

2004 年台風 18 号による大森大橋の被災および応急復旧について

About suffering a calamity and emergency restoration of Omori bridge by typhoon No. 18

北海道開発土木研究所 ○正員 石川 博之 (Hiroyuki Ishikawa)
 北海道開発土木研究所 正員 三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)
 北海道開発土木研究所 正員 岡田 慎哉 (Shinya Okada)

1. はじめに

2004年8月28日に発生した台風0418号によって、一般国道229号の大森大橋が被災した。橋梁総延長429mのうち、4径間159mに渡って桁が落橋し、残存する桁部や橋脚にも損傷が認められた。この被災のため大森大橋は通行不能となり、神恵内地域が分断された。

このため、被災発生後「一般国道229号神恵内村大森大橋応急復旧対策検討委員会」(委員長:北海道大学 佐伯 浩 副学長)が設置され、応急復旧対策等について検討が行われた。北海道開発土木研究所もこの委員会の検討に参画しており、本論文では、検討委員会の報告¹⁾を基に大森大橋の被災状況についての概要をとりまとめるとともに、当時の波浪状況や橋梁の損傷状況等から推察される被災メカニズム、および応急復旧についてまとめたものである。

2. 大森大橋諸元

図-1には、大森大橋の一般図を示す。大森大橋は一般国道229号の神恵内村に架かる橋長429mのコンクリート橋である。

その上部工形式は3径間PCラーメン箱桁+2径間連続PC合成I桁×2連+3径間連続PC合成I桁で構成された全10径間の橋梁である。

3. 被災時の波浪状況の概要

図-2には、潮位の上昇の概念図を示す。被災時には台風の影響による気圧の著しい低下と強風の吹き寄せにより、かなり潮位が上昇していたと考えられる。

写真-1には、大森大橋周辺の地形状況を示す。大森大橋の背後は切り立った湾状地形の崖になっている。この崖とその前面に広がるリーフ状の特殊な地形に、波によって沖から寄せられた海水が溜まり、水位がさらに上昇したものと考えられる。さらに、進行波と崖からの反射波の重複によって一層の高波となり、橋桁に大きな波力が作用したものと考えられる。(図-3)

