

III—3 遠心力を利用した土の引っ張り強度測定法について

東海大学海洋学部 正 福江正治、正 大草重康、○本宮栄二

1. まえがき 地震時に発生する地盤の引っ張りクラック、あるいは粘着成分を含む砂質土の液状化ポテンシャルなどは、その地盤の引っ張り強度と深い関係があると思われる。しかし、土の引っ張り強度の測定は、その土が軟い場合、または砂分が多い場合には極めて困難である。そこで、軟弱粘性土や砂質に近い粘性土の引っ張り強度が測定できる試験機を開発し、その適用性を検討してみた。

2. 遠心力を利用した土の引っ張り試験装置と試験方法 図-1に今回開発した引っ張り試験装置を示す。この装置はモーター(750W)に回転アームを取り付け、その一方から円柱型土供試体をつるし、他方にその供試体質量にほぼ等しい鉛で作製した重すいをつるし、回転がスムーズにできるようになっている。モーターの回転速度はスライダックによって制御でき、回転速度はモーター軸に取り付けた回転計から読み取れるようになっている。土供試体はアームから特別なホルダーによって取り付けられる。ホルダーは、図-2に示すように小さなベーンをもっており、それが供試体に突き刺さり、遠心力に抵抗できるようになっている。

円柱型供試体の大きさは直径3.5cm、長さを7~9cmとした。また引っ張り破壊面が一定のところでは現われるようにするために供試体にミゾを作り、その部分の断面積が小さくなるようにした。

いま、破壊する直前に角速度 ω がほぼ一定と仮定すると、供試体の回転方向への水平加速度は無視できる。実際に使用した条件から求めたこの加速度は十分小さい。したがって、供試体につけたミゾの影響(集中応力など)を無視すると、図-3において、供試体の軸方向に垂直な仮想破壊面に働く引っ張り応力 σ は次式により求まる。

$$\sigma = \frac{\rho A x \sqrt{a_n^2 + g_n^2} \cos(\theta - \alpha)}{S} \quad (1)$$

ここに、 ρ は供試体の密度、 A は供試体の断面積、 x は供試体の自由端から破壊面までの距離、 a_n は回転中心軸方向への x 部分の重心に働く水平加速度、 g_n は重力加速度、 θ は水平面と供試体の軸とのなす角で供試体全体の重心に働く水平加速度

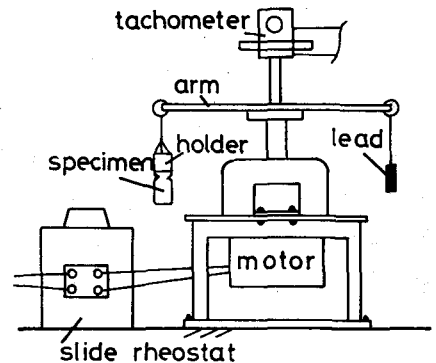


図-1 土の引っ張り試験装置

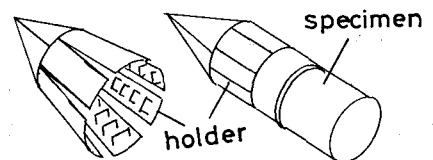


図-2 供試体接続のためのホルダー (アルミ製)

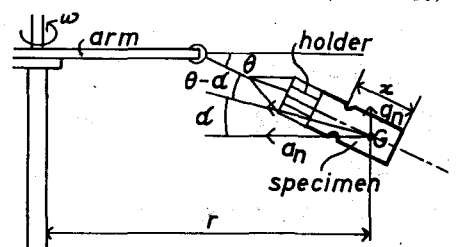


図-3 供試体に働く加速度の説明図

と g_n によって決まる。また α は q_n と g_n の合力が水平面となす角、そして S は破壊面（ミゾ部）の断面積である。実際に使用した条件を用いて計算した結果、 $(\theta - \alpha)$ は無視できるほど小さく、したがって破壊面に働く曲げモーメントは無視でき、(1)式は次のようになる。

