

I - A 300

大水深・長大橋梁の新型浮体基礎に関する初期検討

三菱重工業(株) 横浜製作所 正員 ○長澤 大次郎

三菱重工業(株) 長崎研究所 太田 真

1. はじめに

海洋に建設される基礎構造物は、海底地盤に定着するのが一般的であるが、大水深の場合、建設費が膨大となり技術的にも困難となる。表1に示すように津軽海峡、紀淡海峡、豊予海峡など海峡横断道路プロジェクトの計画において、基礎の水深が100mを越えており、外洋に面しているため風波や潮流の条件が厳しく、既往技術の延長では実現が難しい。そこで、上記プロジェクト中最も厳しい津軽海峡(水深100m以上が10km以上)を対象として、石油掘削リグのようなセミサブ構造形式を持つ新形式浮体基礎を提案し、大水深・長大橋梁に関する技術的成立性の調査を目的として波浪中周波数応答解析による初期検討を実施した。

表1 海峡横断道路プロジェクトの概要例

名称	海上距離	最大水深	潮流	最大基礎水深
津軽海峡(東ルート)	13 km	270 m	5.5 kn	—
紀淡海峡	11 km	150 m	3.6 kn	100 m
豊予海峡	14 km	190 m	5.9 kn	140 m

2. 構造形式

浮体部は、北海に設置されているテンションレグ型石油生産プラットフォーム“HUTTON”¹⁾を参考に設定した(表2、図1参照)。橋梁部は実績や経済性を踏まえて連続トラス橋(表3参照)を採用したので、低重心となり浮体の安定性が得られた。係留は橋梁部に伝わる荷重を軽減するため、図2に示すような3種類の緊張係留について検討した。ここでは、水深100m以上(最大水深250m)の距離が約5kmとなるような地形モデルを設定し、19体のユニット浮体を連結させて検討した。全体構造の鳥瞰図を図3に示す。

表2 浮体部主要目

	S70
長さ L (m)	70.0
幅 B (m)	58.3
喫水 d (m)	20.0
型深 D (m)	35.0
コラム1幅 C1 (m)	12.6
コラム2幅 C2 (m)	11.4
ローワーハル高 LH (m)	10.0
ローワーハル幅 LB (m)	10.1
排水量 ∇ (ton)	32050

表3 橋梁部主要目

	S70
形式	鋼製連続トラス
支間 S (m)	258.3
主構<幅/高> (m)	20.0/15.0
幅員<全/道路> (m)	22.6/22.0
重量 (ton/m)	20.0

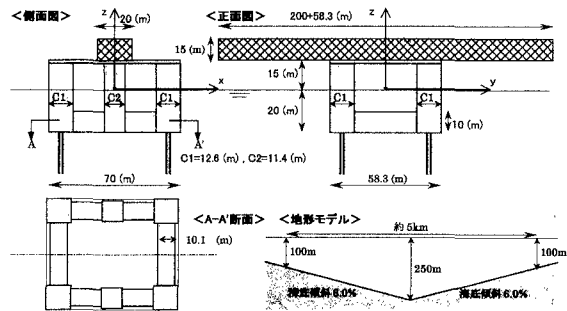


図1 ユニット浮体概要および地形モデル

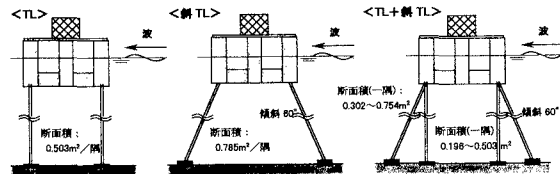


図2 係留方式

緊張係留とは、浮体部底面(四隅のコラム底面中心)と海底基礎を高張力鋼管(テンドン)で連結し、排水量と橋桁及び浮体鋼材重量の差を初期張力(鉛直方向4000ton×四隅)として、海底へ引込む係留方式である。

