

海岸の親水施設における利用者の滑り対策に関する研究

Basic Research on Slip Phenomena on Water-friendly Seashore Structures

岸 真裕*・小田勝也**・亀山 豊***

KISHI Masahiro, ODA Katsuya and KAMEYAMA Yutaka

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室長

*** 国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 環境課長

Recently, many types of water-friendly structures have been constructed in seashore areas. Diatoms and indigo seaweeds, etc. are apt to grow on the surface of the structure especially in ebb-and-flow belts. Accordingly, there is some danger for strollers walking on it. The present paper describes the basic field investigations of slip phenomena on seashore structures.

Key Words : water-friendly structure, coefficient of slip resistance, organic-functions inspection

1. はじめに

海辺の空間や親水施設は、海に触れあい、海辺を楽しむ場として多様な利用が行われている。平成 11 年には海岸法が改正され、防護・環境・利用の調和のとれた海岸整備や管理が求められている。こうした中で、利用者の安全確保は最重要テーマである。

海岸に階段護岸やスロープなどの親水施設を整備すると、潮間帯に珪藻類や藍藻類が付着して、利用者が滑って転倒したり、海中に転落するといった事故の危険が懸念される。しかし、そのような滑りに関する体系的な研究はなされてきていない。

本稿は、利用者の安全性向上に資するため、海岸施設における滑りの評価方法を提案するとともに、安全対策に関する現状の知見を整理したものである。

2. 滑りの評価方法

海岸施設を人が歩行する際の滑りは、床面の材質、付着生物の種類・量および履き物の違いなどによって左右される。床材の滑りに関する研究は、建築分野が進んでおり、当研究ではそれらを参考とした。

2.1 滑りの評価指標

(1) C. S. R. 試験

実際の人の歩行動作に伴う滑りを適切に表現できる評価指標としては、JIS-A-1454 に規定されている C. S. R. (Coefficient of Slip Resistance・滑り抵抗係数) がある。C. S. R. の試験方法は、人間が歩行する際、床面を蹴り出す状況を機構として取り込んだものであり、図-1 に示すとおり、人間が床に与える荷重や

足部の動きに近似するように設定されている¹⁾。

滑り片が動き始める際の最大引張荷重を重錘の鉛直荷重で除した数値が C. S. R. であり、0.0~1.0 ぐらいまでの幅を有し、値が小さいほど滑りやすく、値が大きいくらいほど滑りにくいことを意味している。

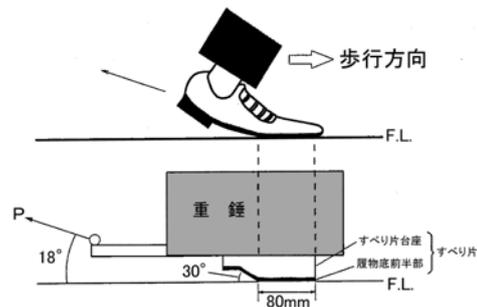


図-1 歩行動作と C. S. R. 試験の概念¹⁾

JIS-A-1454 に規定された C. S. R. 試験機は、80kg の重錘を有している。当研究では、屋外試験等に用いることを考慮し、重錘質量が 20kg と可搬性に優れ、JIS と同等の試験結果を得ることができる小野式携帯型滑り試験機²⁾ (図-2) を用いた。

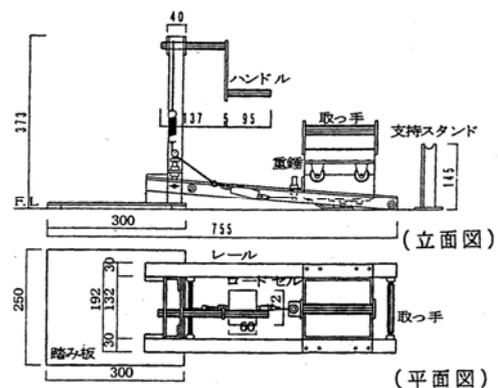


図-2 小野式携帯型滑り試験機²⁾

(2) 官能検査

官能検査とは、人間を一種の計測機器と捉え、人間の感覚（視覚、聴覚、触覚等）を用いて、品質特性などを評価・測定する方法である。建築床材の評価のほかに、食品の嗜好性評価などにも用いられている。

