津波を受ける橋梁の安定解析

八戸工業大学　　○下山　仁史
八戸工業大学　正会員　長谷川　明

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。本研究では、今後被災地域に橋梁をかける場合、津波の影響を受ける地域の橋梁をどのような設計をすれば流出しにくくなるかを気仙大橋（支間長 35.97m、幅員 12.5m）を例に調べた。特に、橋梁が流出したことから、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。

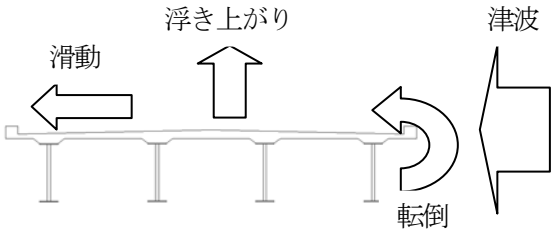

図１　津波を受ける橋梁に作用する荷重と安定

2．安定計算の概要

本研究では、水平抗力 Fx(kN)、自重 Dl(kN)、浮力 Bu(kN)、揚力 Fz(kN)、から安全率 sf を求めた。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 Fx は次の式で計算した [1]。

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

ここで、ρw は海水の密度(1030kg/m³)、Cd 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。

$$Hsf = \frac{\mu(Dl - Bu - Fz)}{Fx} \qquad Udsf = \frac{Dl}{(Bu + Fz)}$$

$$Mysf = \frac{b(Dl - Bu - Fz)}{h \cdot Fx} \quad (2)$$

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 Fx=Fz 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、μ=0.3、0.6、抵抗力を自重の 2 割としたものの 3 種類を比較する。また、漂流物の衝撃荷重は考慮していない。なお、桁の重量等の計算では、デザインデータブック [2]掲載資料を利用した。

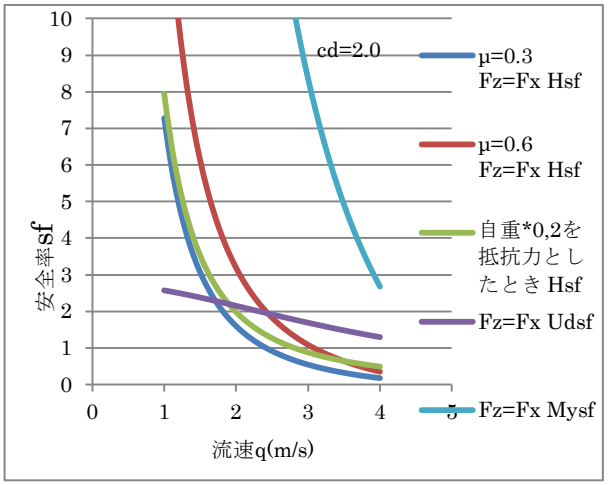

図２　気仙大橋の流速と安全率

3．結果・考察

3.1 流速と安全率の関係

図 2 は、流速と安全率の関係を求めたものである。既往の研究成果から [3]cd=2.0 とする。この図によると流速

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

が 3m/s 前後で、いずれの安全率も急激な低下から鈍化していることが示されている。また、この流速前後で桁が流出する危険性が高くなる。中でも転倒安全率は急激に下がる。

3.2 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 [4]から 3m/s と仮定し、抗力係数による安全率の変化を図 3 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。浮き上がりに関しては水平抗力係数の変化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。

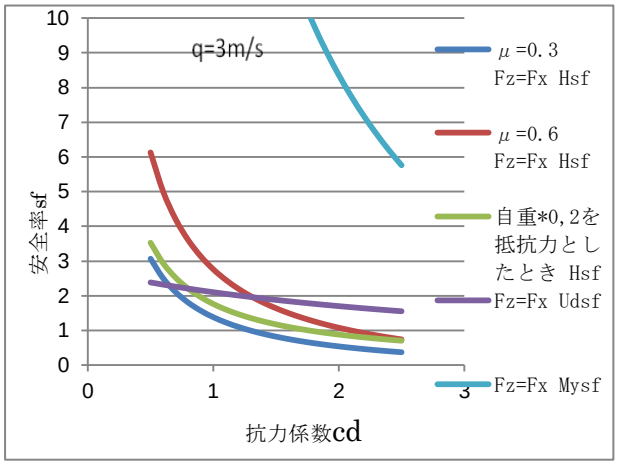

図３　気仙大橋の抗力係数と安全率

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、その拡大図を図 5 に示す。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に関しての変化は急激で、浮き上がりに関しては変化が小さい。抵抗力を自重の 2 割とした時の滑動は桁高が 2.0m 付近で安全率が 1 より小さくなる。よって、桁高を 2.0m 前後、摩擦係数を 0.6 にすると安全性が確保されると考えられる。桁高を小さくすれば津波を受ける影響面積が低下することが大きな要因と考えられる。

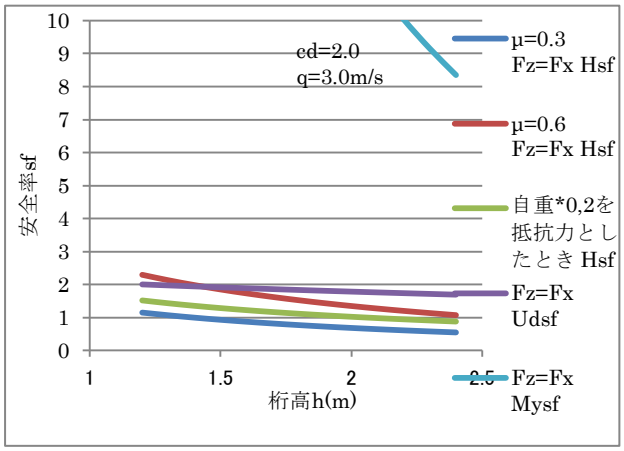

図４　気仙大橋の桁高と安全率

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した数値の妥当性などを検証し、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に感謝申し上げます。

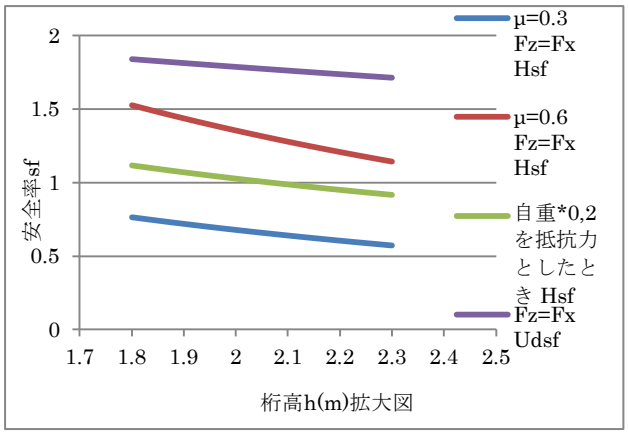

図５　気仙大橋の桁高と安全率

参考文献

1)鴫原良典ら：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)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

4)鴫原良典ら：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