

現場地耐力試験と平板載荷試験による地盤調査の性能比較†

玉手 聡*1, 堀 智仁*1

平板載荷試験(PLT)では支持地盤に対する載荷圧力 q と沈下量 S の関係から極限支持力 q_d や地盤反力係数 K_{vs} が導かれ、建設機械等を設置する際の圧力載荷を再現した調査が可能である。しかしながら、その実施には4時間程度を要するため、機械を移動する度毎にこの試験を行って地耐力を確認するには困難な側面があった。そこで本研究では、簡易な方法として現場地耐力試験(BCT)を考案した。BCTは10から20分程度の短時間で試験が可能であり、その方法もPLTに比べて簡易なものである。本稿では、BCTの方法とこれを迅速に実施するための試験装置を紹介するとともに、新たに二箇所の現場で行ったBCTとPLTの比較調査の結果を報告する。そして、既往のデータに新たなデータを加えた総合的な検討からBCTの有効性を議論した。

キーワード: 地盤調査, 簡易試験, 地耐力確認, 建設機械, 移動式クレーン, 転倒防止

1 はじめに

移動式クレーンやくい打機など(以下、建設機械という)の転倒防止には地耐力の確認が不可欠であるが、それを怠ったことによる災害が後を絶たない¹⁾。地耐力確認が疎かとなる背景には建設機械が一時的に設置される構造物であるため地盤は軽視されがちなこと、簡易に調査する方法に適当なものが無かったことの二つが挙げられる。したがって、転倒事故の防止には、まず、簡易な地耐力調査の方法を提供し、そして、それを現場で確実に実施することが必要である。そこで本研究では、簡易な地耐力調査の方法「現場地耐力試験」を考案し、これを実施するための装置を開発した。本稿では本試験の概要を説明するとともに技術資料¹⁾の発行後に新たに追加された現場実験データを示し、改めて本試験の有効性を議論する。

2 現場地耐力試験の方法とその装置

1) 試験時間の短縮と計測の簡易化

地盤の支持特性や変形特性を直接的に調査するための一般的な方法として平板載荷試験があり、これは公益社団法人地盤工学会が地盤調査法として基準化した手法である²⁾。本稿では平板載荷試験をPlate Loading TestからPLTと略していう。その方法は直径300mmの載荷板に加える載荷圧力と変位量の関係から地盤の支持特性や変形特性を求めるものであり、荷重は計画最大荷重を5から8段階に分割して載荷される。しかしながら、各段階で荷重を30分保持することとされておりその実施には4時間程度を要する。そのため、建設機械の移動や設置の度毎にこれを行うのは、現実的に困難なときもあった。そこで本研究ではPLTをより簡単に実施する方法を検討した。ここではその方法を「現場地耐力試験」と呼び、本稿ではBearing Capacity TestsからBCTと略して記す。本稿では、まずBCTの方法を説明するとともに、試作した試験装置を紹介する。そして、この装置

を用いて行った現場試験の結果を示し、本試験の有効性を考察する。

表1にPLTと現場CBR試験³⁾(以下、CBRという)及び今回検討したBCTの比較を示す。BCTはPLTとCBRを応用した方法であり、それぞれの利点を組合せた試験方法である。両試験を応用した理由は主に次の二つである。一つは、作業現場の土は不飽和な場合がほとんどであり、粘土の圧密現象のような、沈下が載荷に対して時間遅れを伴って発生することは少ないと見られるためである。また、そのような特殊な地盤の調査には、既存の試験法を利用することとすれば、それ以外の現場では試験をスピードアップできるため、安定性を効率的に確認できるメリットがある。もう一つは、建設機械や移動式クレーンの旋回や走行による載荷は比較的短時間の現象でありPLTよりもむしろ迅速に載荷する方が実際の載荷条件に近いと考えられるためである。これに加えて、安定性の確認では支持力だけでなく地耐力を知る必要があり、載荷圧力と沈下量の関係を直接計測できるPLTとCBRを応用することは本研究の目的に対して有効と考えられるためである。

BCTの載荷板の形状と大きさはPLTと同じ300mmの円形である。したがって、支持力評価の基本的な部分はPLTに準じるものとしている。なお、BCTにおける荷重の載荷方法はCBRと同じ変位制御とし、試験時間の短縮するようにした。CBRでは、直径50mmの載荷板を1mm/分の一定速度で貫入させ、貫入量が2.5mmと5.0mmの時の載荷圧力を記録する。したがって、試験に要する時間は5分と短く、短時間での評価が可能である。しかしながら、載荷板が小さいために評価範囲はPLTよりも狭くなるという問題があった。CBRは通常、道路施工における路床と路盤の品質管理に用いられているが、今回の地耐力確認ではPLTに準じたものとするを目標とした。そこでBCTでは、CBRにおける一定速度の変位増加を参考に、その標準速度を5mm/分に設定した。この値はCBRの1mm/分に対して、BCTとCBRの載荷板の直径比が6倍であることなどを考慮した。これによって、BCTの載荷時間は10分から20分程度となり、PLTに比べて大幅な時間短縮が可能となった。

† 労働安全衛生総合研究所技術資料 JNIOSSH-TD-NO.3(2015)の一部発表

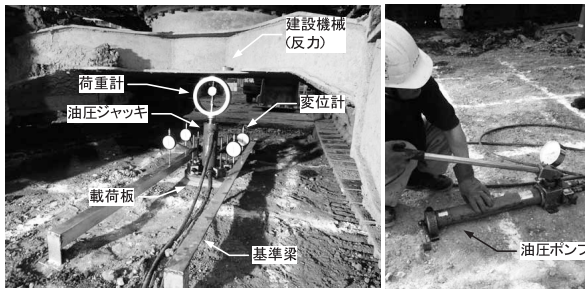
*1 労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ
連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6
労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 玉手聡*1
E-mail: tamate@s.jniosh.go.jp

