

広内橋の被害状況と津波特性の推定

九州工業大学 学生会員 ○中城 拓也
大日本コンサルタント(株) 正会員 佐々木 達生

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
九州工業大学 非会員 角原 勝士

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震の津波により、岩手県の沿岸部で多数の橋梁に被害が生じた。本研究では岩手県北部を対象として、橋梁上部構造の流出した要因を把握することを目的に、橋梁位置に作用した数値解析の流速を用いて算出した作用力と桁抵抗力の関係から、構造物の流出メカニズムを分析した。

図-1 に岩手県北部に位置する広内橋周辺の野田湾の湾形状と広内橋の位置関係を示す。野田湾の平面形状は、図中の表から、湾口幅 W と湾長 L は、それぞれ 9.3km, 4.3km と湾口幅は比較的大きいものの、湾長は小泉や釜石と大差ない。また、図-2 は、図-1 に示す A-A'断面位置の海底地盤高を示す。陸域勾配は、図中の表から、陸前高田及び小泉では 1/1000 と緩やかであるが、野田村では 1/24 と急峻な地形であることが分かる。

2. 被害状況及び数値解析

図-3 に示す広内橋は、県道 268 号の野田長内線で岩手県九戸郡野田村に位置する桁長 28.4m, 幅員 8.2m の PC 単純ポストテンションバルブ T 桁橋である。同図の損傷状況は、上部構造が山側に約 10m 流出している。また、橋台の横座部のアンカーバーは、山側の 3 本は大きい角度で倒されており、海側の 3 本はほぼ直立に立っていることから、上部構造が海側から浮き上がるようにして流出したと推察される。

図-4 に広内橋周辺の浸水範囲と浸水高を示す。数値解析の浸水高は、実際の浸水高と比較すると概ね一致する結果となるが、実際よりも若干大きくなる傾向にある。また、数値解析の浸水面積は 0.287km^2 であるのに対して、実際の遡上面積が 0.294km^2 とほぼ一致する結果となることから、解析の再現性は良好と言える。

図-5 に数値解析によって得られた広内橋位置の水位と流速の時系列変化を示す。浸水高は地震発生から 45 分 35 秒後に上昇し始め、桁下の高さに至る時点の 46 分 05 秒で浸水高と流速はそれぞれ 4.4m, 2.8m/s となる。また、桁が完全に水没する時点の 46 分 10 秒で浸水高と流速はそれぞれ 6.4m, 3.6m/s に至った後、流速は減少を始めるものの、水位は上昇し続け 47 分 15 秒で最大浸水高 11.9m

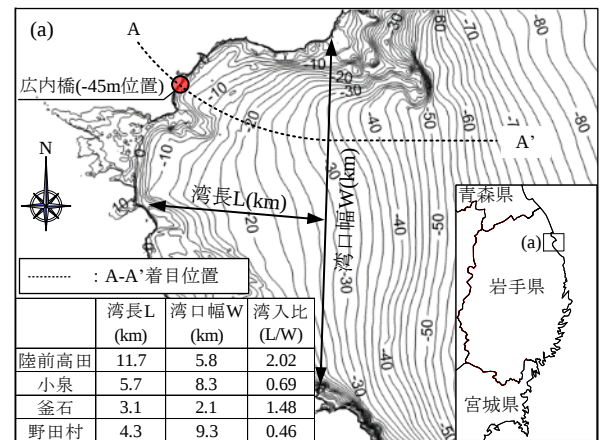


図-1 野田湾形状と海底地形

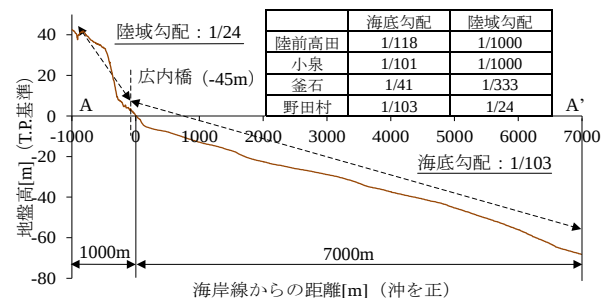


図-2 陸域勾配と海底地形勾配 (A-A' 断面)

