

利用しやすく安全な海岸保全施設の設計手法に関する研究 －利用者のすべりに関する評価方法とすべり対策－

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
研究員 上田 倫大

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。

親水性に配慮した海岸保全施設の整備事例において階段やスロープ等を水際に設けた場合、潮間帯の部分に珪藻類や藍藻類が付着し、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が想定され、安全性の向上が課題となっている。このため、本研究は、実態調査を行うことにより、海岸における利用者のすべりに関する評価方法を提案するとともに、すべりに対する安全性向上を図るための計画・設計手法並びにサインや利用上の留意事項等ソフト対策をとりまとめ、利用面の安全性向上に資することを目的とする。本報告では、すべり評価方法の適用性を中心とした研究の現状を報告する。



写真-1 親水施設（海の公園）

2 実態調査

海岸保全施設等の利用者のすべりに対する安全性を評価するために、現地において被験者による官能検査等を行い、また、生物付着等すべりに関連する要因を検討した。以上を実態調査と総称する。実態調査の対象となった施設は、東京湾近郊での一般利用者が多いと予想される親水施設で湘南港江ノ島、横浜港海の公園、東京都葛西臨海公園、千葉港検見川の浜、横須賀港うみかぜ公園の5箇所を選定した。写真-1は海の公園の磯場である。

2. 1 すべりの評価指標

建築分野における既往の研究事例⁴⁾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。

2. 1. 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、小野らの建築分野における研究事例⁴⁾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、JISに規定されているC.S.R.の

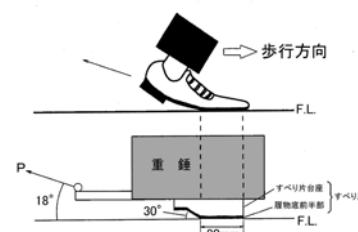


図-1 すべり発生機構の近似性⁴⁾

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。そこで、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²⁾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。なお、C.S.R.試験の測定ポイントは官能検査と同一箇所とした。写真-2は葛西臨海公園におけるC.S.R.試験の状況である。

2. 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（品質特性等）を一定の手法に基づいて評価・測定する方法で、幅広い分野で応用されている。

官能検査では、実際に被験者に歩いてもらい、危険と感じ

るか、安全と感じるかを、表-1に示した5段階の評価尺度により直接評価した。実施箇所は珪藻類・緑藻類・貝類等の付着生物の状況を事前に踏査し、選定した。官能検査の被験者数は11人とし、併せて各被験者が危険・安全と感じた要因を調査した。被験者の履物は運動靴に統一した。

2. 3 C.S.R.と官能検査の関係

海の公園でのC.S.R.試験、官能検査の実施結果を表-2に示す。なお、他の施設におけるデータは現在取りまとめ中である。また、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-3に示す。判断指標は、系列範疇法⁵⁾により評価尺度としての数量化を行った。

調査結果より得られた知見を以下に整理する。

- ① A-4、B-2のように緑藻類（アオサ）が付着している場合では、何も付着していない場合と比べ、C.S.R.も小さく、官能検査でも危険と評価する被験者が多い。
- ② C.S.R.が0.4～0.6の範囲では、官能検査の評価の変動が大きい。特に、貝類が付着して

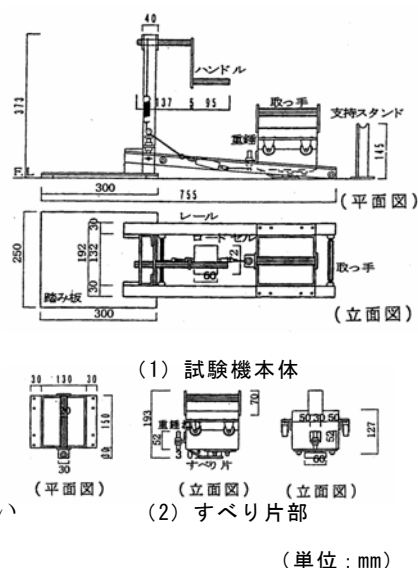


図-2 小野式携帯型すべり試験機²⁾



写真-2 C.S.R.試験（葛西臨海公園）

表-1 官能検査の判断指標
(5段階絶対評価)^{3) 4)}

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

表-2 C.S.R.試験と官能検査の実施結果（海の公園）

場 所		CSR値	CSR試験			官能試験													生物付着状況		
			平 均	最 小	最 大	A 20代 男性	B 50代 男性	C 50代 男性	D 50代 男性	E 50代 男性	F 20代 男性	G 40代 男性	H 30代 男性	I 30代 男性	J 30代 男性	K 20代 女性	L 20代 女性	平 均			
人 工 磯	A-1	0.86	0.88	0.86	0.90	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4.9	4.0	5.0	コンクリート(碎石塗布)	
		0.90																			
	A-2	0.43	0.45	0.43	0.47	5	4	2	3	3	3	3	5	4	4	2	4	3.5	2.0	5.0	珪藻類
		0.47																			
	A-3	0.50	0.51	0.50	0.52	3	3	2	3	3	2	2	4	4	2	1	2	2.6	1.0	4.0	珪藻類
		0.52																			
	A-4 アオサ	0.37	0.40	0.37	0.46	2	2	2	3	3	2	2	4	3	5	1	1	2.5	1.0	5.0	アオサ類等
		0.38																			
	0.46																				
	A-4 貝類	0.60	0.65	0.60	0.69	3	3	4	3	3	2	2	4	3	2	2	2	2.8	2.0	4.0	珪藻類
0.69																					
A-5 上向き	0.44																				
A-5 下向き	0.44	0.44	0.44	0.44	3	3	4	3	3	2	2	4	3	2	2	2	2.8	2.0	4.0	珪藻類	
	0.34																				
0.37	0.36	0.34	0.37																		
人 工 海 浜	B-1 積もった砂	0.45	0.48	0.45	0.55	5	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5	4.7	3.0	5.0	砂浜	
		0.55																			
		0.46																			
	B-1 しまった砂	0.46	0.48	0.46	0.51	3	2	1	2	2	2	1	4	2	1	1	1.8	1.0	4.0	アオサ類	
		0.51																			
	B-2	0.34	0.34	0.34	0.35																3
	0.35																				

