

安定海浜工法による海岸侵食制御について

土屋 義人*・R. Silvester**・芝野 照夫***

1. 緒 言

最近、河川流域の開発のみならず、沿岸の高度な土地利用に伴って、海岸侵食が大きな問題となってきたことは周知のとおりであり、また自然環境の保全の問題としても大きくクローズアップされてきた。

その海岸保全対策として、従来から護岸、突堤あるいは離岸堤といった各種の海岸構造物が数多く築造されてきたが、築造経費の増大とともに必ずしも各種の構造物が十分な効果を示しているとは言いがたいのが現状であろう。

従来より地形学者によって海岸の地形特性が究明されてきた。すなわち、自然の砂浜海岸では、一般にその海岸に來襲する波浪の卓越波向に対応した安定な海岸地形が形成されることに注目して、zeta bay あるいは hooked bay などと名づけられてきた。とくに、著者の1人 Silvester¹⁾ は海岸工学の観点から、そのような地形を示す自然の砂浜海岸に注目し、その両端の headland としての固定点を有する海浜について、その海岸に來襲する波浪の卓越波向との関係で、海浜の安定な平面形状を定式化し、その安定形状に基づく海岸保全を試みてきた²⁾。

本論文では、このような安定海浜工法 (Headland Control System あるいは Zeta Bay System) による海岸侵食制御の基本的な考え方を述べるとともに、静的または動的に安定な自然海浜の平面形状の特性を明らかにして、その海岸侵食制御への適用に関する1つの試みを示す。

2. 安定海浜工法の考え方

前述したように、従来地形学者によって注目されてきた安定な砂浜海岸は、その形状から circular arc, logarithmic spiral, zeta curve あるいは offset coast などとよばれてきた³⁾。このような砂浜海岸の地形特性のみならず、自然海岸のもつ優れた消波機能と自然環境の保全

と利用の大きな可能性をもつ headland control 工法の基本的な考え方において、Silvester は自然海岸の安定性が、來襲する外力とくに波浪との相互作用によって維持されるものであるとして、how to copy nature という観点に立って研究を進めるべきであると述べている⁴⁾。

その基本的な考え方を海岸水理学の立場から考察すれば、次のように要約できる。

(1) Headland 設置前の直線状の海岸は headland によって区切られたノコギリ状の砂浜海浜群となって汀線長が延長されるので、汀線単位長さ当りの波浪エネルギーを有効に減少させることができる。

(2) 自然の砂浜海岸のもつきわめて高い消波機能を有効に活用できる。

(3) 海浜の状況に応じて、漂砂の上手側より headland 下手側への沿岸漂砂を考慮した安定な砂浜海浜群を形成させることが可能である。

いま、前述のような観点から、來襲波浪の卓越波向との関係で、安定な砂浜海岸の形状を示すと図-1 になるであろう。このうち (a) は headland に囲まれた海域に

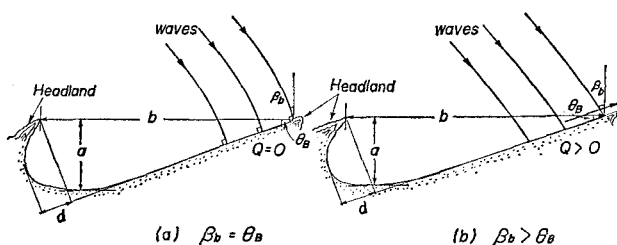


図-1 安定海浜の模式図と記号

においてのみ漂砂がある場合で、來襲波浪の卓越波向すなわち碎波点での波向は汀線と直角となり、その結果 headland を越えて下手側への沿岸漂砂がなく、常に安定な海浜形状を保つと考えられる。したがって、この場合は静的に安定な海浜 (statically stable beach) といえよう。一方、(b) は図のようにとった波向と汀線となす角の比 β_b/θ_b が1より大きく、headland を越えて下手側への沿岸漂砂が存在するが、安定な海浜形状となっているものであって、動的に安定な海浜 (dynamically stable beach) といえることができよう。そして、沿岸漂砂量に応

* 正会員 工 博 京都大学教授 防災研究所

** Ph. D. 西オーストラリア大学准教授 工学部土木工学科
(京都大学招へい学者)

*** 正会員 京都大学助手 防災研究所

じて波向と汀線となす角の比が決定されるものと考えられる。

3. 自然海岸における安定海浜の形状特性

前述した2つの安定な砂浜海岸の実例について、その形状特性を調べ、両者の関係とくに Silvester の提案した安定な海浜の理論形状との比較について考察する。

3.1 静的に安定な砂浜海岸

前述したように、卓越波向に対して下手側への沿岸漂砂が存在せず、headlandで囲まれた海域内でのみ漂砂があると考えられる海浜としてオーストラリア南海岸をはじめイラン、パキスタン海岸および日本の和歌山、徳島海岸に存在する典型的な海浜をとりあげることにした。それらの海浜の両端は headland によって囲まれ、 β_0/θ_B の値がほぼ1に近いものである。