Key Words : 長大橋梁、大水深基礎、浮体構造物、波浪中応答解析、緊張係留、浮体橋梁
〒231-8715 横浜市中区錦町12 Tel:045-629-1386 Fax:045-629-1398

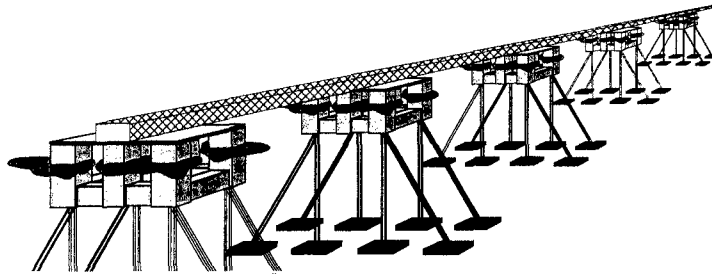


図3 新形式浮体基礎による大水深長大橋梁

3. 解析方法および計算結果

想定した状態において、波浪中の周波数応答解析を実施した。各ユニットの運動は各物体固定座標系の原点まわりの6自由度微小振幅運動を仮定し、 m 番目の浮体についての運動方程式は次式で表現できる。

$$M_m \ddot{\eta}_m + C \eta_m + \sum_n (A_{mn} \ddot{\eta}_n + B_{mn} \dot{\eta}_n + E_{mn} \eta_n) = F_m \quad (1)$$

ここで、 η ：運動； 6×1 ベクトル、 M ：慣性力係数； 6×6 マトリックス、 A ：付加慣性力係数； 6×6 マトリックス、 B ：減衰力係数； 6×6 マトリックス、 C ：静的復原力係数； 6×6 マトリックス、 F ：波強制力、 6×1 ベクトル、 E ：連結部材による復原力係数； 6×6 マトリックスである。但し、添え字 m 及び n は浮体の番号、添え字 mn は n 番目の浮体運動による m 番目の浮体に作用する力に関する係数マトリックスを意味する。ユニット浮体どうしの連結部は橋桁の剛性と等価な6自由度方向のバネでモデル化する²⁾。即ち、橋軸が y 軸とすると、連結部の剛性マトリックスは次式のように簡単な対角項のみで表される。

$$\begin{bmatrix} \frac{12EI_z}{S^3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{EA}{S} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{12EI_x}{S^3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{EI_y}{S} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{S} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EI_z}{S} \end{bmatrix} \quad (2)$$

3方式による解析の結果、TL方式や斜TL方式では応力や張力の許容に問題があった。また、TL+斜TL方式でも水深に応じてテンドン断面を調節し、バネ定数を揃える必要があった。

表4に示すような環境条件に基づき定常外力を求め、同表に示す。定常外力と係留のバネ定数から求まる水平移動量とテンドンに作用する静的最大張力を表5に、波浪中解析結果として橋桁に作用する最大応力及びテンドン最大張力を表6に示す。静的及び動的の最大張力の和が初期張力($T_{TL}=1808t$, $T_{斜TL}=2531t$)を越えないという評価で求めると、今回検討したTL+斜TL方式の限界有義波高は3.63mとなった。

限界有義波高：TL: $(1808 - 909 \cdot \sin 60^\circ) \div 281 = 3.63$, 斜TL: $(2531 - 909) \div 447 = 3.63$

4. 結論

大水深・長大橋に関する初期検討として、浮体基礎による波浪中解析を実施した結果、今回検討した構造では津軽海峡の厳しい条件の下で成立しなかった。しかし、有義波高3.63mの海象条件下では成立する見通しが得られており、浮体や係留サイズの見直し等により、津軽海峡の架橋実現に向けて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 元綱数道, 熊倉靖 (吉田宏一郎 監修): 海洋工学の基礎知識, 成山堂書店, 1990
- 2) 松浦正己, 池上国広: 係留・連結された複数浮体の波浪中挙動解析法, 三菱重工技報, Vol.31 No.4, 1994