

4. ポンツーンを利用したフローティングブリッジ

4.1 ポンツーンの必要条件

フローティングブリッジを計画するにあたって浮体としてポンツーンを利用する場合、いろいろな条件が考えられる。フローティングブリッジとして構造解析を行うに当たって検討すべき項目を以下にあげる。

1) ポンツーンと上部工脚との結合条件の設定

- ・脚の本数及び配置方法
- ・ポンツーンと脚下端の結合条件（ピン、ローラー、剛結）の検討。
- ・ポンツーンから上部工に作用する外力の検討。
- ・ポンツーンに発生する外力の回転成分（ローリング、ピッチング、ヨウイング）の取り扱い方法の検討。

2) 安定性の確保

- ・静的安定性として重心・浮心位置の検討。
- ・動的安定性として波浪との共振をさける方法の検討。

3) バネ定数の設定

- ・ポンツーンを柱基部の鉛直方向のバネとして考えた場合のバネの設定方法の検討。

上記のほかにも、ポンツーンの内部を適当な間隔で配置した隔壁などで仕切る事により、浸水時の安全性を確保することも必要である。

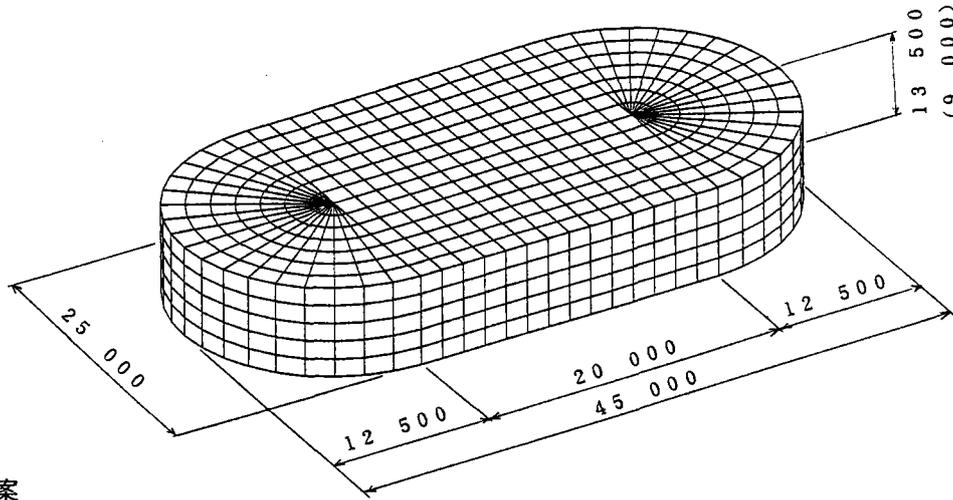
4.2 ポンツーンの形状

具体的に試設計を行う前にここでは調査段階として、関西国際空港連絡橋を架橋地点の例にとり、関西国際空港連絡橋の基礎鉛直反力（死荷重＋活荷重）＝約10,000tという条件を用いていろいろなポンツーンの形状の提案を行った（図－4.2.1、図－4.2.2）。ポンツーンは概略の大きさを算出して具体的に6タイプを提案し、それぞれの構造的特徴（長所・短所）および問題点（課題）をまとめた（表－4.2.1）。