$$\sigma = \frac{\rho A x \sqrt{q_n^2 + g_n^2}}{S} \quad (2)$$

また、角速度が十分大きい場合には、 q_n が g_n に比較して十分大きくなり、 θ は 0 に近づく。したがって (2) 式は 次のようになる。

$$\sigma = \rho A x q_n / S = \rho A x r \omega^2 / S = m r \omega^2 \quad (3)$$

ここに m は遠心力で破壊した面より先端の供試体部分の質量、 r は回転軸から質量 m 部分の重心までの水平距離、 ω は角速度である。したがって破壊時の r 、 ω をそれぞれ r_f 、 ω_f とすると、土の引っ張り強度は次式から求まる。

$$\sigma_t = \rho A x r_f \omega_f^2 / S \quad (4)$$

3. 結果および考察 今回は、引っ張り試験機の適用性を検討するのが目的であるため、木節粘土と豊浦砂の混合土を締め固めたものを試料とした。引っ張り強度と含水比の関係は、含水比を粘土分についての含水比 w_c で表わすと、図-4 のようになる。図中で M として示してあるのは、砂-シルト分に対する粘土分の乾燥質量比である。図に見られるように、引っ張り強度は $M=0.25 \sim 1.0$ の値に対して、 w_c に依存するが M にほとんど無関係である。しかし、 q_{tu} はこの M の範囲で M と w_c の両方に依存し、それから求めた $\sigma_t / q_{tu} \sim w_c$ の関係は図-5 のようになる。すなわち、 M が小さいほど、また w_c が低いほど σ_t / q_{tu} は小さくなる傾向にある。すなわち、 q_{tu} は砂-シルト分の影響を受けるが、これは圧縮過程における構造変化（ひずみ硬化）と関係していると思われる。

4. あとがき 遠心力を利用した土の引っ張り試験から得られた結果は、直接せん断、一軸圧縮から得られた結果と比較して、妥当な値であることがわかった。また、この試験法によれば、非常に軟弱な土やぜい性をもつ砂質粘土や粘土質砂の引っ張り強度が測定できることがわかった。

なお、本研究の実験には東海大生、河野哲也、塚崎見義、倉重英明、3 君の協力を得た。

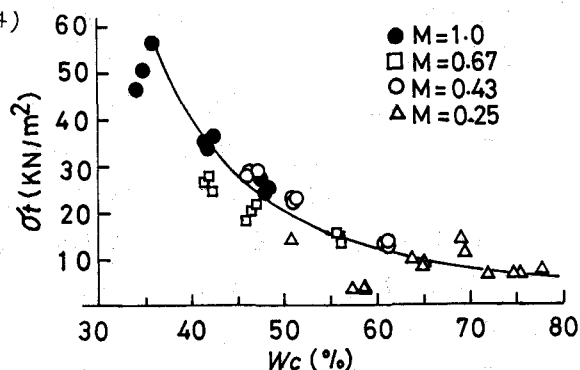


図-4 混合土の引っ張り強度と粘土分の含水比との関係

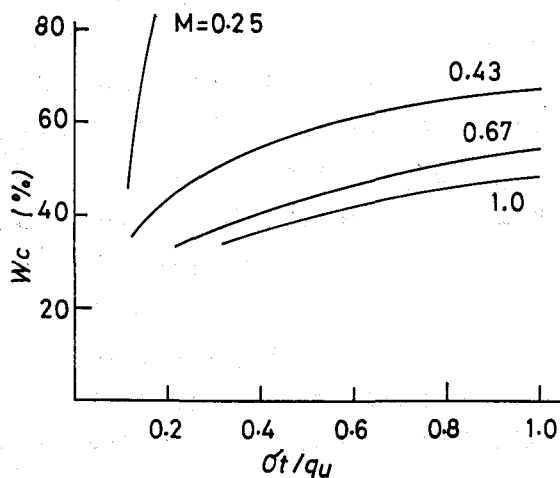


図-5 混合土における $\sigma_t / q_{tu} \sim w_c$ 関係