

強度の Spatial auto-correlation 関数と盛土の破壊確率について

京大工学部 正 員 黒田 勝彦

京大工学部 正 員 浅岡 顕

京大工学部 学生員 ○鈴木 正敏

1 はじめに 本論文は、土材料の不均質性を確率論的に取り扱ってきた一連の研究の中で特に、強度の Spatial auto-correlation (S.A.C) 関数に着目したものである。S.A.C 関数は、すべり面上の強度の推定等にあたって無視できないと筆者らは考えている。なお、第2章において実際のボーリングによって得られたデータによって S.A.C 関数を導き出し、その関数形の性質について述べると共に考察を加える。第3章において破壊確率への影響を検討した。

2 強度の Spatial auto-correlation 関数の性質について。図-1, 2は、日本のある地方で実施された土質試験の結果を整理したもので、深さ方向の分布を示している。ただし、計測された C_u は深さ方向に漸増しており、地盤(A), (B)については直線回帰を求めると次式となった。

$$\left. \begin{array}{l} A: \bar{C}_u = 0.013 z + 0.383 \\ B: \bar{C}_u = 0.011 z + 0.570 \end{array} \right\} \quad \text{---(1)}$$

ところで、実際の C_u 値は、それぞれ(1)式のまわりに分布している。現在、筆者らの知りたのは、この分布特性である。いま $C_u = \bar{C}_u + u(z)$, $u(z)$ はランダム変数と考えると C_u の自己相関は、ランダム変数 $u(z)$ によって特徴づけられる。その意味から図-1, 2は $u(z)$ の z 方向分布を示してある。この地盤は、いずれも正規圧密粘土地盤で、 C_u の地盤全体における頻度分布は正規分布に従うことが確認されている。さて、これらの地盤の C_u に関する自己相関関数 (spatial auto-correlation function) を $r(z)$ とすると、定常性を仮定すると $r(z)$ は次式で与えられることが明らかになった。

$$r(z) = \sigma^2 \exp(-a \|z\|), \quad (\sigma^2 \text{ は全体の分散}) \quad \text{---(2)}$$

図-3, 4は図1, 2から求めた $r(z)$ 値と、それから推定される a を(2)式に代入して求めた関数値を示したもので実線は実値、点線は計算値である。ここに示すデータは筆者らが検討したデータ(8ヶ所)の一部である。これらの検討の結果より、以下の事実が判明した。i) 相関の認められなくなる z の値は、深さ方向への強度の変化率に影響されず強度の平均値そのものによるものと考えられる。強度の平均値が大になるに従って相関性の認められる範囲は大きくなってゆく。ii) 相関の認められなくなる z の大きさは大部分が 1.0m ~ 6.0m である。iii) 関数形における係数 a は、地盤によってそれ程の変動は認められなかった。iv) 水平方向全体について相関係数は1とみなせる。

3. S.A.C を考えたときの破壊確率について。従来、確率論的に土材料を取り扱ってきた研究でも Spatial autocorrelation まで与めた解析を行なったものはなかった。そこで本章では実際にどのような影響を持ち得るかを検討した。以下盛土の急速載荷を例にとって検討した

結果を述べる。ある円弧すべり面の中心、半径 (X_0, Y_0, R) を固定すると その面上の破壊確率は次のように定義される。

μ_c, σ_c^2 ; 強度の平均値, 分散。 L ; 円弧すべり面の全長。 dL_1, dL_2 ; すべり線の微素。
 S^* ; すべり線に沿う微素あたりのせん断力。とすると

$$P_F = 0.5 - 0.5 \operatorname{ERF}(K/\sqrt{2}) \quad \operatorname{ERF} \text{ : 誤差関数}$$

$$K(\mu_c, \sigma_c^2, r(z), S^*) = (F_s - 1) / \sqrt{(F_s \cdot \bar{F}_s / L \sigma_c^2)^2 \iint_L r(z) dL_1 dL_2}, \quad F_s = \mu/S^* \quad (3)$$