このように、記録的な高波や強風、地形の特殊性による異常な潮位上昇、さらに進行波と崖からの反射波との重複現象など、特殊な要因が重なっていたものと考えられる。

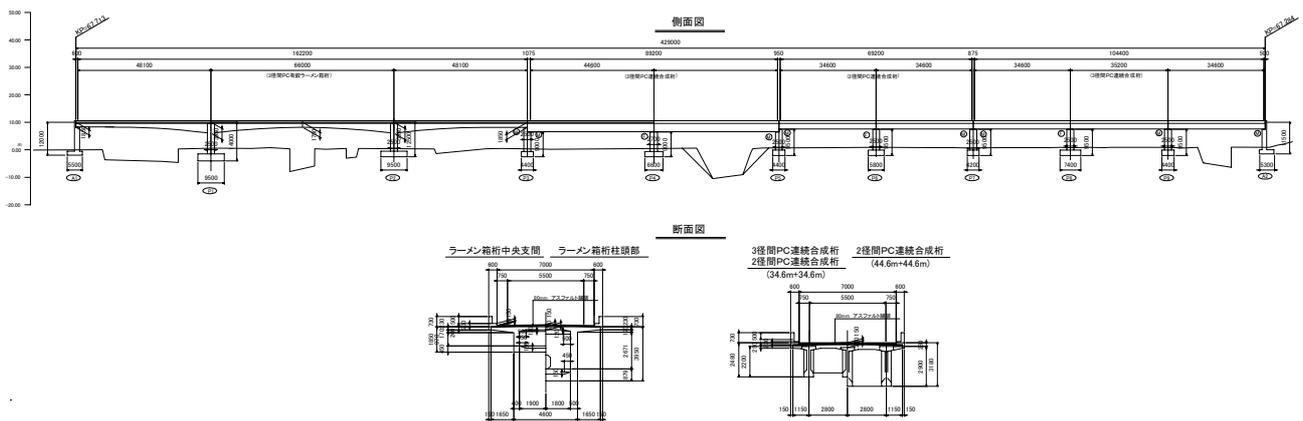


図-1 大森大橋の一般図

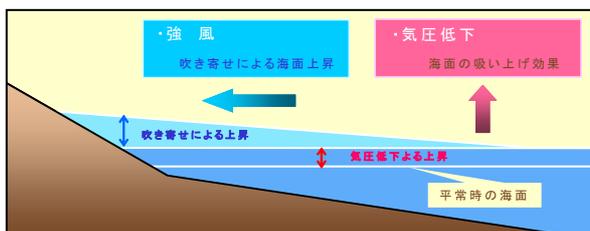


図-2 水位上昇の概念図

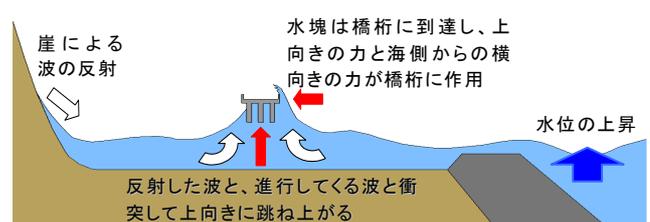


図-3 波の橋桁への作用の概要



写真-2 4~7径間部の落橋状況



写真-4 P-3橋脚損傷状況

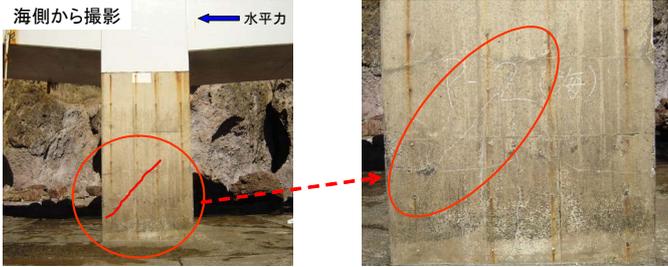


写真-3 P-2橋脚損傷状況



写真-5 P-8橋脚損傷状況

4. 被災状況

9月9日早朝に起点(A-1)側から4~7径間目の4径間部分、延長にして159m、有効幅員7.0mの桁の落下が確認された。

下部工では複数の損傷が見られた。ラーメン箱桁部分のP2橋脚には、脚柱の両側面に斜め方向に幅0.7mm程度のひびわれが発生していた(写真-2)。

ラーメン箱桁とI桁の掛け違い部のP3橋脚には、基部において大きな損傷が発生しており、そのひび割れ開口幅は最大で30cmに達し、隙間からは主鉄筋の破断も確認された(写真-4)。また、この損傷による橋脚の橋軸方向へのずれ、および橋脚の起点側への傾斜も確認された。

3径間連続I桁部分のP8橋脚には起点側の脚柱基部に幅2.0mm以上のひび割れが発生しており、側面にまで進展していた(写真-5)。なお、支承の損傷はみられなかった。

上部工では、写真-2に示す4~7径間部分の落橋のほかに、ラーメン箱桁部分の中央ヒンジ部の下床版突起部にひびわれの発生がみられた(写真-6)。

落橋部のP-3~P-7橋脚上の支承については、下支承の変位制限装置(サイドガイド)が残っているもの、損失しているもの、さらに下支承ごと損失したものがあつた(写真-7)。

桁の山側端部には圧壊によると考えられる損傷が確認された。また、落橋防止装置のPC鋼棒が折れ曲がり、破断しているのが確認された(写真-8)。



写真-6 ラーメン箱桁内部の損傷状況



写真-7 P-6橋脚上の支承の損傷状況

5. 損傷状況から推察される落下時の挙動

これらの損傷状況から、主桁落下時の挙動を推察する。

図-6には桁の落橋範囲における支承の損傷分布を示す。橋脚上で損傷した支承のうち、海側に設置されている支承は変位制限装置が損傷しておらず、鉛直方



写真-8 桁端部の損傷状況

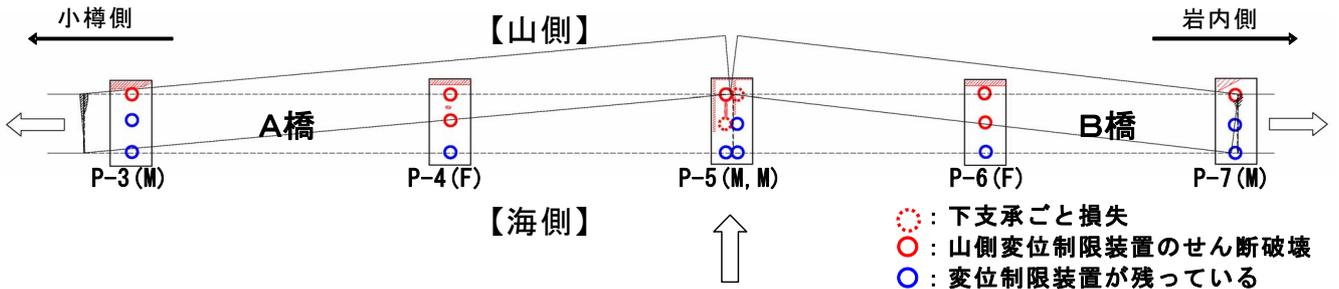


図-6 支承の損傷の分布状況

向に持ち上げられるように支承が損傷している。山側に設置されている支承は山側の変位制限装置が損傷しており、桁が山側に移動したことにより損傷したと考えられる。また、橋脚の山側沓座面には桁の衝突によるものと考えられる損傷が確認されている。