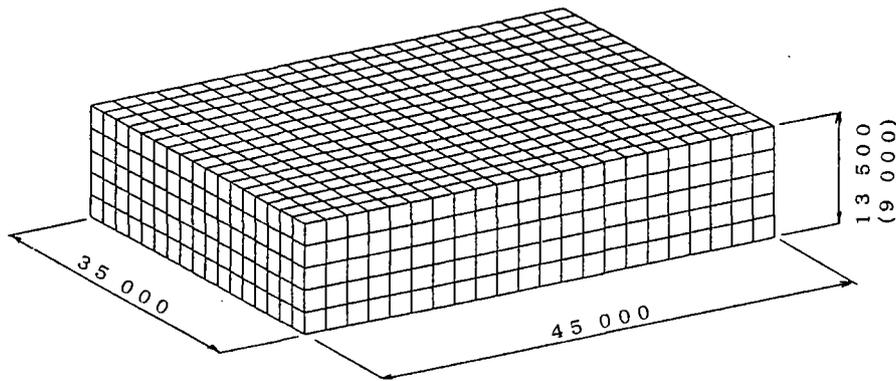
数値はP C製ポンツーンの概略寸法

() 内数値は鋼製ポンツーンの概略寸法

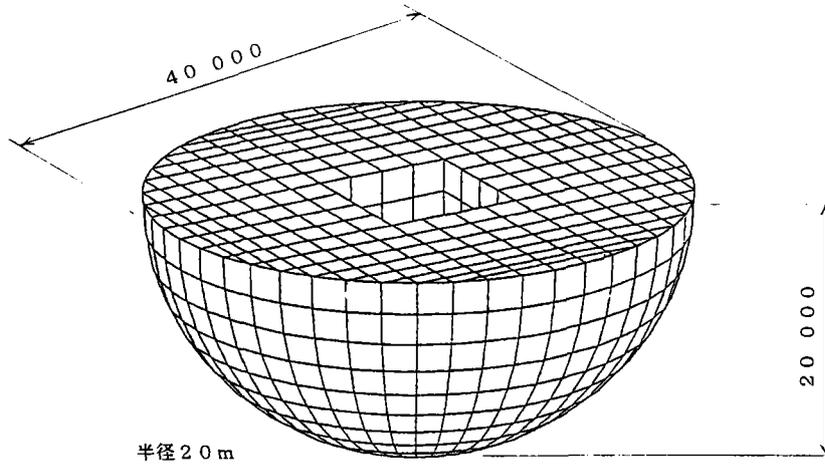
a. 小判型案



b. 直方体案



c. 半円球案



d. 船体形状案

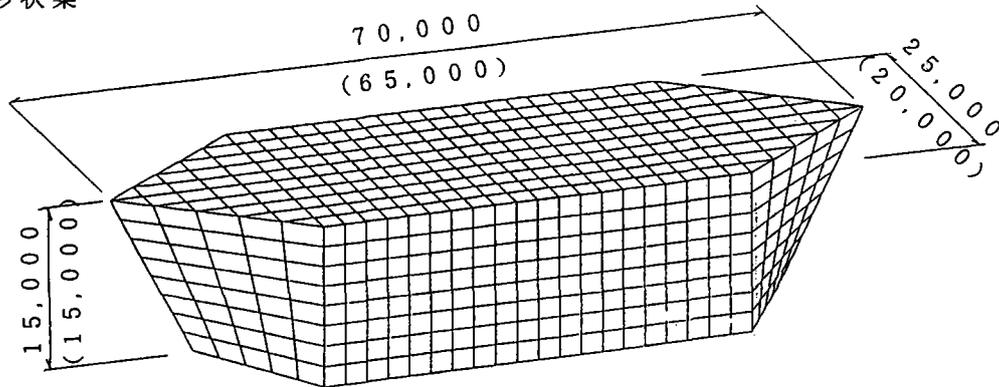
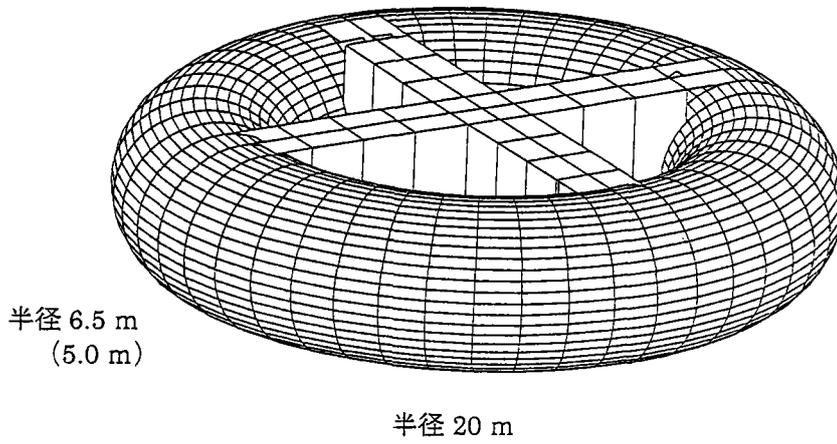


図-4.2.1 ポンツーンの形状イメージ(1)

