

サウンディング試験を用いた堤防盛土内の可視化

動的貫入試験 貫入抵抗波形

中部大学工学部 国際会員 ○杉井俊夫
 中部大学大学院 学生会員 寺西剣悟
 春日井市役所 非会員 森 瑞樹
 トーチコンサルタン(株) 非会員 金森 峻汰

1. まえがき

堤防盛土内の構造は知られていないことが多い。また、ボーリング調査ではコストの面などが課題となる。また、堤防延長方向においては表面波などを使用できることがあるが、横断面には非常にコストがかかるなどの課題がある。本研究、表層すべり層の調査に用いられるSH型貫入試験を用いて堤体の構造物性を評価することを目的としている。容易な試験なので、一度に複数の地点で調査が可能であり、細かいデータを記録できるため使い勝手が良い。また、調査らはその貫入抵抗波形から物性値を推定し、断面を評価することを行ってきた。本法は、庄内川右岸堤防で調査した結果を報告する。

2. SH型貫入試験概要¹⁾²⁾

SH型貫入試験は動的サウンディング試験の1つで、簡易動的コーン貫入試験と長谷川式土壌貫入計の特徴を活かした試験である。3kg及び5kgの重錘を50cmの高さから落下させ、先端の貫入コーンを地盤に貫入し、1打撃毎の貫入量をデータロガーで測定する。これから10cm貫入させるための打撃回数に換算した貫入抵抗値 $Nd' / drop$ 値 (式(1)) と $Nd / drop$ 値 (式(2))を求め、地盤の硬軟を判断する。

$$Nd' / drop \text{ 値} = \frac{100}{3\text{kgハンマー1打撃における貫入量}} \text{ (mm)} \quad (1)$$

$$Nd / drop \text{ 値} = \frac{100}{5\text{kgハンマー1打撃における貫入量}} \text{ (mm)} \quad (2)$$

3. SH型貫入波形

(1)堤防の既存データとの比較

□図2には、堤防24.4kmのSH型貫入試験結果の波形を示す。なお、この地点では、2m程度離れた地点で国土交通省により既存のボーリング調査が行われており、土質試験および土質質分類を合わせて示した。なお、推定層境界とは、SH型貫入試験の抵抗波形の地表面からの変動係数の2乗が減少から増加する転換点である深さ(黄色矢印)をもとに表しているが、深さ400cmでは若干ずれているようであるが概ね一致していることがわかる。

(2)ボーリングデータからの粒度分布

図3に、4ポイントから得られている粒度分布を示す。いずれも砂であるが、200-250cmの3P-2での砂が最も細かく、3-P1(深度150cm)、3-S3、3-P4と続く。