表 1 平板載荷試験と現場 CBR 試験と現場地耐力試験の比較

	平板載荷試験(PLT) JGS 1521-2012	現場 CBR 試験(CBR) JIS 1222:2013	現場地耐力試験(BCT) <今回提案>
載荷板	直径 300 mm の円形	直径 50 mm の円形	直径 300 mm 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 (1 mm/min)	変位制御 (5 mm/min)
反力装置	実荷重又はアンカー	実荷重(ダンプトラックなど)	実荷重(建設機械)
沈下量	基準ばりから載荷板上の沈下 4 点を計測	架台に対する貫入ピストンの変位 を 2 点で計測	載荷ジャッキの伸張量から建設機械の 浮き上がり量を補正して計算
所要時間 (1 箇所)	2.5 時間~4 時間	5 分	約 10 分



a) 載荷装置と計測装置の設置作業



b) 設置された試験装置の状態

図 1 平板載荷試験のための準備作業

地盤調査に要する時間には、載荷時間だけでなく、試験の準備時間も含まれる。そのため BCT では準備時間の短縮も検討した。図 1 は PLT での準備の様子と装置を示す。建設機械の下部走行体と地面の間の狭い場所に載荷板をセットしており、油圧ジャッキなどの載荷装置と荷重計が載荷板の上部に組み立てられている。また、基準梁が 2 列に配置され、4 個の変位計が取り付けられている。PLT ではこのような様々な準備を現場で行う必要があり、その作業には 1 時間程度を要する。後述するが、BCT ではこのような準備作業の短縮と省力化の方法についても検討した。

2) 新たな試験装置の検討

先に述べたとおり BCT は PLT を応用した方法である。そのため、PLT の装置を利用して BCT を行うことも可能である。すなわち、BCT は PLT の載荷スピードを早めて行うことで概ね実施可能である。ただし、その場合にも PLT 装置の設置や組み立ての部分で手間と時間を要する問題は残されていた。そのため本研究ではその抜本的な解決をめざし専用装置の開発に取り組んだ^{4),5),6),7)}。図 2 に同装置の外観を示す。本装置には載荷と計測の

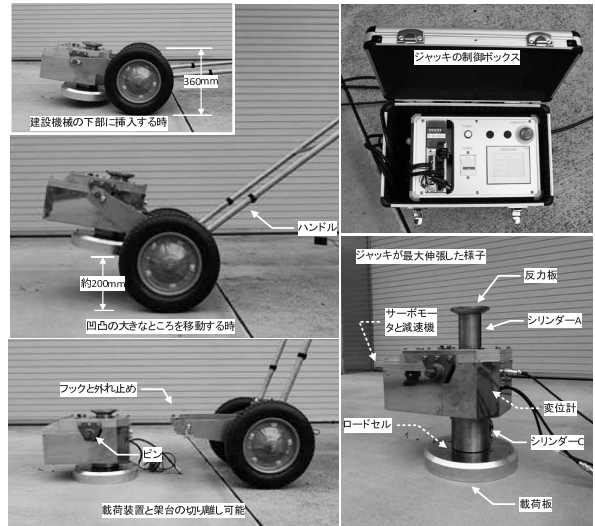


図 2 現場地耐力試験装置(BCT 装置)の外観

両機能が車輪付きの架台にユニット化して搭載されている。

載荷機能は電動モーターで動作する仕組みとなっており、これをリモートコントローラで操作する。また、荷重計と変位計の計測機能が同装置に内蔵されており、その電気的信号がデータ収録装置に自動記録される。BCT 装置は建設機械の後部(カウンターウェイト側)から手押しで挿入して設置するように設計されており、PLT のような建設機械の下部での組み立てが不要である。図 3 は国内の代表的なメーカーのドラグ・ショベルについて、機体質量 M とバケット容量 V と最低地上高 H の関係を示す。 V は掘削機械の規模を意味するが、 M と V の間には概ね比例の関係が見られる。 H は下部走行体の中心部における地上とのクリアランスであり、 H と M は非線形な関係である。 $M < 10000 \text{ kg}$ では M 増分に対する H 増分は大きい、 $M > 10000 \text{ kg}$ では H の増加は小さい。ここで、BCT の実施では、対象とする建設機械での実載荷重レベル以上の自重が必要となる。例えば、載荷荷重を 10000 kg 以上確保するためには、当然機体質量も 10000 kg 以上必要となる。この質量に該当する V は 0.45 m^3 以上のクラスとなり、その H は 440 mm とわかる。図 2 に示した BCT 装置はジャッキを収縮させた状態での全高は車輪の外径(360 mm)に等しくなることから「 440 mm 以下」の条件を満足する。

