

利用者の安全性からみた海岸施設のすべりに関する実態調査

小田勝也*・上田倫大**・内山一郎***・今村 均***

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, 実際に利用されている複数の親水施設を対象にすべりに関する実態調査を行ったものである。官能検査とすべり試験の結果より, すべりからみた危険箇所を見出すことができ, 一般利用者のヒアリング結果ともある程度整合することが明らかとなった。また, 危険性の判断要因の検討より, 付着藻類の種類・量, 足元の面積や施設の傾斜等の構造的な配慮が, すべり対策を考えていく上で, 重要な要素であることが把握できた。

1. はじめに

近年, 海岸利用が多様化する一方で, 海岸施設の利用者の安全性がクローズアップされてきており, 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」が出された。

例えば, 階段式護岸や人工磯等の海岸施設において, 潮間帯の部分に珪藻類や藍藻類が少量でも付着すると, 利用者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る。したがって, 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。

このような背景から, 小田ら (2004) は, 海岸施設における利用者のすべりに関する評価方法として, 小野ら (1993, 1996, 2000) の研究成果を参照とし, 建築分野で床材等のすべり評価指標として用いられているすべり抵抗係数 C. S. R (Coefficient of Slip Resistance) と官能検査の結果や付着生物の分析結果とを関連付けて評価する方法を提案した。

本研究は, 昨年度の研究成果を踏まえ, 実際に利用されている複数の親水施設を対象にすべりに関する実態調査を行ったものであり, 海岸施設の利用面の安全性向上に資することを目的とする。

2. 一般利用者ヒアリング

(1) 概要

施設の利用実態と利用者の安全性からみた危険箇所の把握を目的とし, 東京湾周辺の 5 箇所の親水施設を対象に, 水際の散策等を行っている一般利用者へのヒアリングを行った。なお, 対象とした施設については, 表-1 に示すように, 施設の構造タイプ, 付着生物の状況, 立地条件等を考慮の上, 選定した。

ヒアリングの項目は, 性別・年齢・利用頻度等の基本的な項目の他に, 「ヒヤリ」と感じた場所の有無, 安全標識等の確認の有無, 手すりや安全柵の有効性とした。さらに, 「ヒヤリ」と感じた場所が有ると回答した利用者に対しては, その原因 (すべり, つまづき, 転倒, その他) についてもヒアリングを行った。

表-1 調査対象施設の概要

調査地点	E 地点	UM 地点	KR 地点	KM 地点	UK 地点
構造・形状	人工タイドプール スロープマリーナ	人工磯	石積み式	緩傾斜護岸	階段式護岸
材質	石材・コンクリート	コンクリート	石材	コンクリート	コンクリート
付着生物	珪藻・藍藻・緑藻等	珪藻・藍藻・緑藻等	珪藻・牡蠣等緑藻等	珪藻・藍藻・緑藻	イガイ・フジボ等
立地条件	外湾性	内湾性	東京湾の湾奥	東京湾の湾奥	内湾性・外湾性
利用形態	散策・水遊び等	散策・水遊び等	散策・水遊び等	サーフィン・散策等	散策等

(2) ヒアリング結果

前述の 5 地点におけるヒアリングの集計結果として, ヒヤリと感じた場所の有無, 危険性の判断要因についてとりまとめた結果を図-1 および図-2 に示す。ヒアリングの結果より, 得られた知見を以下に整理する。

a) ヒヤリと感じた場所の有無

ヒヤリと感じた場所があると回答した利用者は, KR 地点を除く 4 地点では 5 割程度であった。KR 地点では, 約 9 割の利用者がヒヤリと感じた場所があると回答している。KR 地点では, 多くの利用者は, 護岸前面の被覆石上で藻類が付着しているところをヒヤリと感じた場所として指摘しており, 後述する官能検査やすべり試験の結果とも整合する。

b) 危険性の判断要因

ヒヤリと感じた際の判断要因として, UM 地点, KR 地点, UK 地点では, 「すべり」を要因として挙げた利用者の割合が非常に高い。一方, E 地点, KM 地点では, 「すべり」は決定的な要因とはなっていない。この地点による判断要因の差異は, 水際付近の付着生物の種類・量または利用形態の違いが影響しているものと推察される。この結果より, 海岸施設における利用者の安全性を

