軟弱地盤作業現場における建設機械の転倒防止対策－事前調査の視点から－

岐阜工業高等専門学校　フェロー会員　○吉村　優治
〃　正会員　山川　奈巳
〃　学　生　深尾僚太郎
株式会社東洋スタビ　若原　千恵

１．はじめに

ICT(Information and Communication Technology)を活用した建設技術は特に 2000 年代に入り日進月歩での発展を見せている．しかしながら，移動式クレーンに代表される重機の転倒事故は後を絶たない．

たとえば移動式クレーンの法令は，「事業者は，地盤が軟弱であること，埋設物その他地下に存する工作物が損壊するおそれがあること等により移動式クレーンが転倒するおそれのある場所においては，移動式クレーンを用いて作業を行つてはならない．ただし，当該場所において，移動式クレーンの転倒を防止するため必要な広さ及び強度を有する鉄板等が敷設され，その上に移動式クレーンを設置しているときは，この限りでない.」[1]，「事業者は，前条ただし書の場合において，アウトリガーを使用する移動式クレーンを用いて作業を行うときは，当該アウトリガーを当該鉄板等の上で当該移動式クレーンが転倒するおそれのない位置に設置しなければならない.」[2]，「水平かつ堅固な面の上にあること.」[3]となっているが，その詳細な設計マニュアル等は準備されていない．

そこで，本研究は，軟弱地盤作業現場の事前調査において安全に作業できる地盤であることを比較的容易に確認し，軟弱地盤における建設機械の転倒防止対策を提案するために開始したもので，本報では初年度の研究成果を紹介する．

２．ヒヤリング結果

転倒災害の主原因は，①吊荷の重さの過負荷，②設置面の耐力不足である．このうち①については法令を遵守すれば防げるが，②については１．でものべたように「クレーン等安全規則」，「移動式クレーン構造規格」に基づき，軟弱地盤においても地耐力は目視や踏査，オペレーターの勘による表面的な観察によって経験的に判断されることが多く，それが地耐力不足による転倒事故に繋がっている．

以下にクレーンオペレータおよび作業現場でのヒヤリング結果を示す．

【クレーンオペレータヒヤリング結果】（作業用重機レンタル業者）

・機械を現場に搬入する時点で敷鉄板が敷かれているため，地盤の状況は把握できない．
・機械直下の敷鉄板がしなる，くるぶし程度（50mm 程度）に沈下する場合には何らかの処置※をする．
（※地盤改良，敷鉄板を重敷する等）

【作業現場ヒヤリング結果】（作業現場関係者）

・仮設地盤に施工手間がかけられない（費用・時間など）
・敷鉄板を敷くので充分と判断
・目視等で地盤が堅そうと判断
・どんな軟弱地盤でも 1m 程度地盤改良を行えば充分と判断

３．検討現場および試験結果比較

試験現場は，岐阜県揖斐郡大野町大字寺内地内で平成 26 年 10 月～12 月に標準観入試験が行われており，表部 0.4m は耕作土，深度 2.4m までは炭化植物片が少量混入する暗褐色の粘土が堆積しており，深度 1.15m での N 値は 4 である．

地盤工学会基準となっている平板載荷試験 [4]は 1 箇所の地耐力測定に約 4 時間を要することが地耐力確認に利用されない第 1 の理由であり，平板載荷試験により広範な軟弱地盤の地耐力を複数の場所で測定するこ

とは実質不可能に近い．そこで，平板載荷試験，現場地耐力試験（BCT:Bearing Capacity Tests）[5]，簡易支持力測定試験（(株)マルイ製キャスポル使用），スウェーデン式サウンディング試験，ポータブルコーン貫入試験を行い，それぞれの調査結果を比較した．その結果一覧が**表－１**である．