これらのことから、コンクリート桁の落橋時の挙動は、海側が先行して鉛直に持ち上がり、その後山側に水平に移動しながら支承を損傷し、橋脚の山側沓座面に擦りながら落橋したものと推察される。(図-7参照)

また、残存した主桁の山側端において、衝突によるものと考えられる損傷の跡が見られた。(写真-8参照)これは、主桁が落橋時に「くの字」に折れ曲がるように変位したことにより、起点側・終点側の主桁を押しながら落下したものと推察される。この時の衝突により、桁端部の損傷が発生したものと考えられる。この衝突により発生した橋軸方向の荷重によって、P-2,P-3,P-8 橋脚に損傷が発生したものと推察される。

図-8には、各橋脚の損傷状況を示す。今回の被災によって、ラーメン箱桁の中央ヒンジ部において、橋軸方向に小樽方向に向かって約20mm移動した形跡が認められた。この変位量を生じさせるために必要な橋軸方向の静的荷重を算出すると約5,300kNとなる。この荷重はP-2橋脚の保有耐力をやや下回る大きさである。

しかし、橋脚基部に斜めひび割れが生じたことは、落橋した桁がP-3橋脚上で衝突荷重として、極めて短時間に、より大きな水平力として衝撃的に作用したためと考えられる。

P-2橋脚と同様にP-3橋脚にも衝撃的な荷重が作用したものと考えられる。静的荷重として前述の5,300kNがP3橋脚に作用したものと考えると、これはP-3橋脚の保有耐力を大きく上回っている。また、この橋脚は曲げ破壊先行型の断面であることから、主鉄筋の破断を伴う曲げせん断破壊に至ったものと推察される。

P-8橋脚では、基部にはひび割れが発生していたが支承の損傷は認められなかったことから、主桁落下時の水平荷重は支承の耐力を超えていないと考えられる。一方、支承の耐力は橋脚の保有水平耐力(曲げおよびせん断)を下回っているものの、橋脚のひび割れ荷重をやや上回っていることから、主桁落下時の水平荷重により、橋脚基部に曲げひび割れが発生したものと考えられる。

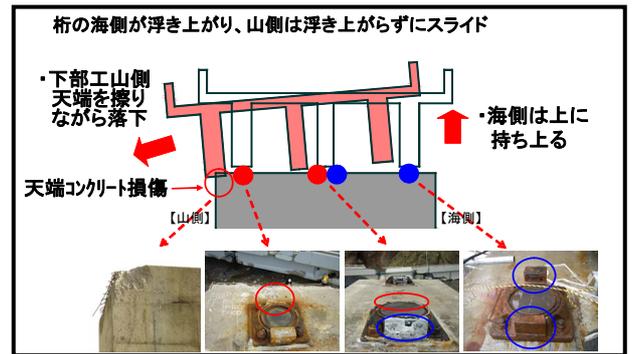


図-7 支承の損傷状況から推察される落橋時の挙動

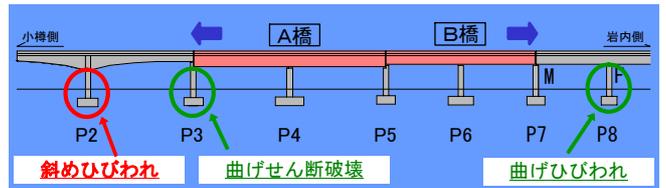


図-8 橋脚の損傷状況

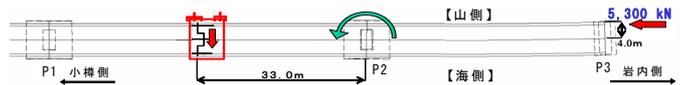


図-9 ラーメン構造部分の推察される被災時挙動

図-9には、中間ヒンジ部の損傷状況より推察される挙動を示す。中間ヒンジ部のクラック性状より、中間ヒンジ部に橋軸直角方向の大きな力が作用したものと推察される。

この橋軸直角方向の力は、落橋した桁が衝突した際に、山側端部に衝突しているため、桁全体に回転モーメントが発生したものと考えられる。この回転モーメントが、P-2近傍を回転中心として、中間ヒンジ部に橋軸直角方向の力として作用したものと推察される。

