

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○岡本有希加
 呉工業高等専門学校 正会員 小堀慈久
 広島市役所 正会員 奥田靖貴

1. はじめに

土木構造物の設計・施工をする上で、安全性が問われており、試験結果の精度・信頼性の検討をする必要がある。これらのことより、近年では、測定値の信頼性を確保するため不確かさが注目されている。そこで、本研究では、試験データの算出において測定者の違いによる不確かさへの影響と、測定値の繰り返しによる不確かさへの影響についてを、一面せん断試験の強度定数 C と ϕ より不確かさの検討をする。

2. 不確かさとは

計測データの信頼性を表すための新しい尺度として考え出されたのが「不確かさ」の概念であり、ばらつきを特徴づけるパラメータで測定値のばらつきを示している。不確かさの求め方として、測定値の全体的なばらつきが不確かさとなる。

3. 実験方法

土の一面せん断試験を地盤工学会の基準に準じて行った。せん断変位速度は、1mm/min、せん断変位は 8mm、拘束圧は 40, 80, 120, 160 kN/m² とした。実験条件として、標準砂を用い 5 名の測定者がそれぞれ 5 回の実験を行った。1 組の試料は 4 つの供試体から構成される。測定回数は、100 回とし一面せん断試験により求めた強度定数 C 、 ϕ により不確かさの検討を行った。

4. 実験結果および考察

4.1 一面せん断試験

表 1 に一面せん断試験結果について示す。表 1 より、粘着力の平均 $C=0.116\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角の平均 $\phi=36.36^\circ$ と良好な結果が得られた。また、図 1 にはせん断応力-せん断変位曲線について示す。図 1 より、応力増加が均等で圧密応力にしたがってほぼ圧密応力と対応したせん断応力の増加が見られ、大きさに応じた値と

表 1 一面せん断試験結果一覧

測定者	試料番号	拘束圧 (kN/m ²)	破壊強度 (kN/m ²)	粘着力c (kN/m ²)	内部摩擦角φ (度)	測定者	試料番号	拘束圧 (kN/m ²)	破壊強度 (kN/m ²)	粘着力c (kN/m ²)	内部摩擦角φ (度)				
A	1	40	24.8	-9.3	39.53	D	16	40	28.94	3.2	34.33				
		80	57.19					80	57.19						
		120	85.44					120	91.36						
		160	125.4					160	108.59						
	2	40	33.07	0.3	37.03		17	40	25.49	-6.2	38.39				
		80	62.7					80	57.19						
		120	79.24					120	88.88						
		160	128.15					160	120.58						
	3	40	33.07	0	38.57		18	40	26.87	-0.7	36.65				
		80	63.39					80	62.01						
		120	93.02					120	88.88						
		160	129.52					160	117.13						
	4	40	31.01	-2.1	40.57		19	40	31.01	0	37.09				
		80	73.03					80	61.32						
		120	90.95					120	86.81						
		160	139.18					160	123.33						
	5	40	29.63	0.7	38.69		20	40	29.63	-1.7	36.59				
		80	68.9					80	57.19						
		120	97.84					120	83.37						
		160	126.78					160	119.89						
B	6	40	37.21	1	40.51	E	21	40	24.8	-9.3	39.53				
		80	73.72					80	57.19						
		120	88.88					120	85.44						
		160	146.07					160	125.4						
	7	40	32.38	9.8	33.37		22	40	33.07	3.4	39.53				
		80	58.98					80	73.03						
		120	107.48					120	105.42						
		160	104.04					160	132.29						
	8	40	29.63	-6.2	37.16		23	40	35.83	7.6	40.37				
		80	53.74					80	82.68						
		120	69.59					120	112.7						
		160	125.4					160	139.18						
	9	40	32.38	3.4	35.56		24	40	39.96	4.5	42.45				
		80	66.14					80	77.86						
		120	77.17					120	117.13						
		160	124.02					160	148.82						
	10	40	32.38	1.4	34.9		25	40	38.58	-1.7	44.63				
		80	53.05					80	76.48						
		120	84.06					120	115.75						
		160	115.06					160	157.09						
C	11	40	24.12	2.4	36.86	25組(試料番号1~25)					平均値	0.116	36.358		
		80	75.79								標準偏差	4.720	2.299		
		120	90.26								変動係数(%)	40.692	0.063		
		160	119.26												
	12	40	28.94	0	40.11						13	40	36.12	1.7	37.33
		80	73.72									80	57.88		
		120	102.66									120	90.95		
		160	131.6									160	126.78		
	14	40	23.43	-6.2	34.56						15	40	32.38	6.9	34.16
		80	50.3									80	65.46		
		120	67.52									120	84.75		
		160	109.55									160	116.44		

