

画像分析及び数値解析による気仙大橋の津波被害分析

九州工業大学 学生会員 ○神宮司 博志
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

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、東北地方沿岸部は壊滅的な被害を受けた。襲来した津波の実態を正確に把握することは、津波被害を受けた橋梁への今後の対策を考える上で重要事項であるが、その被害メカニズムは複雑であるため様々な角度からの分析が必要である。このような観点で今回の震災を振り返ると、特徴的なのは、近年の撮影機器の技術進歩や普及に伴って襲来した津波の様子を記録した映像や写真が数多く残されていることである。

そこで本研究では、橋梁の桁流出が複数確認された岩手県陸前高田市を対象として、主要河川である気仙川を遡上する津波を捉えた写真等から、津波の形状や橋梁に対する作用状態を分析した。さらに津波伝播遡上解析を実施し、一般国道45号の水平方向に大きく流出移動した気仙大橋を対象として被害分析を行い、桁流出メカニズムの推定を試みた。

2. 陸前高田地区の橋梁被害状況

図-1に陸前高田市沿岸部の橋梁位置を示す。上部構造の流出被害が多数確認でき、特に対象地区で最も大きな河川である気仙川に架かる橋梁は全て上部構造が流出している。

3. 津波画像分析

図-2に示すような災害当時の写真画像等を用い、気仙川を遡上した津波の分析を行った。代表として特に資料が豊富であった気仙大橋周辺の津波モード図を図-3に示す。同図より遡上する津波の先端部は段波状ではあるものの、波高が2m程度のため、橋桁には作用せず、その移動速度は概ね5~6m/sであると推定される。

図-4に示すのは気仙大橋のP4橋脚を基準に推定した橋脚上流側の時刻歴水位変化である。横軸の開始時刻は津波先端部が気仙大橋に到達した時刻である。同図より、先端部が到達して20秒前後は急激に水位が上昇するが、その後気仙大橋の橋脚上面高さまでは概ね



図-1 陸前高田地区の橋梁被害状況



(a) 気仙大橋津波到達時



(b) 気仙大橋津波作用開始時

図-2 気仙大橋上流側を遡上する津波

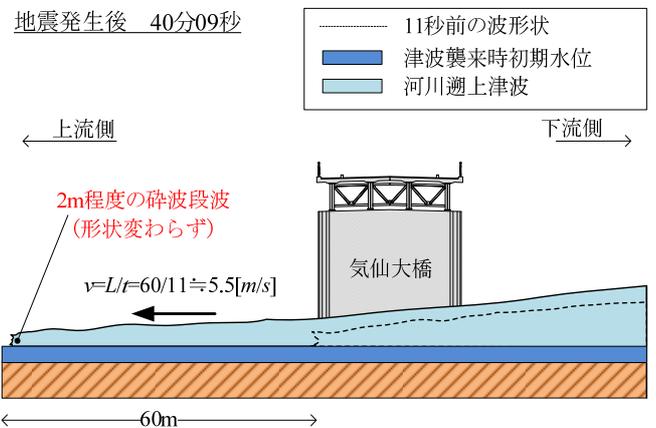


図-3 気仙大橋到達時の津波形状と移動速度

キーワード 津波被害, 画像分析, 津波伝播遡上解析, 流出メカニズム評価

連絡先 〒810-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 建設社会工学科 TEL 093-884-3123

一様に上昇し、橋脚上面に達すると上昇傾向が緩やかになる。これは、河川堤防の高さがこの変化点の高さと一致しており、堤防高さを越えた津波が越流して堤内地に流れ出すためと推察される。

3. 津波伝播遡上解析

陸前高田地区全体の津波特性、及び気仙大橋に作用した津波の特性を解明するため、非線形長波理論に基づく津波伝播遡上解析を実施した。地形データは、国土地理院から公開されている 5m, 10m の DTM データを用い、波源モデルとして藤井・佐竹モデル Ver4.6 を使用した。図-5 には気仙大橋の桁に作用する水平作用力と桁抵抗力、及び浸水高の時系列変化を示す。なお上部構造に対する作用力 F と抵抗力 S を下記の式(1), (2)に基づいて算出した。

$$F = \frac{1}{2} C_d \rho_w v^2 A_h \quad (1)$$

$$S = \mu \cdot (W - U) \quad (2)$$

津波は同図[A]に示す地震発生より概ね 42 分後から桁に作用し、この時点の作用力は 4720kN である。さらに作用力は水位とともに上昇し、気仙大橋が浸水する時点で概ね桁の水平抵抗力に等しくなり、最大で 9188kN となる。