図-2 は 図-1 (a) の定義に基づいて計測された最大湾入率 a/b と θ_B の関係であるが、図中に示した Silvester の曲線にほぼ一致する。 θ_B の角度および β_0/θ_B の値がほぼ同じである海浜について、その形状を Silvester による対数線形の式から計算した形状と比較したものが 図-3 である。このような静的に安定であるとされる海浜では、その湾入率も大きく、また計算による形状と比較的によく一致することがわかる。

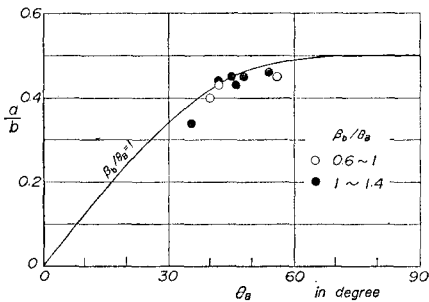


図-2 静的に安定な海浜の最大湾入率 a/b と θ_B との関係

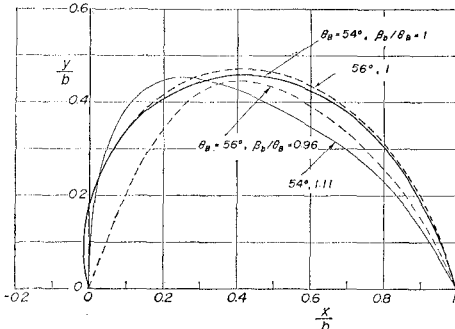


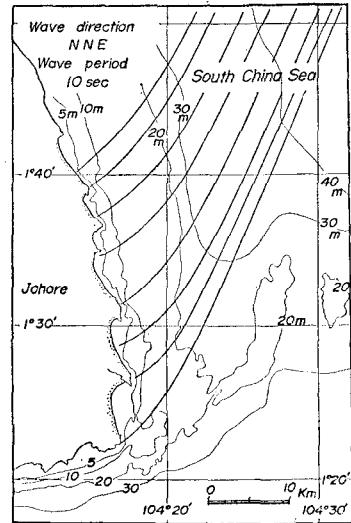
図-3 静的に安定な海浜形状の無次元表示

3.2 動的に安定な砂浜海岸

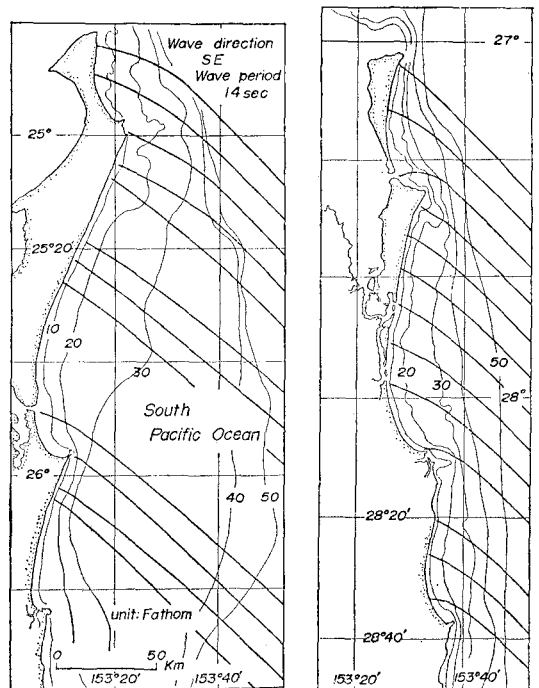
マレーシア東海岸およびオーストラリア北東部海岸など来襲波浪の卓越波向がほぼ一定で、直線状の海岸線を

有するところには、安定な海浜群または少なくとも安定と考えられる海浜群が存在する。

図-4 (a) はマレーシア東海岸における海浜群を示したもので、来襲波浪の卓越波向はほぼ NNE 方向である。また、(b) はオーストラリア北東部の海岸で、その卓越波向は SE 方向である。なお、図中にはそれぞれの来襲波浪の屈折図も示してある。マレーシア東海岸では海浜への大きな流入河川はほとんど存在しないが、オー



