

(財)電力中央研究所 正会員 西 好一

(財)電力中央研究所 正会員 金谷 守

電力技術整備(株) 正会員 長崎 清

(株)建設企画コンサルタント 正会員 西 剛整

1 まえがき

ねじり単純せん断試験においては、せん断ひずみの分布が不均一であるため肉厚の割合小さい中空供試体による試験が行なわれているが、このような中空供試体では、セルを用いた試験を行う場合供試体の大きさに制限があり、また不攪乱試料では整形が困難である。加えて、中空供試体は表面積が大きい事から、特に粒径の大きい試料に対する試験では、メンブレンへの貫入の影響も小さくはないものと思われる。このような事から、中実供試体を用いたねじり試験の有効性について検討する事が考えられる。

今回は上記を目的とし、まず、中空供試体の肉厚を変えていく実験を行い、それぞれの結果を比較する事により供試体のせん断強度及びせん断ひずみに対する肉厚の影響を調べた。

2 せん断応力及びせん断ひずみの決定

中空供試体のせん断応力及びせん断ひずみの決定には、供試体を剛一完全塑性体とした場合の次式がよく用いられる。

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{T}{\pi (r_o^3 + r_i^3)} \quad \text{----- (1)}$$

$$\gamma = \frac{r \theta}{h} \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 τ はせん断応力、 γ はせん断ひずみ、 T は供試体に加わるトルク、 h は供試体高さ、 r_i 、 r_o はそれぞれ供試体内径及び外径、 θ は供試体の回転角である。なお、せん断ひずみの算定は、 $\gamma = \frac{1}{2} (r_o + r_i) \theta$ ----- (3)の位置で行われる事が多いが、今回はせん断応力の分布を弾性的とした場合と塑性的とした場合のその分布図の交差する点の位置で計算する事にした。この値は次式で表わされる。

$$t = \frac{3 (r_o^4 - r_i^4)}{4 (r_o^3 - r_i^3)} \quad \text{----- (4)}$$

ここで福島¹⁾が行ったように、砂の τ と γ の関係が次の双曲線と近似できるものと仮定し、それにより表わされる

$$\tau = \frac{r}{a + b\gamma} \quad (a = \frac{1}{G_{max}}, b = \frac{1}{G_i} \quad G_i: \text{初期弾性率}) \quad \text{----- (5)}$$

τ を数値積分する事により求まるトルクをさらに式(1)に代入してせん断応力を求める。この段階で半径方向のひずみの分布する位置を式(3)で考えた場合を τ_1 、式(4)の位置で考えた場合を τ_2 とする。これらの値を式(5)の双曲線関数で与えられるせん断応力で除し、それぞれのひずみとの関係を示すと図-1のようになる。図中実線は τ_2/τ (τ は式(5)による)、点線は τ_1/τ について示されている。図をみると中実供試体ではむろんの事、中空供試体についても式(4)による位置でのせん断応力を用いる事が妥当である事がわかる。

3 試料ならびに実験方法

実験に用いた試料は豊浦標準砂であり、その比重は2.64、最大及び最小間げき比はそれぞれ0.986及び0.612である。また、用いた装置は文献2)に示されている中空ねじりせん断試験機である。今回の実験は、この装置により供試体肉厚を2cm、3cm、4cm、5cm(中実供試体)

