

1. まえがき

これまでの海岸事業は、国土保全を主目的として行われてきたことから、海岸線は次第に様相を変ぼうし、ほとんどが不透水性の堅固な海岸構造物で遮蔽されてしまったが、海水の汚染が取りざたされる近年になって、ようやく海浜のもつ種々の機能を見なおす動きが現われてきている。本報においては、海浜の海水浄化能力の推定と能力拡大の検討のための基礎資料の作成を目的として、数値モデルにより、大潮時に起る砂浜内の地下水面の変動を解析し、砂浜内で移動する海水量の把握を行なおうとするものである。

2. 解析手法

図-1の断面をモデル海浜と考え、大潮を想定して、海域で2.0mの潮位変動(周期12時間25分、正弦変動)を与えた場合の砂浜内の地下水面の動きと、砂浜内へ浸入し排出する海水量を、数値解析により求めた。

解析手法は、運動方程式において非定常項の効果は微小であると考え、砂浜内の水頭をLaplace式で解いて、自由地下水面の高さ η の変動は連続式により算出するものであり、

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = 0 \quad \dots (1)$$

$$\frac{\beta}{R} \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial \eta}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad \dots (2)$$

式-1の解析には有窮要素法、式-2の解析には差分法(陽解法)を用いた。なお本報では β は一定とし、有効孔隙率と同値(0.3)と考えている。式-2の右辺第1項に非線形項があるため、発散性の強い解析となるが、今回は各微分係数について、地下水頭位置の水頭を $\eta(0)$ 、これより鉛直距離 a だけ下位置の水頭を η_1 とする時、 $\frac{\partial \eta(0)}{\partial x} = \frac{\partial \eta_1}{\partial x} + a \cdot \frac{\partial (\partial \eta_1 / \partial y) / \partial x}{\partial x}$, $\frac{\partial \eta(0)}{\partial y} = \frac{\partial \eta_1}{\partial y} + a \cdot \frac{\partial^2 \eta_1}{\partial y^2}$ と算出し、さらに各時間ステップ毎に η の平滑化を行なって処理した。 $\eta_i = m \eta_i + (1-m) \cdot (\eta_{i-1} + \eta_{i+1}) / 2$ ここに平滑係数は $m=0.6$ としている。また離散化に際して、水平方向の空間さびみは2.5mとし、 $R=0.001 \text{ m/s}$ についての時間さびみは15分としている。

3. 解析結果と検討

解析結果を示すと、砂浜内の地下水面の変動は図-2の様になる。図は海域の潮位が8.0mの時を0時として描いているが、潮位が上昇するにつれて砂浜内部で0時の地下水面より低下し、次第に凹形になりながら上昇する。下げ潮になると、今度は砂浜内で満潮時の地下水面より上昇し、次第に凸形になって降下する。これらの傾向は実際の砂浜で測定された地下水面形状の測定結果とほぼ類似している。ここに砂浜内の地下水面の最高位置と最低位置とに挟まれた領域の間隙では、低潮時には空気が復入し、高潮時にはその空気を追い出して海水が浸入する現象を繰返しており、一種の散水ろ床と同じ機能を有しているものと考えられている。この空気と交代する海

