

5章 使用材料

5.1 一般

浮体橋に使用する材料は、原則として道路橋示方書・同解説（日本道路協会 平成 14 年）、港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会 1999 年）に従い、適切に選定する。

- 1) 浮体橋は、基本的に湖水上あるいは海水上で建設される構造物であり、材料の選定にあたっては使用環境に関する十分な配慮が必要である。
- 2) 建築物、鉄道等に使用する材料は、それぞれ、建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）、普通鉄道構造規則（昭和 62 年運輸省令第 14 号）、軌道建設規定（大正 12 年内務・鉄道省令）等、およびこれらに基づく命令等が適用される。

5.2 コンクリート

浮体橋に使用されるコンクリートの材料は、日本工業規格に適合するもの又はこれと同等以上の適切な品質を有することを原則とする。

コンクリート部材の材料は、原則としてコンクリート標準示方書（土木学会、2002 年）、道路橋示方書・同解説（日本道路協会 平成 14 年）、港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会 1999 年）に従い、適切に選定する。

[参考]

浮体橋に使用されるコンクリートは、水による影響を受けることを注意する必要がある。通常は、水密コンクリートまたは海洋コンクリートを使用している。セメントとしては、中庸熟セメント、高炉セメント、フライアッシュセメントが良いとされている。詳細については、コンクリート標準示方書、または次の示方書類が参考になる。

セメントコンクリート舗装要綱（日本道路協会）

鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）（鉄道総合技術研究所編）

海洋コンクリート構造物設計施工指針（土木学会）

プレストレストコンクリート港湾構造物設計マニュアル（沿岸開発技術研究センター）

5.3 鋼材

5.3.1 鋼材

浮体橋に使用される鋼材は、日本工業規格に適合するもの又はこれと同等以上の品質を有するものでなければならない。

使用鋼材、設計計算に用いる鋼材の定数は、原則として「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会 平成 14 年）、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（日本港湾協会 1999 年）に従い、適切に選定する。

5.3.2 防食（一般）

浮体橋に使用される鋼材については、厳しい腐食環境条件下にあるため、防食に対する検討を行う。特に、平均干潮面直下部については、厳しい局部腐食が発生することがあるので、適切な処置を講じる。

- 1) 防食は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 第3編 第2章 2.4 防食」（日本港湾協会 1999 年）に基づいて、適切に選定する。
- 2) 鋼材に対しては、施設の設計供用期間に応じて適切な防食対策を実施するものとする。
- 3) 防食工法は、構造条件・環境条件・防食性能・施工性・経済性等について総合的に検討し、信頼度の高い工法を選定するものとする。例えば、電気防食工法・塗覆装工法などがある。電気防食工法の適用範囲は、平均干潮面（M. L. W. L.）以下を原則とする。塗覆装工法の適用範囲は、朔望平均干潮面（L. W. L.）－1 m以浅とする。塗覆装工法は、次の4種類とする。詳細については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 第3編 第2章 2.4 防食」（日本港湾協会 1999 年）を参考とする。
 - ① 塗装
 - ② 有機ライニング
 - ③ ペトロラタムライニング
 - ④ 無機ライニング
- 4) 無機ライニングの中には、金属ライニングも含まれる。この防食法には、チタンクラッドライニング、ステンレス鋼ライニング及び亜鉛、アルミニウム、アルミニウム合金及び亜鉛・アルミニウム擬合金の金属溶射等がある。
- 5) 防食効果に関し、定期的に点検を実施し、適切な維持管理を行うものとする。
- 6) 海洋における鋼材の腐食速度の深度方向分布は、一般に図-5.3.1のように示されている。鋼材の腐食速度は、腐食環境条件によって異なるので、浮体橋の環境条件を考慮して適切に決定する。表-5.3.1に腐食速度の標準値を示している。

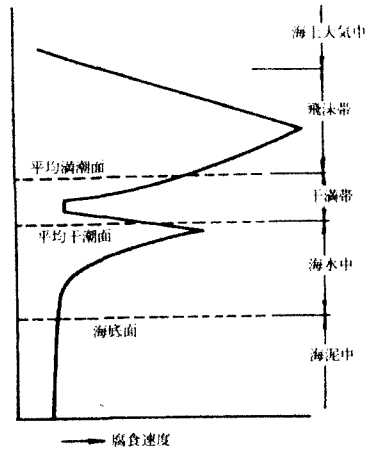


図-5.3.1 鋼材の腐食速度分布

表-5.3.1 鋼材の腐食速度の標準値

	腐食環境	腐食速度 (mm/年)
海側	H. W. L. 以上	0.3
	H. W. L. ~ L. W. L. - 1 m まで	0.1~0.3
	L. W. L. - 1 m ~ 海底部 まで	0.1~0.2
	海底泥層中	0.03
陸側	陸上大気中	0.1
	土中 (残留水位以上)	0.03
	土中 (残留水位以下)	0.02