(3)式において $r(z)$ の関係する項が、どの程度 P_F に影響を及ぼすかが問題である。計算結果より $r(z)$ の係数 α の大小に $\iint_L r(z) dL_1 dL_2$ は、それ程影響されないことになった。ところで、 K の分母は一般に均質な層をすべり面が横切る回数と層と層の間の強度の相関の影響を表す項に分離できるが、層の間の相関を考慮しない以前よりシミュレーションの結果と比較すると、 P_F 値はほとんど変わらないことになった。このことから以前に発表したシミュレーションの妥当性主張できるが、(3)式を用いると数値積分が可能であるので、 $r(z)$ の関数形を知ることが工学的に非常に有用である。しかし、これはあくまでも定常性を仮定してからのからで、非定常な地盤においては影響の増大が予想される。

4. おわりに 前章より S.A.C. の係数の大小は破壊確率にさほど影響を与えないようである。しかし非定常な地盤における影響についての解析は不充分で更なる研究が必要であろう。なお S.A.C. 関数を正しく知る事は安定解析のためだけでなく sampling の方法にも示唆を与えるであろうし、地盤の形成状況を知る上で有用ではないかと思われる。更に地盤内の強度の変動特性をスペクトル分析によって知る上での糸口になるものと思われる。

参考文献 1) 松尾 黒田 (円弧すべり面の位置的破壊確率について) 29 回年次学術講演会
 2) 黒田 松尾 (不均質地盤上の盤上破壊確立について) 29 回年次学術講演会
 3) 黒田, 浅岡, 松尾 (不均質地盤の確率論的取り扱いに関する一考察) 49 年度関西支部年次学術講演会

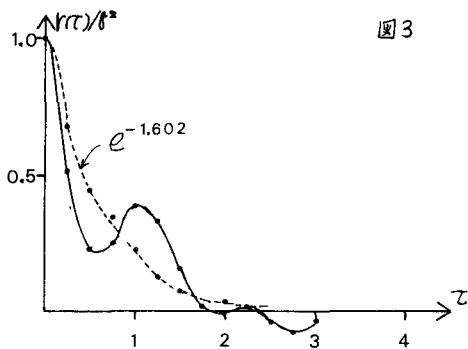


図3

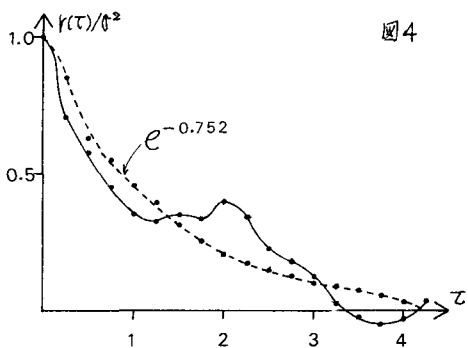


図4

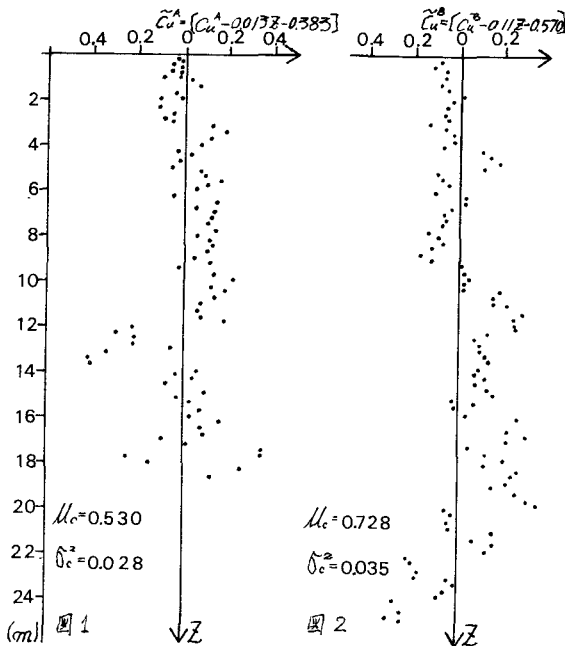


図1

図2