

京都大学大学院 学生員 ○友田 伸 治
 京都大学防災研究所 正 員 三 村 衛
 京都大学防災研究所 正 員 嘉 門 雅 史

1. はじめに 軟弱海底地盤に埋立盛土を施工する場合、沈下による埋立盛土の水没に起因する有効上載圧の減少や、天端高さを確保するために行われる嵩上げによる有効上載圧の増加といった全応力の変動が生じる。本研究ではこうした全応力の変動が粘土地盤の沈下に及ぼす影響を弾粘塑性有限要素解析によって検討し、沈下後に所定の天端高さを確保するための盛土嵩上げ計算のモデル化方法を提案し、解析結果を踏まえて実問題への適用性と問題点について検討を加える。

2. 解析地盤モデル 解析に用いた有限要素メッシュおよび土質定数を図-1に示す。解析対象地盤は層厚20mの一樣な正規圧密飽和粘土地盤で、海水面は基礎地盤面と一致しているものとする。土質定数は大阪湾の沖積粘土に関する研究^{1),2)}を参照し、三村ら³⁾によって提案されている方法に基づいて決定した。また透水係数は、当該地盤が1000日で平均圧密度90%に達するように決定した。埋立盛土につ

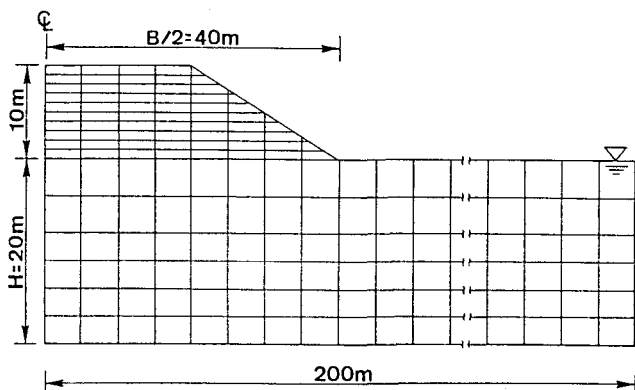


図-1 解析地盤メッシュと土質定数

いては湿潤密度が 1.8 t/m^3 、水中密度が 1.0 t/m^3 とし、10mの高さまで360日間で漸増载荷を行うものとした。荷重形態は、载荷幅/軟弱層厚比 (B/H) が4.0、法面勾配1:2の堤状荷重とした。

3. 従来の有限要素解析と浮力の影響 まず従来のように、盛土の沈下による浮力や嵩上げの影響を考慮せずに行った圧密沈下解析による基礎地盤の沈下プロフィールを図-2に示す。ここで重要なことは、盛土の

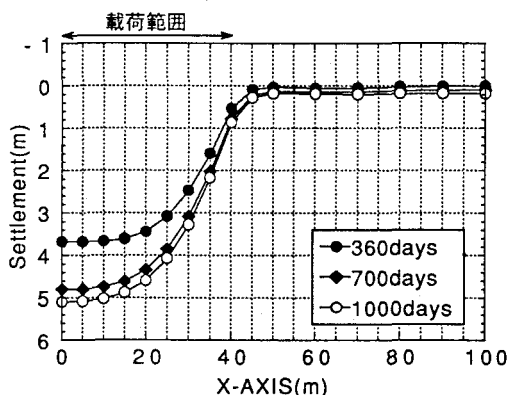


図-2 基礎地盤の沈下プロフィール

形状と B/Hが決定されれば、盛り立て中から放置期間中を通じて沈下プロフィールの形は大きく変化しないという事実である。この事実を踏まえて、最大沈下地点の沈下量に対する各点の沈下量で定義される「沈下量比」を求めておく。解析による最大沈下地点（本研究では $x = 0 \text{ m}$ の地点）の沈下～時間関係を図-3に示す。同図には埋立盛土の沈下に伴う浮力による有効上載圧の減少を考慮した場合の沈下量を併せて示してある。浮力の効果を忠実に考慮しなければ、载荷開始から1000日後には沈下量を50cm過大に予測することになり、沈下解析にあたって埋立盛土の水没による浮力の効果は無視できないことがわかる。