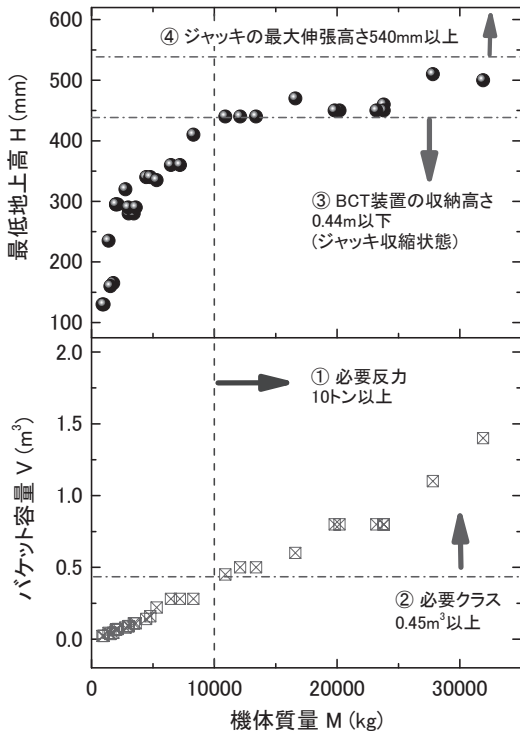


図3 機体質量とバケット容量と最低地上高の関係

次にドラグ・ショベルの全ラインナップから H の最大値は 510 mm 程度である。そのため、ジャッキに必要な最大伸張長さは、 H に載荷板の沈下量 S を加えた値となる。開発した BCT 装置は図 2 のようにシリンダーが上下に伸張して載荷板に荷重を載荷する。この時、上側の反力板は建設機械の下面に接し、下側の載荷板は地面に接する。したがって、載荷板には建設機械の自重を反力とした荷重が作用する。

図 4 は BCT 装置に搭載した小径 2 重ギヤ式ジャッキの構造を示す。小径ジャッキは、強度的な補強と動作部の摩擦軽減を図りつつ開発を進めその外径は 130 mm のコンパクトな構造となっている。また、その動力には最大トルク 453 N・m の AC サーボモータ(FHA-32C)1 個を使用しておりこれは最大 100kN 載荷の能力を有するとともに、変位速度は 0 から 30 mm/分の間で任意な設定が可能である。したがって、載荷試験は 5 mm/分で載荷し、試験前のストローク調整では 30 mm/分で伸張させるという操作が可能である。

図 5 に BCT 装置の構造を示す。本装置は左右に 2 個の車輪が備わり、ジャッキの昇降はハンドルの上下で行う。このハンドルと架台の角度は 0 から 90 度の間で 6 段階に調整できる。凹凸の多い現場等では角度を大きくすることによって、ジャッキを高く持ち上げて移動できる。BCT 装置を建設機械の下部に設置する際はハンドルを水平に近い状態として、ジャッキを少し浮かせながら建設機械下部に挿入する。また、制御装置は本体側から別けてリモートコントローラ側と一体化させた。これによって、載荷装置側の構成がコンパクトになった。ジャッキは架台とピン結合しており、この結合を解除するこ

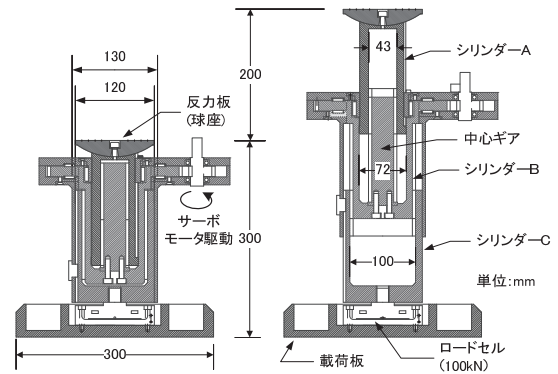


図4 小径 2 重ギヤ式ジャッキの構造

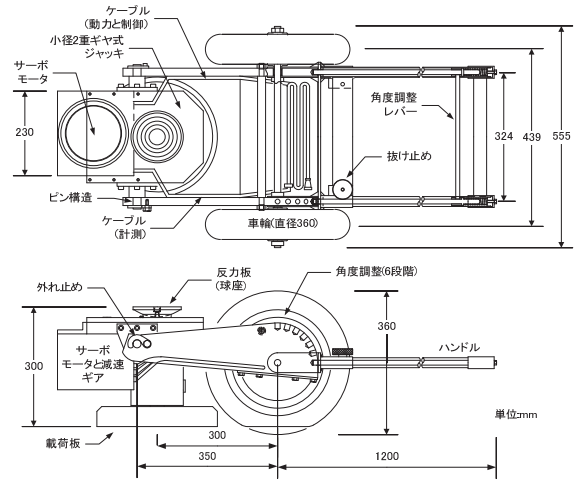


図5 現場地耐力試験装置(BCT 装置)の構造

とによって容易に分離することができる。そのため、分割梱包して持ち運ぶことが可能であり、試験毎に現場で組み立て使用することができる。

3) 簡易な沈下量の求め方

BCT では PLT と同様に載荷板から地面に作用した載荷圧力 q とこの時に生じる沈下量 S を同時に記録する。地盤工学会基準である JGS 1521-2012 では PLT における S の計測方法を定めており先の図 1 に示したように基準梁を設置して不動点を確保したうえで、載荷板の相対変位を計測することとしている。このように S の計測は装置の設置も含めてかなり手間を要するものである。さらに、建設機械の下部は場所が狭く手元も薄暗いため作業に苦勞する部分も多い。そこで、BCT では S の計測を簡易に行う代替の方法を検討した。

図 6 にその方法による S の導出原理を示す。ジャッキのストローク量 s_c は BCT 装置に内蔵された変位計で直接測定する。しかし、荷重の載荷に際しては、図 6 に示すような僅かな浮き上がりが建設機械に生じるため s_c と S は等しくならない。すなわち、 S を正確に求めるには式(1)のように、 s_c から浮き上がり量 s_t を差し引く必要がある。ただし、 s_t を直接計測することは通常難しいことから、本研究では間接的に求めて補正する方法を提案し

