

ため池における N 値を用いた内部摩擦角の推定式の適用性の検討  
 Evaluation of the Applicability of an Estimation Formula  
 for the Internal Friction Angle Using N-Values in Small Earth Dams

○内藤 唯\*\*\*, 岡島 賢治\*\*  
 ○NAITO Yui, OKAJIMA Kenji

### 1. はじめに

ため池堤体の耐震照査や耐震設計では,三軸圧縮試験による内部摩擦角の実測が不可欠だが,コストや手間が課題となる. 実務では N 値を用いた推定式が広く利用されるものの,ため池材料への適用性は議論されていない. 本研究では,推定式の根拠整理と実測値比較により妥当性を検討する.

### 2. 実務における使用例

土地改良事業設計指針「ため池整備」P57<sup>1)</sup>には,N 値を用いた砂質土の内部摩擦角の各種推定式が示されている. 工学的分類法(日本統一分類法)の大分類では,粗粒分が 50%以上かつ礫分 > 砂分の場合に礫質土, 矿分  $\leq$  砂分の場合に砂質土, 細粒分が 50%以上の場合に粘性土といい, いずれも礫分を含む可能性がある.N 値は礫分を含むと大きくなる傾向があるとされており, 推定値が過大になる恐れがある<sup>2)</sup>.

### 3. 推定式の根拠整理

土地改良事業設計指針「ため池整備」<sup>1)</sup>に推定式の引用元は記載されていないが, 地盤調査法(1995 年)の P201[図-6.2.6 砂の内部摩擦角  $\phi$  と N 値の関係]<sup>3)</sup>が出典と推定される. 文献調査により各種推定式が作成された根拠を整理した.

その結果,多くの式で N 値と内部摩擦角の算出根拠やその試験方法やサンプリング場所等に関する記述がない,N 値から内部摩擦角を推定しているが砂質土には礫分が含まれる可能性がある(過大な内部摩擦角を推定する可能性がある)ことがわかった. 以上より,N 値による各種推定式を用いてため池堤体盛土や基礎地盤の内部摩擦角を推定することは多くの課題があるといえる.

### 4. 実測値比較

#### 4. 1 使用する実測値について

愛知県尾張地方のため池の土質データ(ため池 108 か所分, 193 個の盛土データ, 80 個の基礎地盤(現況地盤))を用いて,N 値を用いた各種推定式と三軸圧縮試験による実測値(有効応力及び全応力)の比較を行った. 実測値は, 砂質土の 2 データのみ CD 試験, その他は CU 試験による三軸圧縮試験データである.

本研究では,N 値および内部摩擦角(有効応力及び全応力)に対する土質(砂質土/粘性土/礫質土)及び分類(基礎地盤/盛土)の影響を同時に評価するため, 多変量分散分析(MANOVA)を実施した. 多変量分散分析の結果から, 内部摩擦角(有効応力)は, 土質によって有意差があり異なることが示された一方で, その平均値はいずれの土質においてもおよそ 34°程度であり, 数値的なばらつきは比較的小さい結果となった.

---

\*若鈴コンサルタンツ株式会社(Wakasuzu Consultants Co., Ltd.), \*\*三重大学大学院生物資源学研究科(Graduate School of Bioresources, Mie University) キーワード: ため池, N 値, 内部摩擦角

砂質土に関して,N 値から内部摩擦角を推定する既存の推定式が知られているが,前述とおり,既存の推定式を砂質土のみに適用するのではなく,粘性土や礫質土についても同様に適用できる可能性があるのではないかと考えられる.

そこで本研究では,粘性土および礫質土においても,N 値を用いて推定された内部摩擦角と実測値を比較し,既存式の妥当性を検討することとした.

#### 4. 2 N 値を用いた推定値と実測値の比較

砂質土・礫質土・粘性土の全ての土質において,N 値を用いた各種推定式による内部摩擦角と実測値の比較を行う.推定精度の評価には,相関係数 R と実測値と推定値の誤差の大きさを数量的に示す指標として平方根平均二乗誤差(RMSE)を用いた.