[参考]

防食については、全般的に「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（改訂版）」（沿岸開発技術研究センター）を参考にすることができる。

5.3.3 防食区分

浮体橋の一般的な構造形式においては、干満帯が存在しないことがあるので、腐食環境を考慮して適切な処置を講ずる必要がある。

- 1) 軟着底型やセミサブ型の浮体橋には干満帯が存在するので、5.3.2防食（一般）に基づいて

防食区分を適切に選定しなければならない。

- 2) ポンツーン型浮体橋では、水面の上昇下降に追従して浮体橋本体自体が上下するので、一般に干満帯は存在しないことになる。この場合の鋼材の腐食速度の深度方向分布は、図-5.3.1から干満帯部位を取り除いた形状になると推測される。
- 3) 浮体橋では、内面・外面といった通常橋梁での防食区分以外に、腐食環境に応じた防食区分を設定して、区分毎の適切な防食仕様を選定することが重要である。

以下に、主な区分を示す。

① 海上大気中

常に大気中に暴露して飛沫を受けない部位であり、腐食形態としては前面腐食である。

② 飛沫帯

通常は大気中に暴露して飛沫を受けている部位であり、港湾構造物では一般にH.W.L.以上としている。腐食環境としては最も厳しい。飛沫帯の上限高さは構造物の設置状況などを考慮して適切に設定することが望ましい。

③ 干満帯（存在しない場合がある）

潮位変動等の原因により水中没水と大気暴露を繰り返す部位であり、腐食環境としては厳しい。特に、L.W.L.直下付近では厳しい局所腐食（港湾関係では集中腐食と呼称）が発生し、条件によっては飛沫帯より厳しい部位である。港湾構造物では一般にH.W.L.～(L.W.L.-1m)を干満部として考慮している。

④ 海水中

潮位変動等によらず常に海中に没している部位である。溶存酸素を除いて酸素の供給が少ないため腐食環境としては比較的良好であるが、生物付着や流速などが腐食因子として作用することがあるので注意を要する。

⑤ 海底土中

この部位は一般的にはコンクリート被覆されるためあまり見られることはないが、チェーン係留における海底定着部などで想定できる。海底土中の腐食速度は一般的には海水中より小さいが、腐食性の大きなヘドロが堆積している場合は注意が必要である。

- 4) なお、腐食速度は塩分濃度や汚染の程度、河川水混入の有無、水域の気象海象条件などによっても影響を受けることから、その付近での過去の事例や類似条件下での調査結果を参考にして、防食対策を講ずることが望ましい。

5.4 その他の特殊材料

5.4.1 ケーブル

係留に用いる材料には、鋼ケーブル・鋼製チェーン・アラミド繊維のロープ・FRP製のロープなどがある。従って、要求性能や作用断面力の大きさと種類を考慮し、それぞれの材料の特徴を生かして選択する。

- 1) 鋼ケーブルに用いる材料は、道路橋示方書・同解説 16章ケーブル構造（日本道路協会平成14年）、「上部構造設計基準・同解説」（本州四国道路橋公団1989年4月）を参考にし、適切に選定する。また、表-5.4.1に示すケーブル用材料の規格を参考にする。

表-5.4.1 ケーブル用材料

種 別	規 格
平行線ケーブル用鋼線	HBS G 3501
平行線ケーブル用鋼線継手	HBS G 3502
プレハブパラレルワイヤストランド	HBS G 3503
ハンガー用ストランドロープ	HBS G 3504
ハンドロープ用スパイラルロープ	HBS G 3505
平行線ケーブル用ラッピング鋼線	HBS G 3506
平行線ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線用線材	HBS G 3507
平行線ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線	HBS G 3508

- 2) 各種ケーブル材料の物理特性を表-5.4.2に示し、表-5.4.3に一般的な施工性、耐久性および経済性の特性を示す¹⁾。

表-5.4.2 ケーブル用材料の一般的な物理特性比較

	鋼ケーブル	チェーン	FRP製ロープ	アラミド繊維ロープ
ヤング係数 (GPa)	200	200	80~220	80
引張り強さ (MPa)	170	84	196~227	280
比重	7.75	7.85	2.1~3.1	1.45

