

杭の鉛直載荷試験基準（静的載荷試験）に関する規定の改訂方針（案）

杭の載荷試験 杭 杭の支持力

地盤試験所 正会員 ○亀井 秀一
ジャパンパイル 国際会員 小椋 仁志
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

2002年に改訂された地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説¹⁾は、「杭の押込み試験方法(JGS1811-2002)」、
「杭の先端載荷試験方法(JGS1812-2002)」、
「杭の引抜き試験方法(JGS1813-2002)」、および「杭の鉛直交番載荷試験方法(JGS-1814-2002)」の4種類の静的載荷試験方法に2種類の動的載荷試験方法を加えた計6種類の試験方法の基準から構成されている。これら試験方法は改訂から17年が経過し、改訂後の載荷装置や計測技術の進歩、それによる実際に行われている試験方法との差の顕在化、海外基準と整合、杭の載荷試験の活性化等を検討する必要性が生じてきた。このため、地盤工学会では地盤設計施工基準委員会の下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、載荷試験基準の改訂作業を進めている。本稿では、主な改訂項目の中で静的載荷試験に関する改訂方針（案）を報告する。なお、2002年改訂の「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」を本稿では「現行基準」と表記する。

2. 静的載荷試験に関する規定の改訂（案）について

2.1 改訂の基本的考え方

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ISO²⁾との整合をASTM³⁾等の他の海外基準よりも優先事項としている。また、試験の活性化につながるよう、試験統括者の裁量を拡充し基準が定める要件について必要であれば基準の変更・追加・除外ができる立場として責任の明確化を検討している。

静的載荷試験については現状「試験杭と反力杭等との間隔」「段階載荷方式の荷重保持時間」「段階載荷方式と連続載荷試験の併用」についてISOとの整合、緩和規定の検討がなされており、以下のような方向性を考えている。

2.2 試験杭と反力杭等との間隔

現行基準では図1に示すように、試験杭と反力杭またはグラウンドアンカーとの中心間隔、試験杭中心と受け台との間隔は、原則として試験杭径の3倍以上かつ1.5m以上を確保するように規定されている。

・ISOとの整合

図2に示すようにISOでは試験杭と対象物との必要な間隔について、中心間隔ではなく、対象物相互の最外縁の距離を規定している。改訂では、現行の規定を残しつつ、ISOの必要間隔の考え方を盛り込むことを検討する。

・緩和規定

試験杭との間隔は原則として3D(D：試験杭の最大径)とするが、確認試験の場合、試験杭がフリクションカットされている場合、試験杭と反力杭の先端位置が異なる場合、大口径杭の場合、FEM解析により反力杭の影響範囲が把握できる場合等では、条件を定めたくて試験の仕様・目的・解析方法によっては現行基準より小さい間隔を認める方向で検討している。また、戸建住宅やソーラーパネルの基礎杭で多く用いられている小口径杭への適用を考慮し最小間隔1.5mも見直しを検討する。

・その他

現行基準では必要間隔を試験杭の杭径を基準にして規定しているが、解説文中では試験杭の最大径を用いるとの記述もある。この点を再検討するとともに、これまで記載されていなかった節杭、H形杭、角形鋼管などの杭径の取り扱いについても検討する。

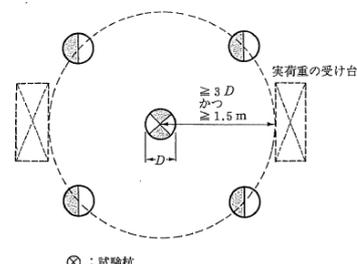


図1 試験杭と反力抵抗体などとの必要間隔 (JGS)

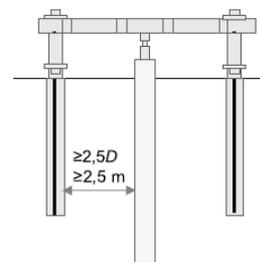


図2 試験杭と反力杭との必要間隔の一例 (ISO)

表1 段階載荷方式による載荷方法

各荷重段階における荷重保持時間	新規荷重段階	30min以上の一定時間
		履歴内の荷重段階
	0荷重段階	15min以上の一定時間

2.3 段階載荷方式の荷重保持時間

現行基準の新規荷重段階の荷重保持時間は、表1のように規定している。実際に行われる載荷試験では、試験目的が荷重保持中のクリープ特性評価の場合や、試験杭にアスファルト系潤滑材が塗布されている場合以外は、新規荷重段階での荷重保持時間は規定の最小時間である30分で実施するのが大半であり、これは海外基準と比べると短いといえる。

