

海浜における底質粒径分布の変化について

吉 高 益 男*

1. ま え が き

宮崎海岸調査によると、大淀河口付近の底質粒径は多様であり、海浜での底質粒径も大きく変化していた。また、海浜地形の変化もはなはだしかった。それで、底質粒径分布が波によってどのように変わるのかを把握する必要があると考えた。

宮崎海岸調査のうち、海底変化については先に報告したが¹⁾、本報告は標準偏差の大きい底質を用いて行なった海浜変形実験の一部と、宮崎海岸の底質調査の考察、および現地調査と実験との関連性について述べる。

2. 実験方法

実験は長さ 30m、幅 1.2m、高さ 1.2m の一部タキロン張のコンクリート造波水路で行なった。実験水深は 70cm である。末端に鉤さいで 1/10 勾配の海浜模型を作り、波をかけ地形が平衡したと思われるとき底質を採集した。

鉤さいの粒径分布は実験の始めで変わらないように注意した。その平均値は中央粒径 d_{50} : 0.83mm、平均粒径 d_m : 0.79mm、標準偏差 σ_ϕ : 0.96、比重: 2.44 である。底質採集地点は実験前の汀線 (A地点)、1m 沖 (B地点)、2m 沖 (C地点) である (図-2)。B地点は外浜領域、C地点は沖浜領域にある。実験後変化していない下層に注意して約 1l の底質を採集した。

表-1 実験波諸元

No.	T (sec)	H ₀ (cm)	H ₀ /L ₀	水温 °C	δ (mm)	d_{mc}/δ	$U\delta_c$ (cm/sec)	$R\delta_c$
1	1.0	8.2	0.053	13	0.62	1.02	20.8	108
2	1.1	7.9	0.042	12	0.65	1.00	22.0	115
3	1.3	7.3	0.027	14	0.69	1.08	24.0	142
4	1.5	6.5	0.019	12	0.77	0.95	24.9	155
5	1.5	5.8	0.016	12	0.77	0.87	21.6	134
6	1.7	4.8	0.011	12	0.82	0.84	19.8	131
7	2.5	4.6	0.005	13	0.98	0.64	31.7	259

実験波の値は表-1に示す。 d_{mc}/δ ($\delta = [\pi/Tv]^{-1/2}$: 境界層の厚さを示す量) は 1.0 前後で底面は粗面領域である。C地点の底面水分子速度 $U\delta_c$ は Stokes 式で計算した。粗面領域では境界層の限界 Reynolds 数 $R\delta_c (= U\delta_c/\nu)$ は 104 としている²⁾。実験の $R\delta_c$ は 108~155 (No. 7

は除外) で乱流であるが、層流にも近い。これは乱れはあるが砂れんは発達しないように考えて実験したからで、現地との比較の点では問題は残った。

3. 実験結果

底質粒径は ϕ 値 ($= -\log_2 d$: d mm) で整理し、平均粒径、標準偏差および尖度は $M_\phi = (\phi_{84} + \phi_{16})/2$, $\sigma_\phi = |\phi_{84} - \phi_{16}|/2$ および $\beta_\phi = (|\phi_{95} - \phi_{05}|/2 - \sigma_\phi)/\sigma_\phi$ で計算した。なお、粒径分布が正規分布であれば $\beta_\phi = 0.65$ である。

(1) 前浜の粒径分布

$d_m(M_\phi)$, σ_ϕ, β_ϕ を H_0/L_0 で整理して図-1に示す。平衡海浜形状は図-2に示される。

前浜では H_0/L_0 が小さいほど d_m は増加している。 β_ϕ は d_m と同じ傾向で、 σ_ϕ は d_m と逆の変化を示す。 H_0/L_0 が小さいときは大粒径が打上げられ d_m は増加するが、粒径

