

コア材料の直接引張強さと一軸圧縮・割裂引張強さとの関係に関する実験的考察

土木研究所 正会員 佐藤 弘行
日本工営 正会員 ○藤澤 久子

1. はじめに

地盤材料の引張強度は、圧縮強度に比べて非常に小さく、設計においては無視して安全側とすることが一般的である。しかしながら、フィルダムや堤防などにおいて、クラックの発生が巨視的な破壊への誘因となる可能性が示唆されるようになり、その要因の一つとして引張応力の発生を考える場合、土構造物の合理的な設計・施工の観点から、引張強度を評価することが重要となる。これまでに各種の土の引張試験が実施されており、利点と問題点が指摘されている¹⁾。本研究では、Tamrakar ら²⁾による直接引張試験装置を用いて、フィルダム遮水材料の引張強さを直接的に求めた。また、同試料による一軸圧縮強さおよび割裂引張強さとの比較を行ったので、ここに報告する。

2. 供試体の作成と試験方法試験概要

2. 1 試料について

試験に使用した試料はロックフィルダムの遮水材料であり、試料搬入時の最大粒径は約 53mm であった。これを、直接引張試験および室内土質試験のためにせん頭粒度調整し、最大粒径 2mm に調整した試料を用いた。試料の物性値および締固め特性を表-1 に示す。

表-1 試料の物性値

試験項目	内容	試験結果
最大粒径(mm)		2
土粒子の密度試験	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.77
粒度試験 (通過質量百分率%)	粗砂	9.4
	中砂	17.2
	細砂	18.2
	シルト	24.2
	粘土	31
	60% 粒径 D_{60} (mm)	0.106
	50% 粒径 D_{50} (mm)	0.0359
締固め試験	30% 粒径 D_{30} (mm)	0.00453
	10% 粒径 D_{10} (mm)	-
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	1.503
	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	25.6
液性限界 塑性限界試験	液性限界 $w_L(\%)$	51.1
	塑性限界 $w_P(\%)$	28
	塑性指数 $I_P(\%)$	23.1

2. 2 供試体および試験機の概要

試験装置は写真-1 に示すとおり、供試体モールド部(固定部、可動部)、計測装置(引張力、変位)、速度制御装置部(ギヤ、モーター、速度制御・表示計)からなる。供試体モールドは、直径 5cm の円筒が 2 つくっついたような形になっており、接合部の長さは 3cm、供試体モールドの面積は 38.432cm²、供試体の高さは 5cm である(写真-2)。2 つの円筒の内、一方のモールドは固定とし、もう一方のモールドは引張方向に移動が可能であり、可動部分は摩擦力が生じないようにベアリングを用いている。引張荷重はロードセル(100N)を、変位はレーザー変位計を用いて計測を行った。制御方法は速度制御であり、ギヤの増減により 0.01~1.0mm/min の制御が可能となっている。引張破壊は 2 つのモールドの接合部(長さ 3cm)で生じることから、引張破壊断面積は幅 3cm×供試体の高さ 5cm の 15cm²とした。

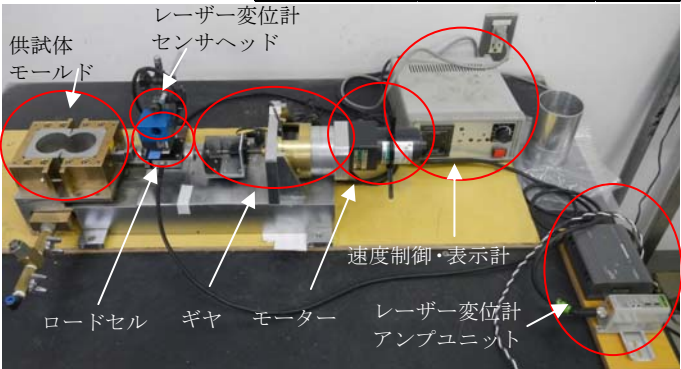


写真-1 試験装置概観

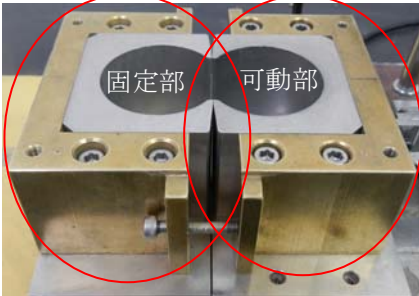


写真-2 供試体モールド

3. 試験方法

供試体モールドを固定し、最適含水比 25.6%で調整した試料を最大乾燥密度の 95%および 100%、締固め層数を 4 層で締固めた。試験開始前に供試体モールドの固定治具を外し、所定の速度(0.01、0.1、1.0mm/min)

キーワード 引張強さ, コア材料, フィルダム, 直接引張試験, ひび割れ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所水工研究グループ水工構造物チーム TEL029-879-6781
 〒300-1259 茨城県つくば市稲荷原 2304 日本工営(株)中央研究所 TEL029-871-2065

