

潮差が非定常に変化する河口部の塩水侵入についての実験的研究

九州大学工学部 学生員 ○久保幸範

九州大学大学院 フェロー 小松利光 正会員 安達貴浩 藤田和夫

学生員 室永武司 田吹泰孝

1. はじめに

河川河口部の塩水侵入は潮差、河川流量、日潮不等、気象条件等の種々の要因の影響を受けて複雑な挙動を示している。小松ら¹⁾はこれまでに、干満差が時間的に変化しない場合の準定常状態の塩水侵入を実験水路で実現させて、これらの要因が塩水侵入に与える影響を調べてきた。しかしながら、実河川においては干満差の非定常変化に伴って同一河川でも混合形態は遷移しており、準定常状態の塩水侵入には見られない独特の非定常変動が見られる。このため今回任意の波形の潮汐変動を与えて強混合、緩混合、弱混合といった混合形態の遷移を実現できるように潮汐発生プログラムの改良を行った。本研究では潮差が非定常に変化する場合の塩水侵入の実験結果から潮差の変化に対する塩水侵入の変動特性について検討を行った。

2. 室内実験について

これまでの川内川河口部での現地観測より小潮から2~3日程度遅れて塩水侵入長が最大となるなどの干満差が非定常に変化する場において特有の現象が観測されている。川内川では大潮時に緩混合、小潮時に弱混合の塩水侵入が見られるため、今回このような混合形態の遷移を室内実験において実現することを試みた。干満差定常の条件の下では潮位振幅 $A=15\text{mm}$ (case-1) の場合に緩混合、 $A=5\text{mm}$ (case-2) の場合に弱混合形態が実現されたため、干満差以外の水利条件を固定したまま、以下の式で与えられる潮汐変動を設定し、実験を行った (case-3)。

$$h(t) = h_0 + \left(\frac{a_{\max} - a_{\min}}{2} \cos \frac{2\pi t}{T_1} + \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2} \right) \sin \frac{2\pi t}{T} \quad (1)$$

ここで、 h_0 : 河口での一潮汐平均水深、 $h(t)$: 水位、 T : 潮汐周期、 T_1 : 干満差の変動周期、 $a_{\max}$: 最大潮位振幅、 $a_{\min}$: 最小潮位振幅、である。今回は $h_0 = 140\text{mm}$ 、 $a_{\max} = 30\text{mm}$ 、 $a_{\min} = 10\text{mm}$ 、 $T = 240 \text{ sec}$ 、 $T_1 = 7200\text{sec}$ (30 潮汐周期に相当) を与えて実験を行った。case-3 で得られた水位変動の実測値を設定水位と併せて図-1に示す。この結果を見ると式(1)で与えられる設定水位と実測水位はほぼ一致していることが確認できる。実験は、干満差の変動周期 T_1 に関して周期的な塩水侵入が実現されるまで継続され、その後蛍光染料で着色した塩水の挙動のビデオ撮影と導電率計を用いた塩水侵入状況の測定を行った。

3. 塩水侵入の混合形態の遷移過程について

図-2は $x=8\text{m}$ における上・中・下層3点での満潮時における塩分濃度の経時変化を示したものである。この結果を見ると、大潮付近では上・中・下層の塩分濃度が同程度の値を取り、逆に小潮付近では上・下層に大きな濃度差が生じ、潮差の変化に伴って混合形態が変遷している様子が見て取れる。次に塩分濃度の変動パターンに着目すると、小潮時よりもさらに6~7周期遅れて最大の塩分濃度が出現していることが分かる。塩水侵入の先端付近の下層塩分濃度は塩水侵入長の代表量と考えられるため $C=0.624051$ 、1.0、1.5、2.0 (g/kg) といった4つの塩分濃度に着目し、各着目塩分濃度の塩水侵入長の変化(図-3)を調べたところ、小潮からはほぼ6~7周期後に最大の塩水侵入長が出現し、下層濃度と同様の挙動を示していることが分かった。以上の結果は塩水侵入が干満差の変化に対して遅れて変動していることを意味するが、弱混合から緩混合の範囲では干満差が小さいほど塩水侵入長が長くなるという干満差一定の条件下での室内実験結果を考慮すると、この結果は干満差が非定常に変化する場合の独特の挙動を示していると言える。