* 正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所
** 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所
*** 正会員 日本海洋コンサルタント(株)

考える上で、「すべり」は非常に重要な要素と言える。

c) 安全標識等の確認の有無、手すりや安全柵の有効性

すべりに対する注意喚起を目的とした安全標識については、E 地点、KR 地点では、約 4 割の利用者が認識しているとの結果であった。一方、UM 地点、UK 地点では、安全標識の存在を認識している利用者は少なかった。利用者が安全標識を認識できなかった原因としては、安全標識自体が目につきにくいこと、すべりの危険箇所と安全標識の設置場所が離れていること等が挙げられ、利用計画上の今後の課題と考えられる。

また、手すりや安全柵が設けられていたのは、今回の調査では E 地点と UM 地点で、両地点とも安全上有効と判断する利用者の割合が高かった。このことから、手すりや安全柵を併用すると、利用者は安心感を得ると推察される。ただし、施設の計画段階においては、水際線への近づきやすさや景観面との調和についても十分に配慮すべきと考えられる。

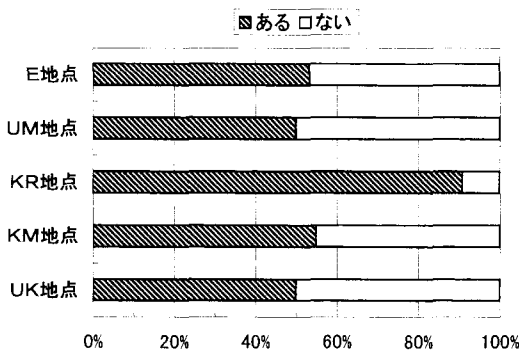


図-1 ヒヤリと感じた場所の有無

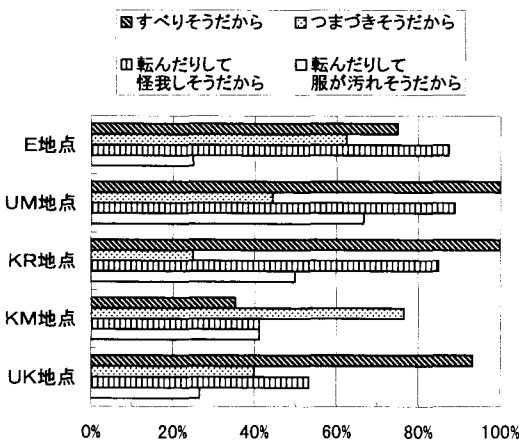


図-2 危険性の判断要因 (複数回答可)

3. 官能検査及びすべり試験

利用者の安全性の観点から、一般利用者ヒアリングの結果を踏まえ、危険箇所におけるすべりの程度を定量的に把握することを目的に、官能検査とすべり試験を実施した。

(1) 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。

官能検査については、検査員がアンケート形式により、①非常に危険である、②やや危険である、③どちらともいえない、④やや安全である、⑤非常に安全である、の 5 段階で評価する方法を用いた。

なお、官能検査の実施と併せて、安全性に関する判断要因についても、検査員に対しアンケート形式の調査を行った。結果については、後述する。

(2) すべり試験

すべり試験については、JIS-A-1454に規定されているすべり抵抗係数 C. S. R (Coefficient of Slip Resistance) を評価指標とし、JIS に規定されている方法とほぼ等価の結果が得られ、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-3 に小野式携帯型すべり試験機の諸元を示す。

なお、JIS に規定されている O-Y・PS M による計測

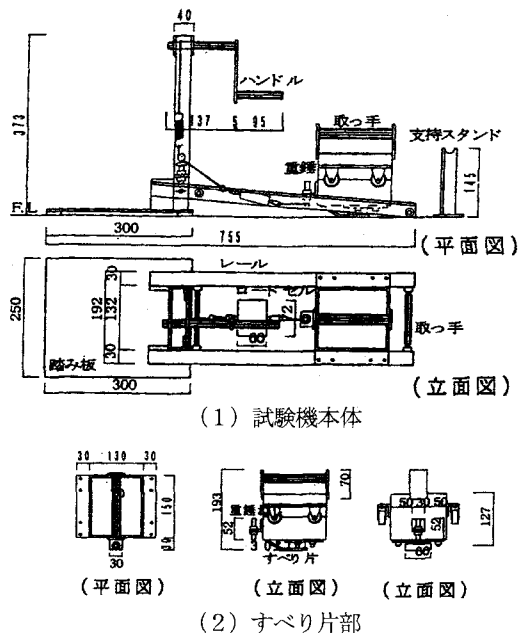


図-3 小野式携帯型すべり試験機 (単位: mm)