4. 流出メカニズムの推定

図-6 に写真画像より推定した図-5 中[A]の作用状態における波形状を示す。波が桁前面で跳ね上がり水位が上昇するものの桁の移動は確認できない。

図-7 に照明柱の移動より気仙大橋が流出したと推定される瞬間の写真を示す。撮影機器に残された時刻より気仙大橋が流出したのは地震発生から 44 分 34 秒後である。この時刻は図-5 中の[B]以降にあたり、津波による水平作用力が桁の抵抗力を上回るため、数値解析上も危険な状態であることが分かる。従って気仙大橋は津波による水平作用力で流出したと推定される。

5. まとめ

- (1) 写真画像より、段波状の津波先端部は波高 2m 程度であり、桁には作用しないことが明らかとなった。
- (2) 数値解析より、気仙大橋は地震発生から約 43 分後に水平作用力が概ね桁抵抗力と等しい 8414kN となることから流出する可能性があり、浮力を考慮するとさらに危険な状態となる。この結果は写真画像や流出事実と一致することから、気仙大橋は津波による水平作用力で流出したと推定される。

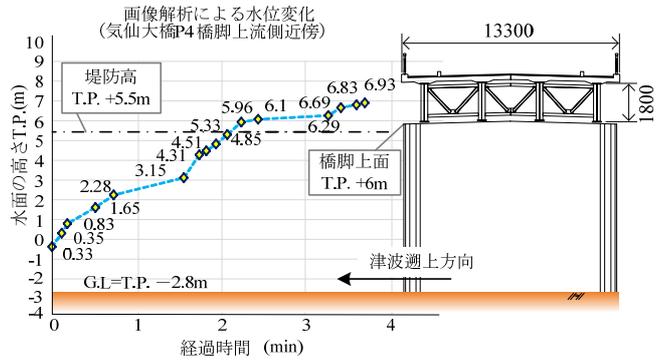


図-4 気仙大橋津波到達以降の水位変化

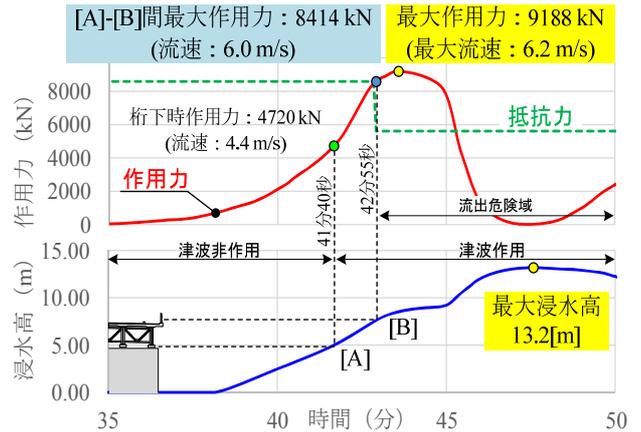


図-5 浸水高と作用力の時刻歴変化

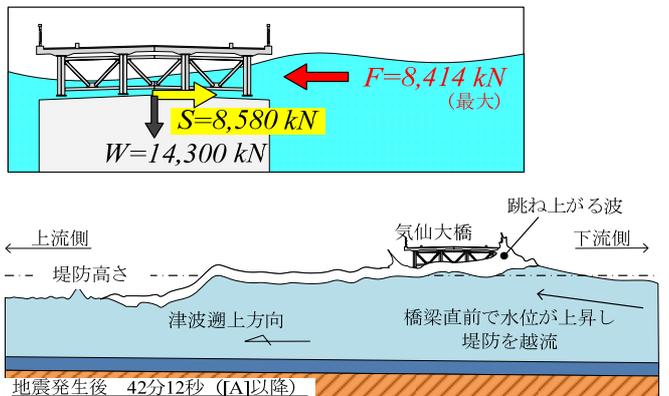


図-6 津波作用開始時の波形状

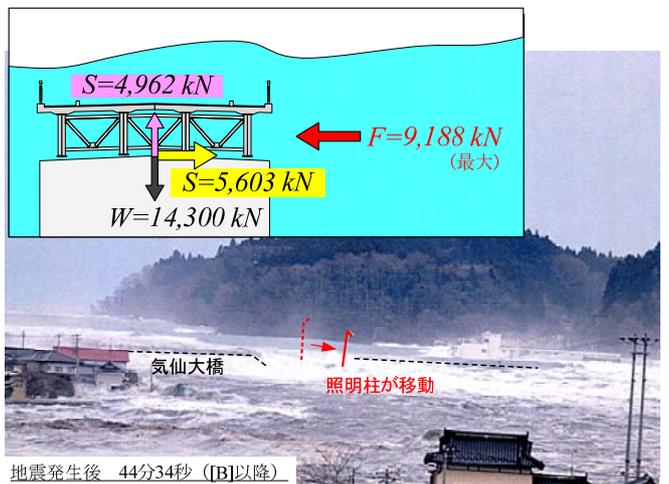


図-7 気仙大橋流出時(推定)の写真