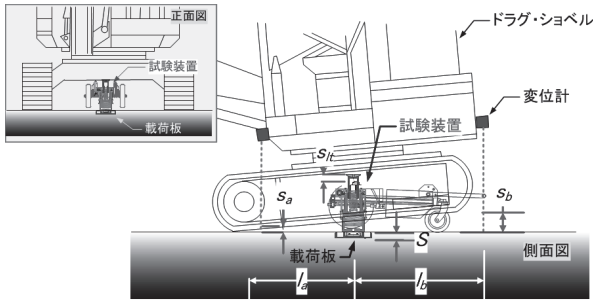


図6 機体の浮き上がり補正の方法

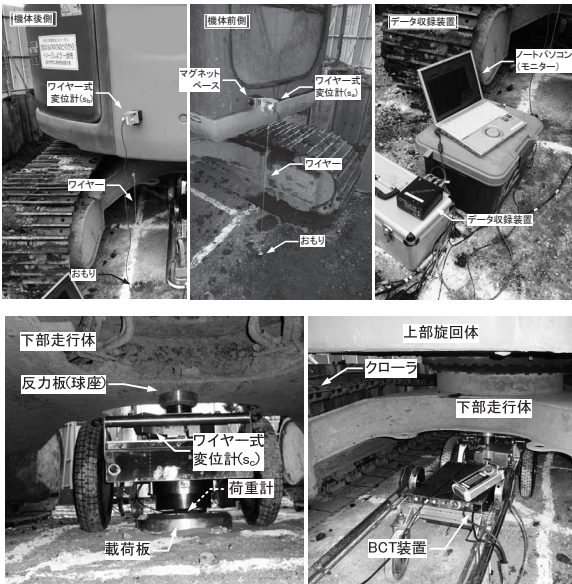


図7 地耐力試験における荷重と変位の計測

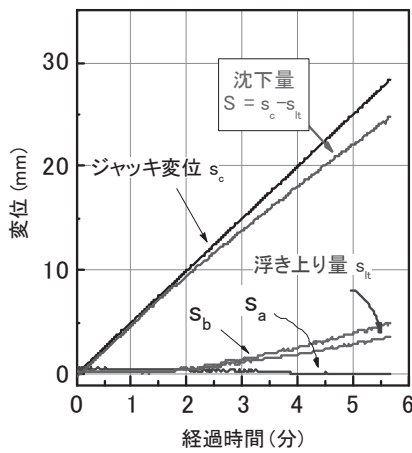


図8 ジャッキ変位と浮き上がり量から求めた沈下量の例

た. 具体的には, 機体の前後に変位計を設置して浮き上がり量を計測し, 両方の値から s_{it} を換算して求める方法である. すなわち, 載荷点から距離が l_a と l_b における浮き上がり量 s_a と s_b を計測し, これらを式(2)に代入して s_{it} を求めるものである^{6), 7)}.

$$S = s_c - s_{it} \quad (1)$$

$$s_{it} = \frac{s_b \cdot l_a + s_a \cdot l_b}{l_a + l_b} \quad (2)$$

ただし, JGS 1521-2012 では基準梁支持台から載荷点

までの離隔を 0.9 m 以上とするよう定めていることから s_a と s_b の計測ではこれを満足させる必要がある. 近年のドラグ・ショベルは小旋回型が普及しているためカウンターウエイトの張り出しは小さくなっている. しかしながら, 調査した $V > 0.45 \text{ m}^3$ クラスでは $l_a + l_b > 1.8 \text{ m}$ の離隔条件を満足することから, この方法による導出で機体サイズが問題となるケースはほぼ無いことを確認している. 以上のことから, 本研究では浮き上がりから補正して求めた S は PLT に定義された S と同等なものとして利用することを提案した.

図7にBCTにおける計測の様子を示す. s_a と s_b の計測はマグネットベースに取り付けたワイヤー式変位計を用いると, 建設機械への固定が容易であり比較的簡単に行うことができた. ここで, おもりに結合したワイヤーは地面と垂直になるよう位置を調整した. 同写真には小型のデータ収録装置とそのモニター用ノートパソコンによる計測方法の例を示しており, 荷重計測に1チャンネルと変位計測に3チャンネルの合計4チャンネルを使用する. 図8にBCTにおける測定変位の時刻歴変化の一例を示す. s_c の変位速度 v は 5 mm/分に設定したときのものであるが, ジャッキ変位 s_c は一定速度で増加している. 機体前方と後方の s_a と s_b については, 経過時間が3分付近から s_b に増加が見られ, 式(2)で換算した s_{it} は 5.5 分の試験終了時に 3.6 mm となっている. したがって, 式(1)から換算した S の実速度は 4.5 mm/分となり, この例では v_c が浮き上がりによって約 10% 低下した.

3 現場実験

1) 表層軟弱地盤(GB1)における実験

茨城県稲敷郡阿見町の現場(GB1)において BCT と PLT を行った. 表2は試験の実施箇所とそのコード名を示す. GB1 では図9に示す No.1, No.2 及び No.3 の三つのポイントにおいて BCT を 4 試験と PLT を 1 試験の計 5 試験を行った. 同試験は施工建築物の周囲で行ったためポイント間の距離は 130 m から 250 m と離れている. 各ポイントでは PLT を中心に BCT はそれを囲むように 1 m 間隔で行った. 図10はGB1の代表地点で行った標準貫入試験から得られた N 値と土質の分布を示す. 表面から深さ 0.9 m (GL-0.9 m) まではロームを主体とした盛土が堆積する. さらに, GL-3.8 m までは有機質シルト, 有機質土, 粘土の層が続いて存在している. この深さまでは N 値が 1 または 2 の軟弱な層が分布しており水位は GL-2.6 m に存在している. GL-3.8 m 以深では細砂及び中砂を主体とする層が分布し, N 値は最大 50 まで増加している. なお, 表面から GL-1.15 m までの浅い部分については N 値が得られておらず硬軟は不明である.

