

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

小田 勝也* ・上田 倫大** ・亀山 豊***
小宮山 隆**** ・岸 真裕***** ・内山 一郎*****

近年, 海岸利用が多様化する中で, 海岸施設における利用者の安全性がクローズアップされてきた。本研究は, 海岸施設の安全性向上に資することを目的に, 利用者のすべりという観点から, その評価方法と対策に関する検討を行ったものである。現地調査等に基づく検討結果より, 建築分野の床材等のすべり評価指標として用いられている C.S.R.(Coefficient of Slip Resistance)の有効性が見いだされ, 官能検査の結果や付着生物量の分析結果と関連付けて整理することにより, 海岸の施設における人の心理的な捉え方や付着生物によるすべりやすさの程度を評価できることが明らかとなった。

1. はじめに

近年, 海水浴や潮干狩り等の海岸利用に加え, 様々なレジャーやマリンスポーツ, 環境学習・教育の場としての利用等, 海岸利用が多様化してきている。一方, 土木学会海岸工学委員会からも「海岸施設の利用者の安全性に関する提言」が出されており, 海岸施設における利用者の安全性がクローズアップされてきた。

階段式護岸等の潮間帯の部分に珪藻類や藍藻類等が付着すると, 利用者にとっては非常にすべりやすく, 転倒して負傷するリスクも想定され, すべり対策は海岸施設の安全性向上を考える上で, 重要な要素である。

本研究は, 海岸施設における利用者のすべりに関する評価方法の提案を行うと共に, 生物付着等すべりに関連する要因の現地調査結果をとりまとめたものであり, 今後, 海岸保全施設, 港湾や漁港の親水施設等において, 利用面の安全性向上に資することを目的とする。

2. すべりの評価指標および評価方法

建築分野における既往研究事例や JIS 規格等によれば, すべりの評価指標としては, JIS-A-1454 によるすべり抵抗係数 C.S.R. (Coefficient of Slip Resistance) や JIS-A-1407 の振り子型試験に基づく指標等がある。これらのうち実際の人の歩行動作に伴うすべりを最も適切に表現できる評価指標は, JIS-A-1454 に規定されている C.S.R. とされている。

そこで, 本研究では, 小野ら (1993, 1996, 2000) の研究等をはじめとし, 建築分野における知見も豊富な C.S.R. を基本的な評価指標として用いることとした。

また, すべりの評価方法としては, 後述の官能検査の

結果, 付着生物量の分析結果と C.S.R. 試験の結果を関連づけて評価する方法を採用した。

(1) C.S.R. 試験

C.S.R. の試験方法は, 図-1 に示すように, 人間の様々な動作のうち, 歩行時に蹴り出す状況を試験機構として取り込んでおり, 人間が床に与える荷重および人間の足部の動きに近似するように設定してある。

また, 小野らの建築分野の研究事例 (月刊「近代建築」(2001) 等) より, 駆け出し, 急停止等の他の動作との相関性が高いことが確認されている。なお, C.S.R. は 0.0~1.0 ぐらいまでの幅を有しており, 値が小さいほどすべりやすく, 大きいほどすべりにくい。

しかしながら, JIS に規定されている C.S.R. の試験機は大型であり, 実験室内での試験片を用いた試験にならざるを得ない。このため, 本研究では, JIS に規定されている方法と同等の結果が得られ, 現地での試験が可能な小野式携帯型すべり試験機 (小野, 2004) を測定に用いた。図-2 に小野式携帯型すべり試験機の諸元を示す。

小野式携帯型すべり試験機を用いる場合, C.S.R. は次式にて表される。

$$C.S.R. = P_{\max} / W \dots\dots\dots (1)$$

ここに, $P_{\max}$ はすべり片が動き始める時の最大引張荷重 (N), W は試験機に具備されたすべり片 (重錘) の鉛直荷重 (196 N) である。また, 試験に際しては, 実際に使用する靴底をすべり片下部に固定し, 素材表面の $P_{\max}$

