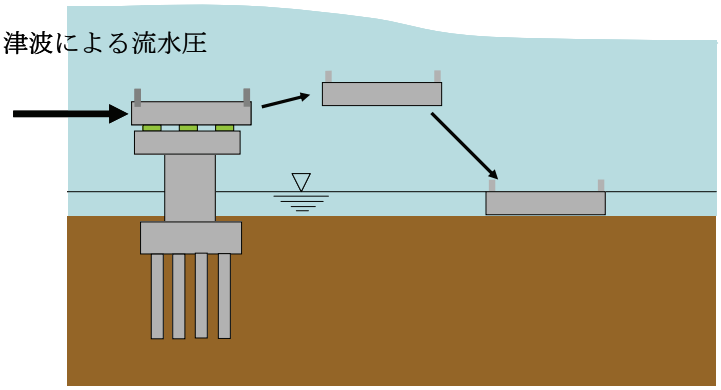
３）海岸線に面したり，海岸線からごく近い位置にありながら，橋梁を完全に飲み込むように津波が襲来したにもかかわらず，高欄が曲がったり多少上流側に桁が移動した程度の損傷しか生じなかった橋が多数存在する．特に，1，2 径間程度の小径間で橋長の短い橋梁と背の低い橋脚によって支持されていた橋梁にこのような例が多い．また，防潮堤があり，そのすぐ上流に位置する橋梁のなかにも，防潮堤を乗り越えた津波に襲われたにもかかわらず，津波に耐えた橋梁が複数存在する．津波が防潮堤を乗り越えたとしても，防潮堤がある一定の衝撃緩和効果を与えるためと考えられる．

４）津波には家屋等の残骸が多数含まれるため，津波による流水圧や上揚力の推定には，これらの影響を考慮する必要がある．また，津波による流出物の中には船舶や RC 建物も含まれる場合がある．どこまでを設計に見込むかを今後よく検討していく必要がある．

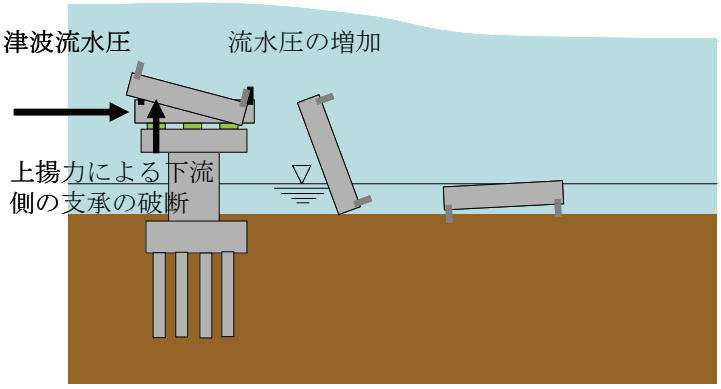
５）橋梁本体はほぼ機能を維持したにもかかわらず，取り付け盛り土が流出した橋が多数ある．橋梁本体に比較して取付け盛り土の被害は一般に短期間で復旧可能であるが，地震直後の機能維持という視点から，盛り土の流出に対しても適切な緩和策を検討していく必要がある．



(a)　基礎の洗掘



(b)　津波上揚力に伴う桁の流出



(c)　津波上揚力によって桁が回転したことに伴う桁の流出

図 9.4-1　津波による桁流出のメカニズム

参考文献

1)　岩崎敏男，川島一彦，高木義和，相澤　興：開北橋における地盤とケーソン橋脚の動的相互作用の解析，土木学会論文集，第 322 号，pp. 15-24，1982.

2)　岩崎敏男，川島一彦，高木義和，相沢　興：新飯野川橋の地震応答特性並びに 1978 年宮城県沖地震による被害原因の検討，土木研究所資料第 1581 号，建設省土木研究所，1980.

3)　土木学会　コンクリート委員会三陸南地震被害分析小委員会：2003 年に発生した地震によるコンクリート構造物の被害分析，コンクリートライブラリー114，2004.

4) 小林薫，菅野貴浩，木野淳一：軸方向鉄筋の内側にせん断補強鉄筋を配置した RC 柱の交番載荷実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.24, No.2, pp.1135-1140, 2002.
5) 幸左賢二，二井伸一, 庄司学, 宮原健太 : スマトラ沖地震に伴う津波による橋梁の被害分析, 構造工学論文集 Vol.56 A, pp. 454-463, 2010.
6) 宮崎修輔：鉄道の被害と復旧，橋梁と基礎，Vol. 12, No.12, pp.14-17, 1978.