分布から見ると広範囲の粒径を含んでいる。 H_0/L_0 が大きくなると前浜は洗掘されているが (図-2)、実験中堆積・洗掘を繰返し、原底質のままではない。

前浜勾配と d_m の関係は図-3である。よく知られているように前浜勾配が急であると d_m は大き

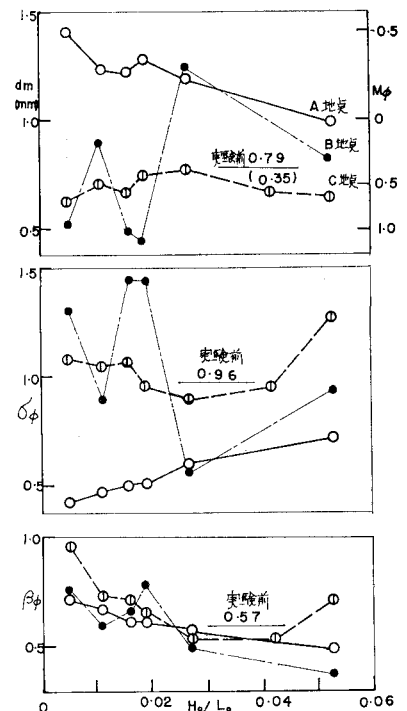


図-1 平均粒径、標準偏差、尖度 (実験値)

* 正会員 宮崎大学助教授 工学部土木工学科

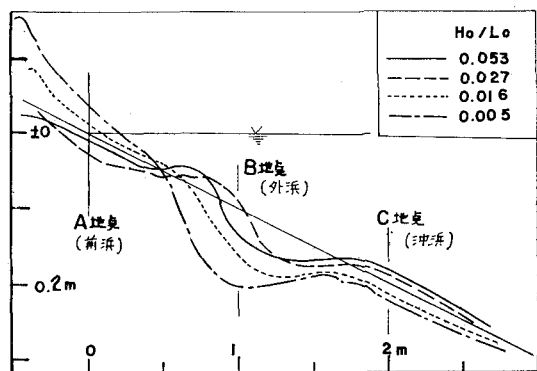


図-2 実験の海浜形状

い。実験も同じ傾向を示す。

前浜の粒径分布は H_0/L_0 に直線的に関係している。

(2) 外浜の粒径分布

外浜では波の力が複雑で、図-1(B地点)のように粒径分布に一定の傾向はみられない。

しいていえば、 H_0/L_0 が大きいほど d_m は増加し、 σ_ϕ 、 β_ϕ はともに減少している。 H_0/L_0 が大きいときは碎波により小粒径が浮遊されやすく、戻り流れで沖に運ばれるとみられる。

(3) 沖浜の粒径分布

沖浜の粒径分布は図-1(C地点)のように、その差は小さいが $H_0/L_0=0.027$ のときに極値がみられる。この粒径分布の変化を図-4に示す。No. 1 ($H_0/L_0=0.053$) は $\phi=1$ (0.5mm) を境にして増減している。

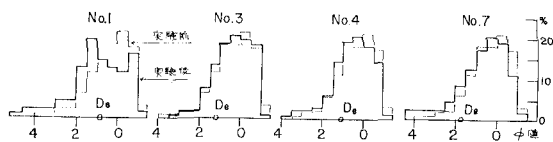
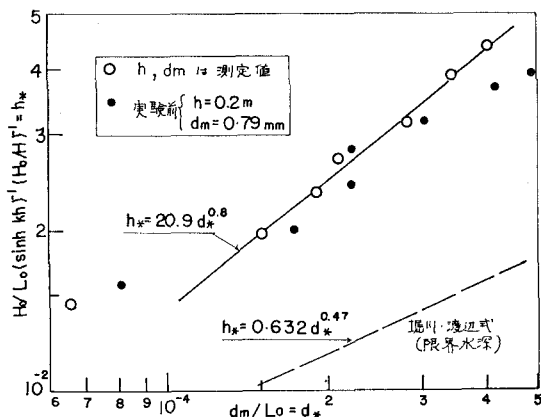


図-4 沖浜 (C地点) の粒径分布の変化

$\phi=1$ は確定移動粒径 D_e に相当する。 H_0/L_0 の小さい実験の境はほぼ $\phi=0$ (1.0mm) である。No. 1 は小粒径が増加したため d_m が減少するとみられる。この供給源は外浜である。 H_0/L_0 が小さいときは大粒径の移動と、より沖から運ばれる小粒径の増加により d_m は減少する。

