

サウンディング試験と物理探査の合成による河川堤防の強度分布推定 Estimation of strength distribution at river embankment with use of sounding test and geophysical exploration method

○植田起也*, 西村伸一*, 今出和成*, 柴田俊文*, 珠玖隆行*

○Tatsuya UETA, Shin-ichi NISHIMURA, Kazunari IMAIDE, Toshifumi SHIBATA and Takayuki SHUKU

1. はじめに 河川堤防の防災上、内部の弱部の存在を推定することは重要である。そのための簡便な手法として、物理探査とサウンディング試験が考えられる。そこで、今回は予備試験として物理探査を行い、その情報をもとにサウンディング試験を行った。本研究では、サウンディング手法として、電気式 3 成分コーン貫入試験 (CPT)¹⁾、物理探査手法としては地盤強度との相関が良い表面波探査 (SWM)²⁾ を実施した。これら二つの結果を地質統計学手法の一つであるインディケータ・シミュレーション (IS)³⁾ を用いて合成した。IS は主データと補助データを用いることができ、今回は CPT 結果を主データ、SWM 結果を補助データとして使用した。本研究では CPT 試験より得られる換算 N 値、 N_c 値と、SWM 結果の S 波速度、 V_s からの換算 N 値、 N_{Vs} から、標準貫入試験の N 値、 N_{SPT} 値を推定する。本研究の特色として、この際生じる換算誤差を詳細に考慮している。最終的に、N 値が 5 を下回る確率の空間分布から地盤内の低強度領域を明らかにする。

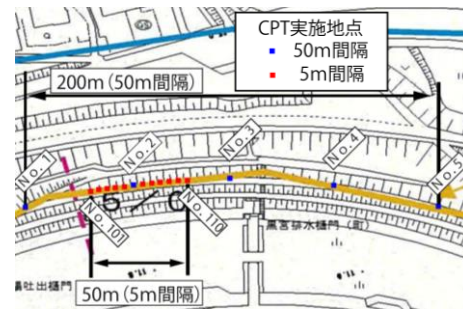


図-1 現地調査概要

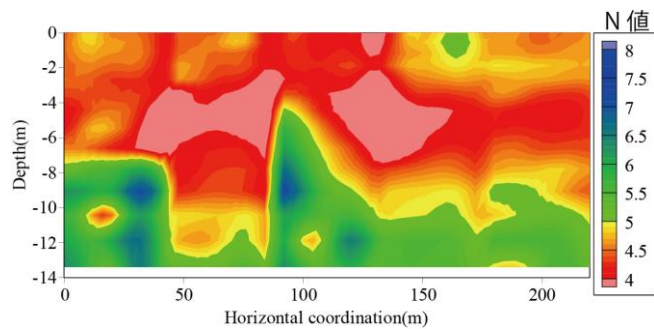


図-2 換算 N 値空間分布

2. 調査概要 本研究では、河川堤防において CPT 試験と SWM を実施した。その概要は図-1 に示した通りである。SWM に関しては調査区間全体の 200m を試験した。図-2 に示すように、 $x=50\sim 80$ m 付近は比較的深部まで軟弱であることがわかる。この結果より、 $x=30\sim 100$ m の区間で 5m 間隔の CPT 試験を行った。また、CPT 試験に関しては、全体 200m の調査区間を堤防縦断面方向に 50m 間隔の低密度区間と先述した 5m 間隔の高密度区間に分けて実施した。CPT 結果より、深度 10m より深い領域は安定した層であることが分かった。

3. インディケータ・シミュレーション

換算誤差の考慮 N_{SPT} と N_c の相関関係については図-3 に示してあり、換算式は式(1)で定義される。ここで、 ε は $N(0,1)$ の標準正規乱数であり、換算誤差を考慮している。

$$N_{SPT} = N_c(1 + 0.62 \cdot \varepsilon) \quad (1)$$

*岡山大学大学院環境生命科学研究科, Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University
キーワード:

図-4 に $\log N_{SPT}$ と $\log V_s$ の相関関係とその標準偏差（上下の赤線）が示されている。その回帰式に誤差項を加え、式(2)を作成している。

$$N_{Vs} = V_s^{1.403} \times 10^{(\sigma_{Vs} \cdot e^{-2.537})} \quad (\sigma_{Vs} = 0.2437) \quad (2)$$