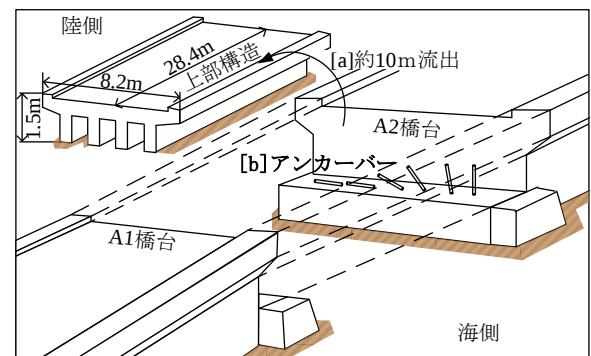


図-3 被害状況

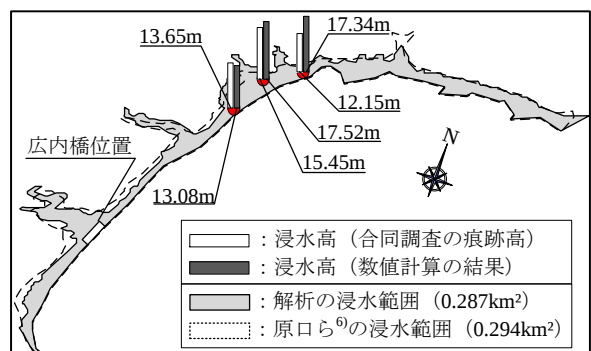


図-4 痕跡高および浸水範囲の比較

を迎える。なお、水位上昇速度は、45 分 35 秒から 46 分 10 秒までの間では 8.6m/min と非常に速いことが分かる。

3. 広内橋の流出メカニズム

図-6 に広内橋を対象とし、数値解析に基づく流速から算出した水平方向の作用力と桁抵抗力の関係を示す。この水平作用力は、地震発生 45 分 35 秒から 48 分までの最大流速 3.6m/s を含む 2 分 30 秒間において、46 分 10 秒以降では広内橋の上部構造重量等により算出した桁抵抗力 1516kN を大きく下回る結果となったが、これは数値解析による遅い流速が原因と考えられる。

図-7 (a) に時間毎の津波形状を示し、広内橋にはどのような波が襲来したのかを推定した。遡上速度および水位上昇速度は、46 分から 46 分 5 秒の間ではそれぞれ 1m/s, 11.8m/min, 46 分 5 秒から 46 分 10 秒の間ではそれぞれ 4m/s, 26.9m/min となり、津波の水面勾配は 46 分 10 秒で 1/13 となった。数値解析による水位上昇速度と水面勾配から、孤立波が発生することが考えられる。

図-7 (b) に、著者らが実施した孤立波実験の波形と、図-7 (a) に示す 46 分 10 秒時の数値解析の波形の比較を示す。孤立波実験の波形は、縮尺 1/50 の波高 10cm の模型実験であることから、実寸の波高 5m に換算すると、水面勾配は 1/8 となった。これは、数値解析の水面勾配 1/13 と比較すると、やや大きい、ここでは、広内橋に作用した波が孤立波であるとし、著者らが導出した孤立波の算定式を用いて算出した水平作用力は、4099kN となり、桁抵抗力 1516kN を大きく上回る結果となった。

