

III-A 184

地盤定数の空間的な相関を考慮した地盤沈下予測

岐阜大学 学生会員 ○熊沢 一徳
 岐阜大学 正会員 本城 勇介

1. まえがき

港湾地域に建設される埋立地や、軟弱地盤を埋め立て造成される宅地などでは、竣工後の残留沈下、及びこれに伴う不同沈下は構造物に悪影響を及ぼす。絶対沈下量の予測については、圧密理論に代表される土質力学の研究成果に基づいた方法で、ある程度正確な予測を行うことができるが、不同沈下量については絶対沈下量に対する割合によって推定するといった経験的な方法によっているのが現状である。また、統計的な方法を取り入れた相対沈下の予測においては、2点の沈下量の相関を表わす自己相関関数を限られた観測データから高い信頼性をもって推定することは容易ではないことや、モデルに地盤の層厚や圧密に関する諸地盤定数との関係を直接に取り込むことができず、不同沈下と伝統的な圧密沈下予測法との関係を議論することが難しかった。

そこで本研究では、以上のような点を少しでも解決するために確率場の理論に基づき、時空間を考慮したモデルを導入した。

2. 時空間の相関を考慮したモデル

(1) 浅岡モデル

三笠 (1963) の圧密方程式と境界条件に基づき、浅岡 (1978) は圧密沈下が次式の関係にあることを導いた。

$$y_{t+1} = \beta_0 + \beta_1 y_t \quad (1)$$

y_t : 沈下量

β_0, β_1 : 地盤の特性と土層構成より決まる定数

ここで (1) 式より $z_t = y_{t+1} - y_t$ ($t \geq 1$) とし、次のように書き換える。

$$z_{t+1} = \beta_1 z_t \quad (2)$$

(2)式の β_1 の時-空間的な性質を知るため、下記の不同沈下モデルを考える。

(2) 時間モデル

(2)式は、ある点 x における時間的な沈下量の推移を記述した式であり、またその地点の圧密係数や層厚に依存した沈下特性を β_1 により表している。 β_1 は地盤のある地点に固有の値であって、時

間により変化するものではない。しかし一方で、沈下量増分 z_t には諸々の誤差も混入されるので、(2)式をこのような浅岡式により記述されるその地点固有の沈下量増分とその時間 t に混入した誤差の和と考えることは妥当であろう。そこで次のモデルを考える。

$$z_{t+1}(x) = b(x)z_t(x) + \varepsilon_t(x)z_t(x) \quad (3)$$

$z_t(x)$: 時間ステップ t における沈下量増分

$b(x)$: 地盤の特性値

$\varepsilon_t(x)$: 時間ステップ t におけるランダム誤差

(3)式では、ある地点での沈下量増分 z_{t+1} に時間モデル、すなわち浅岡モデルで予測されるランダムなノイズは、 $z_t(x)\varepsilon_t(x)$ という $z_t(x)$ に比例したものであると仮定している。これは分散ではなく、変動係数を一定と仮定したことに相当する。

(3) 空間モデル

ここで $b_t(x)$ について考えると、これは地点ごとに異なる圧密沈下層厚や、圧密係数、圧縮指数などの空間的なばらつきのため、空間内で変動していると考えられる。したがって、この $b_t(x)$ の変動が空間内でかなり大きな周期を持って変動しているトレンド成分 $m_b(x)$ と、比較的短周期で変動しているランダム成分 $\delta_t(x)$ に分解できると仮定する。

$$b_t(x) = m_b(x) + \delta_t(x) \quad (4)$$

$m_b(x)$ は、たとえば圧密沈下層厚の地質的な変化などを表し、 $\delta_t(x)$ は、それ以外の通常の圧密沈下計算では表現できないような沈下量のばらつきのうち、空間構造に起因する部分と考えることもできるであろう。ここで(4)式を(3)式に代入すると、

$$z_{t+1}(x) = (m_b(x) + \delta_t(x))z_t(x) + \varepsilon_t(x)z_t(x) \quad (5)$$

結果的に β_1 空間的トレンド成分 $m_b(x)$ 、空間的ランダム成分 $\delta_t(x)$ 、浅岡モデルの誤差ランダム成分 $\varepsilon_t(x)$ に分解された。ここで、 $\varepsilon_t(x)$ は平均が0で、時間的にも空間的にも無相関、 $\delta_t(x)$ は時間には無相関であるが、空間的には相関しているランダム成分とする。