当研究では、滑りの状態が異なる床材の上をゴム底の運動靴を履いた検査員に歩いてもらい、安全性に対する感じ方を5段階（表-1）で評価してもらう方法を用いた。

表-1 官能検査の評価尺度（5段階評価）

⑤非常に安全である
④やや安全である
③どちらともいえない
②やや危険である
①非常に危険である

2.2 既存施設調査

実際の海岸構造物で、生物付着や滑りの状況がどのようなになっているか調査を行った。実施場所は横須賀港うみかぜ公園の階段護岸（写真-1）、内容は付着生物分析試験、C.S.R. 試験（写真-2）および官能検査（検査員11名）である。



写真-1 うみかぜ公園階段護岸全景



写真-2 C.S.R. 試験の実施状況

試験結果の概要を図-3に、C.S.R. と評価の関係を次頁・図-4に示す。図-4には、平均値に併せて最大・最小値の範囲も記入している。

既存施設調査の結果から、以下のことが判った。

- ①波浪から遮蔽された部分では珪藻類や藍藻類が多く付着し、波浪が直接入射する部分では貝類やフジツボ等が優占種となっている。
- ②珪藻類や藍藻類は、少量が付着しても、C.S.R. を著しく低下させる。珪藻類や藍藻類が付着している箇所では、貝類やアオサ等が付着した箇所と比べてC.S.R. が小さく、危険と評価する検査員が多い。
- ③貝類やアオサ等が付着している箇所では、C.S.R. 試験、官能検査評価ともにばらつきが大きい。これは、生物の付着状況が不均一であるとともに、生物が付着した上でどのように感じるか人によって差異があるためと考えられる。
- ④建築床材では、C.S.R. が0.4以上であれば、おおむね許容範囲とされているが、海岸施設ではC.S.R. が0.8あっても危険と感じる検査員がいた。すなわち海岸施設では、水際線に近いことなどによる人の心理的な感じ方の影響が大きいと考えられる。

