

粗砂投入による海浜変形に関する二次元実験

橘川 正男*・中村 昭男**・早瀬 松一***

近年、環境・景観に配慮した砂浜海岸の侵食対策として、養浜工が主流となりつつある。養浜工が実施された場合、従来の粒径とは異なる混合砂海浜が形成される。侵食防止としての養浜は、期待する効果に見合う粗砂を適切に投入することが重要であると考えられる。本研究は、粗砂を養浜材料として用いた場合の投入量・位置を変化させることにより、二粒径の海浜変形過程を不規則波による二次元水路実験で検証し、養浜工に関する知見を得ることを目的としている。その結果、適切な量の粗砂を投入することにより、磯浜帯および砕波帯の表層を粗砂により被覆することで、漂砂を抑制できることがわかった。

1. はじめに

近年、砂浜海浜の侵食防止対策として、景観・親水性に優れた養浜工への期待が高まりつつある。実際に、施工されている海岸も多く、今後の海岸保全対策として主流となることが予想される。しかし、養浜材は、浚渫土砂などが使用できる場合を除き、外部から粒径の異なる土砂を用いることが考えられる。この場合、従来の粒径分布とは異なる混合砂海浜が形成される。

混合砂の海浜変形特性は、田中ら(2000)、中村ら(2001)の断面水路実験により検討されている。さらに、渡辺ら(2001)、Dibajinia ら(2001)により混合砂の漂砂量算定式も提案されている。

これまでの混合砂の実験は、混合砂の混合率分布が一定のもとで検討を行っている。しかし、現実の砂浜のほとんどが単粒径であり、養浜などで粗砂を投入することにより、混合砂海浜になると考えられる。このような単粒径から混合砂海浜に推移する過程を把握することは、養浜工法を考えるうえで重要であると考えられる。

本研究は、混合砂を用いた養浜工法に関する知見を得ることを目的とし、養浜材に粗砂を用いた場合の投入量・投入位置を変化させた海浜断面の変形特性および分級過程を、中型造波水路を用いた移動床実験により検討した。

2. 実験方法

実験は、図-1に示す中型造波水路(長さ 74 m×幅 0.6 m×高さ 1.8 m)に、基準地形となる前浜勾配 1/10、海底勾配 1/30 の移動床を設置した。移動床は岸沖方向 20 m、厚さ 50 cm であり、移動床の沖側端部には砂の流出を防止するためにハニカムを底面に設置した。なお造波機前から移動床までは 45 m の水平床部を設けた。

実験に用いる砂は、細砂(中央粒径=0.113 mm)と粗

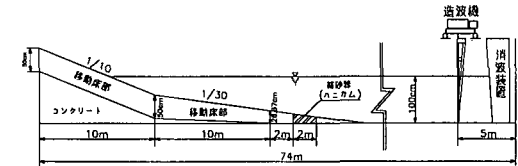


図-1 造波水路

表-1 実験ケース

	投入材料	投入位置	投入量 (m³)	$H_{1/3}$ (cm)	$T_{1/3}$ (cm)
Case 1	粗砂	前浜	0.5	32.8	2.7
Case 2	粗砂	前浜	0.25		
Case 3	細砂	前浜	0.25		
Case 4	粗砂	水中	0.25		

砂(中央粒径=0.338 mm)を使用した。両者とも比重は 2.65 である。基準地形の勾配は細砂で形成し、その地形上に養浜材を投入した。実験ケースを表-1に示す。

実験波浪は、JONSWAP 型スペクトル($\gamma=7.0$)を有する侵食性不規則波を入射した。なお、基準地形の海底勾配における C_s パラメータは 27.0 である。

計測機器は、岸沖方向に容量式波高計および電磁流速計を配置し、波高変化および底面流速変化を計測した。また累積造波時間が、10 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 20 h に造波を停止し、砂面形状および底質のサンプリング採取を行った。砂面形状はレーザー式砂面計で水路の中央部を測深した。また底質のサンプリングは、内径 20 mm のパイプを用いて採取し、乾燥後に細砂・粗砂に分級した。

