

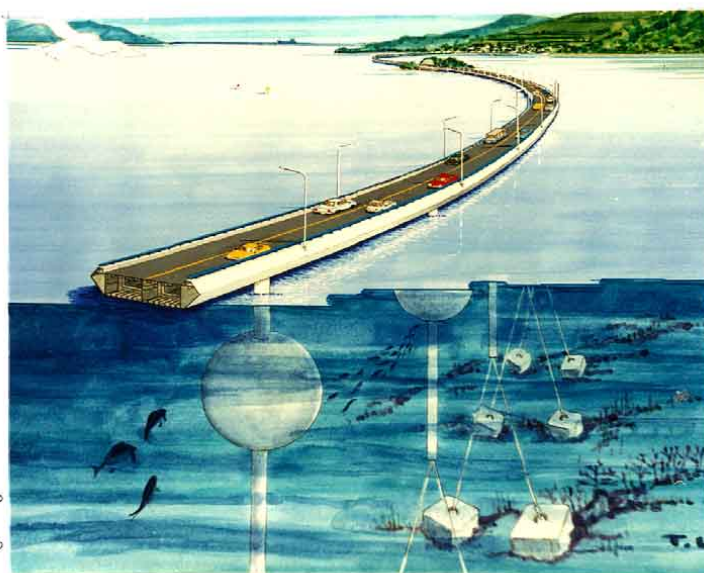
没水球橋脚で支持された浮橋の波浪応答

佐世保重工業(株) 正 筒井光男
九州産業大学 正 水田洋司
九州産業大学 正 白地哲也
九州地方建設局 正 古賀康則

1. まえがき

幅の広い川や海峡を渡る場合に、水の浮力を利用した浮橋が用いられてきた。最近ではポンツーンに支えられた近代的な浮橋も造られている。浮橋は離島や浮体式構造物への経済的なアクセスとなる可能性がある。しかしながら洪水や波浪に対する揺れという弱点も持っている。ここでは、以下の特徴を持つ浮橋の波浪応答について報告する。

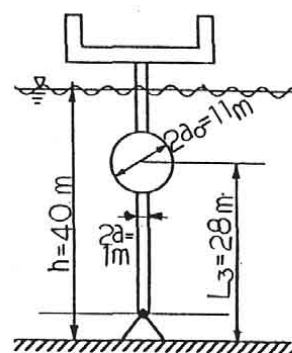
- 1) 没水球の下に柱を固定し、柱下端を水中に繋ぎ止める。
- 2) 没水球上部に固定した橋脚は、上端が水面から突出している。
- 3) 橋脚の上に連続桁を架ける。
- 4) 連続桁は水平面内で曲率を持ちアーチとして働く。



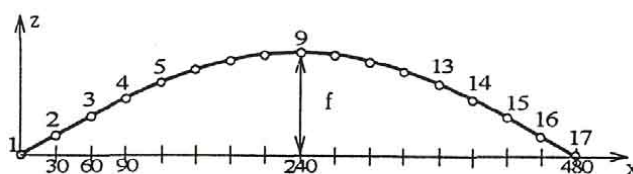
図ー1 浮橋イメージ図

2. 静的力学特性

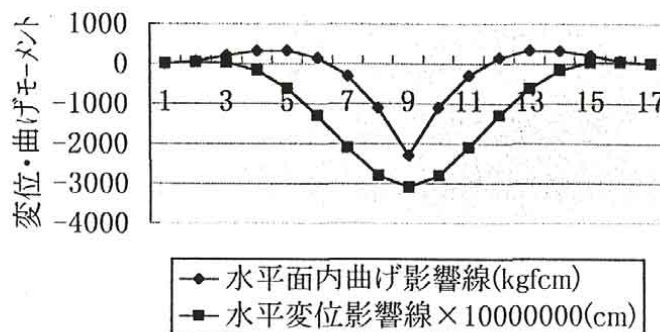
いま、図ー2の没水球橋脚で30 mピッチで支えられた橋長480 mの浮橋を考える。平面形状を図ー3、桁諸元を表ー1に示す。水平荷重1kgfに対するアーチクラウンでの曲げモーメントおよび水平変位の影響線は図ー4の通りである⁽¹⁾。



図ー2 没水球橋脚



図ー3 浮橋平面図



図ー4 アーチクラウン変位・曲げモーメント影響線

表ー1 桁諸元

橋 長 $L=480$ m
断面積 $A=2126$ m ²
断面 2 次モーメント
$I_x=127,320,000$ cm ⁴
$I_y=121,000,000$ cm ⁴
$I_z=6,320,000$ cm ⁴
ねじり定数
$W=7,900,000$ cm ⁴
単位長さ重量
$W=25$ kgf/cm
ライズ $f = 24$ m