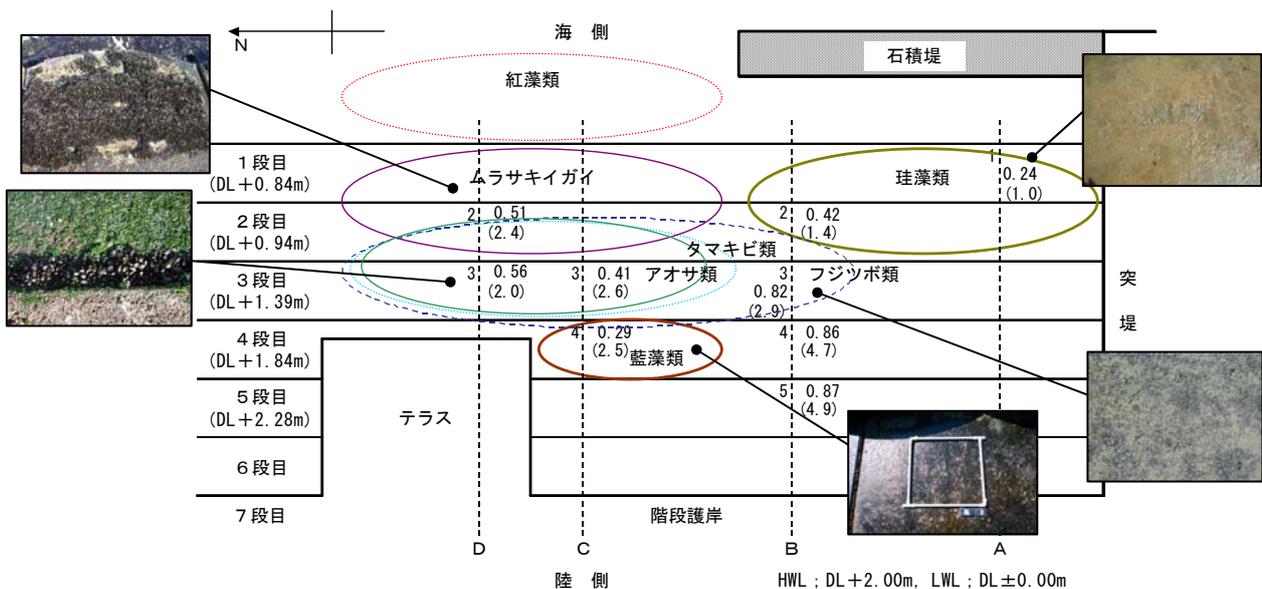


図-3 生物の付着状況と C.S.R. 試験および官能検査の実施結果（平成 15 年 10 月 24 日実施）

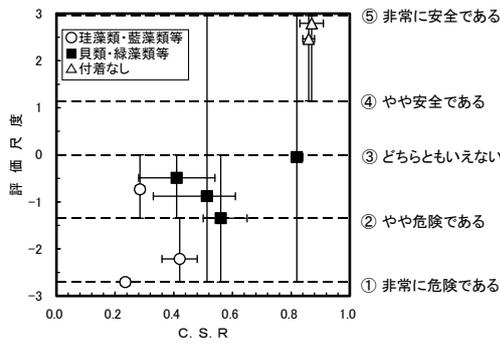


図-4 C.S.R. と評価 (官能検査値) の関係

2.3 材料暴露試験

海岸域では、材料や周辺環境などの要因によって、付着生物の種類・量が変化することが予想される。そこで、材質や形状の異なる試験片を海中に設置し、付着生物の違いと滑り (C.S.R.) の定量的把握を目的とした暴露試験を行った。試験の実施場所は、既存施設調査地点近傍の横須賀港平成地区である。

試験片の種類は、通常用いられる標準コンクリートのほか、素材の保水性や粗度、光量等に注目して選定した。また、標準コンクリートについては、設置角度を水平にした場合、45°とした場合、垂直とした場合の3ケースについて試験を行った。

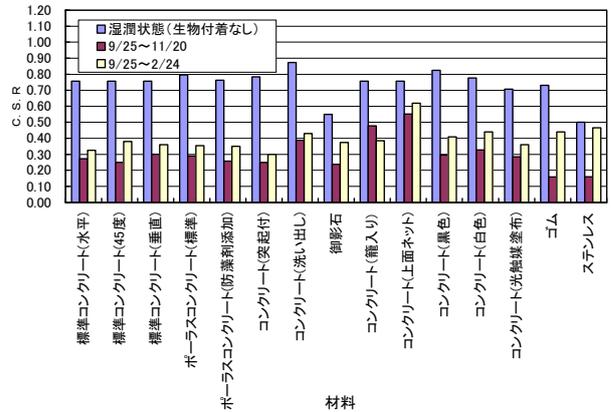
平成15年9月25日、これらの試験片を3水深 (L.W.L. ±0.0m, M.W.L.+1.0m, H.W.L.+2.0m) に設置し、生物を付着させた上でC.S.R.を測定した。測定日は、設置から2ヶ月経過した11月20日および5ヶ月経過した翌年2月24日の2回である。また、生物が付着していない状態でのC.S.R.も予め測定した。試験片別のC.S.R.を図-5に、付着生物量とC.S.R.の関係を図-6に示す。