3. 実験結果

3.1 地形変化

Case 2 を比較対象として、Case 1, 3, 4 の実験結果を図-2,3,4 に表した。

図-2 に Case 1,2 の実験結果を示す。これは、Case 2

* 正会員 修(工) 中部電力 電力技術研究所
** 正会員 中部電力 土木建設部
*** 正会員 株式会社 技術コンサルタント部

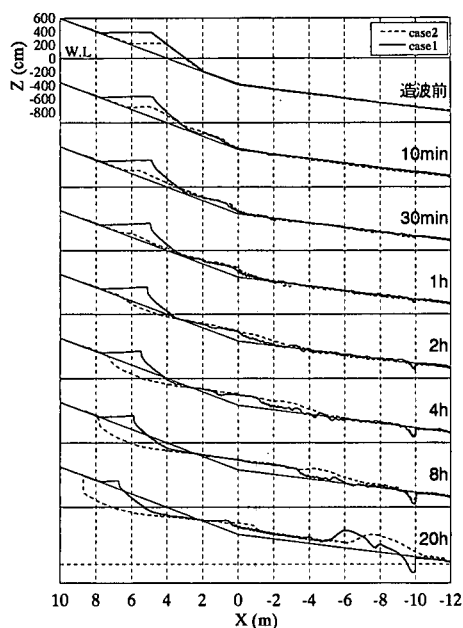


図-2 地形変化 (case 2, case 1)

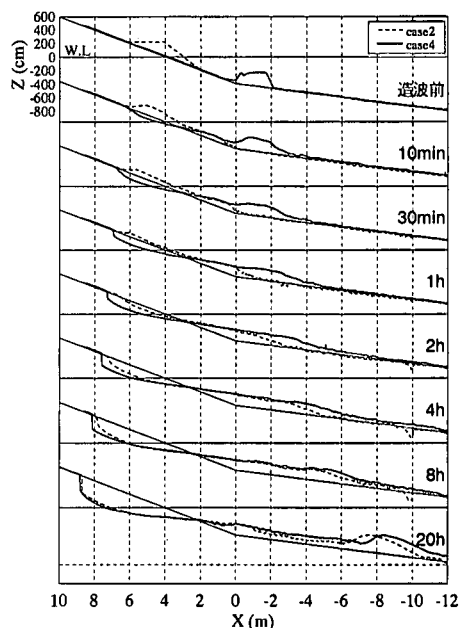


図-4 地形変化 (case 2, case 4)

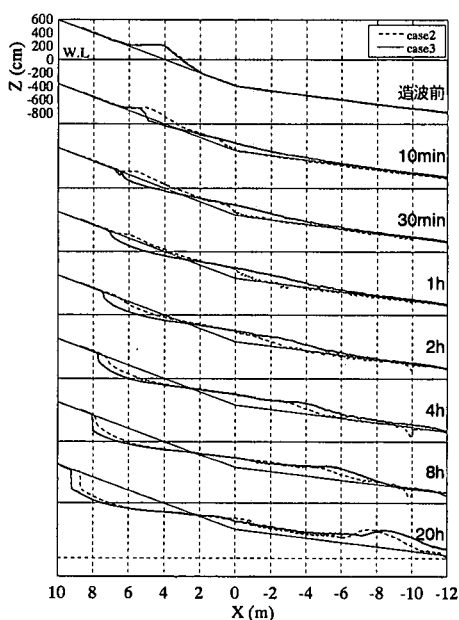


図-3 地形変化 (case 2, case 3)

と比較することにより、粗砂の投入量の差異を検討するものである。Case 1, 2ともに造波開始直後に、侵食された粗砂が+2~0 m付近に堆積する。堆積域の勾配は海底勾配 1/30 とほぼ等しく、その勾配を保ちながら沖側に堆積してゆく。また Case 2では約 1 h 後に養浜材がほぼ流出した。1 hまでは、堆積域は同じ形状を示すものの、Case 2で養浜材が侵食された 2 h以降の地形形状は大き

く異なる。2 h以降、Case 2では細砂の沖側への流出が顕著となり、Case 1とCase 2の侵食速度が異なることがわかる。20 h後の基準地形に対する汀線後退量が比較すると、Case 1は約 1.0 m、Case 4は約 3.0 mである。またバーの位置も両者で 2 m程度異なっている。

次に、Case 2, 3の結果を図-3に示す。ここでは、Case 2と比較することで、養浜材の粒径の差異を検討する。養浜材として細砂を用いた場合 (Case 3)、造波開始直後の 10 分後までに養浜材のほとんどが沖側に流出した。8 時間後には -5 m 付近にバーが形成され、さらに 20 時間後には -9 m 付近に移動し、明確なバーの形状を示した。これに対して、同量の粗砂を養浜材とした場合、その造波開始直後の侵食速度に差異があることがわかる。Case 2で汀線が侵食されるのは、2 h後である。粗砂が流出した後は、汀線の侵食速度は速く、最終的な地形形状は Case 3と同様な傾向を示した。ただし、汀線の侵食量は Case 2が若干小さい。

