

分散モデルによる海岸被圧地下水の挙動

愛媛大学大学院

愛媛大学地域共同研究センター

愛媛大学工学部

愛媛大学工学部

学生員 ○堀井 潤

正会員 井内國光

正会員 高 学平

正会員 柿沼忠男

1. はじめに

海岸帯水層に海水が侵入してくることによって起こる地下水の塩水化現象を種々の帯水層モデルにおいて解析を行った。ここでは上流部の地下水位と透水係数の無次元パラメータを変化させた場合について、定常二次元分散モデルを用いて濃度分布や地下水の流速分布状態を把握し、海岸被圧地下水の挙動について解析し、その結果について考察する。

2. 解析方法

図1に示すような帯水層が均質・等方性媒体であるとして二次元定常モデルにおける飽和帯での地下水流に関する境界条件を次のように仮定する。

帯水層出口AA' ($x=0$)での境界条件は境界AA'における圧力 p を静水圧として式(1)となる。濃度 c に関してCauchy型の境界条件を採用すると地下水が帯水層から流出する領域では式(2)、海水が帯水層へ流出する領域では式(3)となる。帯水層入口BB' ($x=L$)での境界条件は境界BB'における圧力 p を静水圧分布とすると式(4)である。濃度 c は淡水の濃度 c_0 に等しいとする。帯水層下面AB ($z=0$)及び上面A'B' ($z=d$)は不透壁であるとして式(5)、(6)が成立する。数値解を得る方法はガラーキン有限要素法を採用した。形状関数として二次のものを用い、解析領域を8つの接点を有する多数の四角形要素で分割した。

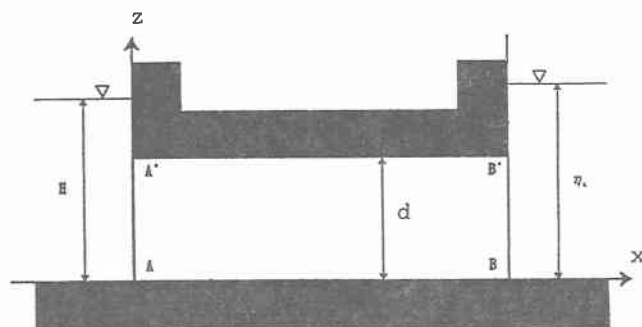


図1 帯水層モデル

$$p = \rho_s g (H - z) \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\partial c / \partial n = 0 \quad \dots \text{式(2)}$$

$$c = c_s \quad \dots \text{式(3)}$$

$$p = \rho_0 g (\eta_s - z) \quad \dots \text{式(4)}$$

$$q_z = 0 \quad \dots \text{式(5)}$$

$$\partial c / \partial z = 0 \quad \dots \text{式(6)}$$

3. 解析結果

ここでは帯水層モデルの縦と横の比を1:10とし、無次元海水位 H/d を2.00で一定にした。無次元密度 ρ_s/ρ_0 は1.025とする。ここに ρ_s は海水の密度、 ρ_0 は淡水の密度である。

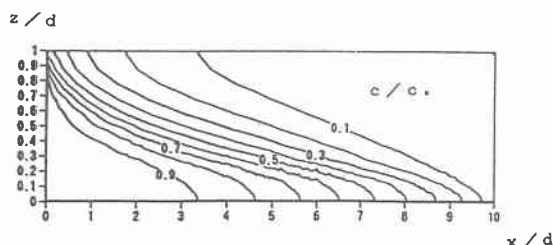
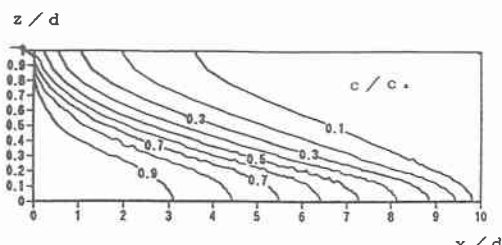
図2 濃度分布 ($\rho_s/\rho_0=1.025$)図3 濃度分布 ($\rho_s/\rho_0=1.2$)

図2は海水が帯水層内部まで侵入しているときの濃度分布である。無次元地下水位は2.043であった。図3は死海のような高濃度な海水を想定し、無次元密度 ρ_s/ρ_0 を1.2としたときの濃度分布である。同じように帯水層内部まで侵入したとすると、そのときの無次元地下水位は2.34で濃度が高いために地下水位も高くなる。しかし濃度分布には大きな違いはみられない。

