画像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 〇神宮司博志 (株)大日本コンサルタント正会員 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、岩手県陸前高田市沿岸部は壊滅的な被害を受け、多数の橋梁が流出した. 襲来した津波の実態を正確に把握することは、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. 本論文では、これらの津波被害を把握することを目的に、被害後の現地調査に加え、映像や写真を用いた分析を行うとともに、非線形長波理論に基づく2次元津波伝搬遡上解析を実施し、代表として気仙川を渡河する国道45号である気仙大橋の流出メカニズムの推定を試みた.

2. 陸前高田地区の被害状況及び気仙大橋の構造緒元

図-1 に陸前高田市沿岸部の津波浸水範囲及び現地調査により確認した橋梁位置を示す. 図中黒丸で示す橋梁は桁が流出している橋梁であり,範囲内の河川,陸域で多数確認できる. 特に陸前高田市内で最も大きな河川である気仙川の分析対象区域内に架かる橋梁は全て桁が流出している.

気仙大橋の被害状況及び断面諸元を図-2 に示す. 気仙大橋は橋長 181.5mの3径間連続と2径間連続の合計5径間の鋼連続鈑桁橋である. 全幅員は 13.3mで,厚さ220mmのRC床版を有している. 気仙川河口から約0.5km上流に位置しており,同図に示すように津波によって上部構造が上流方向へ約300m移動している.

3. 気仙川の津波特性分析

気仙川を遡上する波の様子を側面方向から見た模式図を図-3に示す. 遡上する津波の先端は概ね 2m 程度の高さを持つ段波であり、5~6m/s の速度で上流方向へ遡上する. 姉歯橋を通り抜けてから 7~8m/s 程まで上昇するが、この先端部は桁に直接作用せず、実際に作用するのはその後に続く準定常流状の持続流である. この持続流の流速は姉歯橋付近の漂流物や流出が確認された姉歯橋のトラス補剛材の移動速度から概ね5.5m/s 程度の流速であっ

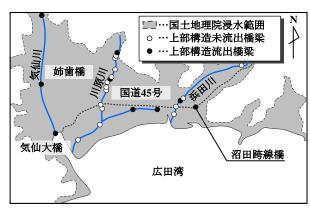


図-1 陸前高田市の橋梁被害と浸水範囲

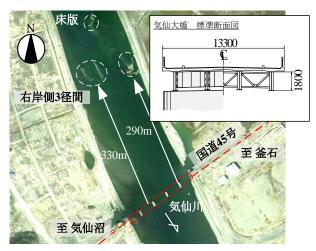


図-2 気仙大橋被害状況

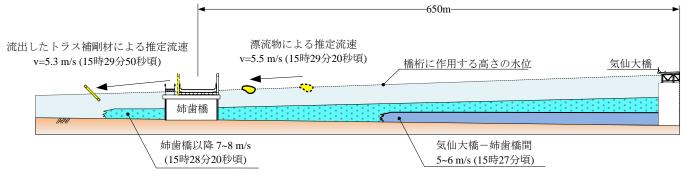


図-3 映像分析による溯上津波の側面模式図

たと推定される.

以上の映像分析に加え、数値解析を用いて、気仙川を 遡上する津波の分析を実施した.解析は非線形長波理論 に基づいており、モデルの具体は以下に示す.

- (a) 波源モデルに藤井佐竹モデル(Ver4.6) を用いた.
- (b) 陸域のデータは 5m, 10m メッシュを使用した.
- (c) 解析領域 $A\sim H$ の最小領域 H のメッシュサイズを 2m とし, G を 6m, F を 18m と A に向かって 3 の倍数で大きくして各領域を結合した.

図-4に写真画像から推定した気仙大橋 P4橋脚位置の時刻歴水位変化と、数値解析による浸水高の時刻歴変化の比較を示す。約3分45秒間の両者の結果を比べると、上昇傾向に若干の差がみられるものの上昇速度は約2m/min 程度となり概ね同様の結果が得られた。

図-5及び図-6に、解析による浸水高と流速の時刻歴変化と、津波作用時の流速ベクトルを示す、水位が気仙大橋の桁下に到達して波が桁に作用し始め、その後、桁が没水するまでの間の流速は、概ね5~6m/sである。これは前述した漂流物から推定した流速に近い値である。

4. 気仙大橋の流出メカニズムの推定

流速が漂流物より推定した流速と概ね一致したことから、図-6 に示したように、これらの流速が気仙大橋に直角に作用したと仮定し、式(1)で作用力を、式(2)で抵抗力を算出し、気仙大橋の桁流出判定を行った.

$$F = \frac{1}{2}C_d v^2 \rho_w A_h \tag{1}$$

$$S = \mu \cdot (W - U) \tag{2}$$

数値解析による流速に基づく作用力と抵抗力の関係を 図-7に示す。同図より、津波による水平作用力が気仙 大橋の上部構造の抵抗力を上回り、桁が水平方向に移動 流出する結果が得られた。この結果は前章に示した気仙 大橋の流出事実と整合する。

5. まとめ

- 1) 気仙川を遡上する津波の先端は 2m 程度の段波状であり、橋桁に直接作用せず、作用する波の流速は、映像及び解析から 5~6m/s であると推測される.
- 2) 段波通過後の気仙川における水位上昇は数値解析と 画像分析で概ね 2m/min であり,同程度の結果が得ら れた.
- 3) 数値解析の流速から気仙大橋の流出判定を行うと、 水平方向の作用力で流出するという結果が得られた. この結果は被害状況と一致している.

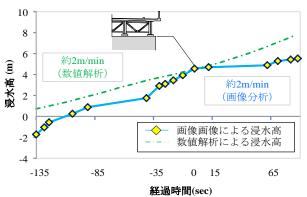
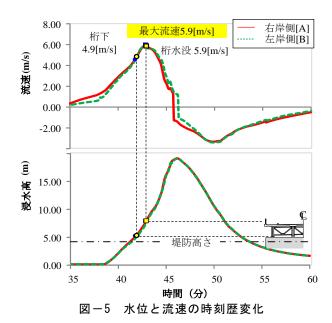


図-4 数値解析と画像分析との比較(水位)



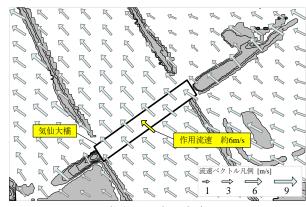
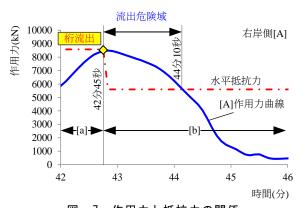


図-6 津波作用時の流速ベクトル



図ー7 作用力と抵抗力の関係