相関係数 R と RMSE の結果は,いずれの推定式を用いた場合でも,相関係数 R は 0.014~0.389 と低く,RMSE は 5.1~14.0° と大きく,推定精度に課題があるといえる.

推定値を X 軸,実測値を Y 軸にとった散布図の一例を図 1,2 に示す.

内部摩擦角(有効応力)の推定については,Dunham の式 3,道路橋示方書の式,大崎の式を用いた場合には,散布図の青色の範囲に分布するデータが多く,これらの式を用いて内部摩擦角(有効応力)を推定することは,安全側の設計といえるが,前述のとおり推定精度に問題が残る.

一方,Peck の式,Dunham の式 1,Dunham の式 2 を用いた場合には,散布図の赤色の範囲に分布するデータも多く,これらの式を用いて内部摩擦角(有効応力)を推定することは,危険側の設計につながる恐れがある.

また,いずれの推定式を用いた場合でも,内部摩擦角(全応力)の推定時には,散布図の赤色の範囲に分布するデータが大半であり,危険側の設計につながる.

#### 5. 結論

本研究では,推定式の根拠整理と実測値比較により妥当性を検討した.その結果,今回使用した愛知県尾張地方のため池の土質データでは既存式による内部摩擦角の推定精度が低いことがわかった.特に内部摩擦角(全応力)は危険側に推定される傾向があり,N 値による推定は慎重に適用すべきである.

#### 参考文献

- 1) 公益社団法人農業農村工学会, 土地改良事業設計指針「ため池整備」, 公益社団法人農業農村工学会, 2015, p.57.
- 2) 社団法人日本道路協会, 道路橋示方書(I共通編・IV下部工編)・同解説, 社団法人日本道路協会, 2017, pp.62-63.
- 3) 社団法人 地盤工学会, 地盤調査法, 社団法人 地盤工学会, 1995, pp. 200-201.

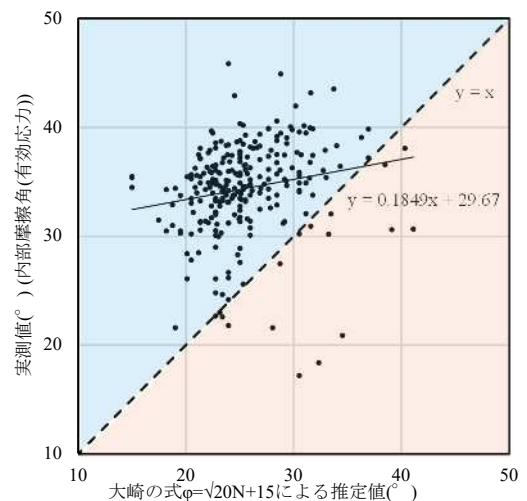


図 1 大崎の式による推定値と実測値(有効応力)の比較  
Comparison between the estimated values by Osaki's formula and the measured values (effective stress)

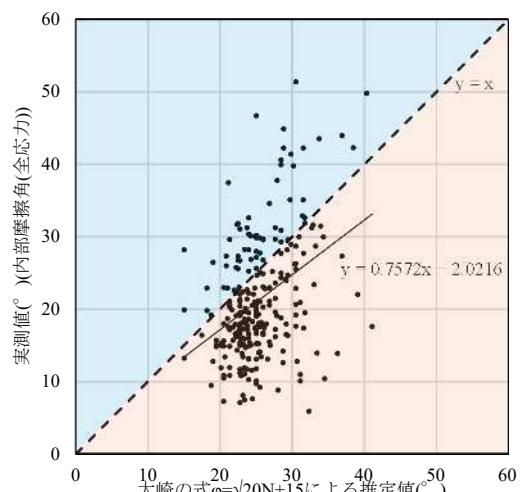


図 2 大崎の式による推定値と実測値(全応力)の比較  
Comparison between the estimated values by Osaki's formula and the measured values (total stress)