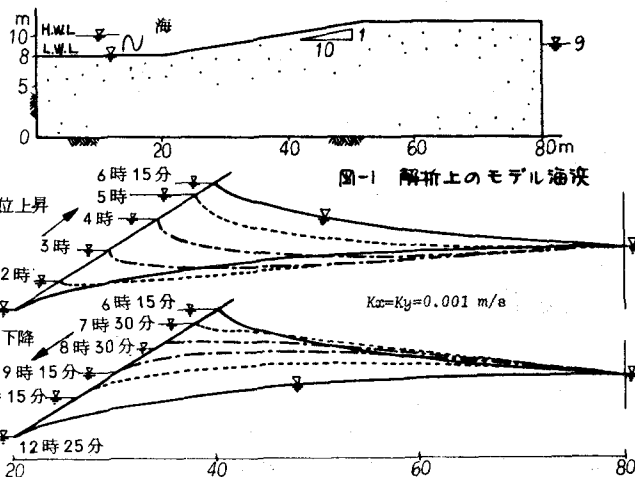


図-1 解析上のモデル海浜

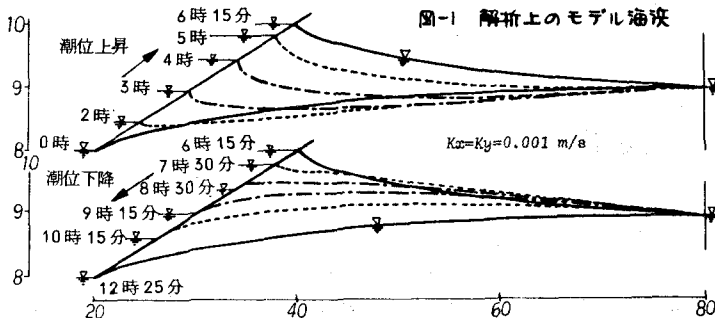


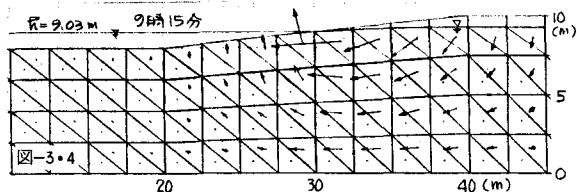
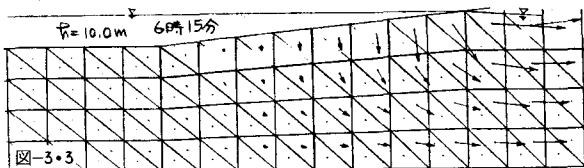
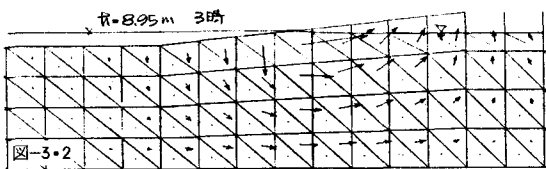
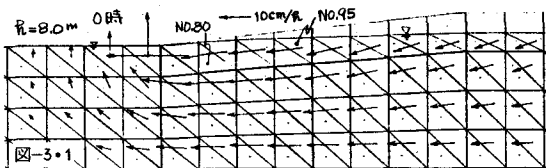
図-2 潮位変動にともなう砂浜内の地下水面の動き

$$\frac{\partial \eta(0)}{\partial x} = \frac{\partial \eta_1}{\partial x} + a \cdot \frac{\partial (\partial \eta_1 / \partial y) / \partial x}{\partial x}, \quad \frac{\partial \eta(0)}{\partial y} = \frac{\partial \eta_1}{\partial y} + a \cdot \frac{\partial^2 \eta_1}{\partial y^2} \quad \dots (3)$$

$$\eta_i = m \eta_i + (1-m) \cdot (\eta_{i-1} + \eta_{i+1}) / 2 \quad \dots (4)$$

水量を、上記領域内の体積に有効空隙率0.3を乗じて概算すると、本報の場合、一潮汐あたりに約11.7 m^3/m になる。

次に、図-3の様に各要素の浸透流速を算出し、これより各時間毎に海面下の地表部において浸透流量を累計して、海域と砂浜とで交換される海水量を概算すると図-4の点線の様になり、(i)砂浜への侵入量4.4 m^3/m 、海域への排出量3.8 m^3/m となる。同様に斜面だけで交換される海水量を求めると一点鎖線の様になり、(ii)砂浜への侵入量4.1 m^3/m 、海域への排出量1.8 m^3/m となる。(i)の流出入量の差0.6 m^3/m については、一潮汐の間の残差として、この量が図-1右側の水域へ流出したものと考えられるが、(ii)の残差2.3 m^3/m については、(i)の0.6 m^3/m を差し引いた残りの1.7 m^3/m が、砂浜内へ浸透して、図-1左側の水平底部から排出される成分を表わしていると考えられる。実際上は図-1右側の水域は存在しないから、流出量0.6 m^3/m を始めから差し引くと、表-1の様になる。次に図-3.1に示す斜面中央部の要素No.95と、



斜面下側寄りの要素No.60において、各時刻の流速流速を合成して一潮汐の間の間隙水の移動を略記すると図-5のようになる。No.95の図より、斜面において侵入してくる海水の侵入深度は浅く、全体的に左下方へ移動してゆく傾向がうかがわれ、No.80の図より、斜面下方では浸透してきた間隙水が次第に左上方の地表部に移動してゆく傾向がうかがわれる。

以上の結果をまとめると、本解析モデルでは、最低地下水面より上側で空気と交代する間隙水量は約11 m^3/m と算出されるが、その内、海水の浄化に寄与すると思われる海域と砂浜との海水の交換量は約1/3の3.8 m^3/m にすぎず、海水の侵入深度が浅いことを考慮すると、残りの約2/3は砂浜内に定常的に存在し、海域と交換されることのない間隙水で占められていると推定される。すなわち海水の浄化に役立つのは砂浜の斜面地表部の部分だけであり、砂浜の大部分は有効に機能していないものと推定される。

表-1 移動水量

場所	水量	侵入量	排出量	空気と交代する間隙水量
		m^3/m	m^3/m	
全体		3.8	3.8	11.1
斜面		3.5	1.8	
水平部		0.3	2.0	

今後、砂浜のもつ浄化能力を十分に発揮させるためにも、砂浜内への海水の侵入を活性化させる人工的な方法を考えるべきである。

参考文献

運輸省オーストラリア建設局：砂浜の海水浄化作用（着床工計画基礎調査報告書総集編）、昭和56年3月。

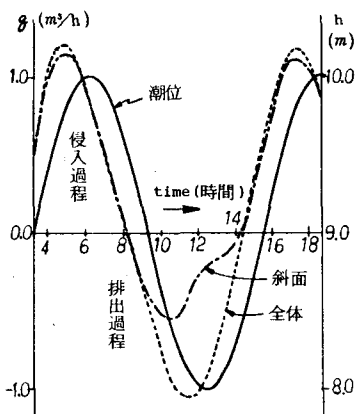


図-4 砂浜との海水交換量

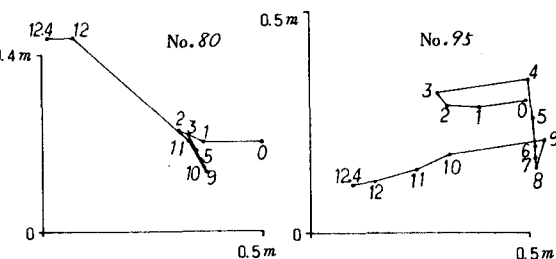


図-5 斜面地表部における間隙水の移動