

2.2. 現場の地耐力確認を目的とした簡易試験法の実験的検討

(独)労働安全衛生総合研究所 ○玉手 聡
同 上 堀 智仁

1. はじめに

移動式クレーンやくい打機は大型の機械であり、これらを安定設置するためには支持地盤が十分に堅固な状態にある必要がある。しかしながら、写真1に示すような転倒災害が依然として発生しており、現場地盤が不安定な状態で大型建設機械が使用されている現状をうかがい知ることができる。

このような転倒災害を防止するためには支持地盤の安定を確保することが不可欠である。しかしながら、現場地盤の支持力は目視や踏査などにより経験的に判断される場合が多く、支持力を見誤ったことによる転倒も発生している。従って、クレーン等の設置に際しては現場地盤の支持力を工学的に調査して、確認する必要がある。

地盤の支持力を直接的に調査する方法には平板載荷試験がある。しかし、この試験は実施に時間を要し、また方法も必ずしも簡単ではないため、現場では敬遠されがちなのである。

本研究では現場で広く用いられている掘削機械(ドラグ・ショベル)の自重を反力に利用した簡易な支持力試験の方法を検討した。本論文では現場支持力試験の方法を述べ、次いで開発した試験装置を紹介する。そして、得られた試験結果に基づいて本試験の適用性を考察する。



写真1 建設機械の転倒事故

2. 平板載荷試験と現場支持力試験の比較

表1は平板載荷試験と今回検討した現場支持力試験の比較を示す。両試験で用いる載荷板の形状とその大きさは同じであり、ともに直径30cmの円形である。しかし両試験では荷重の載荷方法と変位の計測方法が異なる。

平板載荷試験¹⁾では計画最大荷重を5から8段階に分割し、段階的に荷重を載荷する。載荷荷重は各段階で30分間の保持が標準とされ、沈下量が計測される。

図1は平板載荷試験の標準的な方法を示す。載荷点に対して規程で定める離隔を与えた位置に基準点を設け、これに架けられた基準ばりを不同点として載荷板の変位を計測する。この離隔は1.0m以上と規定されており、変位計は対称な位置に4箇所設置し、載荷板の変位を計る。そして、4点の変位の平均値を載荷板の沈下量とする。荷重は先に述べた通り、一定荷重を段階毎に保持させるいわゆる応力制御方式である。

一方、本報告で紹介する現場支持力試験は反力とするドラグ・ショベルの浮き上がり量と載荷装置(アクチュエータ)の伸張量から載荷板の沈下量を算出することを特徴とする。さらに、荷重はアクチュエータを一定速度で伸張させることにより地盤に与える、いわゆる変位制御方式であることも大きく異なる部分である。

支持力試験では変位速度が5mm/minで荷重を与えた。この値は一軸圧縮試験における軸変位速度1%/minを参考に、載荷板直径のスケール比を近似的に考慮した値である。

表1 平板載荷試験と支持力試験の方法の比較

	平板載荷試験 (JGS 1521-1995)	支持力試験
載荷板	直径30cmの円形	
載荷方法	荷重制御 (計画最大荷重を5から8段階で載荷)	変位制御 (5mm/min)
反力装置	実荷重, アンカー, 重機	重機
沈下量	基準ばりから載荷板上の沈下4点を計測	載荷装置の伸張量から重機の浮き上がりを引いた値
所要時間 (1箇所)	3時間~4時間40分	約20分

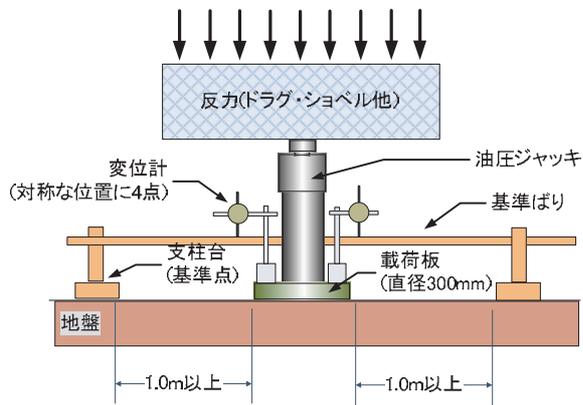


図1 平板荷重試験の標準的な方法

両試験における所要時間は大きく異なる。平板荷重試験では時間が荷重の段階数によって異なるが、平均で1点3時間以上を要する。これに対して支持力試験は約20分である。但し、この時間は荷重のみであり、準備時間を含まない。後述する支持力試験装置は架台上にユニット化されており、その準備時間の短縮も図られている。