4. まとめ

本論文では、広内橋を対象として、数値解析を用いて構造物の損傷メカニズムを分析した。以下に本研究で得られた知見を示す。

- (1) 定常流を考慮した水平作用力は、407kN となり、桁抵抗力 1516kN を大きく下回る結果となった。
- (2) 数値解析の水位上昇速度と水面勾配は、それぞれ 26.9m/min, 1/13 と大きい結果であることから、孤立波性状の波が作用した可能性がある。
- (3) 孤立波実験の水面勾配 1/8 は、数値解析の水面勾配 1/13 と比較すると、やや大きい、ここでは、広内橋に作用した波が孤立波とし、孤立波の算定式を用いて算出した水平作用力は、4099kN となり、上部構造重量等により算出した桁抵抗力 1516kN を大きく上回る結果となった。

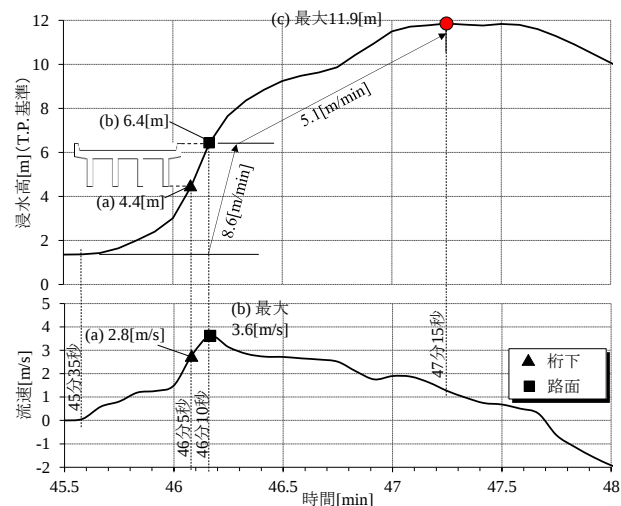


図-5 広内橋位置の水位と流速の時系列変化

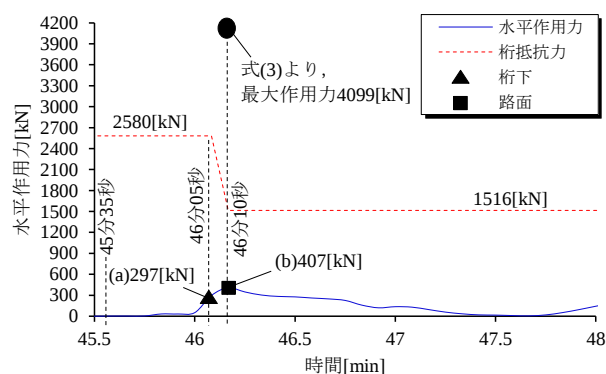
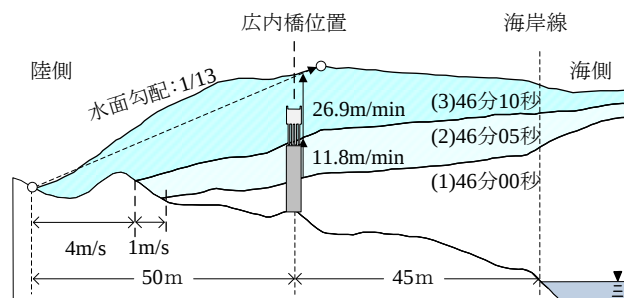
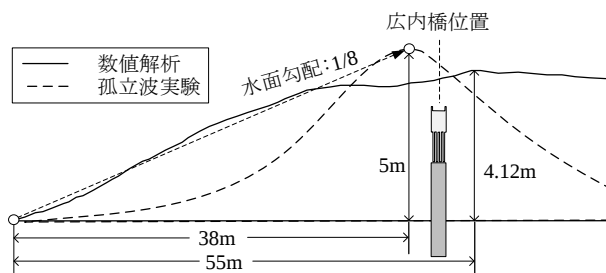


図-6 広内橋に働く水平作用力



(a) 遡上速度と水位上昇速度の関係（数値解析）



(b) 水面勾配の関係（実験と数値解析の比較）

図-7 数値解析の波形と実験の波形の関係