

土木学会東日本大震災被害調査団
(地震工学委員会) 緊急地震被害報告会

津波で被災した橋梁構造物の被害



山口大学大学院理工学研究科
渡邊 学歩

YAMAGUCHI UNIVERSITY

調査対象地域



調査対象とした主な道路橋

- 七ヶ浜地区 (葦森橋, 橋本橋)
- 東松島地区 (新不動橋, 松ヶ島橋)
- 石巻地区 (定川大橋, 新北上大橋, 日和大橋)
- 南三陸地区 (水尻橋, 歌津大橋, 他計12橋)
- 気仙沼地区 (小泉大橋, 外尾川橋, 他計5橋)
- 陸前高田地区 (気仙大橋, 沼田跨線橋, 他計7橋)

調査対象(七ヶ浜, 東松島, 石巻地区)



東松島地区

石巻地区

新不動橋
松ヶ島橋

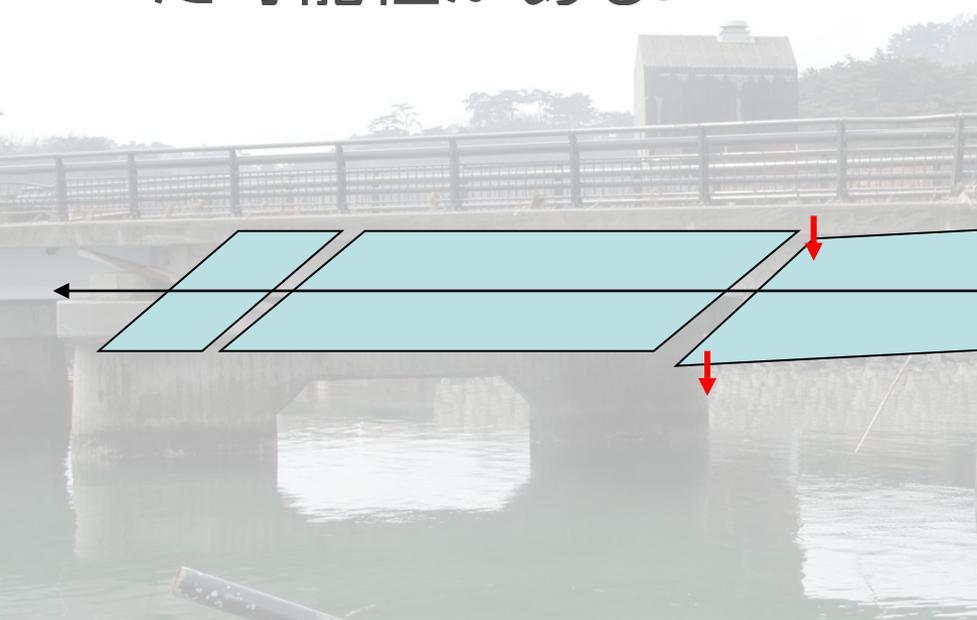
定川大橋
新北上大橋
日和大橋

七ヶ浜地区

葦森橋, 橋本橋

東松島地区： 松ヶ島橋

- 上部構造および下部構造は無損傷
- 堤防の後ろにあって波の力が小さかった可能性がある
- 斜桁が回転した形跡あり，サイドブロックが落橋を防いだ可能性がある。



石巻地区： 定川大橋

- 下部構造は無傷だが、桁が流出
- 海岸の近くにある波の力が大きかった
- 斜橋で桁が回転して落橋しやすかった可能性がある



石巻地区： 定川大橋

- 下部構造は無傷だが、桁が流出
- 海岸の近くにあり波の力が大きかった
斜橋で桁が回転して落橋しやすかった可能性がある



石巻地区： 日和大橋



- H8道示に基づく耐震補強工事が行われている
- 落橋防止構造が設置されている.
- 橋脚高さが十分に
あるために、
上部構造には津波が届かなかった

石巻地区： 新北上大橋



調査対象(南三陸町)



南三陸地区：折立橋

- 下部構造は無傷であったが、桁をつなぐアンカーバーが脆弱で津波による揚力にも耐えられなかった

橋台背面土の流失



上部構造の流失

南三陸地区： 港橋

- 海岸に近く津波の力は大きかったと推定されるが、桁が薄いため津波の流れを阻害しなかった



南三陸地区：歌津大橋

- 海岸に近く津波の力が大きかったと推定される
- 桁流失（サイドブロックあり，津波の揚力により落橋）



調査対象(気仙沼地区)



気仙沼地区：二十一浜橋

- 海岸に近く津波の力は大きかったと推定される
- 橋脚は無損傷，橋台背面土流失したために橋台背面に損傷が集中して，落橋そのものは免れた



気仙沼地区：小泉大橋

- 海岸に近く津波の力が大きかったと推定される
- 支承が脆弱であったため、津波による揚力によって支承が損傷して桁が流失
- 洗掘によって橋脚1基が流失



調査対象(南三陸町, 気仙沼市, 陸前高田市)