(a)



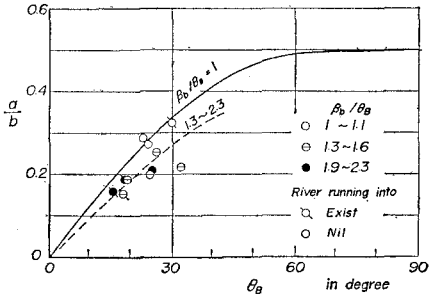
(b)

図-4 動的に安定と思われる海浜群の実例

ストライア北東部海岸では、比較的大きな流入河川やいわゆる tidal inlet が存在することが特徴であり、それらが海浜の直接の漂砂源になっている。

これらの海岸において来襲波浪の屈折を考慮し、それぞれの海浜の headland 部における波浪の入射角を求め、海浜形状の特性値を計測し、一般的な海浜の形状特性を考察する。

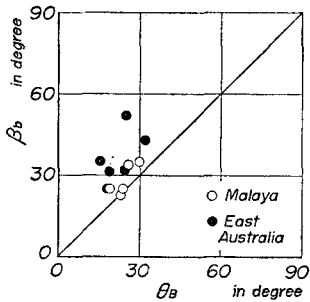
図—5 は最大湾入率 a/b と 図—1 に示す距離 b と汀



図—5 動的に安定な海浜の最大湾入率 a/b と θ_B との関係

線のなす角 θ_B との関係であって、波の入射角との比 β_B/θ_B が 1 に近いほど図中に示す安定な海浜を表わす曲線に近づく。すなわち、 β_B と θ_B とが一致する場合は、来襲波浪が汀線に直角に入射することによって、沿岸漂砂は存在しないことになる。

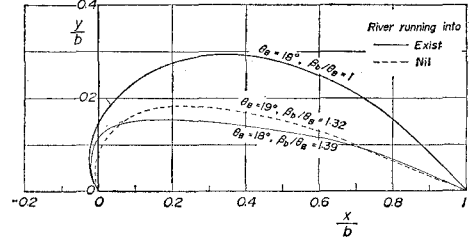
図—6 は 図—1 に定義した波向 β_B と θ_B との関係



図—6 波向 β_B と θ_B との関係

であり、図中の直線は来襲波浪の卓越波向 β_B が θ_B に等しい場合を示しているが、いずれの値もこの直線より上方に位置していることから、下手側海浜への沿岸漂砂が存在するものと考えられる。このように下手側海浜への沿岸漂砂が存在する海浜においては、海浜への流入河川や tidal inlet の存在が当然のことながら、その形状に影響するであろう。

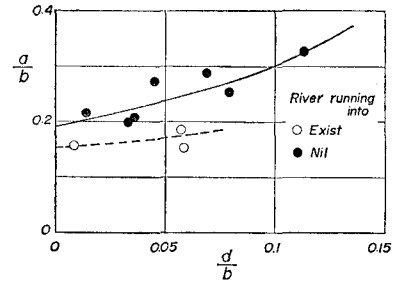
図—7 は θ_B の角度および β_B/θ_B の値がほぼ同一のものについて、海浜の形状を無次元化し比較したものである。なお、図中には Silvester による対数線式の式から計算した形状をも示している。この図から、海浜への漂砂源としての流入河川や tidal inlet が存在する場合に



図—7 動的に安定な海浜形状の無次元表示

は、海浜の形状は偏平となり、最大湾入率の値は小さくなる。つまり、対数線式の式で示される静的に安定な形状に達する前に、漂砂の平衡が保たれ、いわゆる動的に安定な海浜となるのであろう。

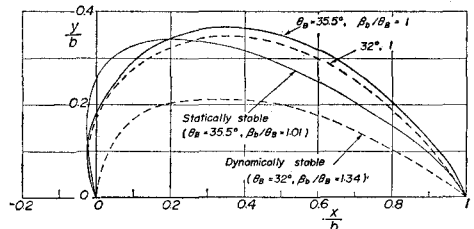
卓越波向に対して上手側の headland の突出比 d/b と最大湾入率 a/b との関係を示す 図—8 から、その漂



図—8 Headland の突出比 d/b による最大湾入率 a/b の変化

砂源の寄与を知ることができる。なお、この図によれば headland の突出比 d/b が大きくなると最大湾入率も大きくなる傾向がみられる。

さらに、動的に安定な海浜形状を静的に安定な場合と比較するために、ほぼ θ_B の値が等しいものについて示したものが 図—9 である。後者は図中の計算結果と比較的よく一致しているが、前者は海浜の無次元湾入率 y/b が約 1/2 程度となっている。