次に、Case 2, 4の結果を図-4に示す。ここでは、粗砂の養浜の投入位置による差異を考える。Case 4の潜堤状に投入した養浜材の形状は、造波開始後に斜面が若干崩れる。1 hまでの間に侵食された砂は、潜堤の岸側部分に堆積し、2 h後には Case 4の養浜材付近から汀線にかかる勾配が一定となる。その後は、-2 mから沖側への流出が顕著に進行する。20 h後では地形形状は Case 2とほぼ同様であり、汀線およびバーの位置もほぼ一致している。

3.2 波高分布および戻り流れ

図-5に波高分布および戻り流れの分布を示す。有義

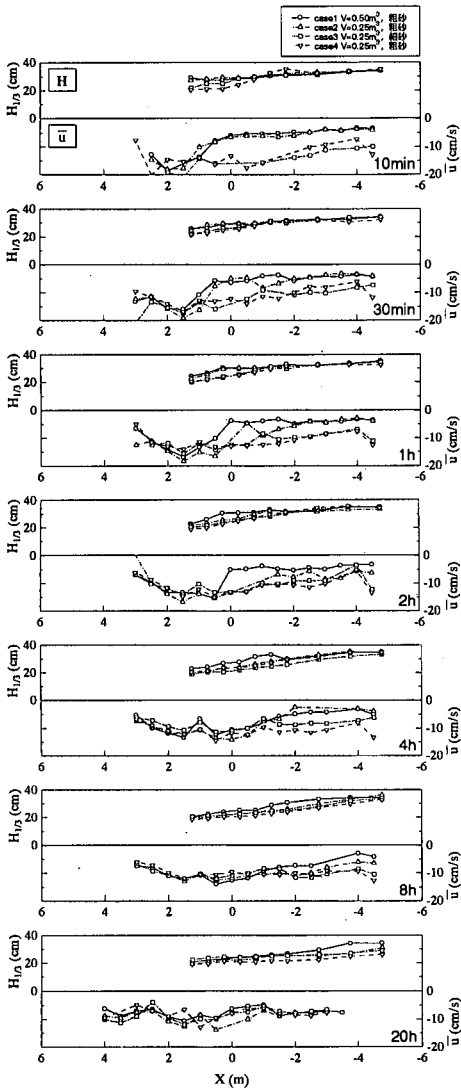


図-5 波高分布と戻り

波高の分布は各ケースとともに顕著な差は見られず、各時刻層においても岸側に向けて減少している。なお、水平床上的入反射分離用の波高計で計測した 20 h 後の反射率は、Case 1 で 0.18、他のケースは 0.15 程度であった。Case 1 の反射率が大きいのが、これは汀線付近の勾配が急なためであると考えられる。

一方、戻り流れは、造波開始直後に各ケースの特徴が表れている。造波開始直後に汀線が侵食される Case 3, 4 では碎波帯の戻り流れの値が -10 cm/s を超える大きな値を示している。各ケースとともに $+2.0 \text{ m}$ 付近で戻り流れの最大値を示しているが、このピークは造波時間が経過するとともに滑らかになる。

3.3 混合率分布

図-6, 7, 8 に Case 1, 2, 4 の混合率分布の推移を示

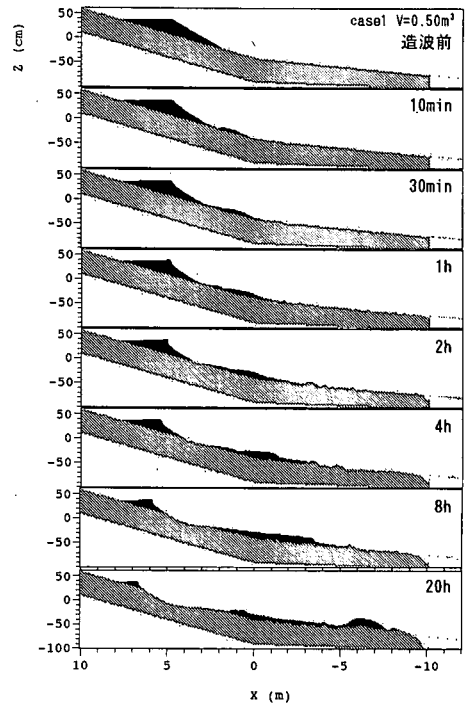


図-6 混合分布率 (case 1)