また図-5に h_* と d_* との関係を示す。C地点は限界水深²⁾よりかなり浅いが、ほぼ直線になる。No. 7 は R_{0e} が違うのではずれる。そして、実験前のばらつきは

図-5 h_* と d_* との関係 (実験値)

実験後に修正されている。地形は当然変化するが、その変化後の地形に相当するような粒径分布に変化する。

4. 宮崎海岸の調査結果

大淀川の底質はみおすじにそって上流 14km まで採集した。海浜の底質は河口付近、南北約 5km、沖方向約 1.5km にわたり、200m~400m 方眼で採集した。調査は昭和 44 年度より年 3 回実施された。外浜は基準線より 200m~600m、沖浜は 800m~1400m とする。河口より南北 500m 以内は河川の影響範囲として、波のみ考えるときは除外した。また、竹竿法・採水法による浮遊砂採集も行なった。

(1) 大淀川の底質

河川部、河口導流堤内および河口前面の外海の底質が図-6に示されている。河川部では大きな粒径が σ_ϕ は大きく、 d_m が小さく (M_ϕ が大きく) なるほど均一化される傾向にある。この相関式は $\sigma_\phi = 1.08 - 0.45 M_\phi$ である。吉野川河口調査⁴⁾の堆積土砂の傾向と似ている。

河口部になると、その傾向は明らかでない。それは流れと波が作用して、いろいろな粒径が止められるからで

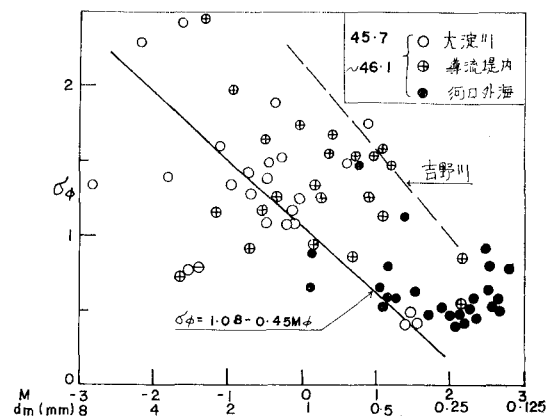


図-6 平均粒径と標準偏差との関係 (大淀川)

ある。しかし、河口前面外海に流出したものは d_m が小さいほど σ_ϕ は増加する傾向にある。それは浮遊して流出する小粒径が沈殿するからである。河川全体では $M_\phi = 1 \sim 2$ ($d_m = 0.5 \sim 0.25 \text{ mm}$) のときが均一化されている。

(2) 前浜の底質

前浜では図-7のように、 d_m が小さくなるほど σ_ϕ は減少する。それは河川底質と同じであるが、河川底質を下限として σ_ϕ は平行に大きくなっている。

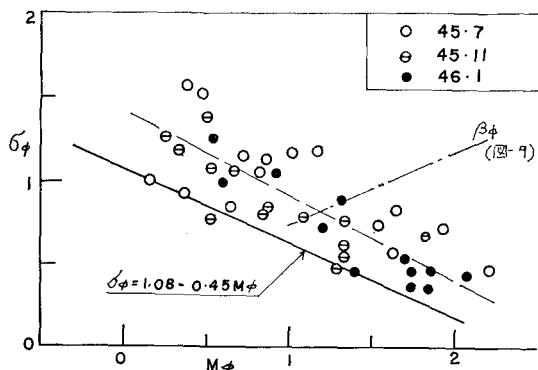


図-7 汀線の平均粒径と標準偏差との関係

調査時ごとに M_ϕ , σ_ϕ の平均値を求めると図-8となる。粒径は汀線が大きく、最大そ上点は小さい。砂丘は汀線に近い。また、冬期に粒径が減少するが、実験結果より H_0/L_0 が大きい場合に相当する。宮崎海岸では H_0/L_0 の大きな波は夏期にくるが、短い時間しか作用しない。冬期は長期間に