図—9 静的および動的に安定な海浜形状の比較

4. 安定海浜工法の適用

すでにこの工法は Silvester らによってシンガポール東部海岸に適用され、よい成果を収めていることは周知のとおりであるが、ここではわが国の現状において考え

られる2つの例についてその適用を試み簡単に考察することにした。

4.1 漂砂源の消滅による海岸侵食

埋立などによって漂砂源が完全に消失してしまった場合には、必然的に海岸は侵食される。しかし、この現状においても来襲波浪の特性は変化せず、むしろ侵食に伴って海浜断面は一般に急になるので、海浜はより大きな外力の作用を余儀なくされ、侵食は助長されるものと考えられる。このような場合には、安定な海浜群を造成して汀線長を延長し、汀線単位長さ当りの波のエネルギーを減少させることが少なくとも理論上得策といえる。そして、自然海浜の有効な消波機能を十分に活用するために、安定海浜工法を適用することが考えられる。図-10はその一例として室積海岸について考えてみたものであ

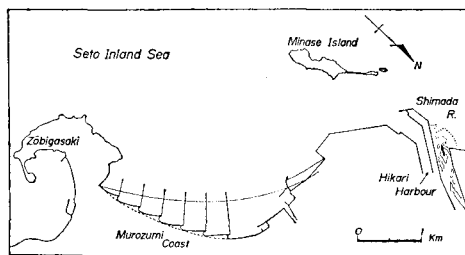


図-10 静的に安定な海浜の室積海岸への適用例

る。すなわち、この海岸は埋立によって完全に漂砂源が遮断され、近年次第に侵食され、来襲波浪が越波し、またそれ以上かなりの被害を生じている。この図に示すように、静的に安定な海浜群を造成すれば、汀線長を延長し、自然の消波機能を生かした自然海浜を再現することができるであろう。いうまでもなく適切な水理実験や前述した自然の安定海浜の特性に立脚して、その配置および規模を決定すべきであることはいうまでもない。

4.2 漂砂源の変化による海岸侵食

この場合は、河川流域の開発などに伴う河口付近の海岸侵食が好例となる。漂砂源からの漂砂量の減少によって侵食されてきたわけであるので、従来より沿岸漂砂量を減少させ、かつ安定な海浜を造成する必要がある。

図-11 は一例として皆生海岸について考えてみたものである。すなわち、その機能は同一であるが各地点での

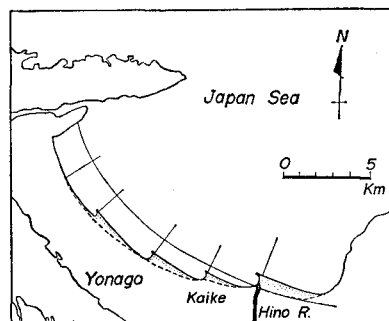


図-11 動的に安定な海浜の皆生海岸への適用例

沿岸漂砂量に対応する傾きをもつ動的に安定な砂浜海浜群を造成すべきであろう。この場合には、日野川からの漂砂供給量や沿岸漂砂量の沿岸方向分布を十分検討し、適切な水理実験や自然の安定な海浜特性に基づいて、その規模や配置を計画すべきであろう。

5. 結 語

以上、安定海浜工法の考え方を示し、また自然の安定海浜の形状特性を考察したのち、この工法の侵食制御の適用について若干の考察を行ったが、要約すると次のようである。

- (1) 自然海浜の有効な消波機能に加えて、汀線単位長さ当りの波のエネルギーを減少させることができる事実に着目して、安定海浜工法の考え方を述べた。
- (2) 安定な砂浜海岸を静的および動的な安定海浜に分けて考察し、実際の海岸地形からその形状特性を表示した。
- (3) 安定海浜工法のわが国の海岸への適用について2つの試みを示した。

参 考 文 献

- 1) Silvester, R.: Headland defense of coasts, Proc. 15th Conf. on Coastal Eng., 1976, pp. 1394-1406.
- 2) Chew, S. Y., P. P. Wong and K. K. Chin: Beach development between headland breakwaters, Proc. 14th Conf. on Coastal Eng., 1974, pp. 1399-1418.
- 3) Davies, J. L.: Geographical variation in coastal development, Longman Inc., New York, 1977, 204 p.
- 4) Silvester, R.: A new look at beach erosion control, 京都大学防災研究所年報, 第22号A, 1979, pp. 1-13.