

III-11

地盤材料の引張試験方法の検討

東北学院大学工学部 学生員○堀内 貢 内海 雅史 畑中 淑 金原 瑞男
 正会員 飛田 善雄 山口 晶

1. 研究の背景と目的

地盤材料の引張強度は圧縮強度に比較して著しく小さい。従って地盤材料を用いた構造物の耐震性などを判定する際、引張強度を無視して計算することが多く、そのため研究事例は少ない。しかし、地震時の土木構造物の被害の中には、引張力が作用しき裂を発生させた物が数多く見られる。例えば堤防の場合では、地震時の液状化によって支持地盤が堤防を支えることが出来ず、堤防下部が水平方向に広がりながら、沈下する。この時堤防の下部が砂の流れにより引張力を受け、き裂を発生させ引き裂かれるように変形する場合があると考えられている。従ってどのような条件でき裂が発生するかを解明するためには正確な引張強度を測定する必要がある。しかし、土の引張り強度は極めて小さいため、正確な値を求めるのは非常に困難である。本研究ではいくつかの引張試験法をおこない引張強度測定を試みた。

2. 実験方法

本研究では、地盤材料として工業用のカオリン粘土を使用し、供試体を作製した。カオリン粘土の液性限界(49.4%)の1.5倍(75%)の含水比となるようにカオリン粘土と水を調整しよく練り混ぜる。これを高さ30cm、直径10cmの専用容器にいれ、63kPaの圧縮力で一次圧密終了時まで圧密した。引張試験は、一軸引張試験、圧裂試験、内圧法、ねじり法の4種類とした。各引張試験法については以下に示す。

表-1 作製した供試体の諸量

一軸圧縮強度	10~13kPa
含水比	45~47%
湿潤密度	1.71~1.74 g/c m ³
乾燥密度	1.16~1.20 g/c m ³
間隙比	1.28~1.35
飽和度	94~98%

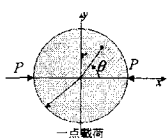
・ 一軸引張試験

中央に5mmのノッチを入れた高さ15cm、直径6cmの供試体を成型し、これに水平方向に引張荷重を与え、応力と変位を求めた。

・ 圧裂試験

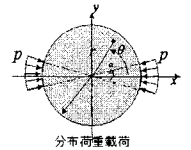
高さ10cm、直径10cmの供試体を成型し、これを横にして、上部から一軸圧縮荷重を加え、中心部に縦方向のき裂が発生したときの圧縮荷重により間接的に引張力を求めた。一点載荷と接触幅を考慮した面載荷の式の両方の値を求めた。計算式は以下になる。

一点載荷式

$$\sigma_r = \frac{2P}{\pi D l}$$


面載荷式

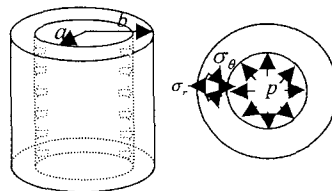
$$\sigma_\theta = -\frac{P}{\pi a l} \left[\alpha - \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \left(\frac{r}{a} \right)^{2m-2} - \frac{m+1}{m} \left(\frac{r}{a} \right)^{2m} \right\} \sin 2m\alpha \cdot \cos 2m\theta \right]$$



・ 内圧法

中空ねじり試験機を用いて高さ7cm、外径7cm、内径3.5cmの中空円筒形に成型した供試体内側にゴムスリーブを介して空気圧を加え、円周方向に引張力を作用させた。き裂発生時の内圧より以下の式で引張応力を求めることができる。

$$\text{円周方向応力 } \sigma_\theta = \frac{a^2 p}{b^2 - a^2} \left(\frac{b^2}{r^2} + 1 \right)$$



・ねじり法

内圧法で作製した供試体と同じサイズの供試体を成型し、中空ねじり試験を用いて平面ひずみ条件でトルクによりせん断力を載荷すると最大主応力方向にき裂を発生させる。せん断力と垂直応力より主応力、主応力方向の関係が与えられる。そして、最大主応力方向にき裂を発生させると仮定し、き裂の法線方向を最大主応力方向として、き裂発生時の引張応力を推定した。

3. 実験の結果と考察

実験を行なった結果、表-2のような結果が得られた。

表-2 実験結果

試験方法	引張強度(kPa)	平均強度(kPa)
一軸引張試験	1.11~1.62	1.39
圧裂試験(一点載荷)	1.89~2.05	1.96
圧裂試験(面載荷)	1.43~1.55	1.47
内圧法	1.67~2.67	2.17
ねじり法	1.60~1.90	1.75

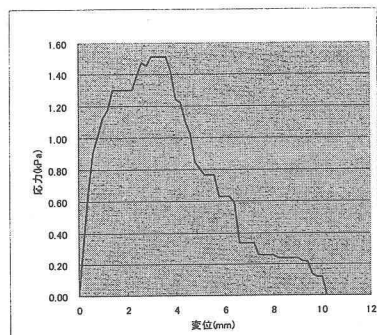


図-1 一軸引張試験の応力-変位曲線

引張試験：1 mm/min で変位させ実験を行なった結果、応力-変位曲線を見るとピークを示した後に急激に引張応力が低下している。(図-1)

圧裂試験：実験を行い計算した結果、面載荷の方が小さな引張強度となった。一点載荷式より、面載荷の方が実際の実験条件に近いので精度が高いと言える。(写真-1)

内圧法：実験中一番大きな引張強度が求められた。

ねじり法：き裂方向は水平方向から 22 度の角度であった。主応力-主応力方向関係より引張強度が推定された。(図-2)

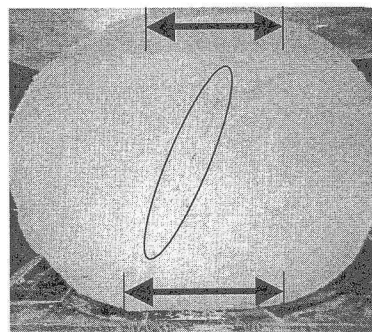


写真-1 圧裂試験により発生したき裂

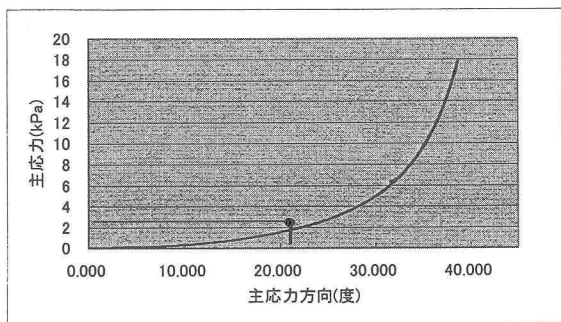


図-2 主応力-主応力方向曲線

4. 結論

- すべての引張試験方法で求められた引張強度は、1.39～2.16kPa の範囲となり、平均して 1.75 kPa となった。
- 引張強度は圧縮強度の 1/9～1/6 となった。
- 内圧法では他の実験より大きな強度が求められた。
- 圧裂試験では面載荷の方が一点載荷の値よりも他の試験の値に近かった。

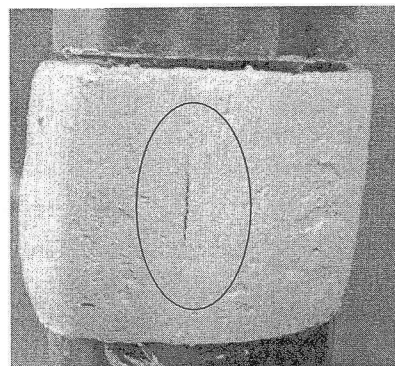


写真-2 内圧により発生したき裂