表-5.4.3 ケーブル用材料の施工性、耐久性および経済性の一般的な比較

	鋼ケーブル	チェーン	FRP製ロープ	アラミド繊維ロープ
施工性	○	◎	△	△
耐久性	○	△	◎	◎
経済性	○	○	△	△

◎；優， ○；良， △；普通

3) ケーブルの防食防水機構について、表-5.4.4に示す。

表-5.4.4 ケーブルの防食防水機構

位置	防食防水機構
一般部	基本機構：素線の亜鉛めっき+内部防錆材+PE被覆 追加機構：2重PE被覆（+鉛シース）
ソケット口元部	基本機構：素線の亜鉛めっき+端部防錆材+鋼製口金 +PEオーバーラップ管+(熱収縮チューブ)
ソケット部	基本機構：完全密封構造（端部キャップを含む）

PE被覆は、有機ライニング工法の一つであり、工場製作時に被覆され安定した品質が得られるとともに、吸水性・透水性が小さく、また絶縁性に優れていることから、海中（海底）で使用される通信ケーブル・電力ケーブル・海底パイプラインなどに広く使われている。またPE被覆は、生物付着が小さいとされている。なお、電力ケーブルにおいては、防水性をさらに確保する目的からPE被覆間に鉛シースを設けている事例がある。

[参考]

- 1) 浮体橋をケーブルを用いて係留する場合、腐食モニタリング法が重要な課題であると考えられる。ただし、現状ではまだ研究途上であるため、ここでは一般論を論じることとする。
- 2) ケーブルの腐食状況のモニタリング法としては、「直接外観調査」・「電気化学的調査法」・「非破壊検査手法」が研究開発で試みられている。
 - ① 直接外観調査は、ケーブルを予め設けた観察窓からの直接目視、または事前に埋め込み設置したファイバースコープにより腐食状況を観察する方法である。本方法は、極めて明確に腐食状況が把握できるが、一方決められた位置または局部しか観測できず、さらに観測窓等が防食弱点部となりうることに注意する必要がある。
 - ② 電気化学的調査法は、鋼材がその存在する環境で維持し有している自然電位を経時的に測定し、その電位の変化を見ることにより腐食の発生や進行速度を評価しようとするものである。本方法は、現状では、腐食の有無や進行速度を定性的に把握できるが定量的な把握は困難であり、また配線方法など具体的実施法を十分に検討する必要がある。
 - ③ 非破壊検査手法は、「放射線を用いる方法」・「電磁および磁氣的検査法」・「振動・超音波、AE 利用法」などがある。これらの内、磁氣的検査法は腐食量（残存断面積）を定量的に把握することができ、また被覆材料の劣化を評価できる可能性があり、今後の研究開発に期待される。

5.4.2 係留フェンダー

防舷材を用いる場合には、使われる部位、目的、環境条件、耐久性、経済性等を勘案し、適切な材料を選定する。

- 1) 係留フェンダーには、クロロプレン系の合成ゴムまたは天然ゴムが使用されている。ゴムはその物性から様々な要因によりその力学特性が変動するので、注意する必要がある。
- 2) 係留フェンダーは、疲労試験から設計条件で算出される耐久期間内の圧縮ひずみ頻度に対して十分な耐久性を有する材料²⁾を選定する。

5.4.3 その他の材料

その他の材料を用いる場合には、使われる部位、目的、環境条件、耐久性、経済性等を勘案し、最適な材料を選定する。

- 1) その他の材料には、歴青材料、石材、木材、プラスチック及びゴムなどが挙げられる。これらの材料は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(日本港湾協会 1999 年)などを参考にし、適切に選定する。
- 2) 「耐候性鋼板」は、海岸線から数 km 離れたところでの使用は可能であるが、浮体橋のように水面上に設置される場合は、使用は困難である。ただし、1998 年から開発・商品化されている「海浜・海岸耐候性鋼板」³⁾は非常に厳しい飛来塩分環境においても使用可能であるとされている。しかし、実際に用いるときには、使用環境等をよく検討することが必要である。
- 3) 新材料に関しては、その特性が把握されており、使われる部位、目的、環境条件、耐久性、経済性等を考慮に入れて、最適であると判断された場合、これを使用することは可能である。例えば、鋼材であれば、橋梁用高性能鋼が挙げられる。

5.5 設計計算に用いる物理定数

設計計算に用いる物理定数の値は、原則として道路橋示方書・同解説(日本道路協会平成 14 年)に従い、適切に選定する。

設計計算に用いる物理定数は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(日本港湾協会 1999 年)・「コンクリート標準示方書」(土木学会 2002 年)から、適切に選定することも可能である。

参 考 文 献

- 1) 社団法人 水中トンネル研究調査会：水中トンネル，1995
- 2) 上田茂，白石悟，丸山忠明，上菌晃，高崎守，山瀬晴義：浮体橋に使用する係留用ゴムフェンダーの特性，海洋工学シンポジウム，pp. 359-364，1998
- 3) 安部研吾：耐候性鋼の利用技術と新耐候性鋼の評価，鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，2000