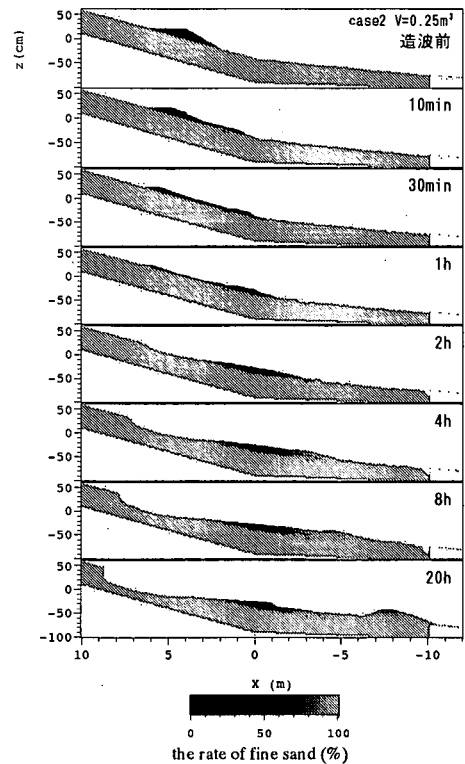


図-7 混合分布率 (case 2)

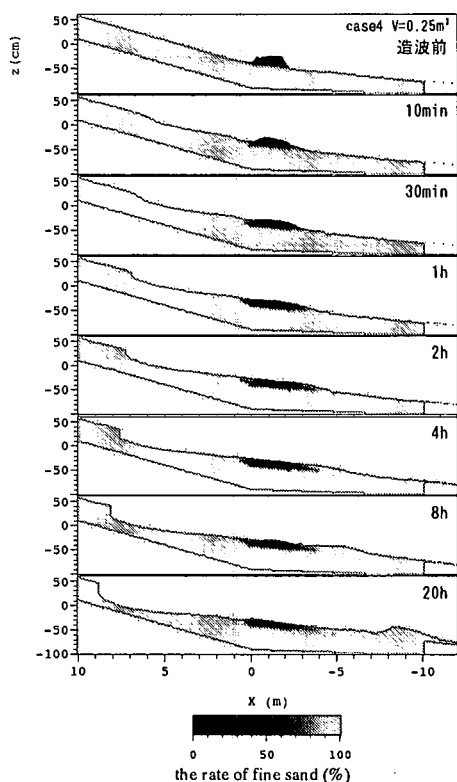


図-8 混合分布率 (case 4)

す。なお、細砂を投入した Case 2 は、単粒径となるため、混合率分布を計測していない。

Case 1 では、侵食された粗砂は 0~2 m 付近に一旦堆積した後、礫浜帯に堆積してゆく様子がわかる。粗砂は一箇所にまとまって堆積することではなく、造波時間の経過とともに層状に分布する。このケースでは礫浜帯の表層部分に粗砂混合率が高い部分が堆積し、-6 m 付近に形成されるバーにも粗砂が混入していることが特徴的である。

Case 2 でも、養浜材の粗砂は造波開始後に、0~2 m 部分に堆積する。その後、2 時間後までに養浜材の侵食が進行するとともに、粗砂は -2 m 付近まで分布する。2 h までに侵食された粗砂の挙動は、Case 1 とほぼ同じ傾向であるが、粗砂の養浜材が侵食された後、case 2 では汀線の侵食が顕著となる。4 h~8 h にかけては、汀線で侵食された細砂は、先に侵食された粗砂の上を通過し、-3 m 付近まで移動する。さらに 20 h 後では、顕著なバーが形成される。しかし、8 h~20 h にかけては、細砂の移動が卓越するのみで、粗砂の分布に大きな変化は見られない。

Case 4 では、養浜材の粗砂は、投入位置からほとんど移動することなく、周囲の細砂と混合することはなかった。汀線で侵食された細砂は養浜材の岸側に堆積するものの、粗砂と混合する状況は観察されなかった。またこ

の 2~0 m 付近の堆積域が限界になると、粗砂の上を細砂が通過し、-3 m より沖側部分へ順次堆積していく様子がわかる。

4. 考察

4.1 地形変化

ここでは、養浜材として粗砂を用いたことによる汀線保全効果について、混合率分布の変化と侵食量に着目して考察を述べる。図-9 に各ケースの造波時間と基準地形の侵食量の関係を示す。なお、同条件での基準地形の侵食量変化 (中村ら, 2001) を参考に併記した。

各ケースを比較した場合、Case 2, 3, 4 では養浜材を投入しても、侵食量の大幅な低減効果は得られないことがわかる。特に、細砂を投入した Case 3 では、侵食量の変化の傾向は基準地形と同様であり、また 20 h 後の侵食量もほぼ一致している。このように細砂を投入しても、汀線保護に対する改善効果は見られない。したがって、現地の実浜と同じ粒径の砂を養浜材として用いる効果は少ないと考えられる。

