

津波を受ける橋梁の安定解析—気仙大橋の事例—

八戸工業大学 正会員 ○長谷川 明
八戸工業大学 下山 仁史

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震により、多くの橋梁が被害を受けた。中でも、津波による被害は大きく、国土交通省東北地方整備局が点検した橋梁 1572 橋梁のうち津波の影響を受けた橋梁数は 151 橋で全体の 10%であるが、被災はその 93%に及んでいる。また、津波の影響を受けた橋梁の耐荷力に関する被災度も高いことが示されている。特に写真に示す気仙大橋などの橋梁の流出が発生した。そこで、気仙大橋（支間長 35.97m、幅員 12.5m）を事例として、津波の力による橋梁の剛体としての安定計算を行って、津波による橋梁の安全性について検討した。



写真1 気仙大橋の被災状況

2. 安定計算の概要

本研究では、水平抗力 F_x (kN)、自重 DI (kN)、浮力 Bu (kN)、揚力 F_z (kN)、から安全率 sf を求め、津波による桁の水平方向の滑動安全率 Hsf 、浮き上がり安全率 $Udsf$ 、転倒安全率 $Mysf$ を求めた。水平抗力 F_x は次の式で計算した¹⁾。

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \rho w \cdot C_d \cdot A \cdot q^2 \quad (1)$$

ここで、 ρw は海水の密度(1030kg/m³)、 C_d は水平抗力係数、 A は水平投影面積(m²)、 q は流速(m/s)である。

次に、各安全率は次の式で表される。

$$Hsf = \frac{\mu(DI - Bu - F_z)}{F_x} \quad Udsf = \frac{DI}{(Bu + F_z)}$$

$$Mysf = \frac{b(DI - Bu - F_z)}{h \cdot F_x} \quad (2)$$

μ は橋桁と橋台（あるいは橋脚）の摩擦係数、 b は幅員(m)、 h は地覆、床版、舗装を含めた桁高(m)である。全ての計算で、過去の研究¹⁾から $F_x = F_z$ とし、浮力の計算では橋梁が全て海水中にあると仮定した。滑動安全率 Hsf に関しては、 $\mu = 0.6$ 、抵抗力を自重の 20%としたものの 2 種類を比較する。また、漂流物の衝撃荷重や桁下閉塞空間による浮力は考慮していない。なお、桁の重量等の計算では、デザインデータブック掲載資料²⁾を利用した。

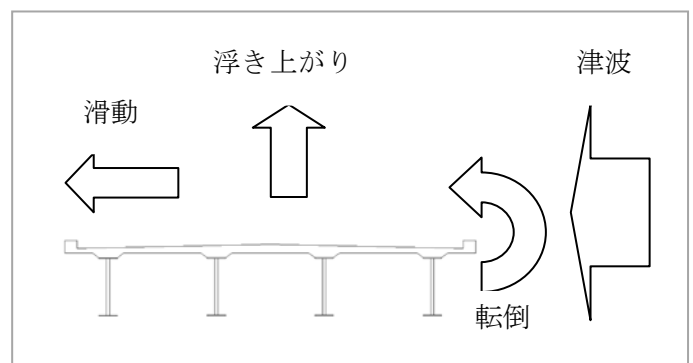


図1 津波を受ける橋梁に作用する荷重と安定

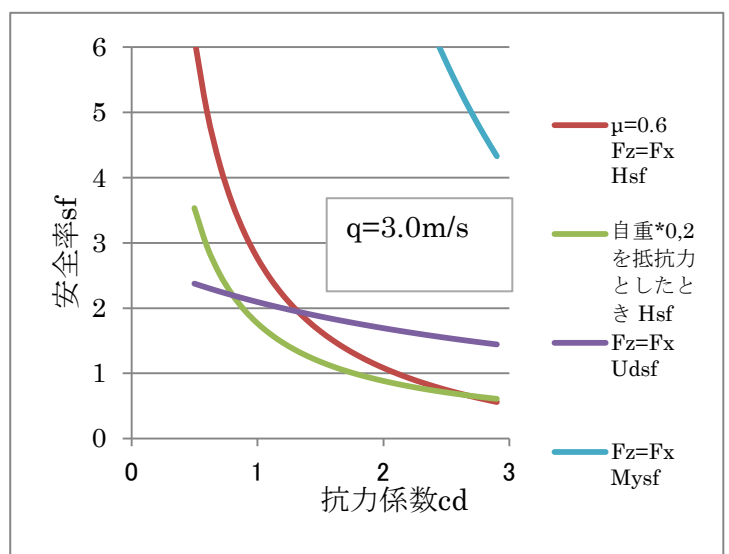


図2 気仙大橋の抗力係数と安全率

キーワード：東日本大震災 津波 橋梁 安定計算 気仙大橋

連絡先：〒031-8501 八戸市妙字大開 88-1 TEL 0178-25-8075 FAX 0178-25-8075

3. 結果・考察

3.1 抗力係数と安全率の関係

流速を 2004 年インド洋津波解析に関する既往の研究³⁾から 3m/s と仮定し、抗力係数による安全率の変化を計算した。これを図 2 に示す。この図によると、転倒安全率は非常に高いが、抗力係数の増大に伴って急激に小さくなる。浮き上がり安全率は水平抗力係数の増大によって揚力が増大するとして計算しているものの、大きな変化は見られず、1 を下回ることがない。滑動安全率は、抗力係数が 2 前後を越えると 1 を下回っている。

