

掘削溝の安定性に及ぼす建設機械荷重の影響評価

(独)産業安全研究所 正会員 Tamrakar Surendra Bahadur, 豊澤康男, 伊藤和也
中国海洋大学 正会員 楊俊傑

1. はじめに

掘削工事において掘削近接部に建設機械などの重量物が土砂崩壊災害や建設機械の転倒被害の原因となっていることが多い。そのため、掘削に伴う掘削溝の変形および崩壊挙動を検討する際に図-1に示すような建設機械による上載荷重の影響を考慮する必要がある。本研究では、掘削に伴う掘削溝の安定性に与える斜面から機械荷重の距離と安定斜面の高さの関係について検討した遠心場掘削実験¹⁾の結果と速度場法により求めた地盤の破壊メカニズムに基づいて得られた計算結果を比べた。

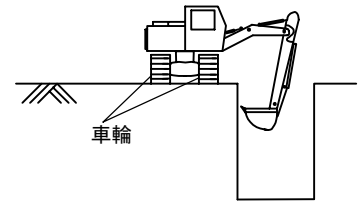
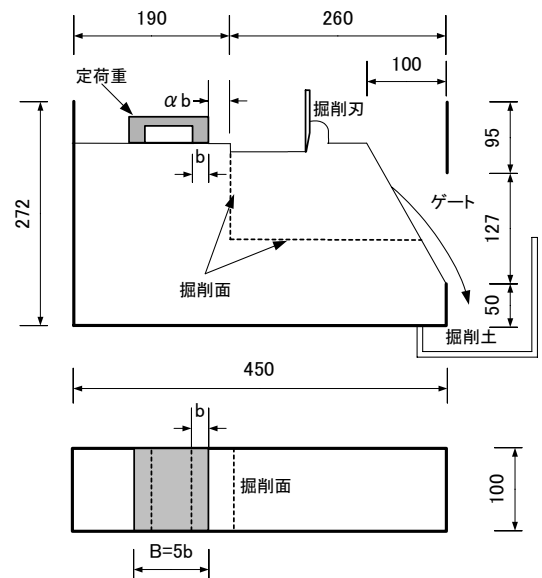


図-1 建設機械による掘削の模式図

2. 遠心模型実験¹⁾

掘削機による荷重をモデル化するために、ショベル系掘削機を対象として車輪幅 $b=20\text{mm}$ とした(図-2)。模型地盤は砂地盤と関東ローム地盤の2種類である。遠心加速度は $30G$ 一定加速度場にて行っている。砂地盤は気乾状態の豊浦砂を相対密度 $Dr=78\%$ となるように空中落下法により作製した。なお、すべり面を観察するために深さ方向に 10mm 間隔で色砂(墨により着色した豊浦砂)を 5mm の厚さで水平に入れた。その後、地盤を水浸させることにより見かけの粘着力を持たせ、その後遠心場において含水比が一定となるまで脱水した。なお、地盤の湿潤密度は 1.62g/cm^3 であった。関東ローム地盤は 2mm のふるいにて裏ごしした試料を用い、ペロフラムシリンダーにより 49.1kPa の圧縮圧力で締め固めて深さ方向に対して一様な強度を有する地盤を作製した。一層目は 50mm とし、その後 7.5mm 間隔となるように試料を調整し、層毎にパウダー状のカオリンを薄く撒いた。模型地盤の湿潤密度は 0.928g/cm^3 であった。なお、別途行った一軸圧縮試験より関東ローム地盤の一軸圧縮強度は 10.0kPa であった。

図-2 遠心場における掘削実験模式図¹⁾

3. 破壊メカニズムと可容速度場の設定

前章の実験結果から図-3に示すような破壊メカニズムを仮定し、可容速度場を設定する。直線 BC は日下部の破壊メカニズム²⁾と同様、鉛直直線とするが、簡単かつ BC と C で滑らかに接させるために、 OCD を極が掘削面の直線上にある対数らせん線とする。また、掘削深さ H が最小となるように対数らせんの初期動径 r_0 を最小化パラメーターとする。

可容速度場の連続条件は次の通りである。

$$V_1 = V_0 / \cos \phi \quad (1)$$

$$V_2 = V_1 \exp[(\pi/2 - \phi) \tan \phi] = V_0 / \cos \phi \exp[(\pi/2 - \phi) \tan \phi] \quad (2)$$

上界値計算

全内部仕事は速度の不連続線である直線 BC と対数らせん線 OCD での内部消散となり、次のように算定される。

$$E_{total} = E_{BC} + 2E_r = cV_0 \left\{ H - r_0 \exp[(\pi/2 - \phi) \tan \phi] + r_0 \sin \phi \right\} + cV_0 r_0 / \sin \phi \left\{ \exp[(\pi - 2\phi) \tan \phi] - 1 \right\} \quad (3)$$

一方、全外力仕事は次式のように定荷重による仕事 $W_q (=qaV_0)$ と土塊自重による仕事 ($W_{ABCO} + W_{OCD}$) の和と

キーワード 掘削, 上界値計算, 遠心模型実験, 建設機械, 安全

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 (独) 産業安全研究所 TEL 0424-91-4512

