

汎用建設機械を用いた土の強度に関する実務的簡易推定手法の開発 (その2)

長崎大学大学院 学○後田一実 正 杉本知史
長崎大学大学院 学 辻 大志 学 田中利典

1. はじめに

道路等の建設現場において、切土掘削中に法面崩壊が発生することがある。特に中小規模の現場においては、土質に関する事前調査が必ずしも十分に行われていないことから、大規模な現場と比べ労働災害が発生しやすい環境下にあるといわれている¹⁾。そのため、経済性や工期の面で実施が見送られがちな標準貫入試験に代わる、簡易で逐次土質の状況を推定することができる手法の開発が期待される。一方北本らは、油圧源として利用できる汎用重機へ土砂地盤の物性評価に多用されるコーン貫入試験装置を搭載し、N値や一軸圧縮強さなどと相関性のあるコーンの貫入抵抗を迅速かつ安全に評価することのできるシステムを開発した²⁾。このように汎用の建設機械を用いて、土の強度を推定することは、中小規模の現場においても実現の可能性が高いものと考えられる。そこで本研究では、広く普及しているバックホウを用いた土の強度推定に関する手法の開発を目指し、バックホウの油圧変動とサウンディング試験の貫入抵抗値、土の粘着力 c の関係を明らかにする。

2. 実験概要

2. 1 汎用建設機械を用いた土の強度の簡易推定手法の概要

著者らの既往の研究において、図-1に示すように、地盤表面から深さ1m程度のトレンチを掘削後、バックホウのバケットのみを回転させトレンチ肩部を掘削し、その際のバケットシリンダーの油圧変動を、圧力計により計測する手法を提案している³⁾。本報告においても、同様の手法で実験を行っている。

2. 2 対象フィールドの概要

フィールドA・Bともに長崎県内に位置し、フィールドAは主に火山灰質粘性土、フィールドBは沖積粘土で構成され、相対的に大きく異なる粒度分布を示した。それぞれのフィールドでは、JIS A 1221で規定されるスウェーデン式サウンディング試験により、表層地盤の貫入抵抗を測定した。図-2に、貫入量1m当たりの半回転数 N_{SW} と深さとの関係を示す。さらに N_{SW} を標準貫入試験のN値に換算したところ、フィールドAでは4~11で一部15と20程度の値を、フィールドBでは2前後の値をそれぞれ示した。なお、上述したバックホウは、フィールドAではコマツ製PC200、バケット容量0.80m³、フィールドBではコマツ製PC78、バケット容量0.28m³をそれぞれ使用した。

2. 3 原位置一面せん断試験機の概要

山口らが開発した電動モーターを用いた原位置一面せん断試験機⁴⁾を用いて、対象フィールド内の表層地盤の粘着力 c ならびに内部摩擦角 ϕ を明らかにした。せん断試験の条件として、垂直応力 σ を一定とし、供試体に対し1mm/minの水平変位を与える。これを、3段階の異なる垂直応力で実験を行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 サウンディング試験から推定されるN値と粘着力 c との関係

原位置一面せん断試験より得られる土質定数は粘着力 c と内部摩擦角 ϕ が得られるが、一般に切土法面の表層部において崩壊が



図-1 土の強度の簡易推定手法のイメージ

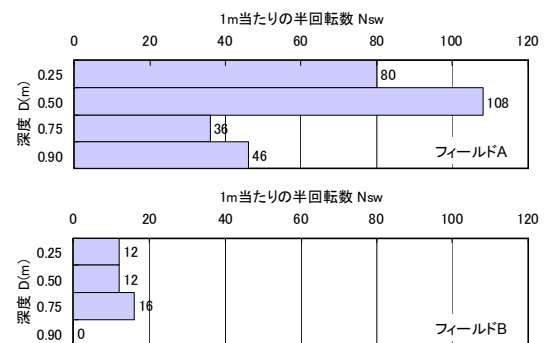
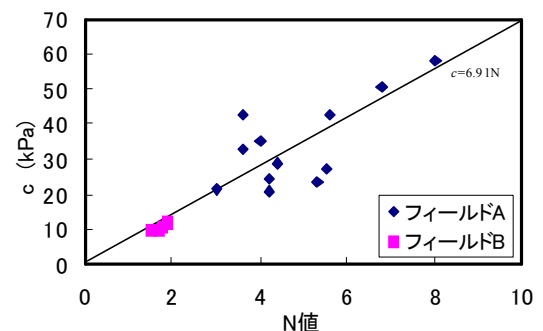


図-2 サウンディング試験結果

図-3 N値と粘着力 c との関係

キーワード 建設機械、油圧、土の粘着力、N値、簡易推定法

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科 TEL 095-819-2618

生ずることが多いとされる。モール・クーロンの破壊規準 $\tau = c + \sigma \tan \phi$ においては、 $\sigma \tan \phi$ の項は $\sigma = \gamma z$ において $z \neq 0$ とすると無視できることから、 $\tau \approx c$ とみなすことができる。従って本研究においては、粘着力 c のみに着目し、N 値ならびにバケットシリンダーの油圧 P_B の関係について考察する。

図-3 は、サウンディング試験の結果から推定される N 値と、原位置一面せん断試験から得られる c との関係を示す。N_{SW} 値から換算しているため、ここで示す N 値の信頼性は必ずしも高いとはいえないものの、異なるフィールド間においても概ね c との間に線形な関係が見出せる。