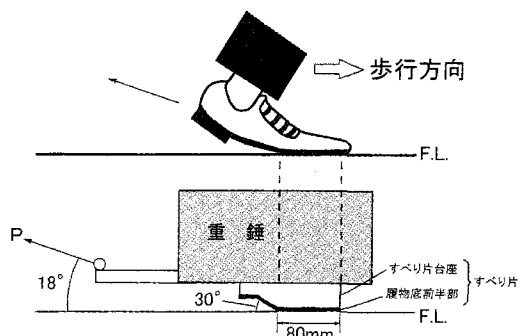
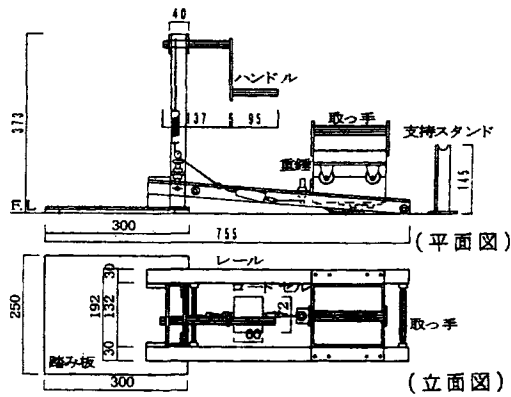
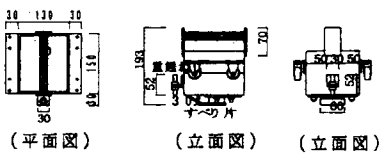


図-1 すべり発生機構の近似性

* 正 会 員 工 修 国土交通省国土技術政策総合研究所
** 学生会員 国土交通省国土技術政策総合研究所
*** 正 会 員 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
**** 国土交通省関東地方整備局 江戸川河川事務所 (前 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)
***** 正 会 員 (財)沿岸開発技術研究センター
***** 正 会 員 日本海洋コンサルタント(株)



(1) 試験機本体



(2) すべり片部

(単位: mm)

図一2 小野式携帯型すべり試験機

を測定し、C.S.R.を求める。

(2) 官能検査

官能検査とは、人間を一種の計測機器と考え、人間の感覚（視覚、聴覚、触覚等）を用い、モノや人間の様々な特性（品質特性など）を、一定の手法に基づいて評価・測定する方法である。同検査法はもともと心理学の分野で研究・開発されたものであるが、現在では、建築分野の床材の性能評価の他、食品等の嗜好性を評価する場合にも応用されている。

同検査の実施方法は、床材等のすべり特性の異なる箇所を、実際に検査員に歩いてもらい、危険と感じるか、安全と感じるかを、表一に示すような5段階の評価尺度または7段階の評価尺度により、直接評価してもらう検査である。

表一 官能検査の判断範疇
(5段階絶対評価)

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

3. 現地調査

(1) 概要

横須賀港うみかぜ公園の階段式護岸において、C.S.R.

試験、官能検査、付着生物の採取・分析等を行った。なお、C.S.R.試験は護岸法線方向に1側点あたり2回ないし3回行った。

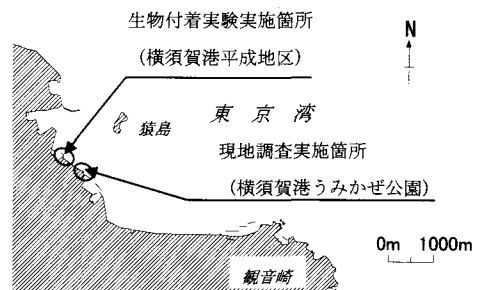
調査の実施場所は、図一3に示す通りである。調査の実施に際しては、珪藻類・緑藻類・貝類などの付着生物の状況を事前に踏査し、実施箇所を選定した。なお、同図には、後述の生物付着実験の実施箇所も併せて示している。

官能検査の検査員数は11人とし、表一の5段階絶対評価により評価することとした。また、検査員の履物は同一種類の市販の運動靴を用いた。靴底の材質の違いについては、後述のとおり別途確認した。