暴露試験の結果から、以下のことが判った。

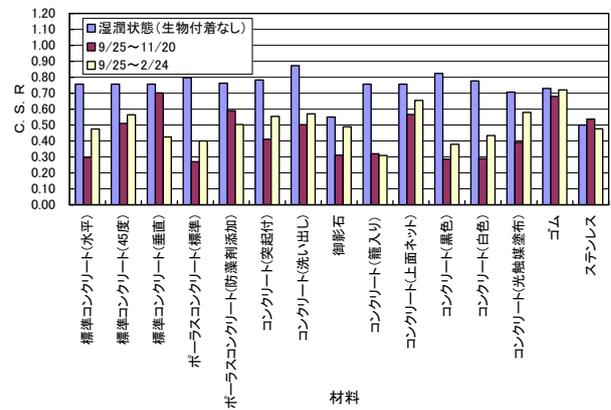
- ①生物が付着していない状態では、御影石とステンレスを除き、いずれの試験片のC.S.R.も湿潤状態で0.7~0.8程度である。
- ②H.W.L.部では、いずれの試験片にも生物は付着していない。
- ③全般にM.W.L.部よりもL.W.L.部の方がC.S.R.は小さく (平均値で0.1程度)、滑りやすい傾向にある。これは、L.W.L.では常時湿潤状態が保たれるのに対し、M.W.L.では乾湿が繰り返され生物が付着しにくいと考えられる。
- ④C.S.R.は、2ヶ月経過時点よりも5ヶ月経過時点の方が大きく滑りにくい傾向にある。これは、時間の経過とともに、付着生物が珪藻類や藍藻類から緑藻類等に遷移したためと考えられる。
- ⑤M.W.L.では、標準コンクリートを45°または垂直に設置したケース、防藻剤を添加したポーラスコンクリートなどのケースでC.S.R.が大きい、ほぼ常時

水浸状態にあるL.W.L.では効果が見られない。

- ⑥設置水深に係わらずC.S.R.が比較的大きいケースは、遮光性に着目しコンクリート上面をネットで被覆したケース、および材料の粗度に着目しコンクリート表面に洗い出し処理を施したケースである。



(a) L.W.L.部



(b) M.W.L.部

図-5 材料の違いとC.S.R.の変化

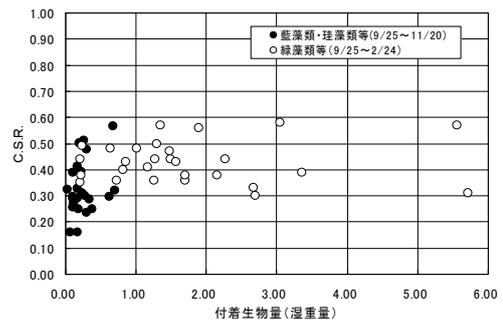


図-6 付着生物量とC.S.R.の関係

3. 施設管理の事例

滑り対策案を検討するに当たって、複数の親水施設管理者に対するヒアリングを行った。その範囲内では、滑りが原因の事故はせいぜい擦り傷程度であり、重大事故の事例はなかったが、水辺に人が立ち入るような親水施設を有する管理者は、それぞれ安全管理や維持管理に苦慮している様子が感じられた。滑りに関連す

る具体的な安全対策としては、

- ①人の動線上に、防藻剤を添加した樹脂製の滑り防止マットを取り付ける（佐賀県小友漁港人工磯）。
- ②人の動線上に、洗い出しブロックを用いる（東京都海上公園）。
- ③踏面に凹凸が付いた階段ブロックを用いる（博多港アイランドシティ人工磯・供用前）。
- ④階段護岸の踏面に滑り止めゴムを取り付ける（横須賀港うみかぜ公園階段護岸）。
- ⑤人が立ち入る範囲に手摺りを取り付ける（神奈川県江ノ島人工磯）。
- ⑥定期的に高圧水による洗浄を行う（横浜港臨港パーク潮入の池、小友漁港人工磯）。
- ⑦警備員を24時間配備する（横浜港臨港パーク）。
- ⑧利用者に滑りの危険等を周知するための標識を取り付ける（うみかぜ公園階段護岸、小友漁港人工磯ほか多数）。