図11には試験の様子を示す. ドラグ・ショベルの下部走行体と上部旋回体の向きは平行に設置して載荷試験を行った. 機体の浮き上がり量は前部と後部で計測した. BCT ではジャッキを標準値の 5 mm/分に変位させた. 試験の終了は載荷圧力 q が上限の 1400 kN/m² に到達するかジャッキの伸張量が最大に達するまでを基本とした.

表2 GB1の試験箇所と実験コード

地盤の状態	表層軟弱地盤		
場所とコード	茨城県稲敷郡阿見町内(GB1)		
ポイント	No.1	No.2	No.3
現場地耐力試験	BCT_1 -a, b, c, d	BCT_2 -a, b, c, d	BCT_3 -a, b, c, d
平板载荷試験	PLT_1	PLT_2	PLT_3

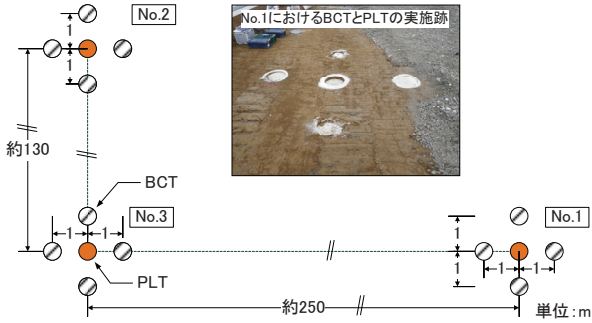


図9 GB1における試験ポイントの位置関係

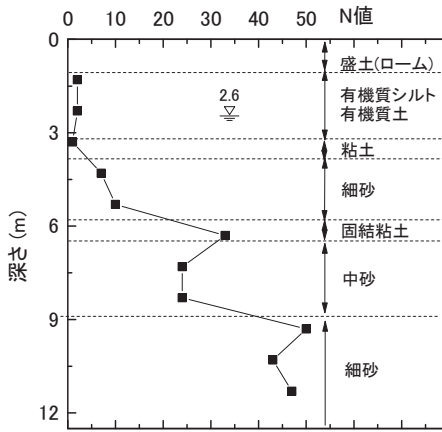


図10 GB1のN値と土質分布

図12は三つのポイントにおける q と沈下量 S の関係を示す。ここで、BCTではPLTのような予備载荷を行っていないため q - S 関係には表面の緩みによる影響が载荷初期の部分に現れていた。そのため、本結果の比較では最急部勾配における接線と S 軸の交点を修正原点としてデータを再整理した。PLTは段階的な载荷であるため屈曲部が明確でないが、変位制御のBCTでは明確となっている。三つのポイント内では共通してBCTとPLTの曲線には良い一致が見られる。一方、ポイント間では相互の地耐力に差が見られNo.3の q - S 曲線はNo.1とNo.2のそれに比べて上方に位置している。すなわち、No.3の地耐力はNo.1とNo.2のそれに比べて高い。 $q < 400 \text{ kN/m}^2$ で S の増加に対する q の増加が高く現れ(傾きが大きく)、 $q > 400 \text{ kN/m}^2$ ではその傾きを減少させている。

JGS 1521-2012の方法に従って極限支持力 q_l を求め三つのポイントにおけるBCTとPLTの誤差を求めた。値は2%から20%に分布し平均13%であった。地盤反力係数 K_v は2%から19%に分布し平均8%の誤差であった。松尾は地盤調査から得られた土のせん断強さのデータを例示する中でその変動係数 V_{cu} の値は0.2から0.4

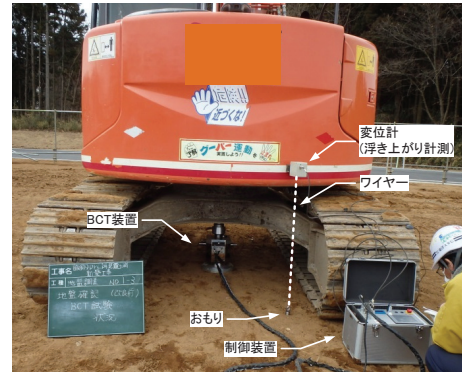
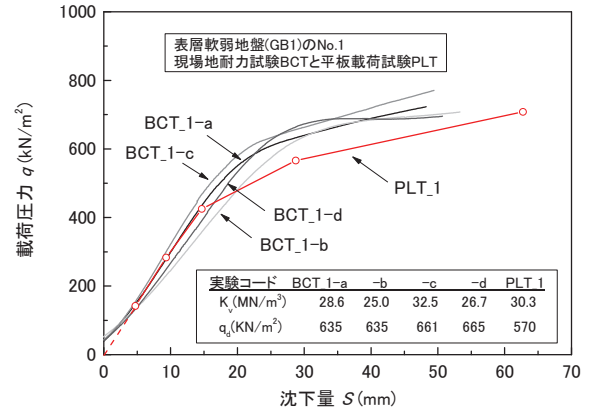
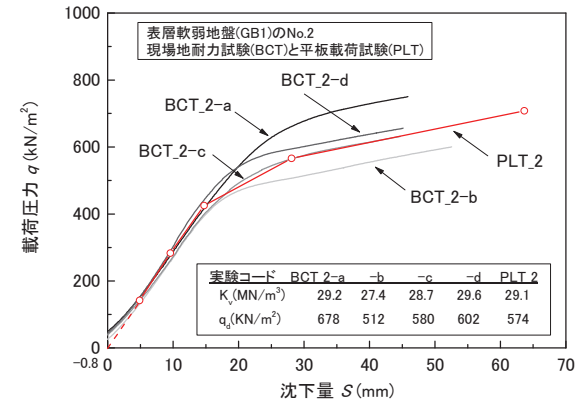


