

一軸割裂圧縮試験機を用いた土の引張り強度の載荷速度依存性に関する研究

東北学院大学 学生員 ○吉田俊平 村上亨 山田慎也
東北学院大学 正会員 山口晶 飛田善雄 吉田望

1. 背景および目的

地盤構造物の設計においては、一般に引張り強度は無視されて設計されている。しかし、地盤構造物の破壊は引張り力によって発生したクラックが契機となって発生する場合が多い。従って、地盤の破壊・安定問題においては、引張り強度が重要であるといえる。本研究では、一軸割裂圧縮試験機を用いて引張り試験を行ない、引張り強度を調べた。特に引張り強度と載荷速度依存性について着目した。載荷速度依存性を詳しく考察することにより、引張り強度に影響を与える要因を検討できると考えたためである。

2. 実験方法

供試体は、所定の含水比でカオリン粘土と水を混ぜ、供試体作製容器(直径5cm、高さ12cm)に詰め、供試体作製圧密装置で所定の圧力を24時間載荷し圧密させることにより作製した。圧密終了後、取り出した試料を円柱形(直径5cm、高さ5cm)に成型し、試験機に設置する。本実験で用いた一軸割裂圧縮試験機を写真-1に示す。次に、変位計と荷重計をゼロセットし、各条件に合わせて速度をセットする。全ての作業が終了したら実験を開始する。一軸割裂圧縮試験では、上下から圧縮することにより供試体を割裂させる。載荷を開始し、写真-2のように目視で中央部に鉛直方向の亀裂の発生が確認できたら実験を終了する。中央部に亀裂が発生した時の圧縮荷重より、引張り応力を求める。実験より得られたデータから、引張り強度の計算式を用いて引張り強度を求める。引張り強度の式は以下の式を用いた。

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (P: \text{最大荷重}, D: \text{供試体直径}, L: \text{供試体の長さ})$$

実験条件のパラメータは、供試体作製時の粘土の初期含水比を25%、30%、35%、圧密応力を0.3MPa、0.4MPa、0.5MPa、載荷速度をS2(0.0055mm/sec)、S6(0.0200mm/sec)、S10(0.0333mm/sec)とする。本実験では同じ実験条件を2回ずつ実験を行なった。また、一軸割裂圧縮試験で得た引張り強度を圧縮強度と比較するために一軸圧縮試験を行なった。

3. 実験結果

一軸割裂圧縮試験の結果から求めた引張り強度を表-1に示し、一軸圧縮試験の結果から求めた圧縮強度を表-2に示す。表-1のS6と表-2から引張り強度は平均で圧縮強度の1/12ということが分かった。圧密応力の違いによる引張り強度の比較をするために、初期含水比30%の圧密応力-引張り強度関係を図-1に示す。図-1より全ての載荷速度で圧密応力が0.3MPa、0.4MPa、0.5MPaと大きくなるにつれて引張り強度は強くなっていくことが分かった。これらの結果は、初期含水比が25%、35%のときも



写真-1 一軸割裂圧縮試験機



写真-2 亀裂発生

表-1 引張り強度

S2		0.3MPa	0.4MPa	0.5MPa
	25.0%	14.90	18.60	19.87
	26.5%	17.64	22.93	25.16
	28.0%	10.76	12.61	14.20
S6		0.3MPa	0.4MPa	0.5MPa
	25.0%	16.82	20.38	22.27
	26.5%	18.85	25.22	27.26
	28.0%	12.29	14.52	18.15
S10		0.3MPa	0.4MPa	0.5MPa
	25.0%	17.83	21.91	23.44
	26.5%	20.13	26.24	28.73
	28.0%	15.35	18.41	21.91

表-2 圧縮強度

S6		0.3MPa	0.4MPa	0.5MPa
	25.0%	195.16	244.45	261.51
	26.5%	229.85	306.24	356.48
	28.0%	132.58	173.55	226.70

同じ結果が確認できた。

含水比の違いによる引張り強度の比較をするために、圧密応力が0.4MPaの含水比 - 引張り強度関係を図-2に示す。図-2にある含水比は実験時含水比の平均をとったものである。図-2より全ての載荷速度で実験時含水比が26.4%のとき最も引張り強度は強く、24.9%、28.2%の順に引張り強度が弱くなることが分かった。圧密応力が0.3MPa、0.5MPaのときも同じ結果が確認できた。

載荷速度の違いによる引張り強度の比較をするために、初期含水比30%の載荷速度 - 引張り強度関係を図-3に示す。図-3より全ての圧密応力で載荷速度がS2(0.0055mm/sec)、S6(0.0200mm/sec)、S10(0.0333mm/sec)と大きくなるにつれて引張り強度は強くなっていくことが分かった。これらの結果は、初期含水比が25%、35%のときも同じ結果が確認できた。カオリン粘土の引張り強度は、圧縮強度の1/12の強さであり、圧密応力が強くなるにつれて強くなり、含水比が26.4%のとき最も強くなり、載荷速度が速くなるにつれて強くなるということが実験結果より確認できた。