また Case 2 では、汀線の養浜材が流出する 2 h 以降の侵食量の増加は著しく、養浜材が流出してからの汀線保護効果は殆どない。最終的な侵食量の増加傾向は、基準地形とほぼ同様である。これは、投入した粗砂の量が少なく、礫浜帯の一部に粗砂が堆積するのみで、十分な被覆効果が得られなかったためと考えられる。

Case 4 では初期の侵食量の増加は、やや緩やかであるものの、最終的には大幅な低減効果は見られない。このケースは、粗砂が投入位置からほとんど移動せず、混合砂の形成には寄与していない。しかし、Case 4 のような手法も投入量および形状を検討することにより、汀線の保護効果は向上する可能性はあるが、本実験結果からはその優位性は認められなかった。

一方、粗砂の投入量が多い Case 1 では、大幅な侵食量の低減効果が得られている。基準地形と比較した場合、その侵食量は約 30% である。これは、粗砂の投入量が大きいことも要因ではあるが、流出した粗砂のアーミング効果の影響が大きい。図-6 に示す混合率分布でも 20

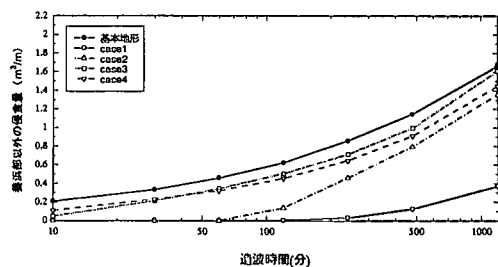


図-9 造波時間と侵食量の関係

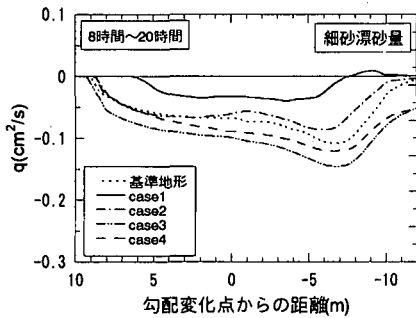


図-10 細砂の漂砂量

h 後では磯浜帯の全域で粗砂が表面を被覆しており、砕波帯のバーにも粗砂が混入している。このアーミング効果により、磯浜帯および砕波帯の漂砂量を低減できたことが、汀線の侵食防止に寄与したと考えられる。したがって、適切な量の粗砂を投入することにより、汀線保護効果は著しく向上できるといえる。

4.2 漂砂量

図-10 に 8h~20h にかけての細砂の漂砂量を示す。

図-10 においても Case 1 の漂砂量は、他のケースと比較すると全域にわたり半分程度に低減されている。また漂砂帯の幅も短くなっており、Case 1 では約 -7m まで沖向きの漂砂帯幅である。これらもアーミング効果が顕著に表れた影響であり、粗砂の堆積により細砂移動を抑制したためであると考えら得る。

5. ま と め

本研究は、粗砂を養浜材料として用いた場合において、

混合砂の変形過程を中型造波水路により検討し、養浜工に関する知見を得ることを目的として実施した。

本研究により得られた主要な結論を以下に示す。

- ① 適切な粗砂量を投入することにより、磯浜帯および砕波帯の表層を粗砂でアーミングすることができ、侵食量を著しく低減できる。
- ② 粗砂の投入量が少ない場合、流出した養浜材はまって沈降するため、アーミング効果が小さく、侵食量の低減にはほとんど寄与しない。
- ③ 海浜と同じ粒径の砂を養浜材として投入しても、汀線の保護効果は向上しない。

本実験により、粗砂を養浜材として用いた場合の地形変化、混合率分布などを定性的に把握することができた。今後も混合砂を考慮した養浜工法の研究を継続し、実海浜の適用に向けた検討を行う予定である。

参 考 文 献

- 田中正博・井上 亮・佐藤慎司・磯部雅彦・渡辺 晃・池野正明・滑水隆夫 (2000): 二粒径混合砂を用いた大型海浜断面実験と粒径別漂砂量の算出, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp. 551-555.
- 中村昭男・依田 眞・橘川正男・早瀬松一 (2001): 不規則波による混合砂海浜変形についての二次元水路実験, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 571-575.
- Mohammad Dibajinia・橋村嘉之・喜岡 渉 (2001): 混合粒径漂砂量算定式の新たな提案, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 501-505.
- 渡辺 晃・佐藤慎司・二宮 宗・高地 潤 (2001): 波・流れ共存場における混合砂シートフロー漂砂量の算定式, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 496-500.