

液状化地盤における Solidification フロントの上昇と地盤の高密度化過程

宮本順司・佐々真志・関口秀雄

1. はじめに

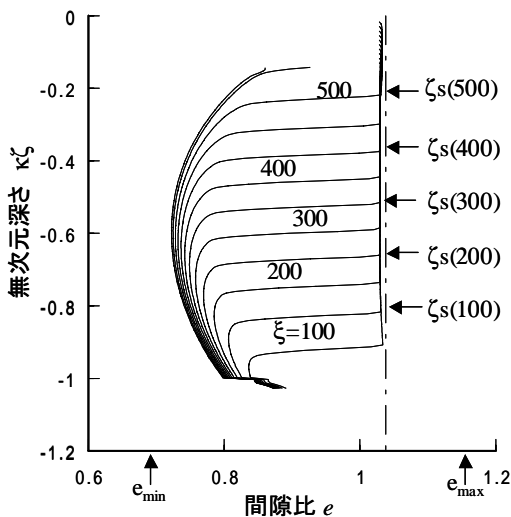
激しい波浪負荷のもとで、飽和砂質地盤は過剰間隙水圧の蓄積にともない、液状化に至る。この状態から、波浪負荷を停止すると、静穏環境の下で、液状化土の過剰間隙圧が消散し地盤は圧密していく。しかしながら、地盤液状化後も波浪負荷を継続したとしても、液状化領域の下端から徐々に過剰間隙水圧が消散をはじめ、土の構造骨格の再生すなわち凝固 (solidification) が起こることが遠心力場波浪実験により見出されている (平成 13 年度防災年次発表会)。Solidification が起こった領域は地盤深部から浅部へ波浪負荷中に拡大していく (solidification フロントの上昇) が、興味深いことは、solidification フロントの上昇にともない、フロント直後の領域で著しい高密度化が生じることである。このような凝固過程と連動した高密度化の度合いは、波浪負荷を停止し静穏環境のもとで液状化土を圧密させた場合に比べて、はるかに大きいことがわかっている。本研究では、Solidification フロントの上昇にともなう地盤の著しい高密度化のメカニズムについて筆者らが提案した理論モデル(宮本ら, 2002)から考察する。

2. Solidification フロント上昇モデル

水平な海底地盤が暴波浪により液状化し、なおも暴波浪下にある状態を想定する。解析対象領域は、上部から外部流体域、液状化領域、凝固領域で構成される。液状化領域の最下層に遷移境界層(液状化土が凝固し始める層)を設ける。遷移層の上端が Solidification フロントである。フロントより上の液状化土は高密度完全流体と仮定し、外部流体とあわせて二層流体の波浪伝播理論を適用する。フロント以下の遷移層と凝固領域は繰返し塑性特性を有する弾塑性土としたモデル化する。Solidification フロントの位置の変化は二層流体域と弾塑性領域の支配式を連立することにより求められる。すなわち、フロントの上昇過程は移動境界問題として定式化される。

3. Solidification フロントの上昇にともなう地盤の高密度化

波浪負荷中に Solidification フロントが上昇するにともない、地盤が深部から高密度化していく様子を図 1 に示す。本図は地盤間隙比の鉛直分布の変化を表しているが、Solidification フロントが高密度化フロントとして上昇していることがわかる。このような高密度化がどのようにしておこっているのかを調べるために、(波浪負荷前の) 初期状態に $\kappa_0 \zeta = -0.75$ (κ_0 : 波数 = $2\pi / \text{波長}$) に位置した土要素の $\sigma'_v - e$ 関係を図 2 に示す。液状化土が凝固し始めて有効応力が僅かに回復する過程で急激に間隙比が減少していることがわかる。この高密度化の急激さ及び著しさを浮き出させるために、本図には同位置の土要素が液状化後に静穏環境下で圧密した場合の $\sigma'_v - e$ 関係も示している。Solidification による高密度化は σ'_v の増加に起因していないことから、せん断による負のダイレイタンシー、すなわちコントラクタンシーによってもたらされていることがわかる。



←図1 Solidification フロント上昇にともなう地盤高密度化の予測結果 (図中の数字は波浪サイクル数を表す、 $\zeta_s(\xi)$ は ξ サイクル時のフロント位置を表す。)

→図2 土要素 ($\kappa_0 \zeta = -0.75$) の有効応力 σ'_v と間隙比 e の関係