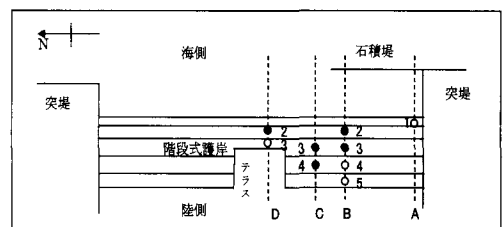
(2) C.S.R.と人の感覚の関係

C.S.R.試験、官能検査の実施結果を、一覧表として表一2に示す。また、生物の付着状況と併せ、C.S.R.と官能検査による評価の算術平均を、平面的に整理した結果を図一4に示す。

さらに、表一2に基づき、C.S.R.と官能検査による評価の各々の平均値を整理した結果を図一5に示す。なお、判



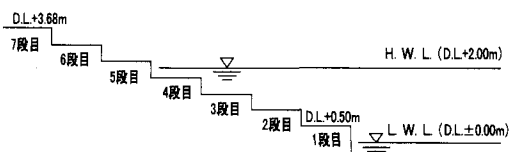
(1) 調査実施箇所



●: C.S.R.試験, 官能検査, 付着生物採取・分析

○: C.S.R.試験, 官能検査

(2) うみかぜ公園階段式護岸の模式図 (平面)



(3) うみかぜ公園階段式護岸の模式図 (断面)

図一3 現地調査の実施場所

断範疇は、系列範疇法により評価尺度としての数量化を行った。また、同図中には、平均値のプロットの他に、最小値・最大値も併せて示している。

調査結果より得られた知見を以下に整理する。

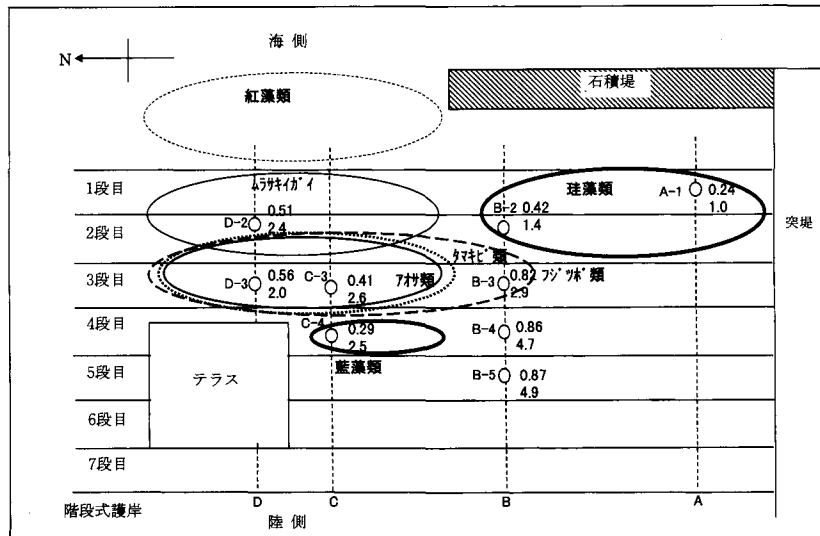
- ① A-1, B-2, C-4 のように、珪藻類・藍藻類等が付着している場合には、貝類・アオサ等が付着している場合と比べ、C.S.R. も小さく、より危険と評価する検査員が多い。
- ② 貝類・アオサ等が付着している箇所では、C.S.R. も官能検査の評価も変動が大きい。特に、B-3 の試験結

果では、検査員により評価が5段階に分かれている。また、D-2 も同様な傾向がみられる。C.S.R. の変動が大きい原因としては、生物付着が不均一で測定ごとに生物付着の状態が同一ではないことが考えられる。また、官能検査の評価の変動については、安全性に対する人の感じ方は、すべりのみではなく、心理的な要因も含め多様であること等が挙げられる。

