地盤の支持力と載荷板寸法の違いによる強度定数の評価

九州大学大学院　学○大茂知資
九州大学大学院　正　安福規之　　正　　大嶺聖

1. はじめに

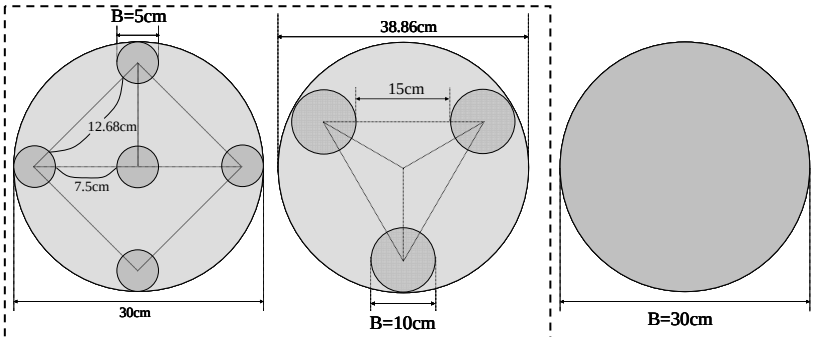
現在の土質試験では、コーン貫入試験や平板載荷試験などにより地盤の変形・強度特性や土質区分を知ることができ、様々な土質試験が実務的に行われている。しかし、設計に用いる強度定数は三軸圧縮試験の結果や過去の経験から求める場合が少なくない。そこで、本研究では、より簡便で現場においても使用できるような方法で土質強度定数 c、ϕ を推定することを目的とする。

これまでの研究では、剛板載荷時において砂質土地盤と粘性土地盤とで接地圧の分布が異なることに着目し、室内試験用の接地圧分布測定装置を開発した。そして、この装置を用いた載荷試験の結果から地盤反力係数比 R を計測することで地盤の土質区分を判定したほか、R と内部摩擦角ϕとの相関性を示してきた[1)]。しかし、中間土地盤としての性質を持つ地盤の評価法が検討されていない。このことを踏まえ、現段階では、現場での適応も考慮し、載荷板の寸法の違いに着目して、強度定数を推定することを検討している。地盤の平板載荷試験では 300mm の載荷板を用いて極限支持力をもとに c、ϕを経験的に求められているが、試験装置自体が大規模である。そこで、本研究では、寸法の小さな載荷板を用いることで、より簡便な試験によって強度定数を測定することを目指している。

今回の報告では、現場での載荷試験の前段階として、室内試験により、載荷板寸法の違いから強度定数を推定し、対象地盤の密度との関係を考察する。

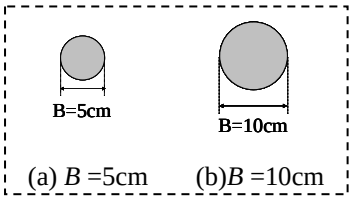
2. 載荷板寸法を変えた現場載荷試験の概要

平板載荷試験で一般的に用いられるのは直径 B =300mm の載荷板であるが、反力が大きいため大規模な試験になる。そこで、簡便に試験を行うために、B=50、100mm の載荷板を用いる。寸法が小さいほど粒径などにより生じる強度のばらつきを軽減するため、**図 1** のように 10cm の載荷板装置では 3 つ、5cm の載荷板装置では5つの載荷板を設けて同時に計測できるような仕組みになっている。また、今回の報告では、現場型試験の前段階として、**図 2** に示す載荷板を用いた室内試験を行う。



(a) B =5cm　(b)B =10cm　(c)平板載荷試験 (B =30cm)

図 1.現場型載荷板の底面図



(a) B =5cm　(b)B =10cm

図 2.室内型載荷板の底面図

3. 載荷板の寸法の違いを考慮した強度定数の推定

3-1. 道路橋示方書における極限支持力の計算式

直径の異なる二つの載荷板を用いて載荷試験を別々に行い、二つの試験から c、ϕを算出する[2)]。道路橋示方書・同解説[3)]によると、c、ϕの確認式は以下に示すとおりである。**式(1)**において直径 B_1 と直径 B_2 の単位面積極限支持力をそれぞれ q_{u1}、q_{u2} と仮定すると、連立方程式より支持力係数 N_γは**式(2)**のようになる。これより、支持力係数 N_γと内部摩擦角ϕとの関係式[4)]より、ϕ が求められる。また、**式(1)、(2)**から土の粘着力 c を求めると**式(3)**のようになる。

$$q_u = 2.8c^{2/3}N_c + 0.3B^{2/3}\gamma_1 N_\gamma \qquad \cdots\textbf{(1)}$$

$$N_\gamma = \frac{q_{u1} - q_{u2}}{0.3\gamma_1\left(B_1^{(2/3)} - B_2^{(2/3)}\right)} \qquad \cdots\textbf{(2)}$$

$$c = \left[\frac{q_{u1}B_2^{(2/3)} - q_{u2}B_1^{(2/3)}}{1.2N_c\left(B_2^{(2/3)} - B_1^{(2/3)}\right)}\right]^{(3/2)} \qquad \cdots\textbf{(3)}$$