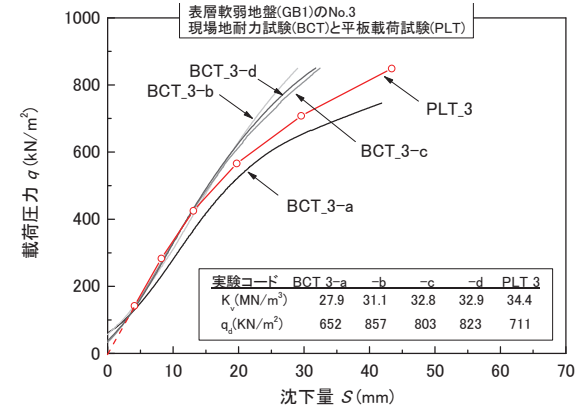
図11 GB1のNo.1における実験の様子



a) No.1の結果

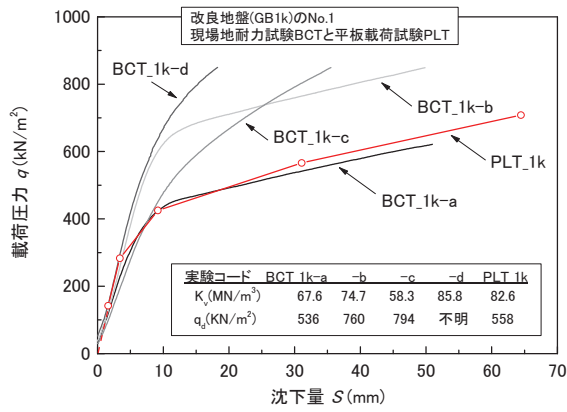


b) No.2の結果

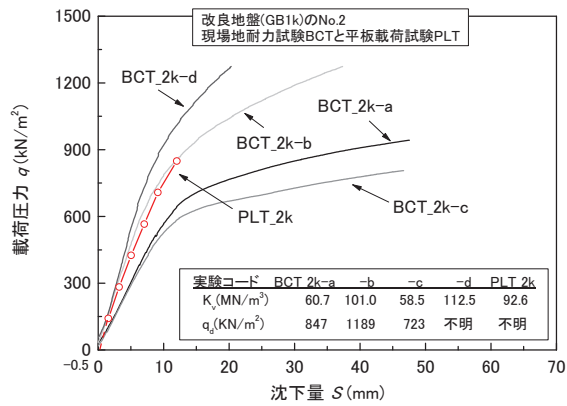


c) No.3の結果

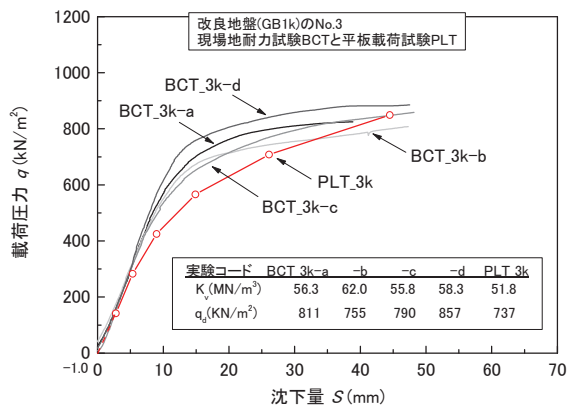
図12 GB1における現場地耐力試験と平板载荷試験から得られた载荷圧力と沈下量の関係



a) No.1 の結果



b) No.2 の結果



c) No.3 の結果

図 13 GB1 の地盤改良後に行った現場地耐力試験と平板載荷試験の結果

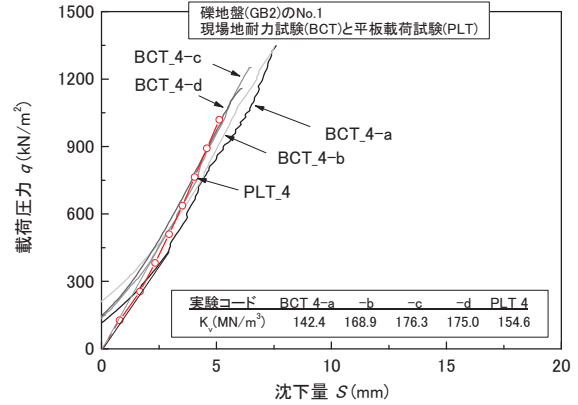
程度と述べている⁸⁾。GB1 での PLT に対する BCT の誤差は 20% 以下であり、これは通常の地盤調査における変動の範囲内と思われる。したがって、BCT では PLT と概ね一致する結果が得られることがわかった。

2) 表層改良地盤(GB1k)における実験

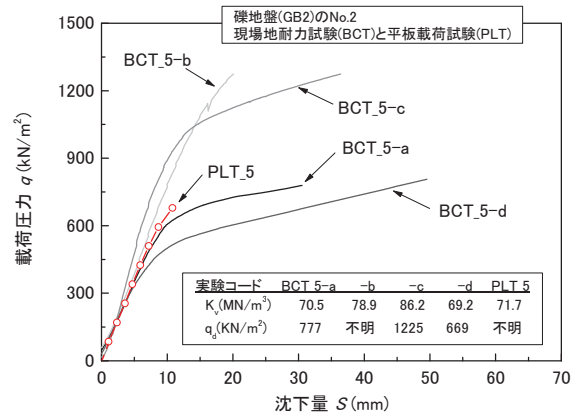
GB1 では先の試験終了後に表層をセメント混合処理する地盤改良が施された。その方法は散布車でセメントを散布した後スタビライザーで深さ 1 m までの攪拌混合するものであり添加量は 175 kg/m³ であった。混合後には表面をブルドーザで整地した後タイヤローラーで転圧した。この地盤改良から 7 日の養生期間を経て改めて両試験を行った。図 13 は改良後に先と同じポイント近傍で行った試験の結果を示す。先の図 12 と比較して

