

8 その他の気象・海象

8.1 その他考慮すべき気象項目

(1) 一般

港湾の施設の性能照査に当たり、その他考慮すべき気象項目及び港湾の施設に及ぼす影響については、次の事項が挙げられる。

- ①降雨は、港湾内の排水施設の容量を決定する要因であり、また、荷役その他港湾における作業を阻害する要因となる。
- ②霧は、船舶の航行及び入出港に支障を与え、港湾の施設の利用度を低下させる要因である。
- ③積雪は、港湾の施設の載荷重として考慮する場合がある。
- ④海氷は、港湾の施設に作用する氷力として考慮する場合がある。また、鋼材やコンクリートの摩耗を促進させる場合がある。
- ⑤気温は、港湾の施設の応力度分布に影響し、温度応力を発生させる場合がある。

(2) 降雨

降雨は、一般的に、短期間に降雨量が集中する雷雨と、台風为代表される継続時間の長い雨とに分けられる。排水施設の性能照査に当たっては、一般に、瞬間的に流出が大きくなる場合と、流出時間の長い場合について、ともに降雨強度を設定する。雷雨等、降雨強度が問題になる下水道等の性能照査に当たっては、シャーマン (Sherman) の式やタルボット (Talbot) の式を用いることができる。

シャーマンの式

$$R = \frac{a}{t^n} \quad (8.1.1)$$

タルボットの式

$$R = \frac{a}{t+b} \quad (8.1.2)$$

ここに、

- R : 降雨強度 (mm/h)
 t : 降雨継続時間 (min)
 a, b, n : 定数

最大降雨量 P と降雨期間との関係は、一般に、 $P=aTn$ で表すことができることが知られている¹⁾。また、降雨の種類や地形を考慮した実験式も提案されている²⁾。通常、観測されている1時間降雨量から1時間以下のスケールでの降雨強度を求める式としては式(8.1.3)がある。

$$R = 7.7R_0T^{0.5} \quad (8.1.3)$$

ここに、

- R : 求めたい時間スケールでの降雨強度 (mm/h)
 R_0 : 1時間で測定した降雨強度 (mm/h)、 N 年確率60分雨量がある場合はこれを用いる。
 T : 求めたい1時間以下の時間スケール (min)

台風のように総雨量が多い場合や山地流域からの降雨流出が問題になる場合の最大降雨量は、式(8.1.4)によって算出することができる。

$$P = 83D^{0.33} \quad (8.1.4)$$

ここに、

P : 最大降雨量 (mm)

D : 降雨時間 (h)

(3) 霧

霧は船舶の航行及び入出港に支障を与え、港湾の施設の利用度を低下させる要因となる。霧による障害事例については体系的な調査例が少ないが、瀬戸内海におけるヒアリング調査事例などが報告されている³⁾。

(4) 積雪

積雪の予想される地域では、降水量によっては、エプロン上の積雪が、そのまま、あるいは自動車等に転圧されて固結し、積載荷重となる。なお、詳細については、【作】第10章3.1積載荷重を参照することができる。

(5) 海氷

①氷力

流氷(海水)が来襲する海域において、外郭施設や係留施設の本体構造が被災した事例はないが、杭式構造物や洋上風車支持構造物等のアスペクト比(氷厚に対する構造物の幅)が小さい構造物を建設する場合には、波浪等に加えて、氷力による施設の性能照査が必要となる場合がある^{3-1) 3-2)}。

海氷は風や流れ等による環境力³⁻¹⁾を受け、その環境力が氷力として構造物に作用する。海氷面積が広大で環境力が大きい場合、鋼材やコンクリート等の材料と比較して海水の破壊強度が小さいため、圧壊等の破壊が生じると考えて良い。その際の破壊荷重を超える力は構造物に作用しないと考え、氷力として破壊荷重を考慮している場合が多い。一方、特殊な条件下においては、環境力そのものを氷力として考慮した施設の例もある³⁻³⁾。

氷の破壊荷重の算定式としては、北海道のオホーツク海沿岸では佐伯式^{3-4) 3-5)}を用いた例があり、算定に用いる海水の厚さや一軸圧縮強度として、それぞれ0.75m、2MPaを用いた例がある³⁻⁶⁾。

