

杭の鉛直載荷試験基準（動的載荷試験）に関する規定の改訂方針（案）

杭の載荷試験, 杭, 杭の支持力

システム計測(株) 正会員 ○中里彰人
(株)シーズエンジニアリング 国際会員 西村真二
東京理科大学 国際会員 菊池喜昭
杭の鉛直載荷試験基準改訂 WG

1. はじめに

「地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 -第一回改訂版-」¹⁾は、2002年（平成14年）の改訂・刊行から17年が経過した。地盤工学会基準部地盤設計・施工委員会（委員長：木幡行宏室蘭工業大学教授）は、国際規格との整合性を高めるとともに、実務において今まで以上に鉛直載荷試験を活用して杭の設計・施工が合理化されるよう、2018年度（平成30年度）より「杭の鉛直載荷試験基準改訂WG（グループリーダー：菊池喜昭東京理科大学教授）」（以下、改訂WG）を設置し、改訂作業を進めている。また、地盤工学会においては、1995年にJIS及びISO検討委員会が学会基準部内に発足してから、20年以上にわたり国際規格に対する重要性が説かれてきた²⁾。本稿では、杭の鉛直載荷試験方法のうち主に動的載荷試験（急速載荷試験方法 JGS1815-2002, 衝撃載荷試験方法 JGS1816-2002）に関する規定の改訂方針（案）について報告する。

2. 動的載荷試験に関する規定の改訂方針（案）について

2.1 改訂の基本的考え方

基準改訂にあたっては現行基準に至った制定・改訂の経緯・根拠を把握した上で、杭の載荷試験が実施しやすい環境の整備と改善がなされなければならない。そのため、現行基準の根拠が明確かつ合理的なものは残しつつ、海外基準との違いを確認し整合可能なものは改めることを検討している。海外基準については、JGS基準部方針を踏まえISO³⁾⁴⁾との整合をASTM⁵⁾⁶⁾等の他の海外基準よりも優先事項としている。ただし、ISOとの不整合がある点については合理性のあるバックデータを用意した上で、従来のJGSを踏襲する場合もありうる。

2.2 急速載荷試験

2002年の基準制定時、急速載荷試験については、反力体慣性力方式（図1参照）を基本とし基準を規定していた。反力体慣性力方式は、杭頭に載せた反力体を、高圧のガスなどによる燃焼の圧力で急速に打ち上げ、反力体に慣性力を発生させ、その慣性反力で荷重を与える方式である。その後17年が経過し、実施されているほとんどの急速載荷試験は、軟クッション重錘落下方式（図2参照）である。軟クッション重錘落下方式は、柔らかいクッションを用いて重錘の落下の打撃力を急速荷重に変換し、載荷する方式である。反力体慣性力方式に変わり軟クッション重錘落下方式が主流となった理由は、火薬を使わず実施できる（手続きや期間、安全性の問題）ことや、重錘の落下高さを変えることで、多サイクルの実施が可能となることが挙げられる。よって、軟クッション重錘落下方式を基本とした規定に改訂する予定である。

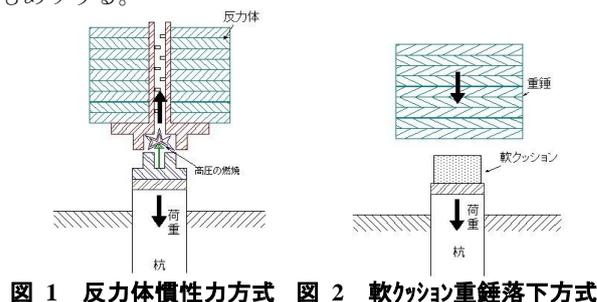


図1 反力体慣性力方式 図2 軟クッション重錘落下方式

2.3 急速載荷試験のISOとの整合について

日本における急速載荷試験の歴史は海外に比べて浅いため、海外基準の最新の情報を調査して参考にすることは、規定の改訂の一つの方針といえる。急速載荷試験のISOとの整合について、課題となるポイントを以下に示す。

2.3.1 試験杭と基準点の離隔距離

JGSでは「不動とみなされる位置を選定し、原則10m以上離し、振動の影響を受けないようなものにする」とあるのに対し、ISOでは「最低15m以上離し、離隔距離が確保できない場合は杭を用いる」とある。我が国では、狭隘な箇所で開催される場合が多いため、改訂WGにおいては載荷試験の活用という観点ではこの規定をISOと合致させることが必ずしも適切ではないとも意見もあり、今後改訂要否について慎重に検討する予定である。

2.3.2 計測機器（加速度計・変位計）の精度

JGSでは、「試験の目的に適合した精度・動的応答特性を有し検査済みのものを使用する」とあり、規定に具体的な数値が示されていないのに対し、ISOでは、「変位容量が50mmもしくは杭径の10%のいずれか大きい方で、精度は±

0.25mm, 応答時間は0.1ms未満でなければならない」と具体的な数値が示されている。今後、我が国において用いられる計測機器の実態調査等も行いつつ、基本的にはISOに整合させる方向で検討する。