3. 現場支持力試験の詳細

3.1 試験装置の概要

図2は現場支持力試験の装置を示す。この装置は架台の4隅には車輪が取り付けられており、人力により現場内を移動することが可能である。試験に必要な荷重装置は架台にまとめて搭載されており、迅速な移動と試験が可能である。ハンドルは角度を0度、45度、90度の3段階に調節でき、写真2のように下部走行体と支持地盤の間に試験装置を挿入できる。

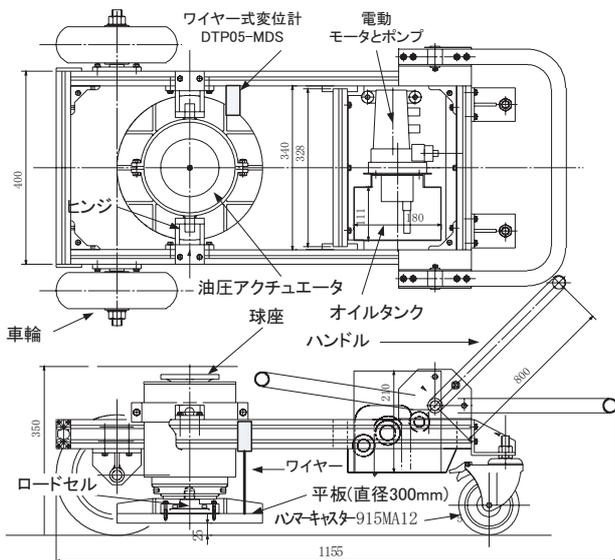


図2 現場用の支持力試験装置

油圧アクチュエータが架台の前方中央部に備わり、その後部には電動モーターと油圧ポンプが備わる。この油圧アクチュエータのシリンダー部には図3に示す3段ストロークする重複構造が与えられている。全長は258mmの収縮状態から最大486mmまで伸長する。アクチュエータが収納した状態をコンパクト化きたことにより、下部走行体と地盤の間に挿入することが可能となった。

アクチュエータと荷荷板の間には容量100kN(10トン)の薄型ロードセルが備わり、荷荷板に剛結されている。アクチュエータのストローク量(s_c)はワイヤー変位計(図2参照)により、直接測定する。



写真2 下部走行体と支持地盤の間に設置された現場支持力試験装置

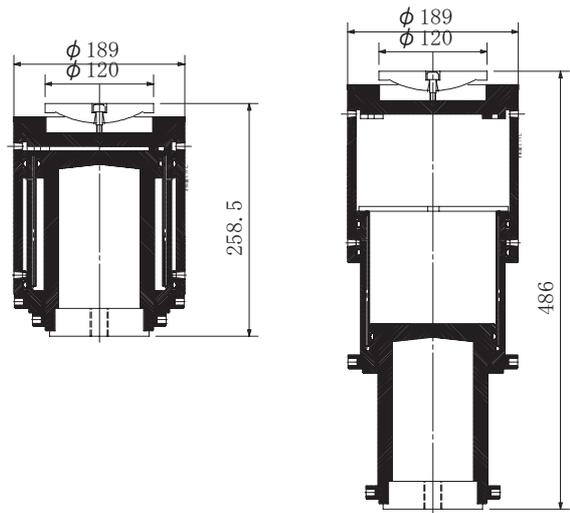


図3 油圧アクチュエータの構造 (左:収縮状態 右:伸長状態)

3.2 試験方法

ドラグ・ショベルを試験位置に移動させ、荷荷部の地盤表面を平坦に仕上げる。そして、試験装置を下部走行体と地盤の間に挿入し、アクチュエータの上面にある球座が重機のフレーム位置と一致するように調整する。

上部旋回体の向きは履帯と平行になるような向きとし、傾斜が履帯に平行な向きに生じるようにする。写真3に示すワイヤー式変位計を機体に設置する。この変位計はマグネットホルダーを備え、重機ボディへの取り付けが容易となっている。