表 3 GB2 の試験箇所と実験コード

地盤の状態	礫まじりの地盤	
場所とコード	東京都練馬区大泉町内(GB2)	
ポイント	No.1	No.2
現場地耐力試験	BCT_4-a, b, c, d	BCT_5-a, b, c, d
平板載荷試験	PLT_4	PLT_5



a) No.1 の結果



b) No.2 の結果

図 14 GB2 での現場地耐力試験と平板載荷試験から得られた載荷圧力と沈下量の関係

改良後の曲線には大きな差が見られる。このような結果のバラツキは各ポイント内のみならずポイント間にも現れている。ローム(火山灰質粘性土)は改良強度が得にくい土質であり、さらに混合ムラによってその差は大きくなる。現場で作製した改良土と実験室のそれの(室内/現場)強度比は最大 3 倍にもなる⁹⁾とされており、作製方法と養生環境によって強度にはかなりの差を生じることが知られている。No.1 の PLT_1k と BCT_1k-a のように良く一致した結果がある一方で、BCT_1k-d のように q_u を判別できないほど S 増分に対する q の増分が大きな結果も見られた。したがって、改良地盤そのものが位置的に強度差も大きいものであることから BCT の再現性をここで議論することは適当でない。しかしながら、工事現場ではこのような強度差が発生しうることが GB1k の結果から明らかとなり、転倒防止には BCT のような試験による地耐力確認が必要ながわかった。

以上より、GB1k では改良地盤に生じる強度のバラツ

キを再確認するとともに、BCTはその分布をピンポイントで調査できることがわかった。すなわち、転倒災害の防止にBCTによる調査は有効なことがわかった。

3) 礫混じりの地盤(GB2)における実験

東京都練馬区大泉町内の現場(GB2)において BCT と PLT を行った。表 3 は試験の実施箇所とそのコード名を示す。No.1 と No.2 の両ポイント間の距離は 20 m 程度である。N 値と土質柱状図は未調査であったが、No.1 では武蔵野礫層を主とする堅固な面が観察されていた。一方、No.2 は表面が覆土されており、そこには施工による乱れが見られた。図 14 は GB2 における BCT と PLT の結果を示す。No.1 では S 増分に対する q 増分が大きく q が 1200 kN/m^2 以上でも曲線に明確な屈曲は見られない。BCT と PLT を比較すると曲線はほぼ一致しており K_v も 142.4 MN/m^3 から 176.3 MN/m^3 で差は小さい。平均に対する誤差は 2 % から 4 % 程度であることから、非常に堅固な地盤においても両試験の結果は良く一致することがわかった。一方、覆土された No.2 では BCT の結果に大きな差が見られ、 q_d の値は 669 kN/m^2 から計測範囲外 (1200 kN/m^2 以上) に分布する。このような比較的大きな差は覆土の厚さや表面の乱れによって生じたものと考えられる。

GB2(No.2)の結果から、同一現場内では地耐力が位置によって大きく異なるケースが確認され、その差は目視で判別困難なものであった。そのため、建設機械の設置では改めて BCT のような試験による定量的確認が必要ながわかった。

4) BCT と PLT の結果比較

図 15 は BCT と PLT から得られた q_d と K_v の比較を示す。同図には今回取得したデータに加えて既報¹⁾に報告したデータもプロットされている。なお、GB1k における地盤改良後のデータはこれに含めておらず、その理由は先にも述べたとおり地盤改良そのものによる土のせん断強さのバラツキが大きいため、このデータから結果の再現性を議論するのは適当で無いためである。

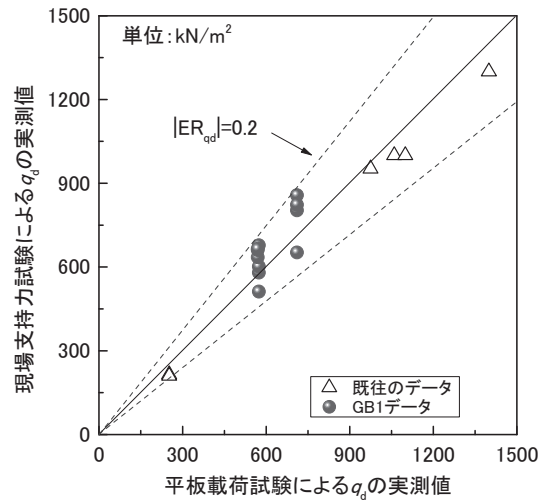
q_d と K_v に共通して PLT の結果と BCT の結果にはほぼ 1:1 の比例関係が認められ、軟弱な地盤から堅固な地盤までの幅広い条件で両試験の結果には良い一致が見られる。さらに、誤差率 ER を式(3)と式(4)のように定義して定量的に比較する。

$$ER_{q_d} = \frac{q_{d(BCT)} - q_{d(PLT)}}{q_{d(PLT)}} \quad (3)$$

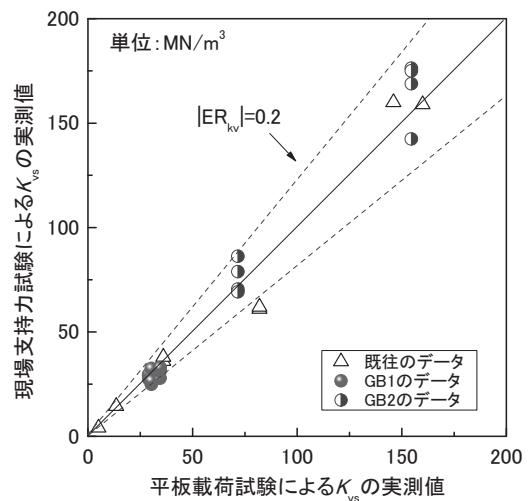
$$ER_{K_v} = \frac{K_{v(BCT)} - K_{v(PLT)}}{K_{v(PLT)}} \quad (4)$$