陸前高田地区： 気仙大橋

- 海岸に近く津波の力が大きかったと推定される
- 支承が脆弱で、橋脚上では橋軸直角方向の移動制限装置なども無く桁が流失



陸前高田地区：川原川橋

- 橋台は無傷であったが背面土が流失した



PCケーブルが桁の流失を防いだ可能性がある

陸前高田地区： 沼田跨線橋

- 海岸に近く津波の力が大きかったと推定される
- アンカーが脆弱で津波による揚力により落橋
- サイドブロックも有効に機能しなかった



津波によって被害を受けた橋の分類

A. 背が低く小さな橋で、落橋しなかった橋（松ヶ島橋，港橋）

護岸や防潮堤によって守られたために、津波の力が弱かった

PCケーブルなどが桁を十分に拘束していた

橋台の背面土が流失したために、津波の力が分散した

B. 背が低く小さな橋で、落橋した橋（折立橋，横津橋，水尻橋）

津波の力を直接受けた

津波の揚力に対して、支承やアンカーの耐力が低すぎた。

C. 中規模の橋（新不動橋，松ヶ島橋，定川橋）

桁の幅員が広く、上部構造重量が大きく、剛性の高い桁であったために落橋を免れた

サイドブロックがあったために落橋を免れるケースがあった。

D. 背が高い大きな橋（気仙大橋，姉齒橋，歌津大橋，沼田跨線橋，新北上大橋）

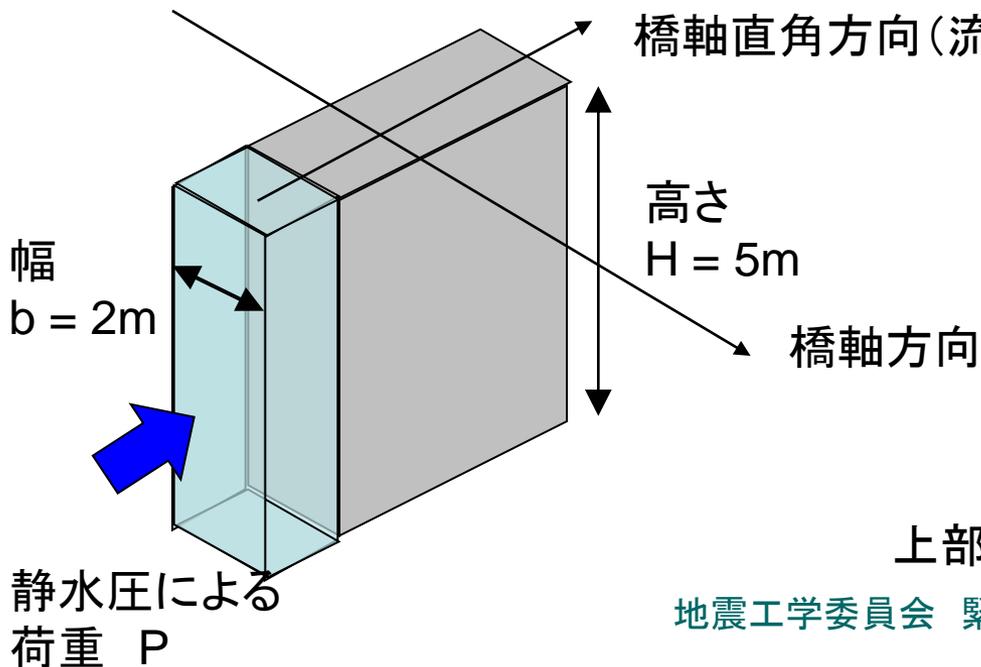
津波の力を直接受け、津波の揚力により桁が持ち上げられた後、押し流され落橋した
支承が脆弱で津波の揚力によって損傷し、落橋した。

サイドブロックや移動制限装置があった場合でも落橋している

津波による水平力を受けても橋脚に 損傷は生じない



気仙大橋



静水圧により橋脚に作用する
 $P = bH/2 = 5\text{tf} \approx 50\text{kN}$



津波により作用する荷重
(静水圧による荷重の数倍)
 $10\text{tf} \sim 15\text{tf} \approx 100 \sim 150\text{kN}$

上部構造重量 $60\text{tf} \sim 80\text{tf}$  水平震度 < 0.3

津波対策

- 橋台背面の地盤が流失するケースが多数見られた。
 - 土構部を津波にさらわれにくい構造にする
(橋台の背面土を薬剤などで固める)
- 移動制限装置やサイドブロックがあっても、落橋を防ぐことができないケースがあった。
 - サイドブロックの高さを検討する
- 津波による浮き上がりとそれに伴う落橋を防ぐ必要があるかもしれない
 - 津波の揚力に抵抗する部材を設ける
(ケーブルや鉛直方向の移動制限構造など)

まとめ

- 下部構造は健全だったが、支承の耐力があまりに小さく、支承が損傷して上部構造が流失した橋梁構造物がみられた。
- 津波によって流失した鈹桁は、主桁が折れ曲がり、床版は粉々に粉砕され、再利用不能な状態となっていた。
- 背の低い橋梁で落橋しない橋梁がみられたが、桁側面の面積が小さく外力が小さく、津波の力が小さかったことなどが考えられる。
- サイドブロックや移動制限装置が設けられていても、津波の揚力によって落橋したケースが見られた。
- サイドブロックの高さを調整したり、浮き上がり防止用の部材を設ける必要がある。