4. 準定常状態の塩水侵入との比較

case-3の大潮時の干満差はcase-1の干満差に、また、小潮時の干満差はcase-2の干満差と一致して

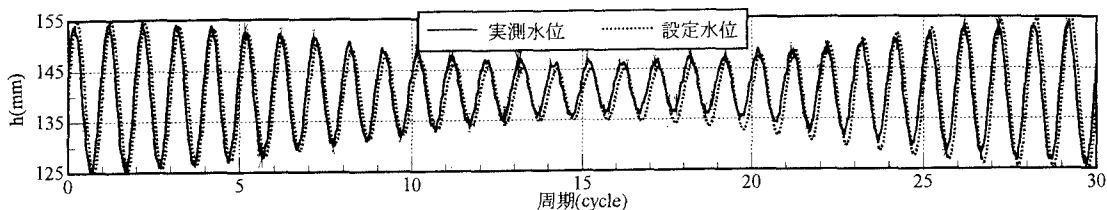


図-1 水位波形

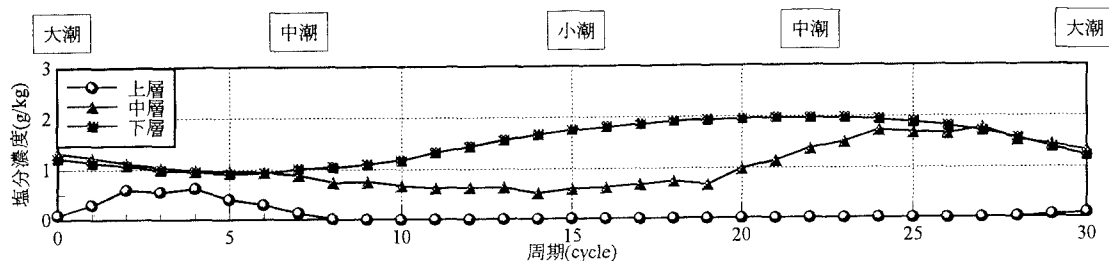


図-2 $x=8m$ における塩分濃度の満潮時の時系列分布

いるため、これらの塩水侵入状況の比較を行った。

図-4に $x=6m$ における塩分濃度の鉛直分布を示す。この結果を見ると、干満差が非定常に変化する場合には干満差が一定の時と異なった塩水侵入が見られ、30周期間の穏やかな干満差の変化に対しても塩水侵入は各時刻の平衡状態に達してないことが分かる。また大潮時には、case-1に対してcase-3の方が塩分濃度が大きくになっているのに対して、小潮時にはcase-2に対してcase-3の方が小さくなっており、小潮時の塩水侵入は大潮時の侵入状況の影響を、大潮時の塩水侵入は小潮時の塩水侵入の影響を強く受け、全体的にならされた塩水侵入となっていることが分かる。

5. 結論

今回、室内実験により潮差が非定常に変動する場合の塩水侵入の特性について調べた。この結果、潮差が一定の場合の塩水侵入との相違点が明らかとなったが、1ケースのみであるため現象のメカニズムを解明するまでに到っていない。今後実験結果の蓄積により、詳細な検討を行っていく予定である。

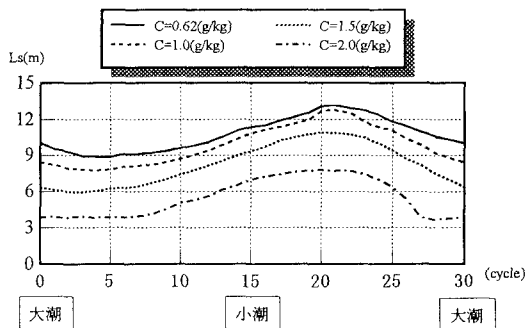


図-3 着目塩水濃度毎の塩水侵入長の時系列変化

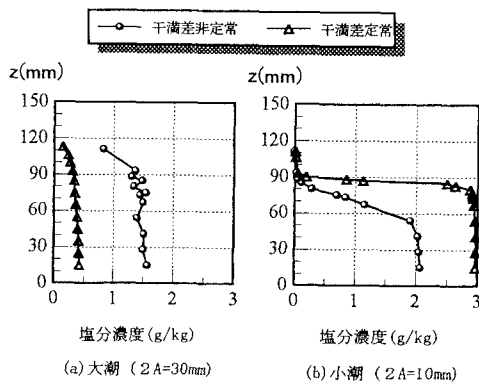


図-4 準定常状態と非定常状態との比較図

参考文献

- 1) 小松利光ら (1995) ; 水工学論文集第40巻、pp512-523.