②海氷による構造物の摩耗

水の流れが速い氷海域では、海水の運動が活発となり、海水のない海域と比べて鋼材やコンクリートの摩耗量が大きくなる場合がある。

鋼材の摩耗に関しては、鋼板等の材料を用いたすべり摩耗試験や現地暴露試験などにより、これら材料の摩耗率などが調べられており³⁻⁷⁾、材料の必要厚の推定、対策工法の選定及び更新時期の検討等の際に参考とすることができる。また、コンクリートの摩耗に関しては、摩耗率や海水の接触圧力及び摩擦距離が、摩耗量に与える因子であることが分かっている^{3-8) 3-9)}。なお、コンクリートは凍結融解作用を受けた履歴に応じて摩耗率が増加する傾向にあることから、特に干満帯において摩耗量を推定する場合には留意する必要がある³⁻¹⁰⁾。

海氷による摩耗対策としては、表面を鋼材により被覆した事例があり、その有効性が実証されている³⁻¹¹⁾。

(6) 気温

不静定構造物の性能照査にあたっては、必要に応じて、温度変化によって生じる温度応力の影響を環境作用として考慮する。

8.2 気象・海象を考慮した工事稼働率の評価

港湾の施設の建設、改良に当たっては、工事稼働率の検討が行なわれることが望ましい。工事稼働率に影響を与える気象・海象因子としては、風、降雨、霧(視程)、波(波高・周期)、潮位等が挙げられる。その中でも、港湾工事(海上)の施工において工事稼働率に最も大きく影響を与えるのは波(波高)である。工種及び作業用船舶の特性により、作業可能な限界波高が異なるため、把握しておくことが望ましい⁴⁾。被災を受けた外

郭施設の復旧や特に施工実績のない外洋や離島での工事稼働率は、別途設定することが望ましい。

なお、港湾土木請負工事積算基準⁵⁾の「別表－3 全国の主要港湾」に供用係数を定めている。陸上の施工については、土木工事積算基準マニュアル⁶⁾を参考にできる。

〔参考文献〕

- 1) 川畑幸夫：水文気象学，地人書館，p.33，1961.
- 2) 山田正他：山地流域での降雨特性に関する統計的解析，土木学会論文集No.527，pp.1～13，1995.
- 3) Sasa, K., Mizui, S. and Hibino, T.：A Basic Study on Difficulties of Ship Operation Under Restricted Visibility Due to Heavy Fog，日本航海学会論文集，第112号，2005.
- 3-1) 寒地港湾技術研究センター：氷海域における海岸・海洋構造物設計マニュアル，pp.31～32，1996.
- 3-2) JIS C 1400-3（風車-第3部：洋上風車の設計要件）附属書E，2014.
- 3-3) 関口浩二，遠山哲次郎，荒田崇，清水敏晶：サロマ湖湖口部アイスブームに作用する氷力に関する研究，海洋開発論文集，第13巻，pp.853-858，1997.
- 3-4) 土木学会：海岸施設設計便覧，pp.319～324，2000.
- 3-5) 佐伯浩，齊藤修一，小野邦夫，浜中建一郎，尾崎晃：海岸構造物に作用する海水の力に関する研究（3），海岸工学講演会論文集，第24巻，pp.428-431，1977.
- 3-6) 西山満弘，田中輝未，向山松秀，木村統久：紋別港氷海展望の設計に関する研究，寒地技術論文・報告集Vol12-No.1，1996.
- 3-7) 木岡信治，井元忠博，中嶋雄一：14.6海水作用や低温環境に起因する構造物劣化・損傷機構の解明と対策に関する研究，国立研究開発法人土木研究所 平成27年度プロジェクト研究報告書，2016.
- 3-8) 佐伯浩，浅井有一郎，泉洸，竹内貴弘：海水によるコンクリートの摩耗に関する研究，海洋開発論文集，第1巻，pp.68-73，1985.
- 3-9) 伊藤喜栄・吉田明・佐々木広輝・泉洸・佐伯浩：海水による各種コンクリートの摩耗特性，海洋開発論文集，第3巻，pp.155-159，1987.
- 3-10) 平野誠治，木岡信治，長谷一矢，酒井和彦：8.1.5構造物固有の凍害・複合劣化のメンテナンス技術に関する研究（沿岸構造物），国立研究開発法人土木研究所 令和3年度研究開発プログラム，2022.
- 3-11) 木岡信治，遠藤強，竹内貴弘：海水の摩擦による鋼構造物の損耗特性に関する基礎的研究，海洋開発論文集，Vol.68，No2，pp.I 1049-I 1054，2012.
- 4) 白石悟，石見剛：アンケートおよび動揺シミュレーションによる作業船の海上作業限界条件に関する検討，港湾技研資料，No.898，1998.
- 5) 港湾土木請負工事積算基準：（社）日本港湾協会，平成29年度改訂版.
- 6) 土木工事積算基準マニュアル：（一財）建設物価調査会，平成29年度版.