ここで、 ER_{q_d} は q_d の誤差率である。 $q_{d(BCT)}$ は BCT の q_d 値を意味し $q_{d(PLT)}$ は同様に PLT のそれである。 ER_{K_v} は K_v の誤差率であり $K_{v(BCT)}$ は BCT の K_v である。また、 $K_{v(PLT)}$ も同様である。

$q_{d(BCT)}$ と $K_{v(BCT)}$ の実測値はともに ER が 0.2 程度の幅に分布している。先に述べたように精度良く調査された



1) 極限支持力 q_d の比較



2) 地盤反力係数 K_v の比較

図 15 現場地耐力試験と平板載荷試験の結果比較

N 値や土のせん断強さの変動係数 V が 0.2 から 0.4 と言われている⁸⁾。一方、PLT に対する BCT の誤差も約 20% 以内に分布している。 V は収集したデータの平均値に対する標準偏差であり、一方、 ER は PLT のデータを基準として BCT の値を比較したものである。

V と ER は異なる指標であることから直接的な比較は本来適当でないが、 ER は V の範囲内となっていることから、BCT による誤差はほぼ地盤側の強度的なバラツキによるものと推定することができる。したがって、本研究では BCT と PLT の試験法自体の違いが結果に与える差は非常に少ないとの結果が得られた。

施工では効率性と経済性が求められ、仮設の地耐力確認でも同様と思われる。BCT と PLT に要する時間と労力の差を考えれば、BCT の有効性は明らかである。特に現場での転倒防止では、BCT は PLT による調査を十分補完するものと言える。なお、大型機械では設置面(基礎サイズ)の増大によって影響範囲も拡大する。BCT は PLT と同様なスケール効果による適用の限界²⁾もあることから、BCT による浅い部分の調査に加えて、工事前に行われた深い部分の地盤調査のデータも参考に地耐力は

総合的に検討する必要がある。なお、地盤養生も含めた転倒防止対策の考え方については先に発行した技術資料⁹⁾を参照されたい。

4 まとめ

本研究では建設機械の転倒を防止するために仮設の地耐力を効率的に確認するための方法「現場地耐力試験」(BCT)を考案し、これを実施するための試験装置を開発した。そして、同装置による現場実験の結果が平板載荷試験(PLT)による結果とほぼ一致することを確認した。特に、今回取得したデータとこれまでに蓄積した試験データを総合した解析から、PLTに対するBCTの誤差率が0.2程度の範囲内であり、これは精度良く行われた通常の地盤調査の変動係数と同レベルかそれ以下であることを確認した。

以上より、BCTはPLTとほぼ同一の試験結果を示しつつ、10から20分という短時間で迅速かつ容易に実施可能な試験であり、建設機械を設置する作業現場の地耐力を確認するうえで有効な手段であることがわかった。現在BCTは(公社)地盤工学会が発行する「地盤調査の方法と解説」において「基準以外の方法」として紹介されており¹⁰⁾、また、国土交通省の新技术情報システム(NETIS:KT-160051-A)に登録された。現在も調査は継続しており様々な地盤条件におけるデータを蓄積している。引き続き有効性の検証を進め、その普及にも努めたいと考えている。

謝 辞

本稿に報告した現場地耐力試験と平板載荷試験による現場調査では株式会社東洋スタビの田村繁雄顧問と若原千恵主任のご協力を頂いた。末筆ながらここに深くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 玉手聡, 堀智仁. 作業現場における地耐力確認の方法—移動式クレーンを含めた建設機械等の転倒防止対策—. 労働安全衛生総合研究所技術資料. JNIOOSH-TD-NO.3. 2015.
- 2) (公社)地盤工学会. 地盤調査の方法と解説, 第8編載荷試験第3章平板載荷試験. 2013. 697-723.
- 3) (公社)地盤工学会. 地盤調査の方法と解説, 第8編載荷試験第3章平板載荷試験3.4現場CBR試験. 2013. 723-729.
- 4) 玉手聡, 堀智仁. 重機を反力とした簡易な支持力試験の検討, 第45回地盤工学研究発表会, 平成22年度発表講演集, 2010, 33-34.
- 5) 玉手聡, 堀智仁. 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, 平成22年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, 2010, 93-96.
- 6) 玉手聡, 堀智仁. 地盤の支持力調査における簡易試験法の適用に関する実験的考察, 日本建設機械化協会, 平成23年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, 2011, 137-140.
- 7) 玉手聡, 堀智仁. 荷重速度の違いが支持力計測に与える影響, 第46回地盤工学研究発表会, 発表講演集, 2011, 159-160.
- 8) 松尾稔. 地盤工学—信頼性設計の理念と実際—. 1984. 64-72.
- 9) 社団法人セメント協会. セメント系固着剤による地盤改良マニュアル(第4版). 2012. 93-111.
- 10) (公社)地盤工学会. 地盤調査の方法と解説, 第8編載荷試験第3章平板載荷試験3.5基準以外の方法. 2013. 729-731.