- ③ 建築の床材の場合では、C.S.R. が0.4以上であれば許容範囲と考えられている。しかし、海岸の施設ではC.S.R. が0.8でも人によっては危険と感じる

表-2 C.S.R. 試験と官能検査の実施結果

場所	C.S.R. 試験				官能検査による判断範疇													生物付着状況	
	C.S.R.	平均	最小	最大	A 30代 女性	B 30代 男性	C 40代 男性	D 30代 男性	E 20代 男性	F 30代 男性	G 30代 男性	H 50代 男性	I 40代 男性	J 40代 男性	K 50代 男性	平均	最小		最大
A-1 段	0.25	0.24	0.22	0.25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0	1.0	1.0	珪藻類 (珪藻が剥ぎ取れた滑り方)
	0.22																		
B-2 段	0.36	0.42	0.36	0.48	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1.4	1.0	2.0	珪藻類等
	0.48																		
B-3 段	0.80	0.82	0.80	0.84	3	3	2	2	1	1	2	5	3	5	5	2.9	1.0	5.0	フジツボ類
	0.84																		
B-4 段	0.88	0.86	0.84	0.88	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.7	4.0	5.0	普通コンクリート
	0.84																		
B-5 段	0.91	0.87	0.83	0.91	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.9	4.0	5.0	コンクリート (砕石塗布)
	0.83																		
C-3 段	0.28	0.41	0.28	0.54	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2.6	2.0	3.0	アオサ, タマキビガイ等
	0.54																		
C-4 段	0.27	0.29	0.27	0.30	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2.5	2.0	3.0	らん藻類
	0.30																		
D-2 段	0.61	0.51	0.33	0.61	2	3	2	4	3	3	3	1	1	2	2	2.4	1.0	4.0	ムラサキイガイ群集
	0.33																		
	0.60																		
	0.50																		
D-3 段	0.65	0.56	0.50	0.65	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2.0	1.0	3.0	アオサ, タマキビガイ等
	0.53																		



注：上段の数値はC.S.R.の平均、下段の数値は官能検査による評価の平均を示している。

図-4 C.S.R. 試験と官能検査の実施結果および付着生物の概況

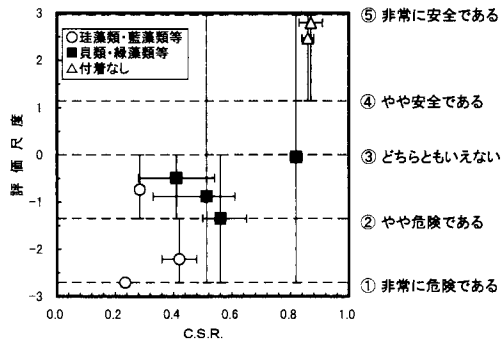


図-5 人の感覚(評価)とC.S.R.

こともある。すなわち、建築の床材と比べ、海岸の施設では、人の心理的な捉え方が大きく異なる。

4. 生物付着実験

(1) 概要

海岸でのすべり防止対策の検討に際しては、材料自体の基質、設置水深等の環境要因により、付着生物の種類・量が変化することを考慮する必要がある。そこで、これら環境要因の違いによる生物の付着状況の違い、及びこれに伴うC.S.R.の変化を把握するため、現地調査実施箇所の近隣海域(前出図-3参照)において、種々の材料をL.W.L.、M.W.L.及びH.W.L.の高さに設置し、暴露させ生物を付着させた後に、C.S.R.等の測定・評価を行った。実験ケースの一覧について、表-3に示す。