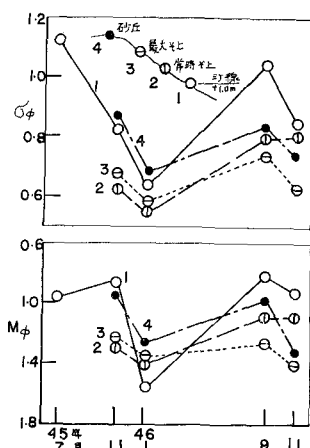


図-8 前浜の平均粒径と標準偏差の変遷

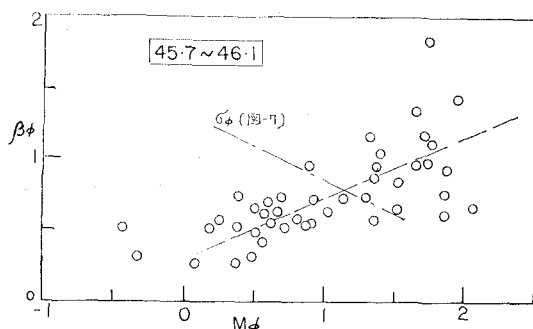


図-9 汀線の平均粒径と尖度との関係

わたって荒れることから、波の作用時間を重視しなければならないと考える。

また、汀線の β_ϕ は図-9であり、 d_m が小さいほど β_ϕ は増加する。図-7, 9より $M_\phi = 1.15$ ($d_m = 0.45 \text{ mm}$) が最も均一化されており、汀線の主粒径とみられる。図-8の汀線の粒径変遷も $M_\phi = 1$ 付近を増減している。

(3) 外浜の底質

外浜の底質は河川の傾向は保っているが、 σ_ϕ の範囲は広くなる。波が常に変化する外浜ではいろいろな粒径の底質が貯められる。このうち $M_\phi = 1$ を中心にした粒径が前浜に移動しやすく、より小さな粒径は浮遊して沖浜に運ばれやすいと考える。

(4) 沖浜の底質

沖浜の底質は図-10に示す。河口前面外海の底質(図-6)より粒径は小さくなる。 d_m が小さくなるほど σ_ϕ は増加する。粒径は $M_\phi > 2$ ($d_m < 0.25 \text{ mm}$) で、汀線と区別できる。 $T = 8 \text{ sec}$, $H_0 = 0.5 \text{ m}$ として限界水深より計算した水深を粒径に対応させて図-10に示す。底質は水深 8 m に対応した粒径を中心にしてしている。

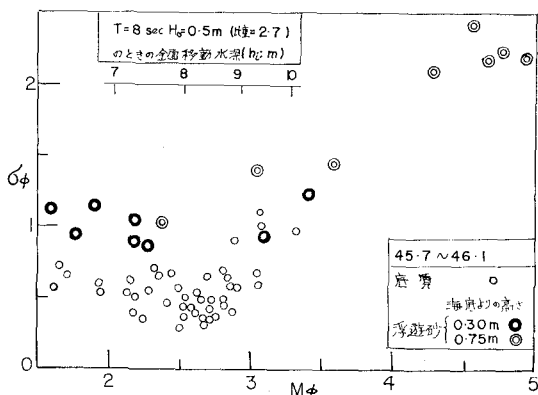


図-10 沖浜の平均粒径と標準偏差との関係

竹竿法によって採集された浮遊砂(外浜も含む)も図-10に示した。海底より 75 cm の浮遊砂はシルト分、粘土分が多く σ_ϕ は非常に大きくなる。また、海底より 30 cm の浮遊砂は底質に近い。これは場合によっては沈殿して σ_ϕ を増加させている。