上記の式を用いて、シミュレーションを 300 回繰り返した結果を図-5, 6 に示している。前者は補助データを用いたものであり、後者は CPT 結果のみに基づいたものである。また、図は、それぞれ、N 値の期待値分布、標準偏差、N 値が 5 を下回る確率の分布を示している。これらと比較してみると、 $x=30\sim 100\text{m}$ 、深度 $z=2\sim 6\text{m}$ 付近は、CPT 結果の密度が高く、ソフトデータを用いない方が確信度は高いと思われる。一方で、CPT 試験の密度が小さい $x=100\sim 200\text{m}$ 付近では補助データを用いない場合、標準偏差が非常に大きくなっているため、この区間では補助データが有効に働いていることが分かる。また、確率の図を見ても、 $x=30\sim 100\text{m}$ 、深度 $z=2\sim 6\text{m}$ 付近は N 値が低い確率が非常に高い。

4. まとめ 本研究では CPT 試験結果と SWM 結果を地質統計学手法の IS により合成し、N 値が 5 を下回る確率の空間分布を求めた。シミュレーション結果より、地盤の低強度領域を推定することができた。また、サウンディング試験の密度が低い箇所では補助データが有効に働くことも確認できた。

参考文献 1)地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp.366-398，2013。

2)林 宏一：表面波を用いた地下浅層部の探査，非破壊探査，Vol.53, No.5, pp.254-259, 2004。

3)Deutsch, C. V. and Journel, A. G.: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 1992。

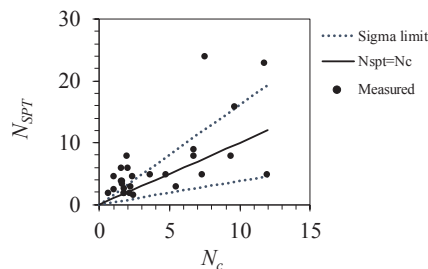


図-3 $N_{SPT}-N_c$ の関係

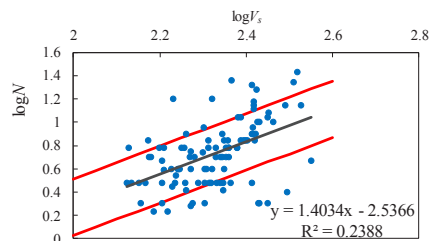


図-4 $\log N_{SPT}-\log V_s$ の関係

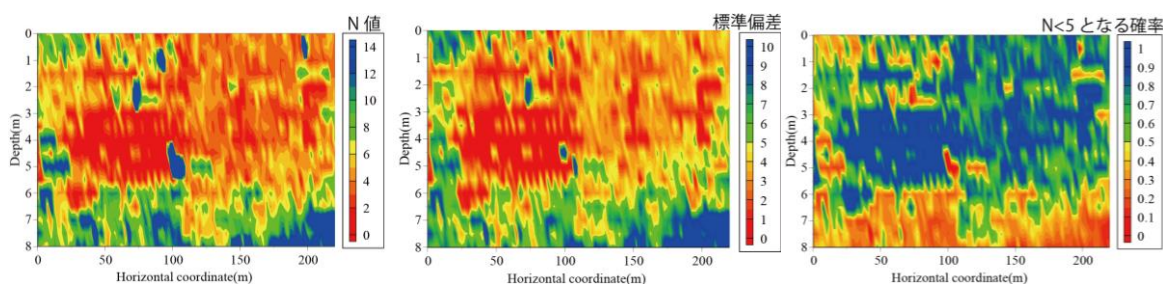


図-4 IS 結果 (CPT+SWM)

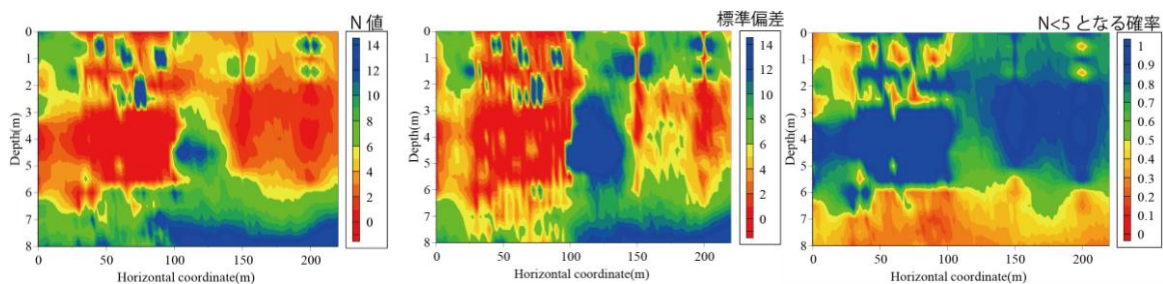


図-5 IS 結果 (CPT のみ)

*岡山大学大学院環境生命科学研究科，Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University
キーワード：