いたA-4の試験結果では、被験者により評価が5段階に分かれている。官能検査の評価の変動が大きい原因としては、安全性に対する人の感じ方は、すべりのみではなく、視覚的・心理的要因等も含め多様であることが挙げられる。

- 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。³⁾しかし、海岸の施設ではC.S.R.が0.6以上でも人によっては危険と感ずることもある。

すなわち、建築の床材と、海岸の施設では人の心理的な捉え方が大きく異なる。

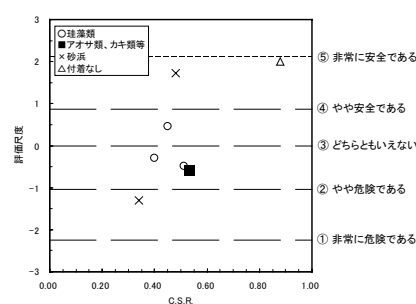


図-3 人の感覚（評価）とC.S.R.

2. 4 ヒアリング調査

調査対象施設について、より詳細な情報収集を得るため、一般の施設利用者に対しアンケート形式でヒアリング調査を行った。ヒアリングの内容は、“施設の利用頻度”，“危険性のある場所”，“手すりや安全サイン（注意書き）について”等である。現在、ヒアリング結果及び、官能検査結果に基づき、人が安全・危険と捉える要因の分析を集めている。

3 生物付着実験

3. 1 概要

海岸でのすべり防止対策の検討に際しては、環境要因の違いによる付着生物の種類・量の変化、及びこれに伴うC.S.R.の変化を把握する必要がある。そこで、横須賀港うみかぜ公園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.の測定・評価を行った。なお、生物付着実験は、関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所が実施したものである。⁶⁾

実験ケースを表-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		
表面の起伏	コンクリート（突起付）		
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）		
その他補助的手段	ゴム		
	ステンレス鋼		
	滑り防止マット（人工芝）		

3. 2 調査結果

材料・設置水深等の違いによるC.S.R.の変化を図-4に示す。なお、試験の現地暴露期間は平成15年9/25～11/20までの約2ヶ月間、及び9/25～平成16年2/24までの約5ヶ月間である。

試験結果は以下のとおりである。

- 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.の差異は認められるが、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、人が危険と感ずる判断指標に属する。
- ③ コンクリート板の上面をネットで被覆し、遮光したケース、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.値は比較的大きい。

3. 3 付着生物量とC.S.R.の関係

付着生物量とC.S.R.の関係について整理した結果を図-5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の範囲で変動している。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ヶ月経過時点に比べ約5ヶ月経過時点の方が大きい。C.S.R.は、約2ヶ月経過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。付着生物の種類を見ると、約2ヶ月経過時点では主に藍藻類珪藻類が付着していたものが、約5ヶ月経過時点では緑藻類に推移しており、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考えられる。

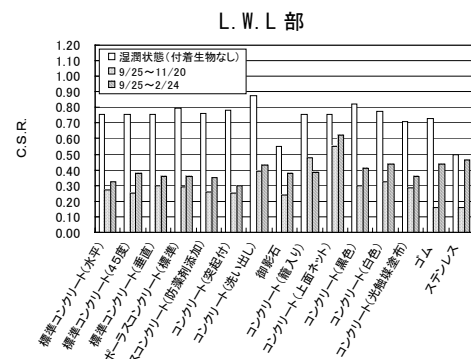


図-4 材料・設置水深等によるC.S.R.の変化

4 結 論

現地における実態調査や長期における生物付着実験等を行うことにより、親水施設利用者のすべりの評価方法と対策に関する検討手法として、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.が有効であることを確認した。また、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。

今後も現地調査等を継続し、最終的には親水施設のすべり対策をとりまとめ、海岸や港湾の親水施設等において利用面の安全性の向上に資する提案を行う予定である。

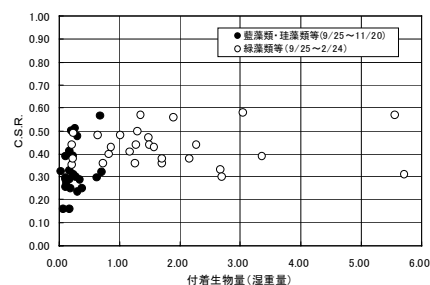


図-5 付着生物とC.S.R.の関係

5 今後の検討課題

これまでの調査の結果を踏まえ、今後の課題として検討すべき事項を、以下に整理する。

- 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、検討する必要がある。また、付着生物の種類・量による違いを評価する方法等の検討が必要である。
- ② 人が安全・危険と判断する視覚的・心理的要因等の分析を行い、対策工の配置・視認性、人に意識されやすい安全サインの表現方法、設置パターンの分析等を行う必要がある。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 小野英哲(2004): 携帯型床のすべり試験機(ON0・PPSM)の開発, 日本建築学会構造系論文報告集(投稿中)
- 3) 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.
- 4) 月刊「近代建築」(2001): 特集 床3「床のすべり」ー測定・評価方法と設計・選択・開発指針(その1)ー, 2001年4月号, pp.94-108.
- 5) 渡辺洋(2003): 心理統計の技法, 福村出版
- 6) 関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所報告書(2003): 横須賀港海岸保全施設における滑り対策検討調査.