5. 底質粒径分布の変化

(1) 前浜底質の変化

各調査期間の M_ϕ , σ_ϕ , β_ϕ の変化量をそれぞれ ΔM , $\Delta \sigma$, $\Delta \beta$ で示すと、前浜では図-11, 12となる。現地では各期間とも左上から右下に線が引ける。これに対し、実験では H_0/L_0 の減少により $\Delta M \sim \Delta \sigma$ の方向は右上に、 $\Delta \sigma \sim \Delta \beta$ の方向は右下になる。一定範囲の底質を使用し、前歴があきらかである実験値は、変化はかたよっているが H_0/L_0 の影響がみとめられる。一方、現地のちらば

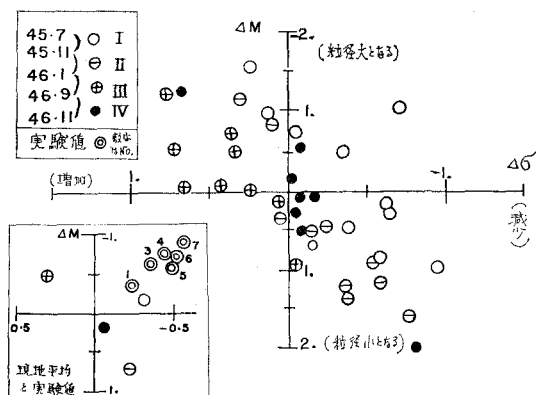


図-11 平均粒径変化と標準偏差変化との関係(前浜)

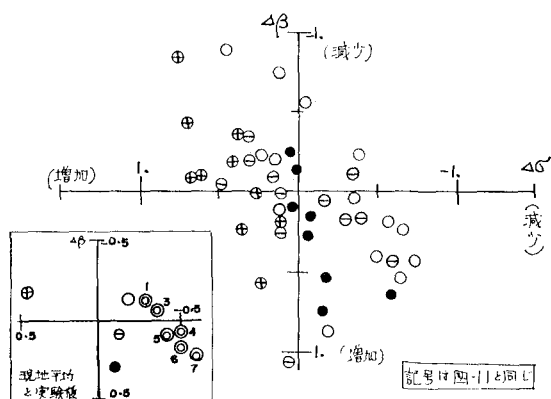


図-12 標準偏差変化と attitude 変化との関係(前浜)

り場所としての前浜の影響が強いから、平均値を求め実験値と比較してみると、主として作用した H_0/L_0 が想定される。たとえば、図-11, 12 において 46.1~46.9 (III) は大きな H_0/L_0 が作用したとみられるが、これは夏期をはさんだ長期間の変化で、波のエネルギーが大きかったからである。

(2) 外浜底質の変化

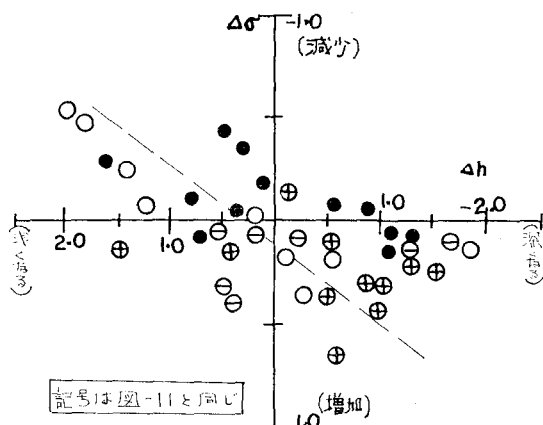


図-13 外浜の水深変化と標準偏差変化との関係

外浜では水深変化量 Δh と $\Delta \sigma$ との関係(図-13)に相関がある。 $\Delta \sigma$ は浅くなるときに減少し(均一化), 深くなるときに増加する(多粒径化)。実験(図-1, 2)をみると浅くなる bar で採集した $H_0/L_0 \geq 0.027$ は σ_ϕ は減少し, 深くなる trough で採集した $H_0/L_0 < 0.019$ は σ_ϕ は増加している。bar 地帯の深浅変化は沖浜の底質, trough 地帯のそれは前浜の底質が主として関連するものとする。