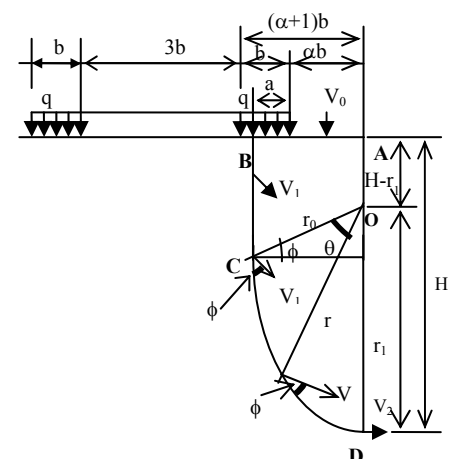


図-3 破壊メカニズム

なる.

$$W_{total} = W_q + W_{ABCO} + W_{OCD}$$

$$= qaV_0 + \gamma V_0 r_0 \cos \phi \left\{ H - r_0 \exp \left[\left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right] + \frac{1}{2} r_0 \sin \phi \right\} + \frac{1}{2} \gamma V_0 r_0^2 \frac{1}{\cos \phi} \frac{\exp \left[3 \left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right] - 4 \sin \phi}{1 + 9 \tan^2 \phi} \quad (4)$$

ここで、 a は図-3 に示すように定荷重 q の分布範囲内にすべり面が来たとき、すべり面の内側に作用する分布荷重分の幅である。すなわち、すべり面の内側に作用する定荷重分のみを考慮することになる。したがって、 a については次式のように用いられる。 r_0 は上界値計算により定められてから、式(5)による再チェックが必要となる。

$$a = \begin{cases} 0 & : r_0 \cos \phi < ab \quad (\text{case 1}) \\ r_0 \cos \phi - ab & : ab \leq r_0 \cos \phi \leq (\alpha + 1)b \quad (\text{case 2}) \\ b & : (\alpha + 1)b < r_0 \cos \phi \quad (\text{case 3}) \end{cases} \quad (5)$$

式(3)と式(4)から H について整理すると、次式のような7つのパラメーターにより表記することが出来る。

$$H = \dots = f(c, \phi, \gamma, q, b, \alpha, r_0) \quad (6)$$

式(6)において、 r_0 について微分し、 H の最小値とそのときの r_0 を求める。 r_0 は式(5)によるチェックを行い、式(5)を満足した場合、 r_0 が決定され、そしてこの r_0 に対応する H が掘削深さとされる。

表-1 計算に用いたパラメーター

	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	粘着力 c (kPa)
砂地盤	40	5
関東ローム地盤	10	10

4. 実験結果と破壊メカニズムからの計算結果の比較

ここで、計算例として case 2 の条件における計算結果と実験結果を比較する。各地盤のパラメーターは既往の研究を参考に表-1 に示すように設定した。なお、砂地盤の結果では、破壊形状観察のために用いた色砂の影響により通常地盤と比べて強度が低くなったことを確認したため、内部摩擦角を低く設定している。各地盤での上界値計算結果と実験結果の比較を図-4 に示す。両図から、本推定による破壊メカニズムから得られた結果と実験から得られた結果は良く一致していることが分かる。図-4(ii)に示すように豊浦砂地盤においては、計算値と比べて遠心模型実験結果では法肩からの距離 α が大きくなると自立する掘削深さが浅くなる。これは、実験においては地盤内における亀裂など不連続面の発生の影響が大きいと考えられる。

5. まとめ

建設機械の帯状定荷重が掘削溝直近の地盤に作用した場合の安定性を評価するため遠心場において掘削実験を行うとともに、直線と対数らせんの複合すべり面を仮定して速度場法による上界値計算を行った。その結果、本推定による破壊メカニズムから得られた結果は実験結果をよく表現していることが示された。

参考文献

- 1) 豊澤・楊・堀井: 掘削溝の安定性に及ぼす建設機械荷重の影響に関する遠心模型実験 第38回地盤工学研究発表会, 2002 (投稿中)
- 2) Kusakabe, O.: Stability of excavations in soft clay, Ph. D thesis, Cambridge University, 1982.

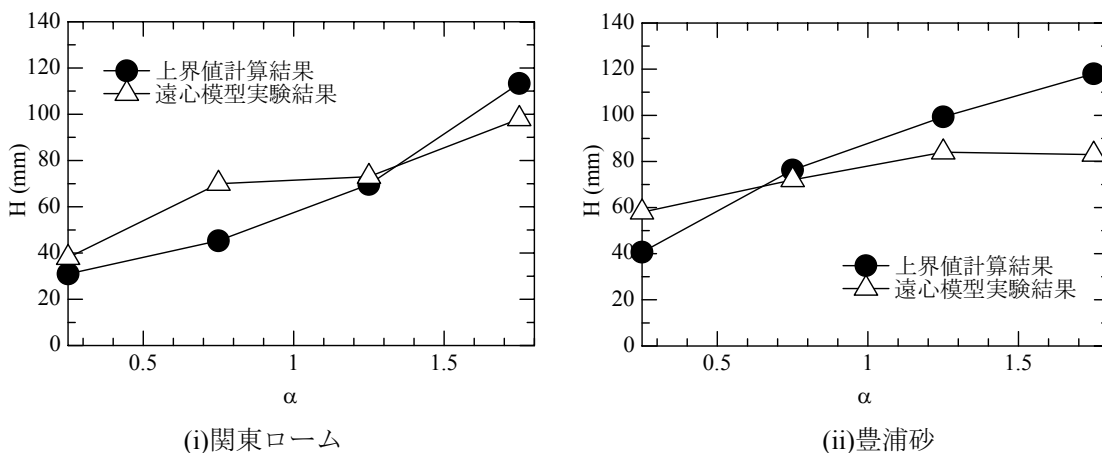


図-4 掘削深さ H と α の関係