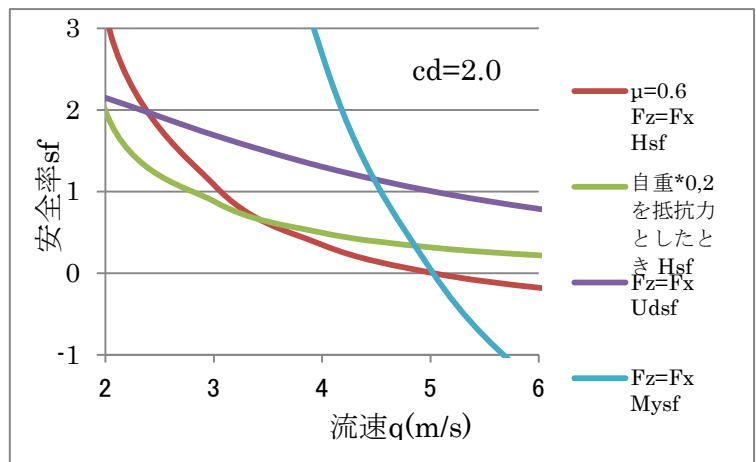


図3 気仙大橋の流速と安全率

3.2 流速と安全率の関係

既往の研究成果⁴⁾から $cd=2.0$ とし、流速と安全率の関係を求め、これを図 3 に示す。この図から、例えば流速 4m の時、滑動安全率が最も小さいことから、浮き上がりや転倒より滑動が先に始まることがわかる。一方で、流速が 6m であれば転倒が発生することが示されている。被災状況の、落橋防止システム等の破壊状況に関する観察と、この安定計算の精度を考えると、滑動、浮き上がりおよび転倒の複合的な被災が起きたと推定される。

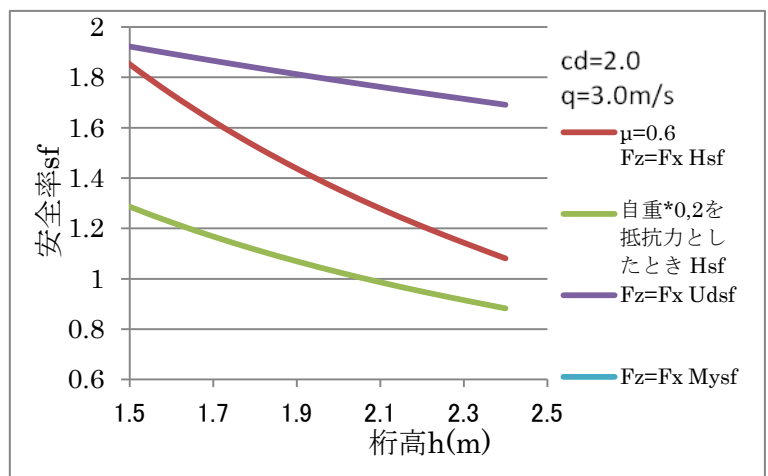


図4 気仙大橋の桁高と安全率

3.3 桁高と安全率の関係

抗力係数を 2.0、流速を 3.0m/s と仮定し、桁高と安全率の関係を図 4 に示す。ここでの桁高は、影響面積に計算される主桁高に舗装および地覆を加えた高さである。桁高が小さいほど安全率は増し、桁高を大きくすれば安全率は小さくなる。抗力係数の変化と同じように転倒安全率（図の上部表示外）の変化は急激で、浮き上がり安全率は変化が小さい。

4. まとめ

気仙大橋を例に津波による橋梁の流出の力学的要因を、安定計算から考察した。今後、この安定計算で使用する数値の妥当性を検証し、今後の橋梁の津波対策に役立てたいと考えている。おわりに、資料を提供いただいた国土交通省はじめ各関係機関、および支援いただいた財団法人東北建設協会に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 鳴原良典ら：2004 年インド洋津波におけるスマトラ島北西部沿岸の被災橋梁に関する数値計算 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.B2-65、No.1、pp311-315、2009
- 2) (社) 日本橋梁建設協会：デザインデータブック、1981
- 3) 鳴原良典ら：2004 年インド洋津波における Banda Aceh 周辺の橋梁に作用した津波波力の再評価、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.66、pp231-235、2010
- 4) 庄司学ら：桁橋の津波被害再現実験 海岸工学論文集、第 53 巻、土木学会 pp801-805、2006