結果と厳密には区別する必要があることから、以降、小野式携帯型すべり試験機により計測した結果については C. S. R' と表記することとする。

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。

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

ここに、 $P_{\max}$ は滑り片が滑り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 (196N) である。また、試験に際しては、実際に使用する靴底を滑り片下部に固定し、素材表面の $P_{\max}$ を測定し、C. S. R' を求める。

(3) C. S. R' と評価尺度の関係

試験の実施結果として、C. S. R' と官能試験による評価尺度を整理した結果を図-4 に示す。C. S. R' について

は、原則として、同一箇所での測定結果の平均値を代表させた。また、官能試験から得られた評価については、系列範疇法 (J.P.Guilford, 1969) により、評価尺度としての数量化を行った。なお、図中には、人の判断のバラツキやすべり試験の測定誤差もわかるように、平均値の他、最小値・最大値も併記している。

E 地点における試験結果では、C. S. R' と評価尺度の関係に明確な相関は認められない。これは、付着生物が少なかったことも一因と考えられる。しかし、他の地点では、C. S. R' と評価尺度の関係において、ある程度の正の相関が認められる。

全体的な傾向として、付着生物がなしの場合では安全側の評価 (どちらともいえない～非常に安全である) となっているが、付着生物ありの場合では危険側の評価 (どちらともいえない～非常に危険である) となってい