・ISOとの整合

ISOの試験事例として、1サイクル方式と多サイクル方式についてJGS現行基準と比較した載荷サイクル図を図3に示す。同図は、各々の規定で必要な最小の保持時間としている。ISOの規定は1サイクル方式で新規荷重を60分以上保持するとし、多サイクル方式の場合では2サイクル以上、サイクル最大荷重で60分以上保持としている。また、その他の保持時間は10～15分以上となっている。ISOがこのような載荷段階となっているのは、試験最大荷重時の保持時間中のクリープ特性の把握に重点をおいているためと考えられる。一方、JGS基準は、様々な載荷試験結果から30分以上の荷重保持時間があれば、2～3時間の保持時間とほぼ同様の支持力判定結果が得られるという報告⁴⁾⁵⁾を根拠にしたものである。このように荷重保持時間の整合は、支持力評価方法及び全体的な整理が必要なことから、今回の改訂では、ISOを参考にしつつ、基本的には現行基準を踏襲する方針で検討している。

・緩和規定

ゼロ荷重の保持時間は表1のように15分以上となっている。しかし、荷重が小さい間は変位の変化も小さく、15分も保持する必要はないのではないかと意見があった。そこで、経時的な変化量が小さい等、試験結果に大きく影響しないと判断できる場合は、保持時間を短縮することを検討する。

2.4 段階載荷方式と連続載荷方式の併用

現行基準では、載荷方式について段階載荷と連続載荷の二通りを規定し、いずれかの方式を選択することとなっている。しかし、段階載荷方式で計画しても試験中に杭が極限状態に近づいて変位の進行が大きくなれば増荷中に頻繁に計測を行うことになり、結果的に連続載荷方式に移行することになる。また、クリープ変形が生じる長期荷重は段階載荷方式が、短期荷重や極限荷重は荷重を保持する意味は小さいため連続載荷方式が適していることから、同じ試験で両者を併用するのは有意義との報告⁶⁾もある。この報告では、両方式による荷重-変位曲線には大きな差は見られないとしている。ただし、連続載荷方式では増加時の油圧ポンプの脈動やホースの長さが荷重に影響することも報告⁷⁾がされている。そこで、適用条件を規定した上で両載荷方式を併用することも選択できるようにすることを検討する。

・ISOとの整合

ISO基準の場合、段階載荷方式の試験を規定しているのみで、連続載荷方式は規定していない。

3. おわりに

本稿では、杭の鉛直載荷試験基準改訂WGで静的載荷試験について改訂を検討している主な項目を報告した。今後、改訂WGでは、試験の実務で混乱を生じることが無いように配慮しながら、2002年の載荷試験基準の改訂・制定後に得られた知見を積極的に取り入れるとともに、これまで載荷試験を実施する時に気づいた現行基準の問題点を改善することに取り組んでいく予定である。それによって、載荷試験が今以上に多く行われるようになることを期待している。

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) 地盤工学会基準：杭の鉛直載荷試験方法・同解説-第一回改訂版一、2002.5
- 2) ISO22477-1：2018 Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 1: Testing of piles: static compression load testing
- 3) ASTM D1143 / D1143M - 07(2013) Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load
- 4) 山肩邦男：杭の鉛直載荷試験における支持力判定法と処女荷重階荷重保持時間に関する考察、杭の鉛直載荷試験方法および支持力判定法に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、pp.31～34、1991.9
- 5) 野邑正美・青木一二三：支持力判定における荷重保持時間の影響について、杭の鉛直載荷試験方法および支持力判定法に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、pp.43～46、1991.9
- 6) 小梅慎平・小椋仁志・宮坂怜奈・小松吾郎：杭の押し込み試験における連続載荷方式に関する諸検討(段階載荷方式との比較)、第53回地盤工学研究発表会、pp.1289～1290、2018.7
- 7) 宮坂怜奈・小椋仁志・小梅慎平・小松吾郎：杭の押し込み試験における連続載荷方式に関する諸検討(載荷速度や脈動の影響)、第53回地盤工学研究発表会、pp.1287～1288、2018.7

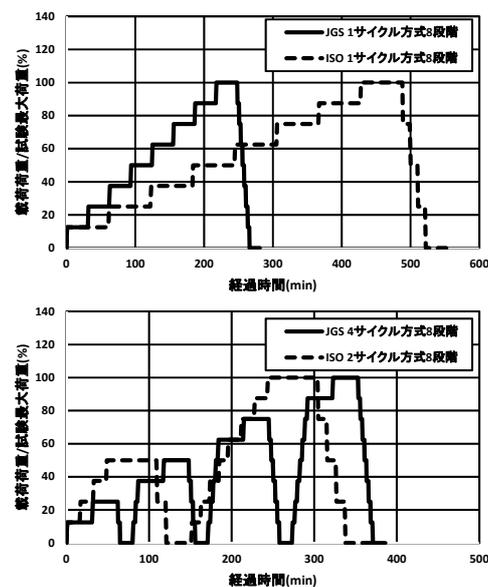


図3 JGSとISOの載荷サイクルの例