第Ⅲ部門

深層混合処理工法により構築されたセメント改良体強度の自己相関距離

神戸市立工業高等専門学校 正会員 〇並河 努

(1)

1. はじめに

深層混合処理工法はセメントスラリーと原位置土を攪拌混合しセメント改良体を構築する工法であるが、原 位置土のばらつきや、セメントスラリー注入量及び貫入速度といった施工精度のばらつきにより、構築されたセ メント改良体の強度にばらつきが生じる。セメント改良体の強度はコアボーリングサンプリングされた供試体の 一軸圧縮強度(コア強度)により評価される。改良体の強度を表す指標としてはコア強度の平均値と標準偏差が 用いられるのが一般的であり、現在多くの設計法の品質管理手法において、コア強度の平均値と標準偏差を用い る手法が取り入られている¹²²。

現行設計法の品質管理においてセメント改良体のばらつきはある程度考慮されているといえるが、各コア強 度は独立であると仮定されており、強度の空間分布特性は考慮されていないのが現状である。しかしながら、セ メント改良体の強度が原位置土のばらつきや施工管理の影響を受けることを考えると、強度分布には何らかの空 間相関特性が存在することが考えられる。そこで、著者らはセメント改良体強度の空間相関特性が全体強度に与 える影響を調べることを目的とした研究を現在実施している。本論文では、その研究の一環として実施したセメ ント改良体強度の自己相関距離の評価に関して報告する。

2. 自己相関距離の評価方法³⁾

本研究では、コア強度の自己相関特性が次式で示す指数関数型の相関関数で表現できると仮定した。

$$ho(d) = exp\left(-rac{d}{ heta}
ight)$$

ここで、 $\rho(d)$ は 2 点間のコア強度の共分散、d は 2 点間の距離、 θ は自己相関距離である。 (1)式において θ が相 関特性を表すパラメータとなり、最適な θ をコア強度分布より評価する必要がある。ここでは、 θ を最尤法を用 いて評価する。コア強度分布が(1)式に示す相関特性を有する多次元正規分布であると仮定すると、コア強度の出 現確率は次式で表される。

$$f_{z}(z|\theta) = (2\pi)^{-n/2} |V_{ij}|^{-1/2} exp\left[-\frac{1}{2}(z-\mu_{z})^{T} V_{ij}^{-1}(z-\mu_{z})\right], \quad z = \begin{vmatrix} z(x_{1}) \\ \vdots \\ z(x_{n}) \end{vmatrix}, \quad \mu_{z} = \begin{vmatrix} \mu_{z} \\ \vdots \\ \mu_{z} \end{vmatrix}, \quad V_{ij} = \sigma_{z}^{-2} exp\left[-\frac{|x_{i}-x_{j}|}{\theta}\right]$$
(2)

ここで、*z*(*x_i*)は *x_i* 地点のコア強度、*µ_c* はコア強度の平均値、*σ_c* はコア強度の標準偏差である。(2)式の多次元正規 分布における対数尤度は次式で表現される。

$$L_{z}(\theta) = -\frac{n}{2}\ln(2\pi) - \frac{1}{2}\ln\left|V_{ij}\right| - \frac{1}{2}(z - \mu_{z})^{T}V_{ij}^{-1}(z - \mu_{z})$$
(3)

対数尤度 $L_{z}(\theta)$ が最大となる θ が最適な自己相関距離となる。 $L_{z}(\theta)$ の最大値は θ を変化させることにより計算する。

3. セメント改良体の強度分布

本研究では、日本国内において深層混合処理工法により同一サイトで施工されたセメント改良地盤の3地点よ りコアボーリングサンプリングされた供試体の一軸圧縮強度(コア強度)を用いた。コア強度の深度分布と、そ の近傍で実施された原位置地盤の地盤調査結果に基づく土層区分の概略を図-1 に示す。本サイトは上層に砂、下 層に粘土という土層区分となっている。これより、本研究では図-1 に太線で示すラインを境界に、上層をセメン ト改良砂、下層をセメント改良粘土として区分しそれぞれの自己相関距離を調べた。供試体の材齢は 30~50 日 である。各地点のコア強度の統計量を表-1 に示す。

4. セメント改良体強度の自己相関距離

各地点の上下層におけるコア強度の自己相関特性を調べた結果を図-2 に示す。ここで、対数尤度 $L_{c}(\theta)$ の計算 においてコア強度を平均値と分散で正規化した値を用いている。図では、自己相関距離 θ を変化させたときの対 数尤度 $L_{c}(\theta)$ の変化を示している。 $L_{c}(\theta)$ の最大値を示す点を各図中に示しているが、このときの θ が最適な自己相 関距離となる。これらの結果より、上層のセメント改良砂の自己相関距離 θ は 1m~2m 程度であり、下層のセメ ント改良粘土の自己相関距離 θ は 0.3m~1m 程度であった。セメント改良砂の方がセメント改良粘土より自己相 関距離が長いという結果となったが、このことは粘土地盤より砂地盤の方が攪拌しやすいため品質の空間相関が 強くなることを示唆している。

Tsutomu NAMIKAWA



5. まとめ

深層混合処理により構築されたセメント改良体のコア強度の空間自己相関特性を最尤法により調べた。その結果、セメント改良砂の自己相関距離θは 1m~2m 程度であり、セメント改良粘土の自己相関距離θは 0.3m~1m 程度であることが明らかとなった。今回の解析ではデータのトレンドを考慮していないが、図-1 のコア強度の深度分布にはトレンドが見られるものもあり今後はトレンドの評価も必要であると考えられる。

謝辞:本研究で用いた改良体データは(株)竹中工務店よりご提供頂いたものです。ここに感謝の意を表します。 参考文献

1) 土木研究センター(1999):陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル

2) 日本建築センター(1997):建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針

3) Honjo Y., Kazumba S. (2002): Estimation of autocorrelation distance for modeling spatial variability of soil properties by random field theory. 第47 回地盤工学シンポジウム, pp279-286.