変位計は機体の前方と後方の2箇所に設置し、载荷に伴って図4のように生じる機体の浮き上がりを計測し、载荷板の沈下量(s)を補正して求める。

油圧アクチュエータの载荷位置における理論浮き上がり量(s_{lt})は前部と後部における機体の浮き上がり量 s_a と s_b 及び計測間隔 l_a と l_b を用い、式(1)で換算して求められる。そして、 s はアクチュエータの伸張量(s_c)と s_{lt} を用いて、式(2)から求まる。

$$s_{lt} = \frac{s_b \cdot l_a + s_a \cdot l_b}{l_a + l_b} \quad (1)$$

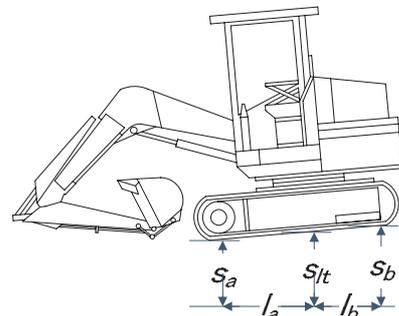
$$s = s_c - s_{lt} \quad (2)$$



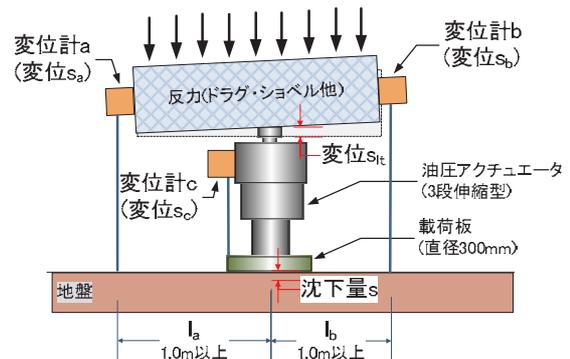
写真3 機体の浮き上がり変位量の測定
(左：前部の様子、右：後部の様子)



写真4 重機を反力とした支持力試験の様子



a) ドラグ・ショベルに生じる傾斜計測のイメージ



b) 载荷板の沈下量sと各部の変位の関係
図4 機体の浮き上がり補正の方法



写真5 試験装置と流量調整バルブと操作レバー

支持力試験の様子を写真4に示す。支持力試験装置が下部走行体と地盤の間に挿入され、機体後部にはワイヤー変位計が取り付けられている。载荷板に与えた载荷荷重(F)及び s_a 、 s_b 、 s_c はデータ収録装置に保存され、この収録装置はパソコンで制御される。

载荷試験の間はモニターでアクチュエータの変位速度(v_y)を監視し、値が5mm/minでほぼ一定となるよう写真5にある流量調整バルブを操作する。なお、この値は一軸圧縮試験における標準的な载荷速度に準じて仮設定した値である。すなわち、直径50mm、長さ100mmの供試体に対して1%/min(=1mm/min)の変位速度を与える一軸圧縮試

験を参考に、直径 300mm に対する変位速度の換算値(6mm/min)をもとに 5mm/min と設定した。

4. 試験結果の考察

図 5 は平板载荷試験(PL 試験)と支持力試験(BC 試験)の結果を比較して示す。試験は都内の建築現場で行った。地盤は表面から深さ約 1m までの範囲が、セメント安定処理により養生されていた。現場内の数カ所において、両試験をそれぞれ 2 ケース実施した。

载荷応力(q)は载荷荷重を载荷板の面積($A=0.0707\text{m}^2$)で除した値であり、沈下比(s/D)は沈下量(s)を载荷板の直径($D=300\text{mm}$)で除した値である。両試験結果を比較すると、共通して载荷初期の $s/D < 0.02$ では曲線の傾きが大きくその後、屈曲する。 $s/D > 0.03$ では s/D 増分に対する q の増加が減少している。

载荷初期における曲線の接線勾配(K)を比較すると、PL2 以外の 3 つは値がほぼ一致している。また、屈曲前後の 2 接線の交点における q の値を極限支持力(q_u)と定義し、その値を比較する。PL2 はその他の 3 ケースに比べて 2 割程度値が大きいものの、その他の 3 つはほぼ値が一致している。現場内の支持力自体が幅をもって分布していることを考慮すると、支持力試験による q - s/D 関係の調査結果と平板载荷試験のそれとの間には大きな差が生じていないように思われる。

