

大阪湾洪積地盤の長期変形を支配する要因について

○三村 衛・張 祐榮・池田侑哉

1. はじめに

大阪湾海底は沈降し続ける基盤上に堆積物が溜まり続ける環境であり、土質力学的には正規圧密状態にあるといふことができる。しかしながら、洪積粘土に圧密試験を実施すると $OCR=1.1 \sim 1.4$ 程度の軽い過圧密を示すことが知られている。従来こうした粘土はメカニカルな過圧密履歴を受けた粘土と区別して、擬似過圧密粘土と呼ばれてきた。この見かけの過圧密が何に起因するのかについては、まだ確たる結論は得られていない。しかしながら、大阪港や関西空港における沈下計測によって、擬似過圧密洪積粘土は上位構造を有するために圧縮量が大きいことに加えて、圧密試験で求められる圧密降伏応力 p_c 以下のレベルであっても長期沈下が継続し、従来の弾性・(粘)塑性的なアプローチでは挙動をうまく表現できないことが明らかとなっている。本報告では、大阪港埋立地の数値解析結果に基づいて、大阪湾擬似過圧密洪積粘土地盤の長期変形を支配する要因について議論する。

2. 大阪湾洪積粘土の特徴

(1) 大きな間隙比

粘土をスラリー状態から圧密させると、排水しながら間隙が減少していく。この時、 $e-logp$ 曲線は ISL 上を移動する。原位置では非常に長い年月圧密され続けるので、二次圧密やクリープなどが起こると考えられる。この場合、間隙比は時間とともに小さくなる。したがって、古い粘土ほど間隙比が ISL からどんどん減少する方向に動くと考えられるが、実際には、数十万年間圧密された洪積粘土の間隙比は ISL よりもはるかに上、つまり大きな間隙比の状態にある。このため、圧縮できる余裕が大きくなり、載荷を受けると大変形を生じる一つの要因となっている。どのようなメカニズムで高い応力下で大きな間隙比を有する粘土が形成されるのかに関しては明らかになっていない。

(2) 載荷による構造劣化

人工的な載荷を受けていない海底から採取し

た粘土を圧密試験すると、構造効果によって ISL から大きく飛び出すオーバーシュート現象が顕著に現れるのに対し、人工島上から採取したいわゆる荷重履歴を受けた粘土では、この飛び出し量が大きく減少する。つまり、粘土の有する構造は人工的な外力によって容易に破壊されてしまい、海底に堆積した状態とは全く異なるものに変化することがわかっている。

(3) 圧密降伏応力以下の領域における挙動

深度の異なる粘土は上載圧が異なるので、同じ荷重を受けても降伏応力を超えたり超えなかったりする。各層毎の層別沈下を測定することにより、最終応力状態と沈下の推移の関連を調べることができる。大阪港の埋立地で計測された結果によれば、圧密降伏すれば当然大きな沈下が生じるが、深部洪積層のうち埋め立てによって p_c を超えていない層でも時間遅れ沈下が長期に渡って進行していることが確かめられている。これは、擬似過圧密粘土が現応力以上の履歴を受けていないという意味で力学的には正規圧密状態にあることと関係していると考えられる。同様の現象が室内長期圧密試験によっても確かめられている。

3. 擬似過圧密粘土に対する新たな圧縮モデル

p_c を超えていない領域は、従来言われているような可逆変形のみが生じる弾性領域ではなく、正規圧密領域と見なしてアプローチするのが妥当である。こうした視点に立って、同じ $e-logp$ 曲線であっても、大阪洪積粘土のような擬似過圧密粘土では、 p_c 以下であっても正規圧密領域と同様に非可逆的な変形が生じるとした圧縮モデルを仮定して数値解析を実施した。従来の p_c を超えていない領域を弾性とする方法と比較して、著者らが提案している手法では、粘性変形によって水圧消散が遅れ、結果として有効応力の増加速度が小さくなることによって、大きく正規領域に入るような載荷であっても圧縮量が大きくなる。また p_c を超えていない領域に留まる場合には、時間遅れ変形が生じ、擬似過圧密粘土の実挙動を妥当に表現できることが明らかとなった。