3. 2 バケットによる掘削時の油圧 P_B の変動について

図-4 に、バックホウによるトレンチ肩部掘削時の、バケット回転角とバケットシリンダーの油圧 P_B (MPa) との関係の一例を示す。バケット回転時は操作レバーを一定状態に保ち続けているが、グラフから明らかなように回転当初は、 P_B は上昇し続けるものの、肩部に亀裂が生じバケット開口幅相当の分離土塊が形成されるとほぼ同時にピーク値に達することが撮影した動画により確認された。これより、 P_B の最大値を土塊のピークせん断強度に相当する値と位置付け、以下、油圧最大値 P_{Bmax} (MPa) と N 値ならびに強度定数との関係について考察する。

3. 3 N 値と P_{Bmax} との関係

図-5 に、N 値と P_{Bmax} との関係を示す。対象フィールド A の土質は、N 値で 5~10 程度の値を、対象フィールド B の土質は 2 前後の値をそれぞれ示していたことから、この範囲にデータが多く集中しているが、概ね油圧と N 値との間には線形的な関係を見出すことができる。今回の結果においては、 $P_{Bmax} = 1.35N$ の近似式が得られた。これより、土質が異なっても両者の間には、一定の関係が存在するものと考えられる。

3. 4 粘着力 c と P_{Bmax} との関係

図-6 に、粘着力 c と P_{Bmax} との関係を示す。N 値- P_{Bmax} 関係の図-5 に対してプロット数が少ない理由は、スウェーデン式サウンディング試験の実施箇所数に対し、原位置一面せん断試験の実施箇所数が少ないためである。N 値と同様、 c に関しても P_{Bmax} との間に線形的な関係を見出すことができる。今回の結果においては、 $c = 2.40P_{Bmax}$ の近似式が得られた。この関係から、バックホウを用いて土の粘着力 c を推定することが可能であるものと考えられる。

4. おわりに

本報において、N 値とバケットシリンダーの油圧最大値 P_{Bmax} 、粘着力 c と油圧最大値 P_{Bmax} との関係を明らかにした。今後は N 値の 15~25 の現場でのデータ収集が望まれるとともに、バックホウのメーカー、機種間の違いやバケット容量、形状の影響について検討する必要がある。

謝 辞：本研究は（社）日本建設機械化協会より研究助成を受けて実施いたしました。また、長崎県農林技術開発センター、（株）山開産商、コマツ西日本（株）泉氏にご協力頂いたことに、謝意を申し上げます。

【参考文献】1)伊藤ら：切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害の調査・分析、労働安全衛生研究所特別研究報告 No.35、pp.7-18、2007。2)北本ら：未固結地山のトンネル切羽における土質評価手法、土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集、pp.614-615、2001。3)後田ら：汎用建設機械を用いた土の強度に関する実務的簡易推定手法の開発を目指した基礎的研究、土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集、pp.359-360、2009。4)山口ら：飽和度の変化に基づく土の強度定数の変化に関する実験的評価、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.463-464、2010。

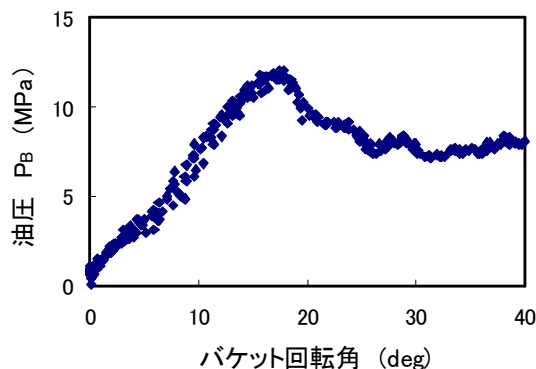


図-4 バケット回転時の油圧変化の一例

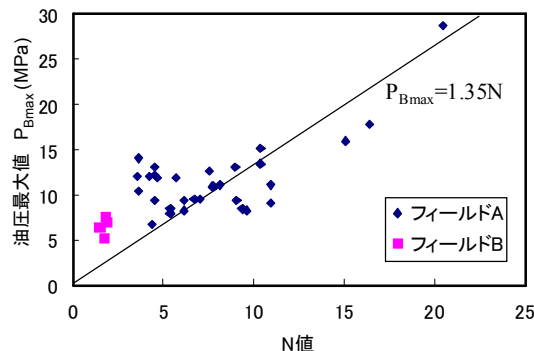


図-5 N 値と油圧最大値 P_{Bmax} との関係

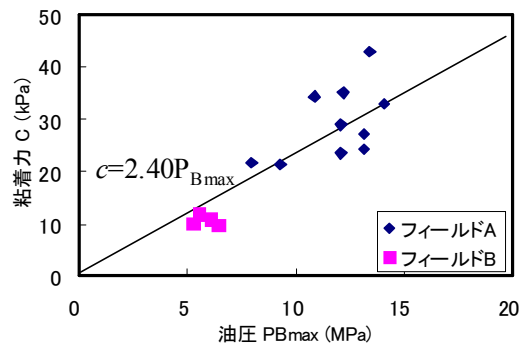


図-6 P_{Bmax} と c との関係