4. 嵩上げ計算 実際の現場では盛土を天端高さで管理することが多い。そこで本節では、埋立盛土が沈下した分を逐次嵩上げて、1000日後の時点で盛土を図-1に示した中央天端高さ10mの堤状に保つことを目標として計算を行った。本研究では、嵩上げによる有効上載圧の増加を、最大沈下地点で25cmの沈下が発生するごとにこれに相当するたわみ性荷重を基礎地盤に荷重させることによってモデル化した。すなわち、25cmの沈下が発生すると浮力による有効上載圧の減少は 0.20tf/m^2 、これに対して25cmの嵩上げによる有効上載圧の増加は 0.45tf/m^2 であるから、この差分 0.25tf/m^2 のたわみ性荷重を基礎地盤に荷重することで水没・嵩上げ計算を同時に行なうことが可能となる。具体的には、図-3を用いて最大沈下地点に対する嵩上げモデルを作成し、最大沈下地点以外の地点については前節で定義した沈下量比に従って相当荷重を作用させることによって解析を行った。解析による天端のプロフィールを図-4に示す。同図より一度の嵩上げ計算(◇で示した)では埋立盛土中央部で天端高さを10mに維持できない。これは嵩上げによる有効上載圧の増加に伴って、沈下量が增大するためである。そこでさらに同じ方法を用いて収束計算を行った。今回の計算では図中(○)で示すように、2回の収束計算によって沈下量が収束し、すべての地点で所定の天端高さを確保することが可能となった。このように、一定の沈下が発生するごとに嵩上げを行うというモデル化を有限要素法に組みこむことによって、埋立盛土の所定の天端高さの確保とともに、投入土量の管理といった実用的な問題にも対応できると考えられる。

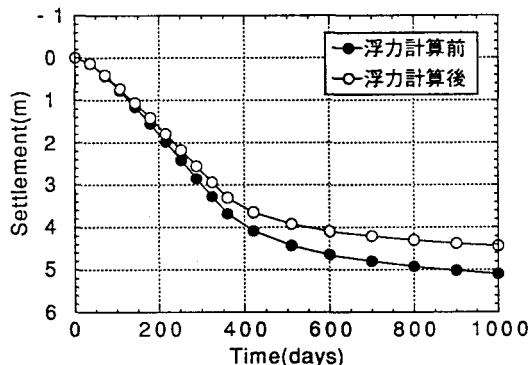


図-3 最大沈下地点の時間～沈下関係

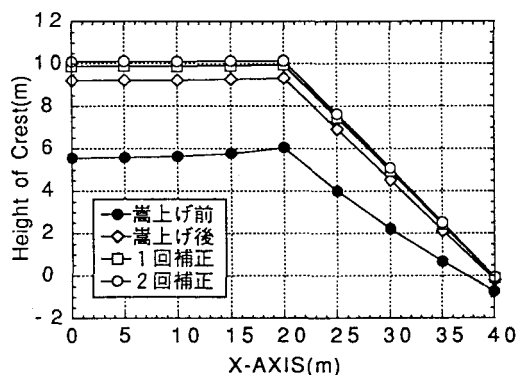


図-4 嵩上げ計算による天端高さプロフィール

5. 今後の展望 埋立盛土の水没・嵩上げによる全応力の変動が基礎地盤の沈下性状に及ぼす影響を、弾粘塑性有限要素法によって評価するためのモデル化を提案した。本研究で提案した解析手法にとっては、沈下プロフィールの形状を的確に把握することが重要である。もちろん、実地盤は決して均質一様ではなく、層のうねりや不均質は避けられない。しかし、こうした地盤の構造は沈下プロフィール中に反映されるため、一旦対象地盤の沈下プロフィールの形状がわかれば実際の適用についても十分可能であると考えられる。一方、荷重が一様ではなく平面的に不規則に実施されるような場合は、沈下プロフィールの形が経時的に変化するため、現状のままの対応では不十分である。また実地盤では、埋立規模の大型化によって上載荷重が増加すると、それまでは弾性変形にとどまっていた過圧密粘土が降伏して大きな塑性変形が発生し、嵩上げを行うことによってそれ以上に沈下が進行してしまうようなケースも考えられる。このように、本研究で示した方法はまだ限定された条件下における成果であり、今後さらに、影響因子の同定や収束計算の精度の向上等の研究を進める必要がある。

参考文献 1)Adachi,T., Oka,F., Mimura,M.:Study on Secondary Compression of Clays, Sed. Consol. Models, Proc. Symp. ASCE, Geotech. Eng. Div., pp.69~83, 1984. 2)関口秀雄・柴田徹・三村衛・角倉克治：大水深護岸の変形解析, 京都大学防災研究所年報, 第31号 B-2, pp.123~145, 1984. 3)三村衛・関口秀雄・柴田徹：海底地盤の変形解析—弾粘塑性構成式の適用例—, 土と基礎, Vol. 38, No. 11, pp. 13~18, 1990.