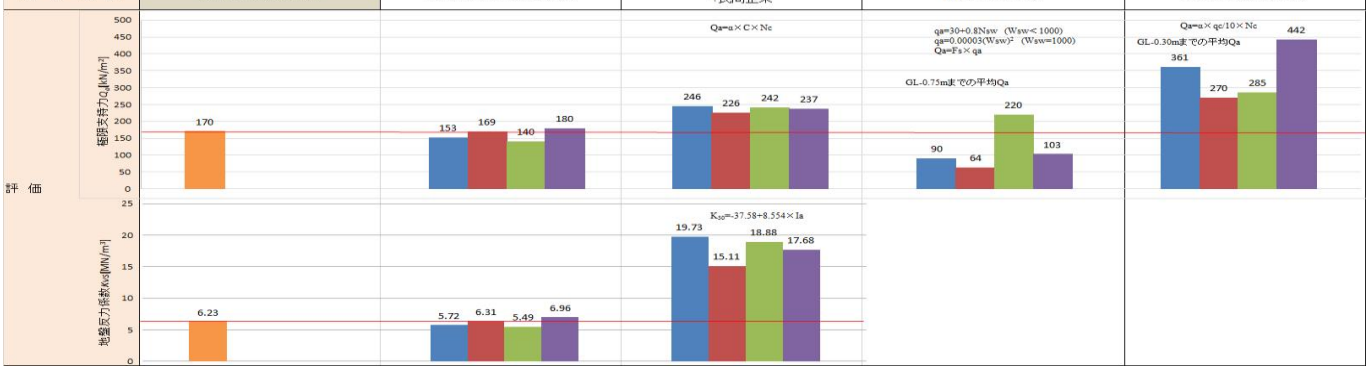
４．おわりに

本報では，軟弱地盤作業現場の事前調査において安全に作業できる地盤であることを比較的容易に確認し，軟弱地盤における建設機械の転倒防止対策を提案するための初年度の研究成果を紹介した．1 箇所の地耐力測定に 4 時間程度を要する平板載荷試験から求まる極限支持力 Q_u，地盤反力係数 Kv とも BCT 試験結果はほぼ同等の結果を示し，試験時間は 1 箇所約 10 分[6]であった．今後は，重機の入ることができない場所や超軟弱地盤の地耐力を予測する方法を提案していきたい．

謝　辞：本研究は平成 29 年度岐阜工業高等専門学校地域連携協力会「研究プロジェクト：軟弱地盤作業現場における建設機械の転倒防止対策」の助成を得て，円滑に遂行することができました．ここに記して，心から感謝の意を表する次第です．

参考文献

1) 中央労働災害防止協会：クレーン等安全規則，第 70 条の 3.
2) 前掲 1)，第 70 条の 4.
3) 中央労働災害防止協会：移動式クレーン構造規格，第 13 条の 3.
4) 地盤工学会：第 8 編載荷試験第 3 章平板載荷試験，地盤調査の方法と解説（訂正第 3 刷），pp.697～735，2016.3.
5) 労働安全衛生総合研究所：作業現場における地耐力確認の方法，労働安全衛生総合研究所資料，2015.3.
6) 吉村優治・山川奈巳・深尾僚太郎・若原千恵：軟弱地盤作業現場における建設機械の転倒防止対策，ポスター（パネル），第 26 回岐阜工業高等専門学校産官学交流懇談会テクノシンポジウム 2017，2017.12.1.

表－１　種々の方法による地盤の支持力調査結果比較

	直接試験		間接試験		
試験の名称	平板載荷試験(PLT) JGS 1521	現場地耐力試験(BCT) NETIS KT160051-A	簡易支持力測定試験(CAS) NETIS KK-980055-VE	スウェーデン式サウンディング試験(SWS) JIS A 1221	ポータブルコーン貫入試験(PCT) JGS 1431
測定装置					
機械の重量	約15kg	約50kg	約8kg		約2kg
機械移動	分解	キャスター	肩掛け	キャタピラ自走式	
載荷部	直径300mm円形載荷板	直径300mm円形載荷板	直径50mm円形載荷筒	貫入直径5.0mmスクリューポイント	底面積645mm^{2}コーン
載荷方法または試験方法	荷重制御 通常6段階載荷	変位制御 5mm/分	4.5kgランマー自由落下	スクリューポイントを地盤に貫入させ、沈下した荷重と貫入量1m当たりの半転回数を測定	コーンを地盤に貫入させ、沈下した荷重と貫入量1m当たりの半転回数を測定
取得値	沈下量S、荷重p、(時間)	反力浮き上がり量Sd、荷重p	衝撃加速度Ia	貫入荷重Wsw、半転回数Nsw	コーン貫入抵抗qc
応用値		沈下量S	CBR値、K値、粘着力、 コーン指数、内部摩擦角	N値、一軸圧縮強さqu	非排水せん断強さC、 一軸圧縮強さqu
沈下量	基準ばりから載荷板上の沈下4点を計測	載荷ジャッキの伸張量から重機の浮き上がり量を補正して計算	計測不能	計測不能	計測不能
反力装置	要 実荷重(バックホウ等)	要 実荷重(バックホウ等)	無	無	無
所要時間（1箇所）	4時間程度	10分程度	5分程度(5点)	15分～30分程度	3分～10分程度
適用土質			最大粒径が37.5mm以下で10mm以上の礫含有率が30%未満の 土質材料に適用	密な砂質地帯、礫・玉石層または固結地盤等は適用不可	軟弱な粘性土や砂質地盤に適用
対象深度	0.45～0.6m程度(載荷板直径の1.5～2.0倍程度)	0.45～0.6m程度(載荷板直径の1.5～2.0倍程度)		10m程度	5m程度
開発機関	地盤工学会標準試験	労働安全衛生総合研究所	国土交通省近畿技術事務所 +民間企業	JIS規格標準試験	地盤工学会標準試験
評価