

地盤定数の空間的な相関を考慮した地盤沈下予測

岐阜大学工学部 正会員 本城 勇介
 岐阜大学工学部 学生員 ○熊沢 一徳
 岐阜大学工学部 正会員 小尻 利治
 竹中工務店技術研究所 正会員 平井 芳雄

1. はじめに

港湾地域に建設される埋め立て地や、都市近郊の軟弱地盤を埋め立てた造成地などに直接基礎を用いて建設された構造物宅地や空港関連施設などでは、竣工後の残留沈下量、及び、これに伴う構造物下の地盤の不同沈下量は地盤全体の絶対沈下量よりも構造物に与える影響が大きい。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。このような不同沈下をより合理的に取り扱うために、本研究では時空間の相関を考慮した確率場の理論によりこれを記述し、予測に役立てることを試みる。

2.1. 浅岡モデル

三笠の圧密方程式と境界条件に基づき、浅岡は圧密沈下が次式の関係にあることを導いた³⁾。

$$y_{i+1} = \beta_0 + \beta_1 y_i \quad (1)$$

β_0, β_1 : 地盤の特性、土層構成により決まる定数

2.2. モデルの設定

本研究では、(1)に示した浅岡モデルに基づき、時空間の相関を考慮した地盤沈下モデルを導くことを試みる。そして特に、実観測データよりこの統計的構造を同定することを当面の目的とする。このため(1)式を次のように書き換え、まず β_1 を求める。

$$z_{i+1} = \beta_1 z_i \quad (2)$$

ここに $z_{i+1} = y_{i+1} - y_i \quad (t \geq 1)$

(2)式について次の問題を考える。

ある地盤のN個の地点 $x_i (i=1, 2, \dots, N)$ で、 Δt 時間間隔に $T+1$ 個の沈下観測を行った場合、このデータに基づき β_1 の地盤上での平面的な変化のトレンドと、その変動のランダム成分に関する統計的な情報(具体的には分散と自己相関関数)を推定する。このために次のようなモデルを設定する。

i) 時間モデル:

$$z_{i+1}(x) = z_i(x) \{b(x) + \varepsilon_i(x)\} \quad (3)$$

$z_i(x)$: 時間ステップ t における沈下量増分

$b(x)$: 地盤特性値

$\varepsilon_i(x)$: 時間ステップ t における誤差

ホワイトノイズを仮定

(3)式では $\beta_1 = b(x)$ と考えており、時間モデル、すなわち浅岡モデルで予測されている空間的な相関に入るランダムなノイズは、 $z_i(x)\varepsilon_i(x)$ という $z_i(x)$ に比例したものであるとしている。これは分散でなく変動係数を一定と仮定したことに相当する。この設定は、後に示すデータ解析を容易にする。

ii) 空間モデル:

(3)式の $b(x)$ が、次のように空間構造を持つと仮定する。

$$b(x) = m_b(x) + \delta(x) \quad (4)$$

$m_b(x)$: $b(x)$ のトレンド成分

$\delta(x)$: $b(x)$ のランダム成分

空間的に相関していると仮定

沈下量が係数 $b(x)$ を介して空間的に相関していると仮定することは、物理的に合理的であると考えられる。浅岡モデルでは、 β は圧密係数や圧密層厚の関数であることが分かっているからである。ここで $\varepsilon_i(x)$ と $\delta(x)$ には次のことが仮定されている。

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_i(x)] &= 0, E[\delta(x)] = 0 \\ E[\varepsilon_i(x) \varepsilon_s(x)] &= \begin{cases} \sigma_\varepsilon^2(t=s) \\ 0(t \neq s) \end{cases} \\ E[\delta(x_i) \delta(x_j)] &= \sigma_\delta^2 C(|x_i - x_j|) \\ E[\delta(x) \varepsilon_i(x)] &= 0 \end{aligned}$$

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。

3.1. 事例

本研究では、六甲アイランドの甲南大学グラウンドで得られた長期（1986.9.30-1995.2.9）の沈下量データを用いるので、その地盤概要と計測位置を記す。

3.2.1. 地盤概要

当敷地の地層構成と土質特性を図-1に示す。沖積粘土層および洪積粘土層はいずれも圧密未了であり、残留沈下はおおの200~250cmおよび55~70cmと予測された。そのため、周辺地盤（KP+3.5m）に対して、最終の地盤計画高さ（KP+6.0m）を確保するためKP+9.0mまで、約5.5mの盛土を行った。

3.2.2. 計測位置

沈下計測は図-2に示す地点に鉋を打ち込んで測定点とした。また、測定点の一部は、敷地内にある電柱に鉋を打ち込み、これを測定点とした。測定は基準点を基にして測量（マイクロメータ使用精度±1mm）によって行った。

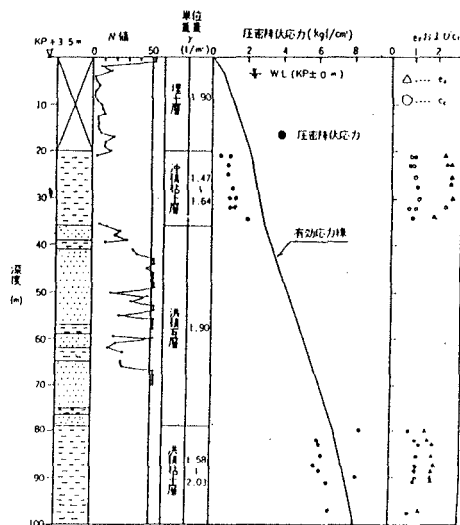


図-1 土質柱状図

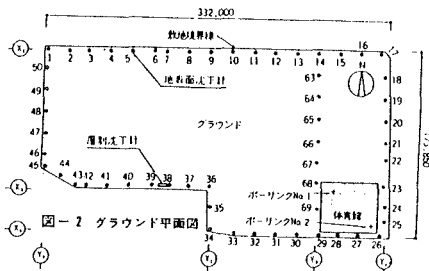


図-2 グラウンド平面図

4. おわりに

統計解析結果の詳細は講演時に述べる。データの時空間的構造が特定されれば、kriging を用いてこれを空間的に内挿し、時間的な予測を行うことは容易であると考えられる。

参考文献

- 1) 江淵征昭／村井和雄：六甲アイランドの「甲南大学六甲室内体育館」、建築と社会／1998年2月号、pp 71-72
- 2) 本城勇介／坂口修司／森嶋章：造成工事における残留不同沈下量の平面的予測、1987年5月、土質工学会、pp 21-28
- 3) Asaoka, A (1978) / Soils & Foundations Vol. 18, No 4, pp 87-101