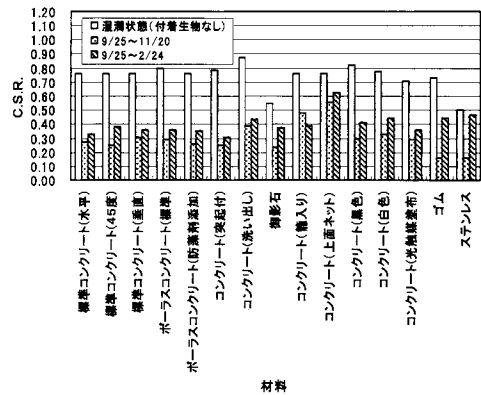
表-3 実験ケースの一覧

着目する制御因子等	基質	設置傾斜	靴底
一般的に用いられる材料としての生物付着状況の確認 構造的な用途の違いによる生物付着状況の把握	コンクリート	水平	運動靴
		垂直	
		斜め	
素材の可変性	玉石	水平	
	砂		
素材の保水性	ポーラス　コンクリート		
表面粗度	コンクリート（洗出し）		
	天然石（御影石）		
光・温度	コンクリート＋囲い枠		
	コンクリート＋囲い枠＋ネット		
	コンクリート（カラー：黒）		
	コンクリート（カラー：白）		
水質	コンクリート（光触媒塗布）		
	ゴム		
その他補助的手段	ステンレス鋼		
	滑り防止マット（人工芝）		

(2) 材料・設置水深等によるC.S.R.の変化

実験の結果として、材料・設置水深等の違いによるC.S.R.の変化を図-6に示す。なお、試験の現地暴露期間は9/25~11/20までの約2ヶ月間、及び9/25~2/24までの約5ヶ月間である。

(1) L.W.L.部



(2) M.W.L.部

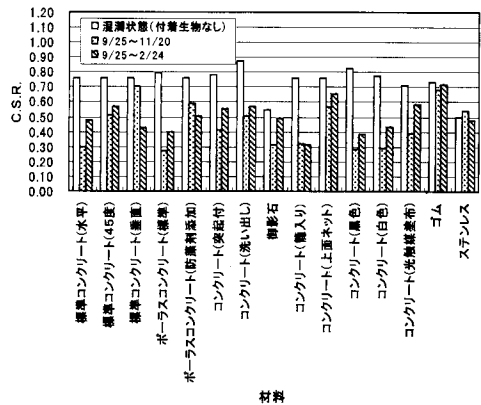


図-6 材料・設置水深等によるC.S.R.の変化

実験結果より得られた知見は以下の通りである。

- ① 付着生物なしの条件では表面の乾燥状態・湿潤状態に関わらず、いずれの材料でも概ねC.S.R.=0.7前後である。
- ② M.W.L.付近では材料によるC.S.R.の差は認められるが、L.W.L.付近では概してC.S.R.=0.3~0.4程度である。これは、前述の現地調査における官能検査の結果から類推すると、人が危険と感じる判断範疇に属する。
- ③ 実験ケースの中では、遮光性に着目したケース(コンクリート板の上面をネットで被覆)、表面の粗度を大きくしたケース(洗出しコンクリート)が、C.S.R.の値からみて比較的優位であった。
- ④ 時期によるC.S.R.の差は、後述のように、付着生物種の違いに起因するものと推察される。
- ⑤ H.W.L.部では、試験片への付着生物は観察されなかった。

(3) 付着生物量と C.S.R. の変化

付着生物量（湿重量）と C.S.R. の関係について整理した結果を図-7 に示す。C.S.R. は、付着生物量の大小に関わらず、概ね 0.3~0.6 の範囲で変動しており、前述の横須賀港うみかぜ公園における現地調査の結果（図-5 参照）とも整合する。

現地暴露期間の違いに着目すると、付着生物量は、設置から約 2 ヶ月時点（9/25~11/21）に比べ、約 5 ヶ月時点（9/25~2/24）の方が大きい。一方、C.S.R. は、約 2 ヶ月時点の方が平均的に小さく、すべりやすい傾向が読みとれる。付着生物の種類をみると、約 2 ヶ月時点では主に藍藻類・珪藻類が付着していたものが、約 5 ヶ月時点では緑藻類に遷移しており、付着生物の量もさることながら、付着生物の種類の違いも C.S.R. の値に大きな影響を与える一因と言える。