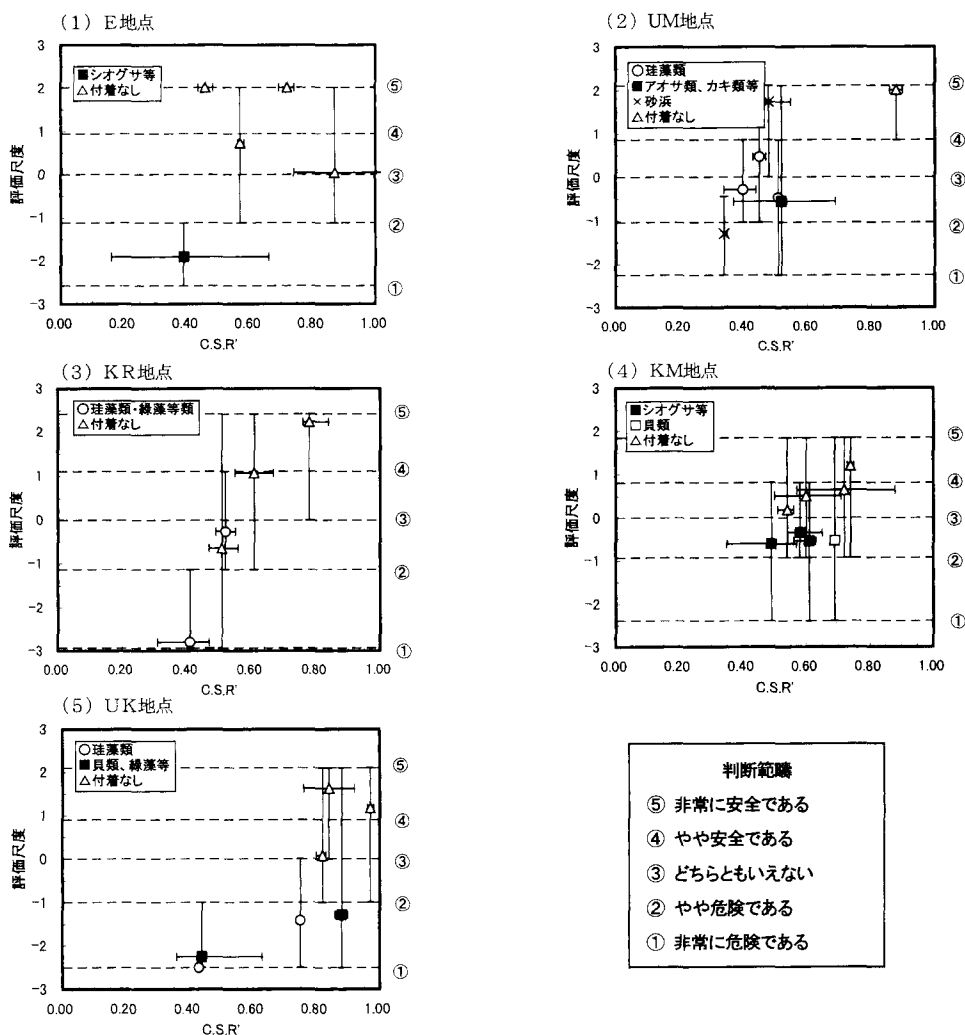


図-4 C.S.R' と評価尺度の関係

る。さらに、図-4の結果を相対的に比較すると、今回の調査で最も危険と判断された場所は、KR地点で評価尺度の値が最も小さいところとなり、前述の一般利用者ヒアリングの結果とも整合する。

(4) C. S. R' の許容範囲の提案

利用者の安全性からみたC. S. Rの許容範囲については、建築分野を例に挙げると、図-4と同様の関係図より、評価尺度が「どちらともいえない」または「やや安全である」に相当するC. S. Rを設定した事例が多い(例えば、月刊「近代建築」(2001)、通商産業省工業技術院くらしとJ I Sセンター研究報告集(1999)等)。しかし、今回の調査で同様に設定すると、付着生物の種類を問わず、付着生物が存在する場所のほとんどで許容値を満足することはできず、現実的な意義は薄れる。

多くの利用者は、屋内と比べ海岸の方が危険であることを認識していると推察され、また生物が全く付着していない親水施設は、環境面からみると矛盾する。

したがって、評価尺度が「やや危険である」に相当するC. S. Rを許容限界として設定することが考えられる。場合によっては、「非常に危険である」の領域であっても許容範囲に含まれることが想定される。図-4の平均値を対象に2次回帰を行い、「やや危険である」に相当するC. S. R'の値を読みとると、表-2に示すようにC. S. R'=0.3~0.7と、対象地点により異なってくる。なお、E地点については、適切な回帰式を得ることはできなかったため、表中から除外している。

表-2 安全性からみたC.S.R'の許容限界(案)

地 点	「やや危険である」に相当するC.S.R'
UM地点	0.3
KR地点	0.5
KM地点	0.4
UK地点	0.7

建築分野では、C. S. Rの許容値として概ね0.4以上を目安としており、同様に適用した場合でも、特に危険な箇所を除き、許容範囲内には収まっていると判断される。

4. 判断要因の検討

(1) 概 要

官能検査の実施と併せて、安全性に関する判断要因についても調査を行った。判断要因としては、表-3に示すように、①構造的要因(施設の傾斜、足元の面積、水面からの高さ)、②材料(表面の粗度、すべり止め)、③付着生物(藻類、貝類)、④靴自体の滑りやすさ、⑤付属施設(手すり、安全標識)の有効性、⑥怪我等の経験とし、安全側から危険側までの3段階で、調査員がアンケート方式により記入する方法を用いた。

表-3 判断要因のカテゴリーデータ化

	判断要因	カテゴリーデータ
施設の傾斜 (×1)	適切である	-1
	どちらでもない	0
	急すぎる	1
足元の面積 (×2)	適切である	-1
	どちらでもない	0
	狭すぎる	1
表面の粗さや凹凸 (×3)	適切である	-1
	どちらでもない	0
	なだすぎる	1
水面からの高さ (×4)	気にならない	-1
	どちらでもない	0
	高すぎる	1
表面の滑り止め (×5)	有効である	-1
	どちらでもない	0
	無効である	1
付着生物(藻) (×6)	気にならない	-1
	どちらでもない	0
	ヌルヌルしすぎ	1
付着生物(貝) (×7)	気にならない	-1
	どちらでもない	0
	突っかかりやすい	1
靴 (×8)	靴自体は滑りにくい	-1
	どちらでもない	0
	靴自体が滑りやすい	1
手すり (×9)	有るから安心	-1
	どちらでもない	0
	有っても不安	1
安全標識 (×10)	確認したので危険を予知できた	-1
	どちらでもない	0
	確認しておらず危険が予知できなかった	1
怪我や転倒の経験 (×11)	怪我や転倒をしたことなく気にならない	-1
	どちらでもない	0
	怪我や転倒をしたことがあるので不安	1