(3) 沖浜底質の変化

沖浜底質の変化量は 図-14, 15 に示される。それら

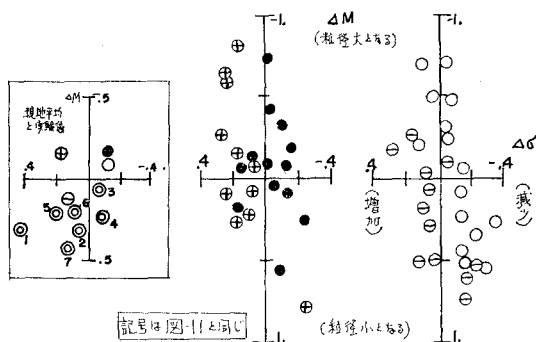


図-14 平均粒径変化と標準偏差変化との関係(沖浜)

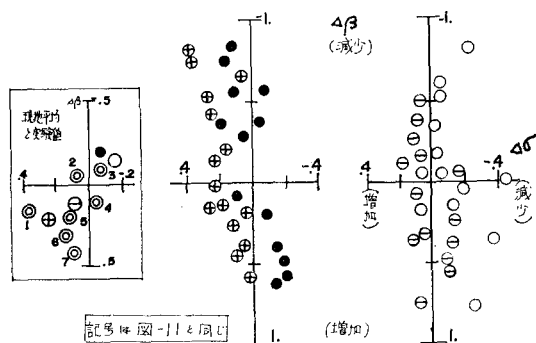


図-15 標準偏差変化と attitude 変化との関係(沖浜)

の変化の関係は汀線と同じ傾向を示す。これに対し、実験では $H_0/L_0 = 0.027, 0.019$ を極値にして、粒径は減少, σ_ϕ, β_ϕ は増加の方向に変化する。これも一定底質使用, 前浜が同一であるためかたよっているが、極値は存在するだろう。現地平均値を実験値と比較してみると、ある程度、主として作用した H_0/L_0 を知りうる。45.7~45.11 (I) は極値に近い。よって、この期間に来襲した台風による波 ($H_0/L_0 = 0.02 \sim 0.03$) の影響をうけ底質はかなり均一化されている。

(4) 底質粒径分布変化の型

各期間の粒径分布変化は $\Delta \sigma \sim \Delta \beta$ による4つの領域に位置づけられる。第1象限はA型で底質は均一化される。第4象限はB型で底質は均一化されつつあり、第2

象限はC型で多粒径化するが、まだ平均粒径付近に集中している。第3象限はD型で多粒径化する。各領域の様子は図-16に示す。実験でのC地点の結果から、 H_0/L_0 が0.02以下、 $0.02 < 0.03$ 、 $0.03 < 0.04$ 、0.04以上のときB, A, C, D型を示している。

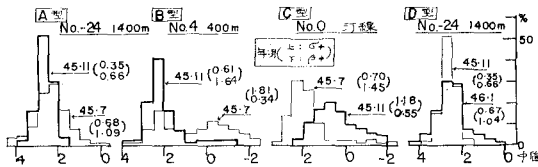


図-16 現地の粒径分布変化の型

なお、現地の水深変化量を見ると堆積の傾向にあるときA型が主で、洗掘の傾向にあるときD型が主になる。

6. む す び

H_0/L_0 による底質粒径分布の変化が、実験結果と現地調査との関連で検討され、研究の方針がえられた。

この実験に使用した底質には問題があったので、今後よりよい底質を求めて、実験値を修正してみたい。

最後に宮崎海岸調査を実施し、資料を提供された宮崎港湾事務所の諸氏、ならびに実験に協力した宮崎大学工学部卒業生 島崎康治 (三井港湾)、松原篤 (新井組) の両君に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 吉高益男: 大淀河口付近の海底変化について, 第18回海岸工学講演会論文集, 昭 46. 10
- 2) 堀川清司・渡辺 晃: 波による砂移動に関する一考察, 第13回海岸工学講演会講演集, 昭 41. 12
- 3) 土木学会編: 水理公式集, p. 544
- 4) 吉良八郎・横瀬広司: 吉野川河口における滞積土砂の分級について, 農業土木研究別冊 (6) 7-15, 1963