

【1】砂浜復元の効果に関する検証

装置の設置位置は、大瀬川河口南地域に形成された長浜海岸の北端、延岡港湾区域の砂浜が流出し浜崖が発生している海岸線に、図2のとおり横3m、縦6mの3基連結した装置を1組として、50m離して2組を設置しました。

4月28日に装置を設置し、5月に、埋め戻し砂の流出による装置の移動がありました。その後、順調に砂浜復元を図り、下記のとおり、装置効果の検証を確認することができました。

(1) 砂浜復元効果と経緯

堆砂状況と海岸線の変化

4月28日	装置の設置
6月14日	B装置周辺から始まる砂の堆積
7月14日	埋塞により浜崖抑制 B装置埋塞
7月27日	A装置埋塞 浜崖解消

人工砂嘴の形成による砂浜復元

7月9日	B装置北側に第1砂嘴形成 B装置波受け台下端まで埋塞
8月22日	A装置南側に第2砂嘴形成
9月22日	2つの砂嘴の中央に位置する砂抄装置
12月5日	装置被災後の砂浜復元状況

堆積砂の流出抑制

9月18日	堆積砂の流出抑制
-------	----------

装置の波浪に対する堅牢性

8月15日	台風10号の堅牢性
9月18日	台風13号の堅牢性

本実験前における試行状況

人工砂嘴形成による砂浜復元

富田海岸	(宮崎県新富町)
唐浜海岸	(鹿児島県薩摩川内市)

装置の土砂流出抑制

富田海岸	(宮崎県新富町)
------	----------

装置の波浪に対する堅牢性

富田海岸	(宮崎県新富町)
用海岸	(鹿児島県笠利町)

耐潮性植物の自生

富田海岸	(宮崎県新富町)
用海岸	(鹿児島県笠利町)

(2) 海岸線の変化及び堆砂状況

河川の運搬作用によって運ばれた土砂は、海水に流入にして漂砂となり、漂砂は、河口付近に、砂嘴や砂州を形成し、これらが発達したものが砂丘である。

今回の実験においては、装置の設置後、約2カ月後の7月9日に砂嘴の形成を図り、砂嘴に沿って、砂の堆積を促進し、8月15日には、装置を埋塞し、約3カ月で、高さ約2.5mの驚異的な記録の砂を堆積させて砂浜の復元を図り、装置の堆砂効果が検証された。

(3) 人工砂嘴の形成による砂浜復元

砂抄工法は、漂砂を抄って、砂嘴を形成させて砂を堆積するものある。

今回の実験では、装置設置箇所を中央部にして、両端2基の人工砂嘴が形成され、砂嘴に沿って砂浜が復元された。

人工砂嘴の形成は、実験前の試行においても、新富海岸（新富町）、唐浜海岸（鹿児島県薩摩川内市）で発生しており、装置による人工砂嘴の形成が砂浜を復元することが検証された。

また、10月16日に被災を受けました装置設置箇所につきましては、装置を撤収しましたが、被災後も2基の砂嘴が顕在し、砂嘴に沿って砂浜の復元が図られている。

(4) 砂浜の流出抑制

一般に堆積した砂は、台風等の異常気象によって砂が流出する被害が発生している。

本装置の特徴の一つとして、堆積した砂の流出を止める効果を有しており、今回の実験では、台風13号の影響を受けて堆積砂の流出が発生しましたが、装置の天端勾配に沿って砂が止まる砂浜の流出抑止が確認された。

実験前の試行においては、1993年9月の戦後最大台風14号（当時）で記録されているように砂浜流出の抑止効果が検証された。

(5) 装置の波浪に対する堅牢性

木材素材の構造物は、コンクリート構造物に対して比重が小さく異常気象時の高潮による耐波浪性の課題があった。今年、襲来しました台風10号及び13号におきましては、装置構造の損傷及び装置の流出もなく、波浪に対する堅牢性が確認された。

実験前の試行においては、富田海岸の1993年9月の戦後最大台風14号】及び用海岸の2003年の台風10号、戦後最大台風の14号（気圧910HP）を含む5つの台風襲来においても装置の移動、損傷はなく、波浪に対する堅牢性が検証されている。