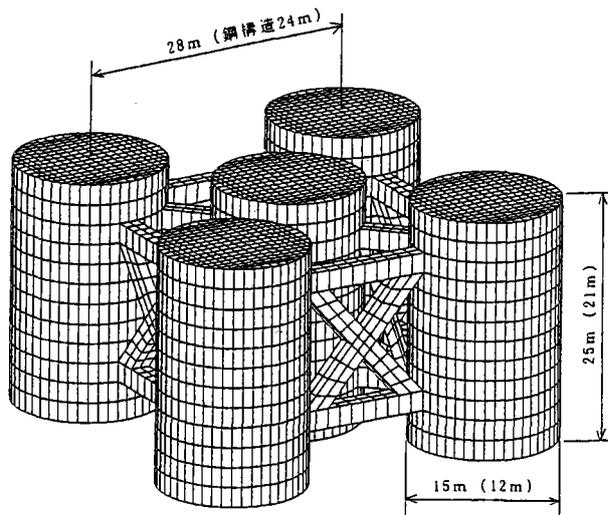
数値はPC製ポンツーンの概略寸法

() 内数値は鋼製ポンツーンの概略寸法

d. 浮き輪型案



e. 円筒結合案



f. 球体セル結合案

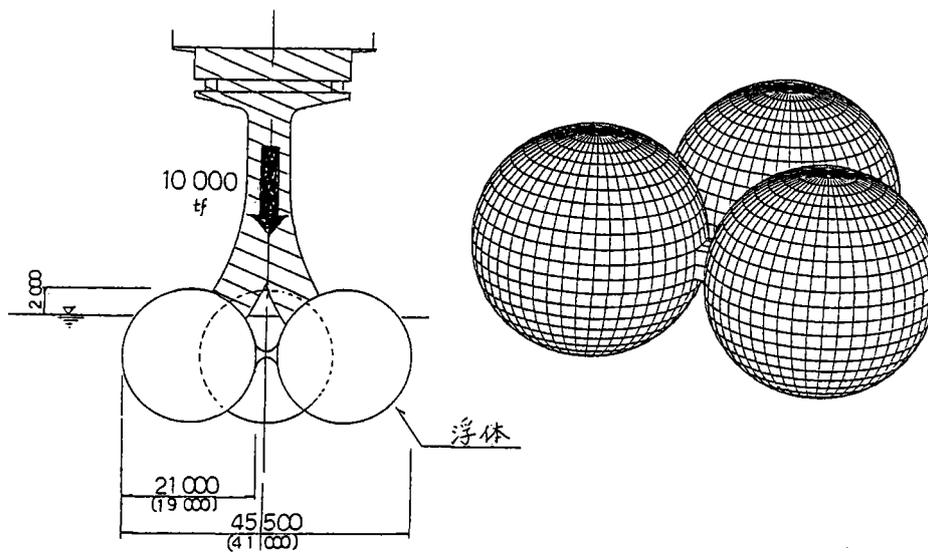


図 - 4 . 2 . 2 ポンツーンの形状イメージ (2)

| ポンツーン案 | 構 造 的 特 徴 | | 問 題 点 |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 長 所 | 短 所 | |
| 直方体案 及び 小判型案 | <ul style="list-style-type: none"> ・構造がシンプルで製作・施工が容易 ・実績が多く信頼性が高い ・上部工脚との取り合い構造が容易である ・鉛直方向に等断面であるので、上下方向は線形バネとして扱える | <ul style="list-style-type: none"> ・潮流や波浪の影響を受けやすい | <ul style="list-style-type: none"> ・ポンツーンと上部工との結合条件（ピン、剛結）の設定 ・ポンツーンの動揺量の低減方法 |
| 半円球案 | <ul style="list-style-type: none"> ・方向性がないことであらゆる方向からの荷重に対応できる ・曲面を有するため、波浪の影響が少ない | <ul style="list-style-type: none"> ・重心が高く、安定度にやや不安がある。 ・曲面の製作が難しく、施工面でやや劣る | <ul style="list-style-type: none"> ・ローリング対策でスタビライザー等の設置が必要 ・橋脚との結合部の構造 ・ポンツーン内部の排水方法 |
| 船体形状案 | <ul style="list-style-type: none"> ・従来の造船技術をそのまま使える ・潮流の方向が一定であれば影響を受けにくい | <ul style="list-style-type: none"> ・潮流方向が変化する場合によっては不安定になる | <ul style="list-style-type: none"> ・船体直角方向の安定性を確保するためスタビライザー等の設置が必要 |
| 浮き輪型案 | <ul style="list-style-type: none"> ・外力に対して安定 ・浮体の動揺が少ない | <ul style="list-style-type: none"> ・材質によって製作が難しい ・平面形状が思ったより大きい | <ul style="list-style-type: none"> ・特異な形状に適した材質の選定 |
| 円筒結合案 | <ul style="list-style-type: none"> ・浮力の作用位置が橋脚中心から離れているため、上部構造に作用する水平力に対してローリングが生じにくい ・各ポンツーンの小型化が図れる為、製作やドックの確保が容易 | <ul style="list-style-type: none"> ・比較的長い波長の波浪に対してローリングやピッチングが生じやすくなる | <ul style="list-style-type: none"> ・各ポンツーンの結合方法 ・最適なポンツーンの個数と配置の検討 |
| 球体セル 結合案 | <ul style="list-style-type: none"> ・球形状の特質として数量を小さくできる ・面内応力が卓越し、部材を薄くできる ・ポンツーンの組み合わせ個数により、上部工反力に応じた浮力調整が可能 ・ポンツーン形状の統一により施工を省力化できる | <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート製の場合、型枠設備がやや複雑 ・個々のポンツーンを原位で結合する場合、回転が生じやすく姿勢制御が困難 | <ul style="list-style-type: none"> ・各ポンツーン相互の結合方法 ・波浪に対する応答特性の把握 |

表-4.2.1 各ポンツーン案の比較検討表

本報告書の「7. 試設計」において、3つの上部工形式別に試設計を行い、使用するポンツーンとして多室の小判型を用いて検討を行っている。本研究部会では、世界的にも実例の多い多室の小判型を標準型と位置づけて、さらにポンツーンの安定性を確保する方法により安定型・波力低減型・対流型の3つのタイプに分け、これらを特殊型として提案と検討を行った。具体的な構造等の詳細に関しては「8. ポンツーンの検討」で取り上げられているので、以下にこれら特殊型のポンツーンの特徴を各タイプ別に述べる。

(1) 安定型ポンツーン

安定型ポンツーンは、波力に対し付加構造により安定を図る構造と考える。ポンツーンの安定性を確保する方法として、波力を抑え橋軸回りの回転バネ値が大きくなる構造形式とし、具体的にはポンツーンそのものの平面形状を大きくしたり、複数のポンツーンを組み合わせるなどの方法が考えられる。

(2) 波力低減型ポンツーン

波力低減型ポンツーンは、波力を減少させる形状とすることにより安定を図る構造と考える。ポンツーンに作用する波力を低減する方法としては、流体中に置かれた物体の抗力を低減することで、一般的には楕型ポンツーンや流線型ポンツーンなどが考えられる。

(3) 対流型ポンツーン

対流型ポンツーンは、水中にフィン等を設置し安定を図り、波力や潮流力に対して受ける荷重を低減できる構造と考える。また、ポンツーンが受ける荷重を低減するには、形状を流線型として形状抵抗を下げたりセミサブタイプとして波力を低減する方法も考えられる。

4. 3 ポンツーンの使用材料

(1) コンクリート構造

高強度軽量コンクリートによるRCもしくはPC構造。防食対策は不要。部材断面が大きいため、重量が比較的重くなる傾向にある。最近では水に浮くような超軽量コンクリートも開発されている。ポンツーンにPC構造を採用する場合、比較的頻度の高い繰り返し加重が作用することから、PC鋼材の長期的な挙動についての検討が必要である。また、橋脚が鋼製の場合、ポンツーンとの結合構造が鋼製ポンツーンより複雑になる。

(2) 鋼構造

強度特性に優れ軽量化が図れる。従って、喫水を小さくでき潮流や波浪の影響を小さくできる。また加工性に優れ、工場製作により品質管理を容易に行える。RCに比べ水密性に優れるがポンツーンとして使用した場合、防食対策（塗装、ライニング、クラッド鋼、腐食しろ等）が必要であり、また疲労に対する検討も必要である。

(3) ハイブリッド（合成）構造

曲げモーメントに対し、鋼材とコンクリートをスタッドジベルやシアコネクタで一体化させて抵抗させる構造。RCに比べ部材断面の小型化とそれにもなう軽量化、あるいは高強度化がはかれる。部材の両側に鋼材を用いる方法と片側に用いる方法がある。鋼殻が防水層を兼ねるので水密性の高い構造が実現でき、鋼殻を内側のみに使用した場合はコンクリートが防食層を兼ねるため防食対策は不要となる。また、鋼殻をコンクリート型枠として兼用することもできる。最近では、橋梁（合成桁）のほかに沈埋トンネルや浮き栈橋等の海洋構造物にも広く利用されている。

(4) その他

前述の浮き輪型や球体セル案などの特異な形状のポンツーンにも対応できるような新素材の研究・開発も今後期待されるほか、従来のコンクリートや鋼材を炭素繊維等で補強を行うといった構造等も考えられる。