4. 考察

第4章の実験結果を踏まえて、カオリン粘土の土の状態と引張り強度の関係、載荷速度と引張り強度の関係について考察する。本実験ではカオリン粘土の土の状態を含水比、圧密応力を変えて実験を行なった。その結果、初期含水比が30%のとき最も引張り強度は強く、25%、35%の順に引張り強度が弱くなることが分かった。これは、初期含水比30%の土は35%の土より含水比が小さいため引張り強度が強くなったからであると考えられる。また、初期含水比30%の土は25%の土より含水比は大きいですがサクシオン(土粒子間の粘着力)が高いため引張り強度は強くなったと考えられる。よって、土の引張り強度は含水比が小さくなればなるほど強くなるが小さくなりすぎるとサクシオンが低くなり強度は弱くなることが確認できた。圧密応力を変えた実験結果は圧密応力が0.3MPa、0.4MPa、0.5MPaと大きくなるにつれて引張り強度は強くなった。これは圧密応力が0.3MPa、0.4MPa、0.5MPaと大きくなるにつれて乾燥密度も大きくなるとともに過圧密比が増加し、引張り強度が強くなったためである。次に載荷速度と引張り強度の関係については実験結果から、載荷速度がS2(0.0055mm/sec)、S6(0.0200mm/sec)、S10(0.0333mm/sec)と速くなるにつれて引張り強度は強くなっていくことが分かった。これは、水の移動とサクシオンが引張り強度に影響していると考えられる。載荷速度が速いときは、載荷速度に比べて土中の水の移動が遅くなるため引張り強度が強くなり、載荷速度が速いときは遅いときよりサクシオンが高く発生されるため引張り強度が強くなると考えられるためである。

5. 結論

一軸割裂圧縮試験機を用いて引張り試験を行なった結果、引張り強度は、圧縮強度の1/12程度となること、含水比によって引張り強度が変化すること、載荷速度が速いほど引張り強度が強くなることが示された。これらは、サクシオンと水の土中における移動のしやすさの影響と考えられる。

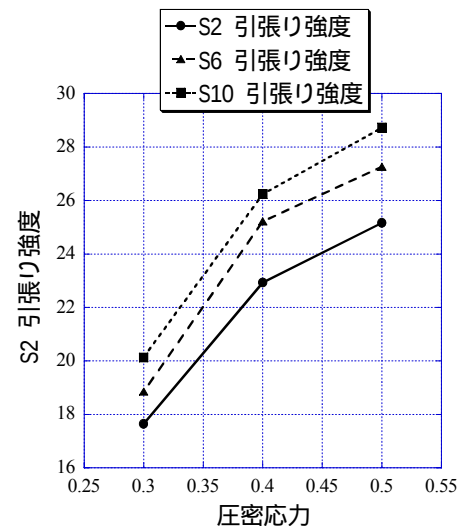


図-1 圧密応力 - 引張り強度関係

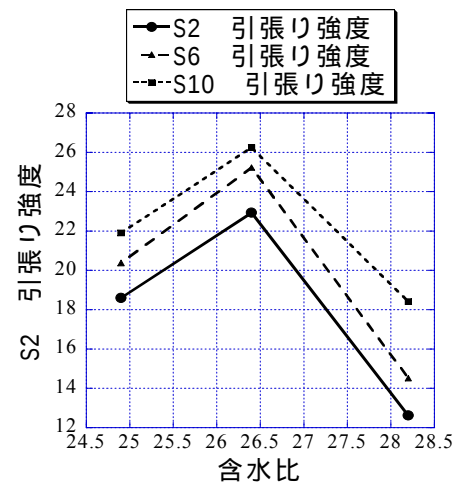


図-2 含水比 - 引張り強度関係

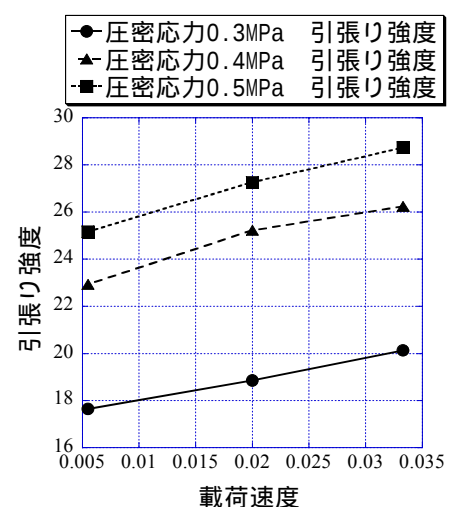


図-3 載荷速度 - 引張り強度関係