キーワード：浮橋、没水球体、波浪応答

連絡先：佐世保重工業(株)鉄構設計部 筒井光男 TEL0956-25-9220 FAX0956-25-9119

3. 没水球橋脚に作用する波力

没水球に作用する力は式(1)で表される²⁾。

$$P_x(t) = - \frac{\rho H a_0^2 \sigma^2}{\sinh kh} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{a}{a_0} \right)^2 \{ \sinh 2kh - \sinh k(h+L_3+a_0) + \sinh k(h+L_2) - \sinh k(h+L_0) \} \right. \\ \left. + \frac{a_0 \pi}{2} \cosh kh \left(-\frac{1}{6} \cos 3\alpha + \frac{3}{2} \cos \alpha \right) \right] \sin \sigma t \quad (1)$$

ここで、 ρ は水の密度、 H は波高、 a は柱の半径、 a_0 は球の半径、 σ は外力の角振動数、 k は波数、 h は水深、 $\alpha = \sin^{-1}(a/a_0)$ 、 L_0, L_2, L_3 はそれぞれ水底から柱下端、球体下端、球体中心までの距離を示す。

4. 波力による静的変位と応力

図-5は、水深40m、球の半径5.5m、の場合に、球の位置を水底から20m、24m、28m、32mと変化させた場合の波力である²⁾。波高1m、 $L_3 = 28$ mの場合、没水球橋脚1基あたりの共振時作用水平力は約10tfである。10tfが全ての没水球に同時に作用すると、変位・曲げモーメントは載荷点部影響線縦距の和を10000倍した値になる。

変位： $d = 0.001694 \times 10000 = 16.9$ cm

曲げモーメント： $M = 2958 \times 10000 = 296 \times 10^5$ kgfcm

軸力：アーチの公式より $N \doteq w L^2 / (8f) = 400$ tf

ここで、 w ：等分布荷重=10/30 tf/m、 L ：橋長480 m

このときの応力は

$$\sigma = \frac{M}{I_y} Y + \frac{N}{A} = \frac{296 \times 10^5}{121 \times 10^6} \times 360 + \frac{400 \times 10^3}{2126} = 276 \text{ kgf/cm}^2$$

ここで Y ：桁の中心から端までの距離を示す

没水球に作用する波力が波高に比例するために、応力・変位は波高に比例する。また、水平反力はライズに逆比例する。このため、ライズを大きくする方が桁の設計や兩岸下部工の設計には有利である。

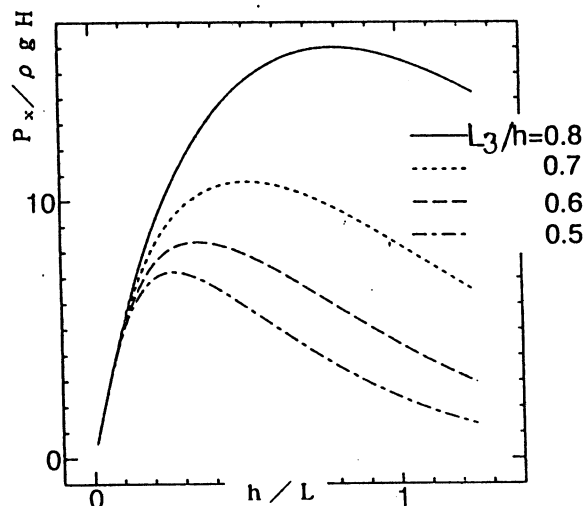


図-5 没水球体作用波力

5. 波浪応答

風琴振動の共振時最大振幅算定方法³⁾に従い波浪応答を推定する。水中模型実験結果より、没水球体の減衰係数として $h=0.22$ を採用する²⁾。この場合、共振倍率は $1/\epsilon = 1/2h = 2.27$ となる。波高1mでの共振時の浮橋変位・応力をそれぞれ δw ・ σw とすると次のようになる。

$$\delta w = d \times 1/\epsilon = 38.3 \text{ cm}$$

$$\sigma w = \sigma \times 1/\epsilon = 626 \text{ kg/cm}^2$$

6. まとめ

以上、没水球橋脚を持つ浮橋の波浪による静的変位・断面力を算出し、共振倍時応答を推定した。動的応答解析結果については講演発表時に報告予定である。

参考文献

- (1) 古賀、筒井、水田、滝川：没水球橋脚を持つ浮橋の力学特性、土木学会 H11 西部支部講演概要集 I -68。
- (2) 土井智宏：没水球体の浮橋への適用に関する研究、熊本大学工学部土木環境工学科 H6 卒業論文。
- (3) (社) 日本道路協会：鋼道路橋設計便覧、P.345、昭和 54.2。
- (4) 筒井、水田、滝川：没水球橋脚を持つ浮橋の実用化に関する研究、土木学会 H11 全国大会講演概要集、I -A299。