

数値波動水槽を用いた津波による橋梁流出メカニズムの検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○監物 希美 正会員 丸山 久一 正会員 田中 泰司

1. 研究の背景・目的

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震では多くの橋梁で流失被害が生じた．そこで本研究では三次元流体解析を行い，橋梁に作用する津波波力の分析と被害メカニズムの検討を行うこととした．

2. 数値解析の概要

2. 1. 対象橋梁

本研究では岩手県野田村の広内橋を研究対象とした．この橋梁は海岸沿いに設置された PCT4 主桁の橋梁である．橋梁の概要を表－1 に，断面図を図－1 に示す．写真－1 に広内橋の被災状況の全体図を，写真－2 に 橋台の拡大図を示す．アンカーバーの損傷状況より広内橋は下流側が 30cm 程度持ち上がったあとに，上流側に水平移動し，落橋したと推定される．

2. 2. 解析条件

流体解析には CADMAS-SURF/3D を用いた．津波による波力特性は定常流に近いと考え，解析境界に流速と水深を与えて流れの中で橋梁にどのような力が作用するのかを分析することにした．

解析メッシュを図－2 に示す．本解析では x=0m の解析境界（図－2 の左側）から流れを与え，橋桁を x=100m 地点に設置した．現況と同様に，橋の両岸の高さは橋面と同じとした．式－1 は本解析で用いた流速の式である．本稿では C=0.6 とし，初期水深は 8.5m とした（図－3 参照）．

$$v = C\sqrt{gh}$$

v : 流速[m/s], C : Fr 値, g : 重力加速度 (9.8[m/s²]), h : 初期水深[m]

(1)

3. 波力の計算結果

図－4 に抗力と揚力の合力の経時変化をそれぞれ示す．図－4，図－5 は圧力の絶対値で示し，浮力を考慮したものである．今回の解析では，10 s 経過時に流れが桁に衝突し，約 1600kN の抗力が発生した．揚力の合力は，浮力に相当する値で収束する結果となった．また，図－5 に示

表－1 対象橋梁の概要

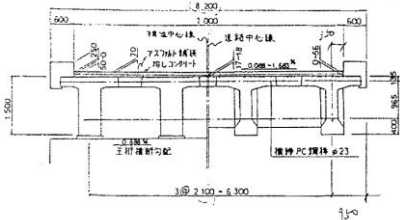
名 称	広内橋
設置場所	岩手県野田村 県道268号
架設年	1992年
形 式	PC T4 主桁
橋 長	28.5m
桁 長	28.4m
全 幅	8.2m
桁重量	4300kN(大気中)
落下防止装置	有り (アンカーバー)
斜 角	90°



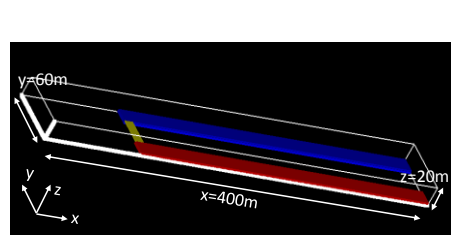
写真－1 被災後の対象橋梁



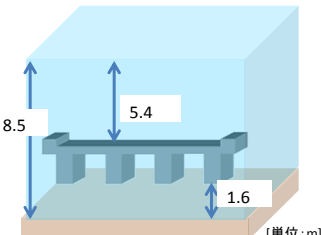
写真－2 対象橋梁の拡大図



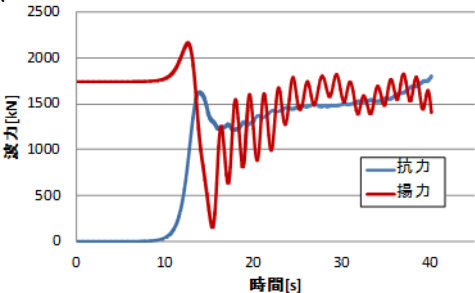
図－1 断面図



図－2 計算領域



図－3 桁と水深の関係



図－4 水平・揚力の経時変化

キーワード 東北地方太平洋沖地震，橋梁，津波，流体解析
連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 コンクリート研究室
TEL 0258-47-1611-6310