図 6 は関東ローム地盤と成田砂地盤で行った支持力試験(BC 試験)の結果を示す。両地盤においてそれぞれ 2 ケースの試験を実施した。2 つの地盤で得られた q - s/D 関係には良い一致が見られ、本試験の再現性が確認することができる。

砂質地盤の結果である BC3 と BC4 では、 q - s/D 関係に明確なピークは見られない。 s/D が 0~0.1 の範囲では s/D 増分に対する q 増分は高く直線的な関係が見られる。さらに、この関係には $s/D=0.1$ 付近で屈曲点が見られる。

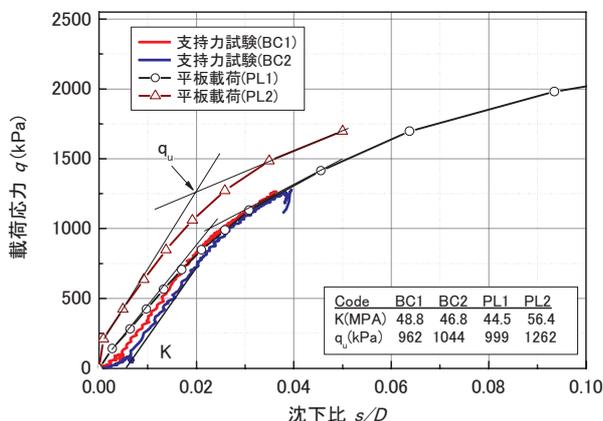


図 3 平板载荷試験と支持力試験による载荷応力(q_a)-沈下比(s/D)関係の比較

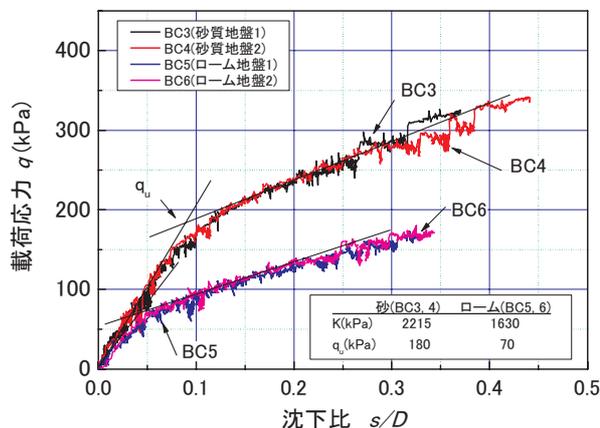


図 6 関東ローム地盤と成田砂地盤における载荷応力(q_a)-沈下比(s/D)関係の比較

$s/D > 0.1$ における q の増分は $s/D < 0.1$ に比べて減少している。2 回の試験より得られた両曲線は良い一致を示している。ローム地盤の結果 BC5 と BC6 の q - s/D 関係にも類似した傾向が見られ、両曲線はほぼ一致している。得られた q - s/D 関係より求めた K と q_u の値は両地盤において明確な違いを示し、それぞれの地盤における再現性も確認された。

5. まとめ

施工現場で使用される大型重機や移動式クレーンの転倒事故を防止するためには、設置地盤の安定確保が不可欠な条件である。しかしながら、その確認は目視や踏査等により経験的に判断されているのが現状である。

平板载荷試験は直接的に地盤の支持力を確認できる有効な試験法であるが、その実施に時間と準備を要するため、これまではクレーン等の安定確保に用いられた例がほとんど聞かれなかった。

本研究では簡易な現場支持力試験の適用を検討した。施工現場等において载荷試験を行い、平板载荷試験の結果と比較したところ、良い一致が見られた。また、同一地盤に対する結果の再現性も確認された。これは地下水位等の影響がない不飽和な地盤では、载荷速度の違いが载荷圧力と沈下比の関係に与える影響は少ないためと考えられる。

従って、移動式クレーンやくい打機等が使用されるような施工現場の短期的安定評価に対しては、現場支持力試験によって標準試験をある程度補完することが可能であり、支持地盤の安全確保に有効な手段となりうるものと思われる。

謝辞：本研究は平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)の交付を受け実施したことにより得られた成果である。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

1)地盤調査法：地盤工学会, pp.345-361, 1999.