【2】液状化現象による装置の被災

(1) 砂抄装置被災状況

砂抄工法の装置に係る観測については、4月28日に装置の設置以来、砂浜の状況及び装置の構造点検等について、鋭意調査を実施し、月ごとに報告書を提出してきた。

被災前の観測は、11月11日に実施したが、砂浜流出は、設置時の埋め戻し高さまで進行しているものの装置の移動及び構造部材の損傷等の支障はなかった。

しかしながら、竜巻発生後の約1ヶ月後の10月16日、早朝の晴天日に、突然、液状化現象による地滑り状の堆積砂の流出が発生して、装置が被災を受けた。

被災概要は、表1及び図3に記載しているように、装置2基（装置B、装置C）が破損し、その他の装置4基が移動したものである。

装置主要部材の損失は、総本数180本のうち破損本数は45本で損失率25%になっている。破損した部材の大半は、古代木造構造物が現存しているように、木材素材の特徴である継ぎ足し工法によって活用できるものである。

表1 砂抄装置被災概要

(数字は損失本数)

装置名		装置A			装置B		
		I	II	III	IV	V	VI
被災状況	設計	流出	破損	破損	流出	流出	流出
主要部材	波受台	2	0	0	0	0	0
	基礎土台	2	0	0	1	0	0
砂抄枠	梁継木	4	0	4	4	0	0
	固定材	4	2	2	2	0	0
	枠材	4	1	2	2	0	0
檁部材	支柱	6	0	6	6	0	0
	筋交い	4	2	4	4	2	1
	土台継木	4	0	4	4	0	0
装置1基部材本数		30本	5	22	23	2	1
据付装置総本数		180本	損失被災本数 45本			損失率 25%	

(2) 装置被災の原因

晴天日の砂浜装置の一瞬の破損、移動、高さ約5.0mの浜崖等の被災原因是、台風13号の北上に伴う積乱雲による竜巻の発生に伴う衝撃的影響を受けて、液状化現象による砂浜の地滑り崩壊が発生したものと思われる。

装置周辺の砂浜復元状況は、設置以来順調に砂浜の堆積により、砂浜の復元を図っているが、9月17日の台風13号の北上による影響を受けて、急速な砂浜侵食が進行し、1カ月後の10月16日に装置の被災が発生した。

9月17日発生した延岡の竜巻は、台風13号による積乱雲の北上に伴って、日南、日向、大分と連続的に竜巻を発生させ、陸上においては、風による家屋や農産物に多大な被害を与えていた。

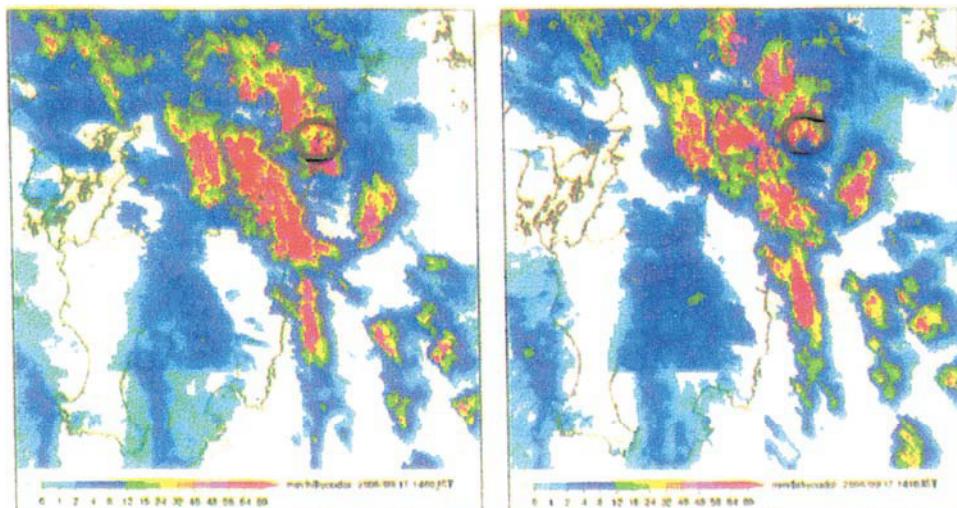
延岡の竜巻は、海上で発生し、長浜海岸の装置設置個所の約3km南に上陸し、電車の転覆や約1800棟の建物が損壊する等、記録的な被害が発生した。