次に帯水層を上層（帯水層底から $z/d > 0.7$ ）、中層（帯水層底から $0.5 \leq z/d \leq 0.7$ ）、下層（帯水層底から $z/d < 0.5$ ）の三層にし、勾配を1/10としたときの濃度分布と流速について解析を行った。まず中層の透水係数を1.0倍にし、無次元地下水位を図2と同じ2.043にして比較すると帯水層に勾配のない方が海水が帯水層内部まで侵入して、そのときの等濃度線はやや水平に延び間隔も狭くなっている。図5はそのときの上層、中層、下層での流速の大きさを表したものである。なお、流れの向きは海側は正としている。上層では海に近づくにつれ大きくなり、中層でも海に近づくにつれ大きくなっていくがその後極端に小さくなっている。下層については地下水位を変えていくと途中で流速が0になり、逆流する流れが生ずる。またそれぞれの層で流速の大きさが異なるものの、地下水位を下げていくとほとんど同じ大きさだけ流速の大きさも小さくなっていくことが分かる。

帯水層モデルの縦と横の比を1:100としたとき、海水が帯水層内部まで侵入してくる際の濃度分布を図6に示す。このときの無次元地下水位は2.028で、等濃度線は内陸部に入ってくるに従って広がっていく。図7、図8は無次元地下水位が2.06の時と2.028の場合での流速である。図7では海近くに大きな流れが存在しているが、図8では流れが緩やかになっているのが分かる。

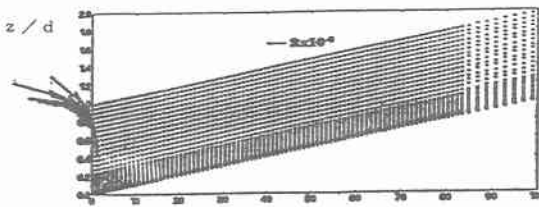


図7 流速ベクトル ($H/d=2.06$) x/d

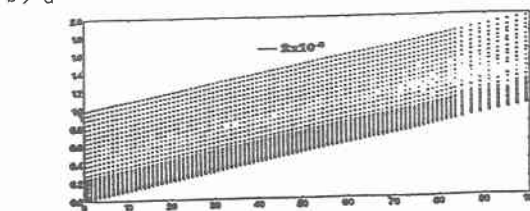


図8 流速ベクトル ($H/d=2.028$) x/d

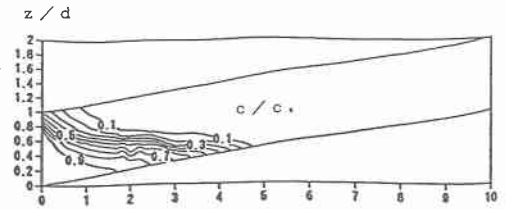


図4 濃度分布（帯水層の勾配1/10） x/d

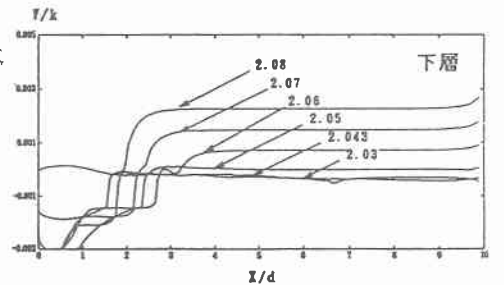
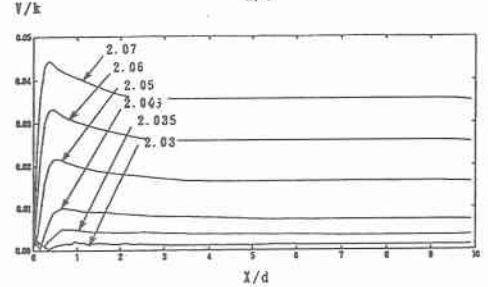
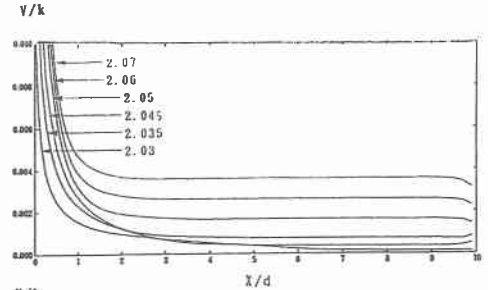


図5 流速

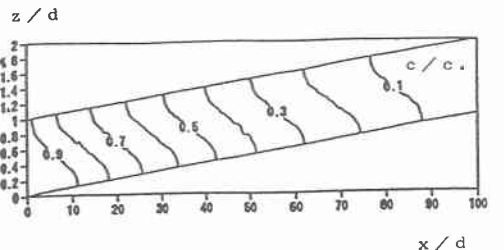


図6 濃度分布 ($H/d=2.06$) x/d