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 九州工業大学 正会員 幸左賢二 (株)大日本コンサルタント正会員 佐々木達生

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 映像分析による遡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~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

- 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.
- 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.