時速100kmの竜巻の強さは、最強のF3(時速70~90km)を超える竜巻であったものと想定されている。

また、これらの被害を地震の震度に換算しますと、震度6に対応し、地上においては、地割れが発生すると言われている。

宮崎気象台においては、「海岸域における竜巻被害の観測はしていないが、竜巻は、海域の砂、海水を巻き上げるもので、台風13号による図4の気象レーダによれば、延岡の竜巻発生後も積乱雲が断続的に続いており、海岸域にも影響を与えた可能性も考えられる。」とのコメントをいただいた。

図4 台風13号(2006.9.17)による
積乱雲に関する気象レーダー
【宮崎気象台資料提供】



14時00分(左)と14時10分(右)の気象レーダー。円内が延岡市街地付近

台風13号通過後の観測調査におきましては、8月15日の台風10号通過後の澄み切った海浜状況に対し、異常な延岡湾全域の混濁状況、浜崖A、Bラインとなった9月22日の痕跡、通常の浜崖形態とは異なる海岸全域に及ぶ砂浜の滑落、台風通過後約1カ月後に発生した地滑り等の現象は、台風13号の北上に伴う異常な積乱雲の発生による衝撃的影響が砂質基盤に液状化現象を誘因させて発生させたものと思慮される。

また、季節的にも、9、10月は、波浪の高い時期になっていますが、台風13号経過後の気象状況は、多数の低気圧発生、低気圧の異常発達、大型台風18号の停滞等の気象状況も影響したものと思われる。

【3】 砂抄工法の装置設置の安全性

(1) 竜巻発生に関する予報体制 及び海岸の被災状況調査

地球温暖化の影響を受けて、海面が上昇し、国土面積が減少する状況においては、素材単価の経済的な木材構造物の設置が期待されている。

本装置の堅牢性については、台風10及び台風13号において、装置の移動及び構造部材の損傷もなく装置の波浪に対する堅牢性が実証されたところである。

台風13号の北上による積乱雲の発達による延岡の竜巻の発生については、家屋の倒壊、電車の転覆等瞬時の突風による災害であり、気象庁においても、これから予報体制を検討する状況にあり、竜巻に対する諸元も解明されていない状況であった。

長浜海岸の現在の砂浜流出の浜崖ラインは、竜巻発生後の流木痕跡のBラインに沿って発生していたが、海岸においても観測要項が設定されていなく、竜巻の被害状況が確認されていない状況であった。

このような状況における砂抄工法の装置設置の安全性については、地震、津波等の振動、衝撃の砂質基盤への影響による砂浜の崩壊、流出の被災が懸念される。

(2) 装置部材の強化

今回の装置被災は、延岡の竜巻発生後、約1ヶ月を経て被災したものである。

砂浜海岸においては、「地殻変動による衝撃波によって、砂質基盤の間隙水に海水が流入し、砂の比重が増加して、重量の軽い構造物がゆっくり浮いてくる。」との報告がなされている。

装置が木材素材で比重が軽いため、浮力に対する構造物の揚力を抑制するため、実験においては、浮力対策として支持杭、繋ぎ杭を施工していた。

支持杭は、支持杭の長さの深さまで砂が流出しており、装置の固定には、支持層まで深くする必要があるものと思われ、設計時点において、地盤調査及び杭資材の検討をする。

また、装置部材の破損及び流出につきましては、柱、貫、筋交い、砂抄継材のホゾの厚さ、木栓の径及び縦貫の支え板の補強が必要である。

(3) 装置設置位置

設置位置につきましては、地域の気象、砂浜の地形、沿岸流、植生等の事前調査が必要であると思われる。

土砂流出の進行中の傾斜の大きい個所を避け、直線状のなぎさ線で、返し波の影響を受けない浜崖線となぎさ線の長い区間距離を有し、砂浜勾配の緩やかな海浜が適切と思われる。

宮崎県内の海岸での砂抄工法による砂浜復元は、下阿蘇、須美江、伊勢浜、小倉が浜、小丸川～一つ瀬川、赤江、清武川～青島、白浜、市木海岸等の海岸が対象になるものと思われる。

(4) 施工時期

今回の委託業務は、梅雨、低気圧等の影響を受けて、砂浜の流出する時期での実験でありましたが、砂嘴の形成、波浪に対する堅牢性等の砂浜復元に関する検証が確認された。

しかしながら、装置の安全性を高めるためには、前浜に、砂の堆積を促進させ、沿岸域を静穏化させることが必要である。

このため、台風、高潮等の異常波の影響を避けた11月から3月までの漂砂の堆積する期間の施工が望れる。