(3)波形解析

貫入抵抗の波形から、これまでの研究で粒径が大きくなるほど、その波形の波長が短くなるが室内、現場で得られてきたことから、砂についても検討を行った。

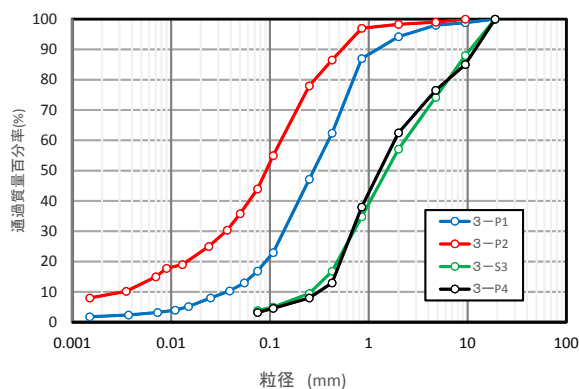


図3 4つの深度での粒度分布

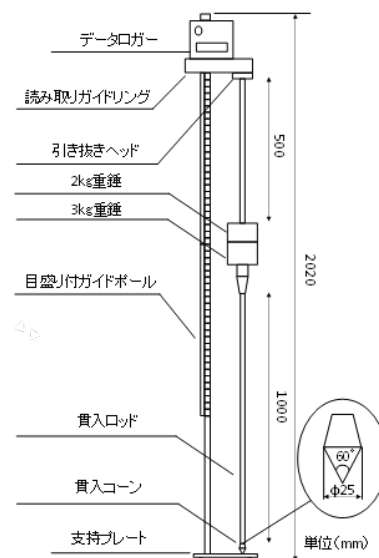


図1 SH型貫入試験機¹⁾

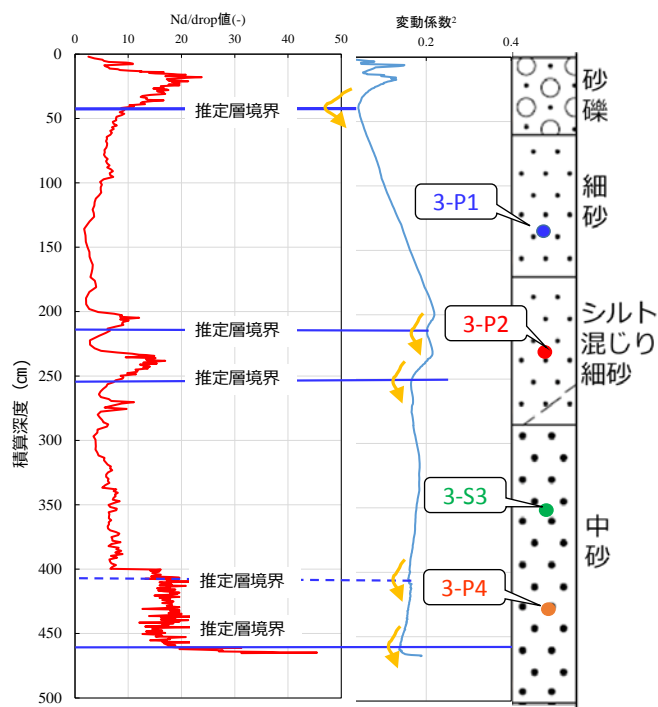


図2 堤防のり面での層の推定境界および試験データポイント

図4に、波形の細かな波形を解析するために、計測される抵抗波形からその移動平均を差し引いた波形のスペクトル解析を行った結果を示す。粒径の細かいものほど波数（周波数）が低い値が卓越しており、粒径が大きなものほど右側、高周波的な傾向を示していることがわかる。周波数が高いということは波長が短く、波形の形が変動し、逆に周波数が低いということは波長が長く、粘土、シルトのように波形の変動が顕著でないことを示すと考えられる。図4では、周波数特性から粒径の大きさなどを今後推定することを検討する必要がある。この図では、比較しにくいいため、累積スペクトルで検討したのが図5である。こちらの図は、低周波数からスペクトルを累積したもので、その傾きが大きいものほど低周波数が卓越していると判断できる。ここでは、粒径が大きくなるほど勾配が緩やかになり高周波が卓越していることがわかる。なお、図3の粒度分布を見ると3-S3と3-P4はほぼ同じ粒径であるが、若干の違いが認められる。これは、図2の波形結果で推定層境界が異なるように土質分類と貫入試験場所の土質が異なっていたものではないかと考察する。

4. SH 貫入試験を用いた地盤の可視化

SH型貫入試験は細かいmm単位の深さでの硬軟を計測することができることや、試験が容易であることから細かく実施することで地盤の可視化が可能である。今回は、図6に示すような堤体盛土について実施した。

図7からわかるように、天端下や小段などの平らな部分では締固めが十分にされており硬いが、のり面においては施工時の締固めや材料によるものと考えられるが軟らかい部分があることも明らかとなった。