2.3.3 測定継続時間およびサンプリング時間間隔

JGSでは、「測定継続時間は荷重前の初期から杭の動揺収束まで、サンプリング時間間隔は1ms以下とし、動的解析を伴う場合は0.1ms以下とする」とあるのに対し、ISOでは、「荷重前の0.05sから荷重後の0.3sまでとし、サンプリング時間間隔は0.25ms以下とする」とある。今後、我が国での実態調査等も行いつつ、基本的にはISOに整合させる方向で検討する。

2.3.4 荷重時間

荷重時間は、荷重の時刻歴の形状に規定を設けている。JGSでは、荷重の開始時間から終了時間についてのみ規定(図3参照)があるのに対し、ISOでは、JGSと同じ規定である。参考までにASTM(図4参照)では、ピーク荷重の50%水平線と荷重の時刻歴曲線が交わる点においても規定がある。ASTMの規定も重要な観点であることから、取り入れる予定である。

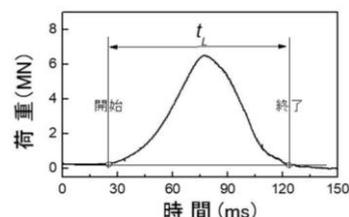


図3 JGSの荷重形状の規定

2.3.5 除荷点法における結果の補正

JGSでは規定がないのに対し、ISOでは、杭種や地盤に依存する補正係数 η を統計的に整理しており、 $\eta=0.66\sim 1.11$ としている。ISOの裏付けを調査して、対応させるかどうかを検討する。

2.4 衝撃荷重試験

衝撃荷重試験については、急速荷重試験に比べて改訂の論点となるところは多くない。しかしながら、試験結果の整理方法については特定のソフトにゆだねられ、解析技術者によって試験結果がばらつくことが問題とされることがある。

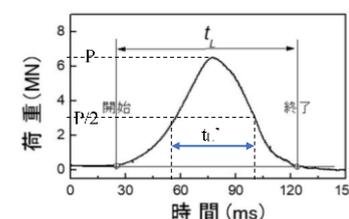


図4 ASTMの荷重形状の規定

2.5 衝撃荷重試験のISOとの整合について

衝撃荷重試験のISOとの整合について、課題となるポイントを以下に示す。

2.5.1 重錘の質量

JGSでは「実績によるハンマーエネルギーと静的支持力の関係より選定」とあるのに対し、ISOでは「支持力の2%より大きくし、非常に硬い地盤では1%で十分」とある。国内ではJGS基準で実務上の支障は生じていないことから、基準本文自体は整合する必要は無いと考えている。ただし、解説でISOの規定は紹介する予定である。

2.5.2 計測機器の測定容量

JGSでは規定なし。ISOでは「ひずみ計：15000 μ ，加速度計：2000Gまでの直線性，変位計：誤差1mm以下」とある。今後、我が国において用いられる計測機器の実態調査等も行いつつ、基本的にはISOに整合させる方向で検討する。

2.5.3 測定継続時間およびサンプリング時間間隔

JGSでは、「測定継続時間は杭体変位が止まるまでの時間，一般には応力波が杭体を往復する時間の2~3倍以上とする。サンプリング時間間隔は0.1ms以下とし、精度の良いデータを採取するためには少なくとも10kHzまでの入力信号を正確に測定できる計測機器を用いることが望ましい。」とあるのに対し、ISOでは、「測定継続時間は、イベント前10ms以上，イベント後100ms以上とする。サンプリング時間間隔は0.2ms以下とする」とある。JGSの方が厳しい規定であり、ISOを満足できることから、現状を踏襲する予定である。

2.5.4 養生期間

衝撃荷重試験は、杭の施工管理の観点で用いられる場合も多く、この場合には所定の養生期間を確保できない場合もある。このようなケースを想定した緩和規定および緩和した場合に考慮すべき事項等を明確に示す予定である。

3. おわりに

本稿では、動的荷重試験に関する規定の改訂方針について、現状の課題を整理した。今後、改訂WGにおいては、これらの課題の重要性や緊急性も踏まえつつ、具体的な改訂の方針を決定していく予定である。ただし、その際には実務において混乱を生じることが無いように配慮することも必要であると考えている。会員各位におかれては、本稿を参考としつつ、DSにおいて活発な議論をお願いしたい。

参考文献

- 1) 社団法人地盤工学会：杭の鉛直荷重試験方法・同解説第一回改訂版，2002.5
- 2) 浅田素之・木幡行宏，地盤工学会におけるISO活動の変遷，地盤工学会誌，VOL.67, No.2, 2019.2
- 3) ISO22477-4：2018 Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part4：Testing of piles dynamic load testing
- 4) ISO22477-10：2018 Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part10：Testing of piles：rapid load testing
- 5) ASTM D7383-10：2010 Standard Test Methods for Axial Compressive Force Pulse(Rapid) Testing of Deep Foundations
- 6) ASTM D4945-17：2017 Standard Test Methods for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations