

10章 下部構造の設計

10.1 一般

10.1.1 下部構造の定義

浮体橋本体あるいは係留構造からの荷重を基礎地盤に伝達する構造部分で、橋台およびその基礎を対象とする。

浮体橋は、9章に示される係留設備と本章に示す下部構造によって支持され、下部構造は、浮体橋に作用する荷重を地盤に伝達する役割を担う構造物である。

本章ではこれらの支持構造物のうち、橋台及びその基礎を下部構造と定義する。ドルフィンの杭、チェーン係留やケーブル係留、TLP方式係留におけるシンカーやアンカー等については、主に上部構造の係留力に対して作用する構造物であるため、本章の規定の対象から除外した。本指針においては、ポンツーンで支持される橋脚は橋体部に分類され、下部構造には該当しないことに留意する。

10.1.2 設計一般

浮体橋の下部構造の設計にあたっては、5章に示される作用荷重を適切に組み合わせ、想定される荷重状態において要求される性能を満たすように設計しなければならない。

下部構造の設計にあたっては、浮体橋の形式に応じた要求性能を満足するように設計しなければならない。

浮体橋の下部構造に要求される機能は、次の4項目に大別できる。

- 1) 桁端部で段差や大きな角折れを生じない（路面の連続性を保ち、安全で快適な道路機能を保持する）。
- 2) 死荷重、雪荷重、活荷重、浮力、漂流力の鉛直成分等の鉛直荷重によって傾斜（回転）沈下・浮き上がり（鉛直移動）を生じない。
- 3) 地震荷重、風荷重、波浪の影響、漂流力の水平成分等の水平荷重によって転倒（回転）や滑動（水平移動）を生じない。
- 4) 長期にわたる橋としての使用性及び構造物の安全性を確保するために、流水や波浪による洗掘や荷重の繰り返し、海水中の塩分等に対して高い耐久性を有する。

これらの浮体橋（「浮体橋の設計指針」の設計条件）と一般の固定橋（「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）の規定の設計条件）を比較した場合、表-10.1.1に示す相違がある。一般の橋

梁とこれらの相違があるため、想定する状態において作用荷重や被災後の修復性等を適切に設定して、浮体橋特有の設計条件に配慮し、浮体橋の有する有用性をできるだけ発揮できるように設計しなければならない。浮体橋の下部構造の設計は、単純桁形式の緩衝桁を有し、浮体橋本体の係留力を係留装置で負担する場合には、基本的に「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）により設計することができるが、鉛直力に対して水平力が卓越する場合には、重力による鉛直力が卓越する前提に立った「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）のみなし仕様については、その主旨を十分に踏まえて適用しなければならない。

表-10.1.1 下部構造設計に関する一般の固定橋と浮体橋の設計条件の比較

	一般の固定橋	浮体橋
鉛直反力	○活荷重により変動する ○一般に、重力による鉛直力が水平力に対して卓越する	○活荷重により変動する ○潮位や波等の自然条件によっても変動する ○浮力によって軽減される場合がある
水平反力	○地震の影響が大きい	○波浪の影響が大きい ○係留力を下部構造にとらせる場合は大きな水平力が作用する
橋軸方向変位 (浮体橋本体の変位を許容する構造とする必要がある)	○温度変化により変位する ○弾性支持の場合は発進荷重や制動荷重等によっても変位するが、その変位は小さい	○温度変化により変位する ○弾性支持の場合は発進荷重や制動荷重等によっても変位する ○波浪により変位する ○潮位変動によっても変位する
直角方向変位 (同上)	○ほとんど変位しない ○全方向免震橋や長大橋では風荷重等による水平方向変位が大きくなる場合がある	○一般の橋梁に比べて大きく変位する ○橋梁規模が小さい場合に変位が顕著となる

10.2 考慮すべき荷重

- (1) 下部構造に作用する荷重は基本的に「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）によるものとするが、荷重強度の割合が一般の固定橋と大きく異なる場合には、設計に用いる荷重や照査方法等の適用条件等を確認しなければならない。
- (2) 考慮すべき荷重のうち係留構造から受ける反力は、浮体橋—係留構造をモデル化した全体系の解析結果から得られる値を用いることを原則とする。

- (1) 下部構造の設計に考慮する荷重は「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）に示されるように、下部構造自体に作用する荷重と上部工の反力である。下部構造に作用する反力は、潮位や波浪等の自然条件の影響を受けて変動する。係留構造から受ける反力が大きい場合や、下部構造の鉛直反力が極端に小さい場合等、一般の固定橋の下部構造に用いている荷重の組み合わせや照査方法が前提としている条件が満たされていることを確認しなければならない。一般の固定橋と同様の荷重強度レベルで設計できる場合は、「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会）のみなし仕様を用いて設計してよい。
- (2) 浮体橋は、ポンツーンの浮力によって支持されているため、波浪や風等による動揺は、係留装置を通して下部構造に伝達される。動揺による反力は、係留系の弾性や浮体橋の振動特性により変化するので、9章に示される「浮体－係留系」をモデル化した動揺解析を行って求める必要がある。

また、浮体橋は一般に免震構造であるが、下部構造と剛な結合をすると下部構造と一体となって地震動の影響を受け、一般の橋梁より大きな反力や荷重が作用する場合もあるので注意する必要がある。

10.3 基礎形式選定における配慮

基礎形式の選定においては、転倒及び水平せん断抵抗に対して特に配慮しなければならない。

浮体橋では浮力を用いて下部構造に作用する鉛直荷重の軽減を図るが、水平荷重に対しては係留システムまたは下部構造によって、その全てを地盤に伝達する必要があるため、一般の固定橋に比べて下部構造に作用する鉛直力に対する水平力の大きさが大きくなる傾向にある。このため、直接基礎やケーソン基礎を用いる場合、一般に用いられる下部構造の寸法や質量では転倒や水平せん断抵抗に対する安全率を確保するのが困難となることがあるので注意が必要である。

一般の固定橋に比べて浮体橋では鉛直反力を小さくすることが可能であるため、下部構造に経済的な直接基礎形式を選定する場合に特に注意しなければならない。特に、地震時には液状化等により水平せん断抵抗力が大きく減ずることがあるので、これらの影響は考慮しなければならない。

10.4 躯体形状

- (1) 橋脚、橋台の形状は、架設地点の状況、浮体橋本体の設計条件、施工性、維持管理性、景観等を考慮して決定するものとする。
- (2) 関連法規の規定を遵守して、橋台、橋脚等の設置位置、形状、根入れ深さ、桁下空間等を決定しなければならない。

橋脚（浮体構造を除く）、及び橋台には通常のものと比較して大きな水平力が作用する可能性があるため、これらの形状を決定する場合は浮体橋の特性を理解したうえで決定するのがよい。

10.5 支持層の選定

- (1) 直接基礎及びケーソン基礎は、十分な地質調査を実施したうえで、適切な安全率を確保し、必要な支持力を有する地層に支持させる。
- (2) 杭基礎には支持杭または摩擦杭を用いる。摩擦杭の場合には、適切な処置を講じた上で鉛直力をフーチング下面に分担させてもよい。

一般の基礎構造では、これまでの研究成果の蓄積により、経験的に安全率が設定されているが、浮体橋は基礎構造に作用する鉛直力が一般の固定橋を対象とする基礎構造と比較して小さく、水平力が大きい。本規定においては、十分な地質調査を実施して、適切な安全率を確保し、必要な支持力を有する地層に支持させることとした。

一般の固定橋を支持する杭基礎は鉛直支持力、または水平変位が支配的となることが多く良好な支持層まで杭基礎を構築する。しかし、浮体橋は固定橋と比較して、基礎に作用する鉛直力が小さいことが構造特性であることから、同様の考え方ではその特性を生かすことができない。そこで、本規定においては、杭基礎の基本形式として摩擦杭を採用した場合には、その杭長を低減し、経済性を向上させると同時に、適切な処置を前提にフーチング下面にも鉛直力を支持させるものとした。

10.6 安定検討

橋台の安定計算及び部材断面の応力計算は、原則として橋軸直角方向及び橋軸方向について行うものとする。

固定橋の橋台では橋軸直角方向に十分な剛性を有する場合が多く、部材断面の橋軸直角方向力に対する照査は行われない場合が多い。しかし浮体橋の場合は、橋軸直角方向にも大きな力が作用することが考えられるため、橋軸直角方向の荷重に対しても安定計算及び部材断面の応力計算を実施するものとした。