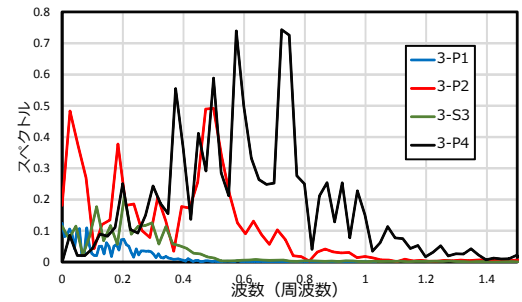


図4 スペクトル解析結果

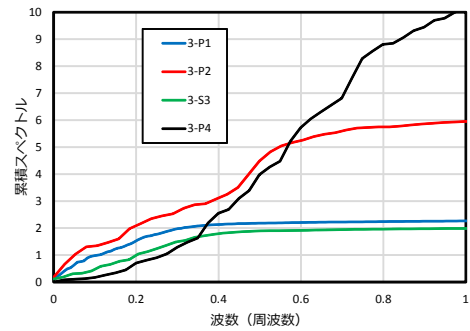


図5 累積スペクトル図

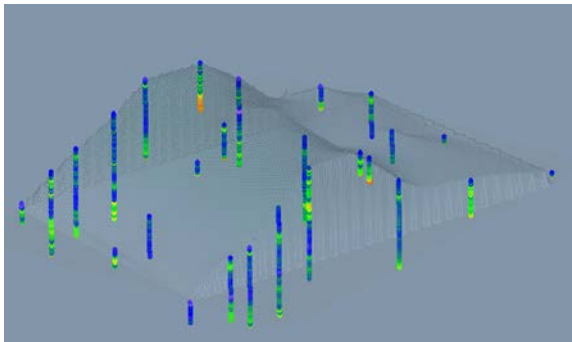


図6 堤体盛土の試験結果

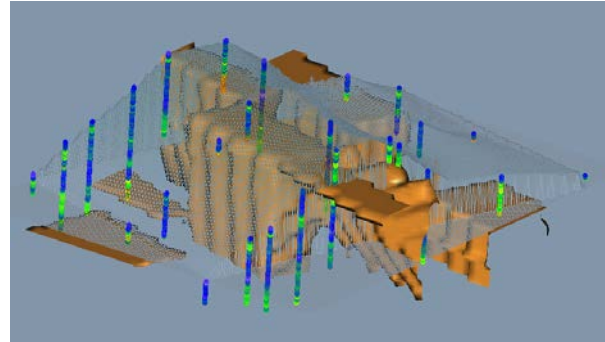


図7 Nd/drop 値 25 以上の可視化

さらに、図8には、3つの横断面の1つの硬軟のコンターマップ (25km+5m) を示した。白い点はSH貫入試験での貫入深さの点を示し、疎であるほど柔らかいことがいえる。

今回、SH型貫入試験は5mまでの深度しか測れないことやN値50以上は測れないが、複数個所の実施が可能であること、細かい深さの解像度のデータが得られることから堤防での弱部の発見に有用であると考えられる。

5. おわりに

SH型貫入試験は、容易に細かいデータを採ることが可能であり、3. で示したようにサンプリングせずに境界層の推定、粒度等の情報を得ることが期待でき、今後、室内および原位置でのデータの蓄積を行っていくよていである。

最後に、本研究は、国土交通省地域課題研究の補助を受け、今回、堤防調査およびデータの提供で庄内川河川事務所の皆様にご協力いただいた。ここに、記するとともに感謝申し上げる次第である。

【参考文献】

- 1) 表土層調査技術研究会：SH型貫入試験技術・調査基準同解説，2016.
- 2) 杉井俊夫・余川弘至・浅野憲雄・杉本雄奎・酒井駿：貫入抵抗値の波形解析による地盤調査の試み，第51回地盤工学研究発表会，No. 93，pp. 185-186，2016.
- 3) 杉井俊夫・余川弘至・浅野憲雄・鈴木 光・武藤 悠平：SH型貫入試験の波形データと粒度との関係，土木学会年次学術講演会，III，2017.

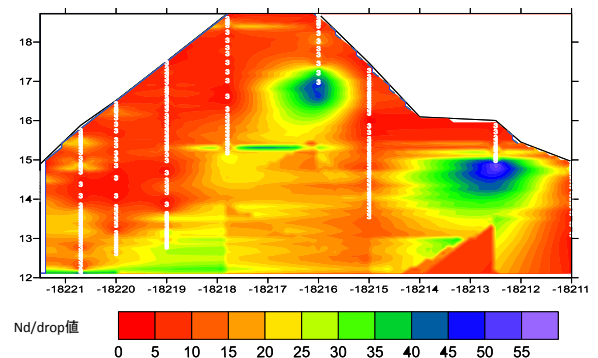


図8 25km+5m断面で硬軟コンターマップ