以上の点をまとめると、落橋した桁は最初に海側が鉛直に持ち上がり、そのまま山側へ水平に移動した。その際、支承の変位制限装置を損傷、山側沓座面も同時に損傷したものと考えられる。その後「くの字」型に変形した桁が残存した桁端部と衝突し、橋脚に損傷が発生したものと考えられる。

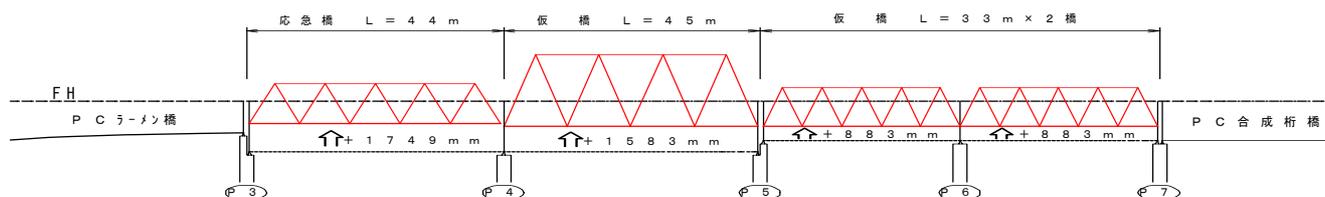


図-12 桁下空間概要

6. 応急復旧対策

大森大橋は地域の生活や生産活動等に欠かすことのできない重要な役割を担っていたため、住民より早期の復旧が切望された。そのため、応急復旧は早期着工・早期供用を目指し、落橋区間に仮橋を設置する方法とした。

仮橋型式の選定は、経済性、施工性、緊急調達性等の視点から検討を行い、トラス形式を選定することとした。

図-12には桁下空間の概要を示す。復旧にあたって、同様の災害の再発を抑止するため、桁下空間を大きく確保し、波を受けにくくした。また、上部工同士を連結させることで橋梁単位の支点上変位を防止し落橋を防ぐ構造として、PCケーブル連結方式を採用した。

支承と補完し合って地震時慣性力に抵抗する機能、また直角方向は波圧力に対しても抵抗する機能を持つ構造として、ブラケットによる固定構造を採用した。波圧力が作用した場合、上部工が浮き上がることを防止するために桁と下部工を鉛直方向にアンカーを用いて連結した。

写真-9には、仮橋の架設状況を示す。仮橋の架設時期（秋期から初冬期）については、荒天に伴う波浪の頻発による架設作業の阻害が予想されたことから、波浪による阻害を受けにくい橋面上からのクローラクレーン架設及び架設桁を用いた架設工法を採用した。

写真-10には、復旧仮橋に採用したオープングレーチング床版を示す。復旧仮橋の波浪時の波圧力による上揚力低減対策として、上部工の床版構造にオープングレーチングを採用し、波圧を低減する工夫を行った。

下部工の補修設計については、当初設計の条件を踏襲し、昭和43年道路橋下部構造設計指針に準じて設計し、耐震設計は震度法レベルでの照査を実施している。

P-2 橋脚では斜めひび割れが確認され、せん断補強が必要であった。そこで、せん断力を鋼板で負担させるため、斜めひびわれ範囲について鋼板による巻き立て補修を実施した。なお、鋼板のはらみ出し防止のため、貫通鋼棒を併せて施工した。

P-3 橋脚においては、曲げせん断破壊による鉄筋破断が発生しているため、橋脚周囲をRC巻き立てによる補修を実施した。

P-8 橋脚では曲げによるひびわれ(W=2.0mm程度)が発生していたため、鉄筋腐食等による劣化防止のため、注入工による補修を実施した。

7. 終わりに

1日も早い復旧を目指し、被災直後より休日返上・24時間体制の急ピッチで応急橋の工事が実施された。その結果、工事期間中の天候等にも恵まれ、平成16年12月



写真-9 架設桁を用いた仮橋の架設



写真-10 オープングレーチング床版



写真-11 P-3 橋脚補修状況

10日片側交互通行により、同月16日から二車線の供用を開始するに至った。

謝辞

本報告をとりまとめるに当たり、北海道開発局小樽開発建設部には多大なご協力をいただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 一般国道229号 神恵内村 大森大橋応急復旧対策検討委員会報告書, 2005年2月