した揚力分布から、桁前方に集中的に上向きの力が作用することが明らかとなった。

4. 安全率による被害形態の検討

解析によって得られた波力に対する被害安全率を水平移動と回転移動の各被害形態に対して算出した。

桁の水平移動に対する安全率 β は幸左らによって提案された式-2を用いて算出した。

$$\beta = \frac{R}{D} \quad (2)$$

ここに、 D ：抗力（解析値）[kN]， R ：摩擦抵抗力 [kN]であり、式-3より求めた。

$$R = \mu w \quad (3)$$

μ ：摩擦係数（0.6）， w ：大気中の重量－揚力（解析値）[kN]

回転移動に対する安全率 β_M は、式-4より算出した。回転中心は上流側の桁下端とした。

$$\beta_M = \frac{M_r}{M_a} \quad (4)$$

ここに、 M_r ：抵抗モーメント， M_a ：作用モーメントであり、式-5、6よりそれぞれ求めた。

$$M_r = \frac{b}{2} w \quad (5)$$

b ：桁幅， w ：大気中の重量

$$M_a = \sum \left(p_x A_b \frac{d}{2} \right) + \sum \left(p_x A_g \left(d + \frac{a}{2} \right) \right) + \sum (p_y x) \quad (6)$$

p_x ：水平波力， A_b ：ウェブ面積， d ：ウェブ高さ， A_g ：地覆面積， a ：地覆高， p_y ：揚力， x ：回転中心からの距離

図-7 に安全率 β および β_M の経時変化を示す。流れが桁に衝突してから定常状態に至るまで、回転移動の安全率が水平移動の安全率よりも若干小さくなる結果となった。また、その値の収束値は1を若干下回っているため、今回の解析条件では橋桁が流失する可能性が大きいといえる。また、安全率の計算結果は、水平移動よりも先に回転移動が生じることを示しており、これは実際の被害状況と相違しない。

5. まとめ

本研究では、3次元流体解析により、流れの中で桁前方に大きな揚力が発生し、回転移動が生じ得ることが示された。回転移動の発生条件や回転力の大きさ、津波流速や橋梁の断面形状の影響などについて、さらに検討を進める必要がある。

参考文献

- [1] 財団法人 沿岸技術研究センター：沿岸開発技術ライブラリーNO.12 CADMAS-SURF 数値波動水槽の研究・開発，H13.10，[2] 財団法人 沿岸技術研究センター：沿岸開発技術ライブラリーNO.39 CADMAS-SURF/3D 数値波動水槽の研究・開発，H22.12，[3] 幸左，宮島，藤間，庄司，小野，重枝，広岡，木村：津波による道路構造物の被害予測とその軽減策に関する研究成果報告書，新道路技術会議，H22.6

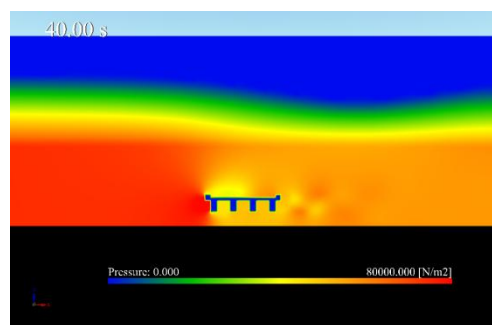


図-5 40s 時の圧力コンター図

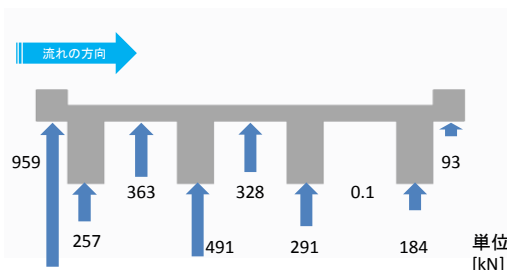


図-6 40s 時の揚力分布

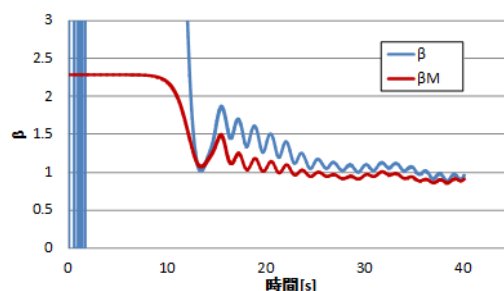


図-7 h=8.5m における安全率