(q_u:平板載荷試験によって求めた極限支持力(kN)、B:載荷板直径(m)、c:土の粘着力(kN/m^2)、γ_1:地盤の単位重量(kN/m^3)、

N_γ:鉛直荷重に対する支持力係数、c:土の粘着力(kN/m^2))

3-2. 実験概要

直径 B_1＝50mm と直径 B_2＝100mm の二つのサイズの載荷板を用い、載荷試験を別々で実施する。モールドは、直径 300mm×高さ 350mm のものを使用する。試料はマサ土を用い、密度は大小の 2 パターンに分ける。ρ_d=1.68g/cm^3 を case1、ρ_d=1.77g/cm^3 を case2 とおき、密度の違いと計算式より求めた強度定数の関係を検討する。また、締固め方法は 5kg ランマーを使用して突固め､突固め回数を変えて密度を調整した｡極限支持力 q_u の測定方法については、沈下量が載荷板直径に対して 10%のときの載荷応力とする。

3-3. 室内実験結果

図 3 に載荷試験結果の一例を示す。このとき、載荷板直径 B_1=50mm の極限支持力である q_{u1} は変位が 5mm のときの荷重強さであるため、q_{u1}=1331(kN/m^2)である。同様に、q_{u2} は変位が 10mm のときの荷重強さであるため、1506(kN/m^2)であることが分かる。載荷試験結果より算出した c、ϕ の値を**表 1** に示す。case1 については上述した計算方法により c、ϕ を算出した。case2 については、同様に計算すると c が算出できないため、c = 0 kN/m^2 とおき、**式(1)** を用いて q_{u1} と q_{u2} に対応する ϕ を別々に計算し､二つの平均を case2 としての ϕ とおいた。この表から分かるように、ϕ は 50° 程度となり大きい値を示した。しかし、密度が大きくなると、ϕ の値は大きくなり、c は減少する傾向になっている。

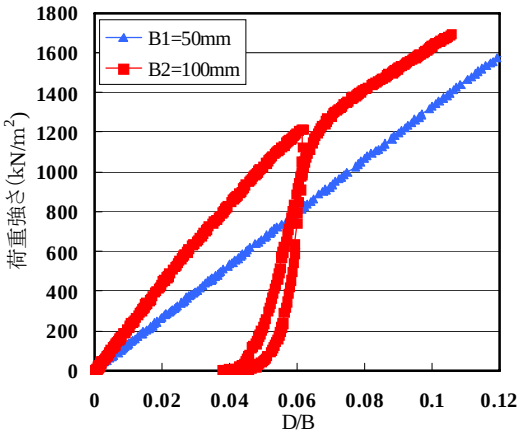


図 3.変位-荷重強さ関係(case1)

表 1.密度と強度定数との関係

	ρ_d (g/cm^3)	B_1 (m)	q_{u1} (kN/m^2)	B_2 (m)	q_{u2} (kN/m2)	ϕ (°)	c (kN/m^2)
case1	1.68	0.05	1331	0.10	1639	50.10	3.91
case2	1.76	0.05	1506	0.10	2600	55.13	0

これは、**表 2** に示すようにマサ土の三軸圧縮試験から求めた c、ϕ と同じ傾向にあることから、載荷板寸法の違いにより計算して求めた c、ϕ は密度の違いと比較して相対的に見ると、良好な値を示すと考えられる。

表 2.三軸圧縮試験結果

ρ_d (g/cm^3)	ϕ_d (°)	c_d (kN/m^2)
1.70	19.43	32.20
1.80	29.98	34.87
1.90	36.13	38.75

また、今回使用したモールドでは、直径 10cm の載荷板による載荷試験においては拘束圧の影響が考えられる。よって、この拘束圧による影響がない現地地盤を想定した場合、q_{u2} が減少することにより ϕ は小さくなり、c が増加することが予測できるため、上記の **3-1** で示した計算方法により c、ϕ が求められる。

4. まとめ

地盤の支持力と載荷板寸法の違いにより強度定数を求めるにあたり、室内載荷試験を行った。この結果、密度が大きくなると ϕ が増加し、c が減少する傾向にあることが分かった。また、この関係は三軸圧縮試験で求めた c_d、ϕ_d においても同様の関係が成り立ち、現場における載荷板寸法を変えた載荷試験から算出する c、ϕ と密度との間に適当な関係が成り立つことが示唆された。

5. 今後の予定

現場において、2 章で述べた載荷試験装置を用いて実験を行い、強度定数を算出する。対象試料は、砂質土の代表として硅砂、そして中間土の代表としてマサ土を用いる。また、載荷板同士の間隔を検討することで拘束圧の影響を考察する。

参考文献

1)大茂知資、大嶺聖、安福規之、小林泰三：接地圧分布測定装置を用いたセメント改良土の強度特性の推定、第 8 回地盤改良シンポジウム、pp325~328、2008 年 11 月　2)鐘廣喜：「1 サイズ載荷板法」の問題点及び「2 サイズ載荷板法」の提案、土木学会第 64 回年次学術講演会　3)道路橋示方書･同解説 pp269-279　4)石原研而：第二版 土質力学 pp263-264