さらに、官能検査による評価に対し、どの説明変数(判断要因)が寄与しているのかを把握するため、評価尺度を従属変数とみなし、数量化理論I類による解析を行った。

(2) 解析結果

数量化理論I類による解析結果として、各地点の決定係数(重相関係数の二乗)と説明変数を整理した結果を表-4に示す。説明変数は、同表中では偏相関係数が高い順に示している。なお、棄却検定の結果より、帰無仮説を採択すべきと判断された説明変数は除外している。

解析の結果、生物が付着していない場所では決定係数の値は小さい。しかし、官能検査で最も危険と判断されたKR地点のK-3~K-5では決定係数が0.7以上と比較的高く、抽出した因子により7割以上の割合ですべりに対する安全性を説明できていると判断される。

また、生物が付着していない場所では、「足元の面積」や「施設の傾斜」等の構造的要因の寄与が高い。藻類が付着している場所では「付着生物(藻類)」の寄与が高

い、なお、「安全標識」や「怪我等の経験」等の間接的要因については、全体的に寄与は小さい。

表-4 各地点の決定係数と抽出した説明変数

地 点	付着生物	決定係数	説明変数		
E地点 (A-1.4.5)	付着なし	0.439	①足元の面積 (構造・形状)	②靴自体の 滑りやすさ	
E地点 (A-2.3)	付着なし	0.599	①足元の面積 (構造・形状)	②施設の傾斜 (構造・形状)	
UM地点 (A-12.3.4)	緑藻類・貝類等	0.541	①足元の面積 (構造・形状)	②付着生物 (藻類)	③安全標識 (付属施設)
			④表面の粗さ や凹凸(材料)	⑤水面からの 高さ	
KR地点 (K-1.2)	付着なし	0.608	①施設の傾斜 (構造・形状)	②靴自体の 滑りやすさ	③表面の粗さや 凹凸(材料)
			④怪我等の 経験	⑤足元の面積 (構造・形状)	
KR地点 (K-3.4.5)	緑藻類等	0.741	①付着生物 (藻類)	②施設の傾斜 (構造・形状)	③安全標識 (付属施設)
KM地点 (A-1.B-1.2)	付着なし	0.391	①施設の傾斜 (構造・形状)	②施設の傾斜 (構造・形状)	
KM地点 (A-2.3.4.B-3.4)	緑藻類等	0.517	①付着生物 (藻類)	②靴自体の 滑りやすさ	③表面の粗さや 凹凸(材料)
UK地点 (A-1.2.B-1)	付着なし	0.298	①表面の粗さや 凹凸(材料)		

5. おわりに

本研究において、官能検査とすべり試験の結果より、すべりからみた危険箇所を見出すことができ、一般利用者のヒアリング結果ともある程度整合することが明らかとなった。

また、危険性の判断要因の検討より、付着藻類の種類・量、足元の面積や施設の傾斜等の構造的な配慮が、すべり対策を考えていく上で、重要な要素であることが把握できた。

なお、今後の課題としては、以下の通りである。

- ① 本研究にて、C. S. R' と評価尺度の関係が、地点により異なる傾向となることがわかった。判断要因としてどの要因が安全性の評価に寄与しているかの検討を行ったが、C. S. R' と評価尺度の関係が地点

により何故異なる傾向となるのかまでは評価できなかったため、今後の課題と考えられる。

- ② 本研究では、現地にて各種調査を行ったが、藻類が付着すると少量でもすべりやすいことが多い。利用者の経験や知識にもよるが、このような場所だと視覚では正確に判断できず、事故のリスクも高くなると想定される。したがって、人の行動パターンに着目した実態調査等を行う必要がある。

謝辞：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には、貴重なご意見とご指導を頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参 考 文 献

- 小田勝也・上田倫大・亀山 豊・小宮山 隆・岸 真裕・内山一郎(2004)：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，海岸工学論文集，第51巻，pp. 1251-1255.
- 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，第585号，pp. 51-56.
- 通商産業省工業技術院くらしとJ I Sセンター研究報告集(1999)：建築用床材－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.
- JIS-A-1454(1998)：「高分子系張り床材試験方法」.
- J.P.Guilford 著，秋重義治監訳(1969)：精神測定法，培風館。