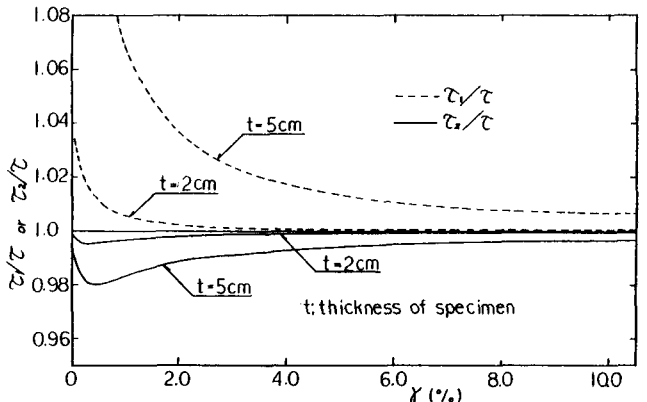


図-1 τ_1/τ 及び τ_2/τ とせん断ひずみとの関係

として行った。供試体外径及び高さ、それぞれ 10cm 、 12cm で一定である。なお、供試体はいわゆる“空中落下法”により作成している。

4 実験結果及び考察

図-2に、今回の実験で得られた代表的なせん断応力-せん断ひずみの関係を示す。图中、点線で示された結果は式(3)により算定される位置でのひずみ(これを γ とする)、実線で示された結果は式(4)で得られる位置でのひずみ(これを γ' とする)についてそれぞれ整理したものである。この図を見ると、 γ より γ' を用いて結果の整理を行った方が、大きな肉厚をもつ供試体に対しては合理的である事がわかる。とはいえ、この値を用いたとしても供試体内径が 0 と 6cm の場合ではせん断抵抗角中に換算すると 6° 以上も異なり、実際にこの値を用いる事に対しては問題があろう。

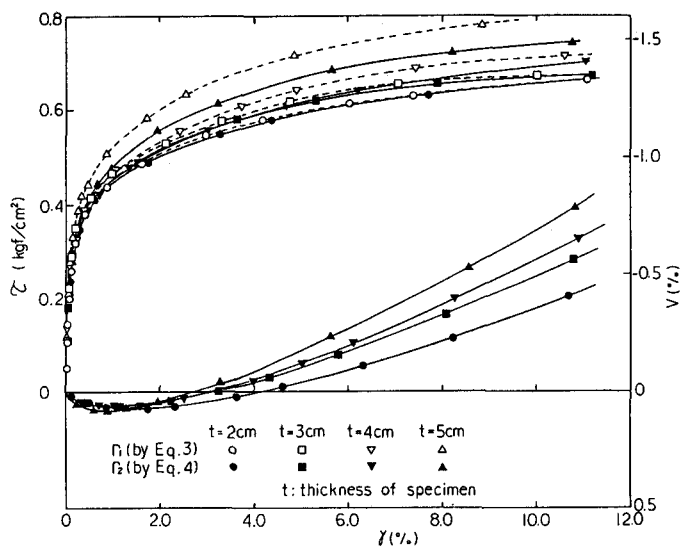


図-2 τ 及び V と γ の関係

このせん断応力-せん断ひずみ曲線の不一致については、次の事がその理由としてあげられる。まず、キャップ及びペグデスタルと供試体間の摩擦により生ずる変形拘束の影響である。福島は¹⁾この影響をさけるために供試体の高さを高くする必要がある事を指摘し、その中で内径 6cm 、外径 10cm の中空供試体では 10cm 以上の高さが必要である事を示している。本実験で用いた供試体は、高さが 12cm であるから内径 6cm の場合には問題はないと思われるが、摩擦面の面積が大きくなるにつれ(すなわち内径が小さくなるにつれ)、この影響はさけられなくなってくるのかも知れない。この事に関しては、今後供試体の高さを変えた実験を行う事により再度検討する予定である。また、肉厚 4cm の中空供試体と中実供試体の端部の摩擦面面積に大差がないにもかかわらず、両者のせん断強度に差があることなどから、中実供試体の内部応力状態についても検討する必要がある。

体積ひずみについてみると、やはりせん断時のひずみの分布が不均一になるためと思われるが、肉厚が増すに従いせん断ひずみの増加に伴う変化量が大きくなっている事がわかる。いずれにせよ、これらの問題については供試体の高さを変えた実験を行った後、再度考察してみたい。

5 まとめ

今回の実験により、1) 式(4)により求められる位置を用いてせん断ひずみを計算した方が、式(3)により求まる位置でのせん断ひずみより適用性が高い。2) 肉厚の大きな供試体を対象として行うねじり試験においては、供試体の高さによる影響も考慮する必要がある。

また、中実供試体のねじり試験の有効性が確かめられれば、原位置での試験や粗粒材などへの適用性も考えられよう。今後はさらに非排水試験や動的載荷試験等を行う事により中実供試体のねじり試験への適用性について議論を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 福島伸二(1982) ; おじりせん断試験による砂の変形-強度特性の実験的研究、東京大学学位論文
- 2) 国生剛二(1982) ; 土の動的変形特性と地盤の非線形震動応答、電力中央研究所報告 総合報告 No.301