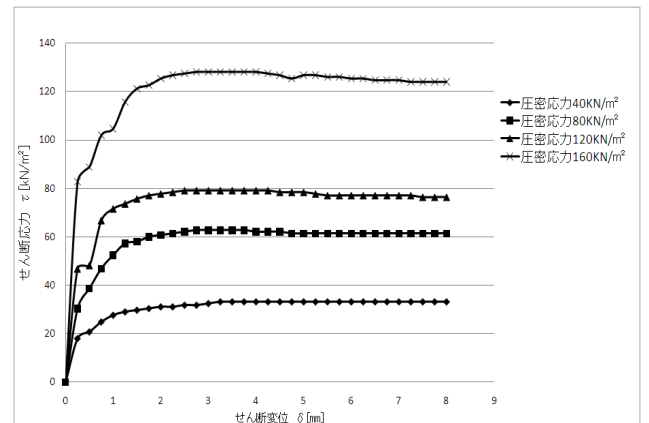


図 1 せん断応力-せん断変位

なっていることがわかる。

4.2 供試体の均質性

表 2 に破壊強度による供試体の均質性について示す。破壊強度の平均値は、全ての拘束圧においてに 70～72%を示している。また変動係数は、全ての拘束圧において 0.5%以下となっている。このことより、均質な供試体が作成されていると考えられる。

4.3 相関係数

拘束圧と最大せん断応力の関係より、表 3 に相関係数を示す。いずれも、0.8～0.9 の良い相関を示しているが、測定者 E の E-3、E-4、E-5 で 0.858～0.868 と低い値となり、測定者 E の測定値の違いが見られた。また測定者 D では、高い相関係数を示しており、安定した良好な測定者であると考えられる。

表 2 破壊強度による供試体の均質性

項目		拘束圧(kN/m ²)			
		40	80	120	160
破壊強度	平均値(kN/m ²)	28.333	58.197	84.893	114.345
	標準偏差(kN/m ²)	10.741	21.712	31.883	42.107
	変動係数(%)	0.379	0.373	0.376	0.368

表 3 拘束圧-せん断応力の近似曲線の相関係数

回数	測定者				
	A	B	C	D	E
1	0.9975	0.9232	0.9651	0.9925	0.9965
2	0.9764	0.9322	0.9539	0.9991	0.9281
3	0.9824	0.9572	0.985	0.996	0.8682
4	0.9536	0.9734	0.9337	0.9901	0.858
5	0.9754	0.9937	0.994	0.9965	0.8661

表 4 C と ϕ の分散分析表

(a) 粘着力 C

要因	平方和(kN/m ²) ²	自由度	分散(kN/m ²) ²	分散比	F分布境界値
測定者の違い	53.458	4	13.364	0.522	2.866
測定繰り返し	512.396	20	25.62		
合計	565.854	24			

(b) 内部摩擦角 ϕ

要因	平方和(kN/m ²) ²	自由度	分散(kN/m ²) ²	分散比	F分布境界値
測定者の違い	92.131	4	23.033	5.261	2.866
測定繰り返し	87.566	20	4.378		
合計	179.698	24			

4.4 分散分析 (c、 ϕ)

表 4 に、測定者の違いによる C、 ϕ への影響、測定の繰り返しによる C、 ϕ への影響についての分散分布表を示す。表 4 より、粘着力 C の分散比は 0.522 であるので、F 分布境界値より小さくなる。よって、測定者の違いによる影響が小さいことが考えられる。また、内部摩擦角 ϕ の分散比は 5.261 となり、F 分布境界値より大きくなるので測定者の違いによる影響が大きいと考えられる。なお、F 分布境界値は、有意性 5%より求めた値である。また、分散より、粘着力 c の測定者の違いについて標準偏差 $\sigma_A = 1.627$ k N/m² 同様に粘着力 c の測定繰り返しについて標準偏差 $\sigma_E = 5.101$ k N/m² を得て、測定者の違いの標準不確かさ $U_{mn}(c) = 1.627$ k N/m²、測定繰り返しの標準不確かさ $U_{sq}(c) = 2.281$ k N/m² を算出した。内部摩擦角 ϕ についても、測定者の違いについて標準偏差 $\sigma_A = 1.932^\circ$ 、測定繰り返しについて標準偏差 $\sigma_E = 2.089^\circ$ を得て、測定者の違いの標準不確かさ $U_{mn}(\phi) = 1.932^\circ$ 、測定繰り返しの標準不確かさ $U_{sq}(\phi) = 0.934^\circ$ を算出した。c、 ϕ いずれも、平均値から見て試験結果の精度は良いと思われる。

5. まとめ

- ① 分散分布は、粘着力 C では測定者による違いに影響が小さいことがわかった。一方、内部摩擦 ϕ では測定者の影響があることがわかった。c と ϕ の標準不確かさが得られ、精度のよい試験結果であると思われる。

参考文献

- 1) 鹿島出版会：新土質実験法, 鹿島出版, 2007
- 2) JAB 試験所協議会：JABLAS 不確かさ基礎 (ANOVA) テキスト, 2009