以上のようなモデルを設定することにより、時間と空間に関する相関を分離し、モデルパラメータを推定することが可能となる。

3. 計測データの説明

六甲アイランドは、神戸の沖合いを埋め立てた人工島である。この島の南端に位置する甲南大学体育施設グラウンドの敷地面積は、東西幅が332mの50,729.0m²であり、グラウンドの南東部には直接基礎を用いた室内体育館が建設されている。

地表面の沈下計測は、図-1に示すように74カ所の計測地点があるが、本解析はこのs1～s15地点を対象にし、昭和61.12.23から平成5.12.27までのデータを6カ月おきに使用した。また土質柱状図を図-2に示す。

4. 解析結果

以上のようなモデルとデータをもとに解析を行い、 $\beta_1=0.9423$ という海成沖積粘土層の圧密係数（ $c_v=0.0024\text{cm}^2/\text{sec}$ ）としてオーダー的に正しい結果を得た。図-3に推定した自己相関関数を示した。ここで、0～0.7、0.7～1.0はそれぞれ上記のモデルで仮定した時間的相関、空間的相関を表わす。この自己相関関数を用いてモンテカルロシミュレーション法により不同沈下量の予測を行い、基準点となる点より、それぞれ20m、100m、および200mにおける不同沈下量のヒストグラムを求め図4に示した。今回の計算ではこの3点での不同沈下量にあまり差異は認められなかった。これは図3で求めた自己相関関数の形に強く依存しているためと思われる。

5. むすび

浅岡の提案した沈下予測モデルに基づき、空間的な地盤の相関を考慮した不同沈下モデルを提案した。研究はまだ緒についたばかりであるが、本解析では、相関構造を時間的なランダム成分と、空間的に相関した部分とに分離できること、また一応不同沈下を予測することができることを示した。

参考文献

- 1) A. Asaoka; Observational Procedure of Settlement Prediction, Soils and Foundations Vol.18, no.4 1978
- 2) 三笠; 軟弱粘土の圧密 鹿島出版会

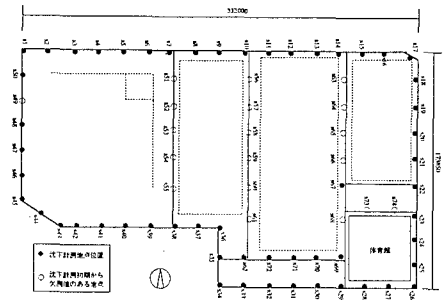


図-1 沈下計測位置図

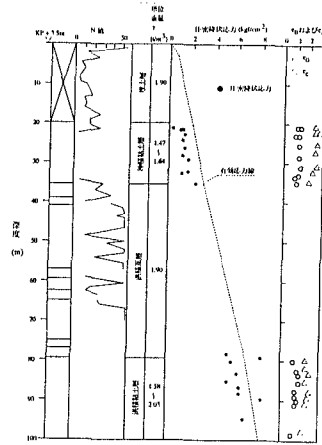


図-2 土質柱状図

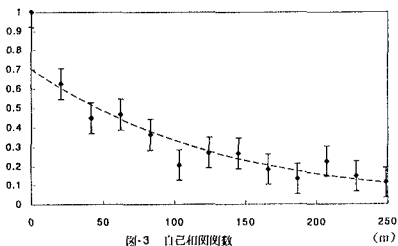


図-3 自己相関関数

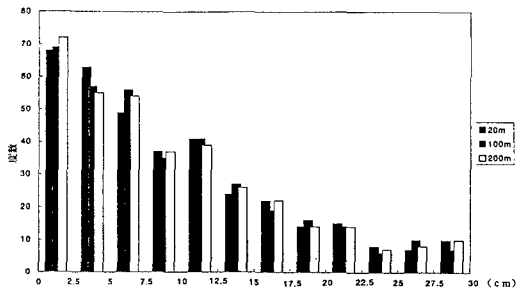


図-4 モンテカルロシミュレーションによる不同沈下量のヒストグラム