で引張を開始した。引張面にクラックが発生した後、計測している引張力が概ねゼロになった時点で試験を終了することとした。

4. 試験結果

図-1 に引張応力と変位の関係を示す。引張強さは、24.95～44.57kPa の範囲を示し、締固め度が大きく、引張速度が速いほど大きくなる傾向を示した。引張応力は、明瞭なピークを示した後、急激に低下するが、ゼロにはならず5～10kPa 程度を残し、変位がゼロになるまで徐々に低下するような傾向を示した。図-2 に引張強さと引張速度の関係を示す。引張速度が 1.0mm/min のときにもっとも大きな引張強さを示したが、引張速度が 0.1、0.01mm/min の引張強さに明瞭な違いは認められなかった。写真-3 に試験前および試験後の供試体の状況を示す。破壊時の亀裂の入り方は、必ずしも直線とは限らないが、亀裂の入り方による強度の違いは特に見られなかった。

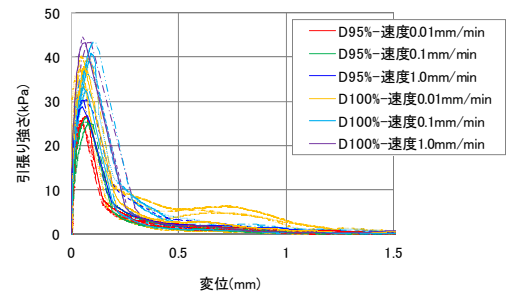


図-1 引張応力と変位の関係

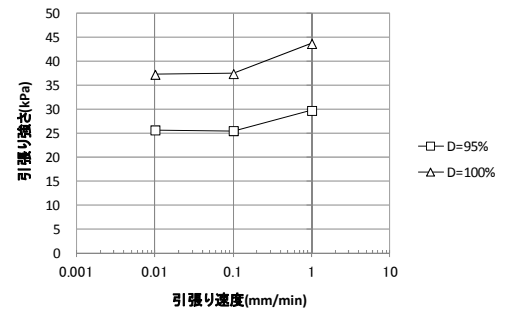


図-2 引張強さと引張速度の関係

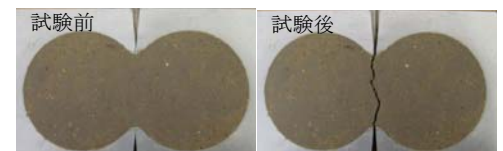


写真-3 試験前後の供試体状況

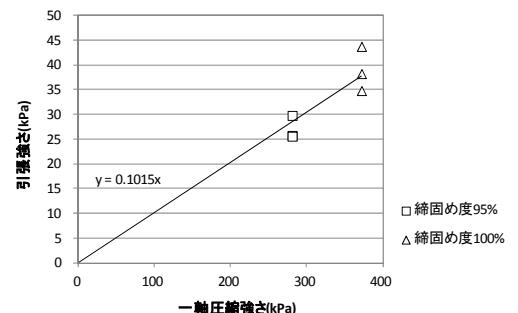


図-3 引張強さと一軸圧縮強度の関係

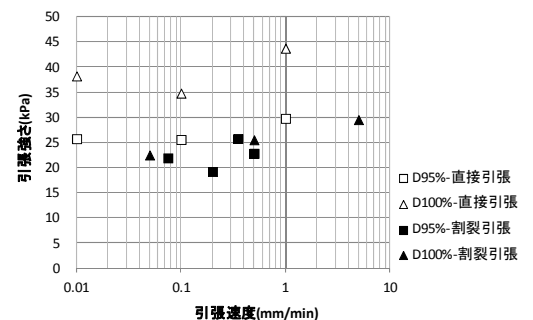


図-4 直接引張強さと割裂引張強さの関係

5. 考察(一軸圧縮強さ、割裂引張強さとの比較)

同じ試料を用いて、一軸圧縮試験を行った。供試体条件は、締固め度 95、100%、最適含水比、 ϕ 5cm、高さ 10cm である。図-3 に直接引張強さと一軸圧縮強さの関係を示す。直接引張強さは速度による大小が若干あるものの、一軸圧縮強さのおおよそ 1/10 を示すことがわかった。関東ロームでは一軸圧縮強さ/引張強さが 12.5 倍と報告²⁾されており、コンクリートの引張強度と圧縮強度の関係(1/10～1/13 程度)に類似した傾向を示すことがわかった。

割裂引張試験による引張強さは図-4 に示すとおり、全体的に直接引張試験による引張強さと比べて小さめとなっており、締固め度 95%よりも 100%の場合に差が大きくなっている。割裂引張強さにおいて、締固め度の違いによる引張強さに大きな違いのないことから、締固め度 95%の結果が、塑性変形に伴い大きめに出ていることが考えられる。

6. まとめ

直接引張試験装置により、フィルダムコア材の引張強さを求めた。引張速度による影響は小さく、一軸圧縮強度に対して 1/10 程度、割裂引張強度よりも大きい強度となることがわかった。

謝辞

本報告を行うにあたり、北海道大学工学研究院の田中教授、工藤技官、日本大学生産学部土木工学科の三田地教授、京都大学大学院工学研究科のタムラカール准教授から多大なご協力と有益なアドバイスをいただきました。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 石井武美：中空供試体を用いた土の引張試験法、フジタ工業技術研究所報、p.121-127 1985
- 2) Tamrakar S.B.、豊沢康男、伊藤和也：新しく開発した土の引張試験装置(関東ロームの引張強度と一軸圧縮強度の比較)、第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集、p.251-252 2004