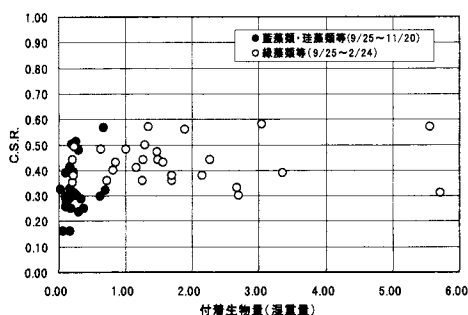


図-7 付着生物量と C.S.R. の関係

(4) 使用した靴底の性能

本研究で用いた運動靴とその他の靴底の材質の違いを確認するために、付着生物なしの条件で標準的なコンクリート板に対し、靴底の種類を変えて C.S.R. を計測した。結果を表-4 に示す。なお、表-4 の中の素足は、建築分野で各用途別のすべりの評価を目的として開発されたすべり片である。

表-4 靴底の違いによる C.S.R. の変化

基質	靴底	C.S.R. (平均)
コンクリート (表面湿潤状態)	運動靴 (本研究)	0.72
	硬底 (JIS)	0.76
	軟底 (JIS)	0.77
	素足 (風呂場用)	0.77
	素足 (体育館用)	0.58
コンクリート (表面乾燥状態)	運動靴 (本研究)	0.74
	硬底 (JIS)	0.73
	軟底 (JIS)	0.75
	素足 (風呂場用)	0.62
	素足 (体育館用)	0.58

本研究で用いた一般的に入手可能な運動靴と JIS で規格化されている「硬底」や「軟底」とは、類似した試験

結果となっており、ほぼ同等の性能を有していると考えられる。

5. おわりに

本研究では、建築分野の床材等のすべり評価指標として用いられている C.S.R. の海岸施設のすべり評価に対する有効性が見いだされ、官能検査の結果や付着生物量の分析結果と関連付けて整理することにより、海岸の施設における人の心理的な捉え方や付着生物によるすべりやすさの程度を評価できることが明らかとなった。

なお、今後の課題としては以下のものが挙げられる。

- ① 現地調査による官能検査の実施データの蓄積を図り、人の感性に基づく C.S.R. の許容値の設定等について、検討していく必要がある。
- ② 生物付着試験にて得られた結果は、冬場の約 2 ヶ月間、および約 5 ヶ月間のデータである。しかし、試験片に付着する生物の種類や量は時期的に変化するため、これに伴い C.S.R. も変化していくと考えられる。したがって、付着生物や C.S.R. の季節的变化を把握し、材料による違いについて検討を行っていく必要がある。さらに、付着生物の種別毎に整理する方法等について、検討していく必要がある。

謝辞：本研究は、国土交通省関東地方整備局内に設置した「海岸保全施設における滑り対策検討会」の成果を取りまとめたものである。本研究を行うに当たり、小野英哲東北工業大学工学部建築学科教授、池上正春前横浜港湾空港技術調査事務所所長をはじめ、検討会メンバーの諸氏には、貴重なご意見とご指導を頂きました。諸星一信前国土技術政策総合研究所沿岸防災研究室長には、研究方針、研究方法の企画立案にあたりご尽力頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参 考 文 献

- 小野英哲・三上貴正・高木 直・北山 大・高橋宏樹 (1993): 床のすべりの評価における床表面介在物の標準化に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 450 号, pp. 7-14.
- 小野英哲・高橋宏樹・泉 譲太・高橋成明 (1996): 高齢者の安全性からみた床および斜路のすべりの評価方法, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 484 号, pp. 21-29.
- 小野英哲・落合 昇 (2000): 素足での床のすべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 537 号, pp. 21-26.
- 小野英哲 (2004): 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)
- 通商産業省工業技術院くらしと JIS センター研究報告集 (1999): 建築用床材一床の滑りやすさ評価指標, Vol. 2, pp. 1-18.
- 月刊「近代建築」(2001): 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)—, 2001 年 4 月号, pp. 94-108.