といった方法が講じられているほか、万一に備えて、施設賠償保険に加入している例もある。

4. 滑り対策案

以上に基づき、現時点での滑り対策に関する知見をまとめると、以下のとおりである。

- ①生物付着による滑り対策が必要となるのは、おおむね H.W.L. より下で常に湿潤状態が保たれる範囲である。とくに波浪から遮蔽されたところでは、珪藻類や藍藻類が付着し滑りやすくなる。
- ②波浪が直接入射するような箇所でも、施設建設直後の段階では珪藻類や藍藻類が付着し、滑りやすくなる可能性があるため注意を要する。
- ③H.W.L. 程度以下で人が立ち入る箇所では、コンクリートの洗い出し処理などによって表面粗度を大きくすると、滑り対策として比較的效果がある。
- ④常時水浸状態にあると効果が見られないが、M.W.L. 付近以上で排水性の良い材料・構造を用いると比較的滑りにくい。
- ⑤従来から知られていることであるが、砂や玉砂利等、可変性の高い材料の敷設が可能であれば、滑りにくく安全な海岸とすることができる（図-7）。
- ⑥必要に応じ、人の動線上に滑り止め（マット、ゴムなど）や手摺りなどの補助設備を取り付ける対策も考えられる。
- ⑦ハード的な対策に併せ、付着生物を除去するための定期的な清掃など、維持管理についても、検討する必要がある。
- ⑧③～⑦の対策を講じて滑りやすい箇所がある場合、利用者に注意を喚起するための標識等を設けることが望ましい。

滑り対策のイメージを図-7に示す。なお、やむを得ず手摺りなどの補助設備や標識を設置する場合、景観面に対しても十分な配慮が必要である。

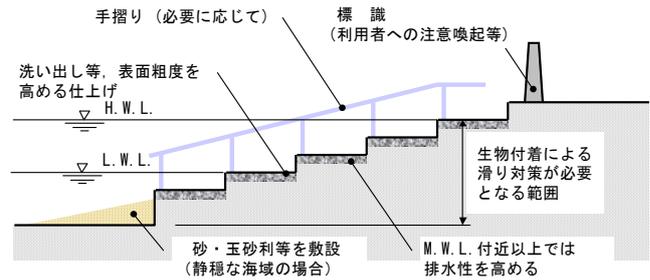


図-7 海岸施設における滑り対策の概念図

5. おわりに

当研究から、海岸施設の滑り評価においても、建築分野で用いられている C.S.R. 試験や官能検査が有効であることが確認できた。しかし、生物の付着防止に効果がある材料・構造を選定するには至っていない。今後は、継続中の材料暴露試験等により以下のような検討を進め、滑り対策案のブラッシュアップを図っていく必要がある。

- ①付着生物の経年変化や清掃が必要となる頻度などを把握する。
- ②材料の表面粗度と付着生物および C.S.R. の関係を把握する。
- ③塗料なども含む多様な材料に関する暴露試験を行い、滑り防止により有望な材料を選定する。
- ④うみかぜ公園以外の既存施設調査を実施し、周辺環境と付着生物の関係、C.S.R. と評価の関係などについて、さらにデータを蓄積する。

本稿は、国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所より受託した調査成果および国土技術政策総合研究所が実施した調査成果に基づいてとりまとめたものである。調査に当たっては、東北工業大学建築学科・小野英哲教授を始めとする「海岸保全施設における滑り対策検討会」のメンバーから多大なご指導を頂いた。ここに付記し、関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 月刊「近代建築」: 特集 床3「床のすべり」—測定・評価方法と設計・選択・開発指針(その1)—, pp. 94-108, 2001年4月号。
- 2) 小野英哲: 携帯型床のすべり試験機 (ONO・PPSM) の開発, 日本建築学会構造系論文報告集 (投稿中)。
- 3) 小田勝也, 上田倫大, 亀山豊, 小宮山隆, 岸真裕, 内山一郎: 海岸施設における利用者のすべりに関する評価方法とすべり対策に関する研究, 土木学会海岸工学論文集 第51巻 (投稿中)。