

土質工学会基準改訂案

「杭の鉛直載荷試験方法」(JSF T21—1991) について

土質工学会基準部長 軽部大蔵

現行の「杭の鉛直載荷試験基準」は昭和46年(1971年)に基準化されているから、すでに20年が経過している。この間の、杭の支持特性に関する資料の集積と、それに基づく理論や試験方法の進歩には目ざましいものがある。

このような成果を基準に反映すべく、土質工学会は山肩邦男氏を委員長とする「杭の鉛直載荷試験基準改訂委員会」を発足させた。同委員会は極めて意欲的に活動され、このたび委員会案をまとめられた。今回の基準改訂の方針と骨子および委員会の活動経過は、山肩委員長が次に簡潔に記しておられるとお

りであるが、加えて、基準の適用のしやすさや基準文そのものの読みやすさなどにも特段の注意が払われていることを付記したい。

本基準案は、会員からのご意見を受けて必要な修正を行った後、最終的には理事会における審議・決定によって正式の土質工学会基準となる。基準案についてのご意見は、平成3年9月30日までに書面によって土質工学会基準部宛に提出していただきたい。

この機会に、ご多忙の中を精力的に基準案を作成していただいた山肩委員長をはじめ、別掲の委員・幹事各位に深甚の謝意を表する次第である。

土質工学会基準改訂案

「杭の鉛直載荷試験方法」について

杭の鉛直載荷試験基準改訂委員会委員長 山肩邦男

現行の「クイの鉛直載荷試験基準・同解説」が昭和47年3月に発行されて以来、約20年の歳月が経過した。この間にあって、杭基礎の種類や施工法は著しく多様化してきたし、杭の鉛直支持力に関する理論や解析法についても数多くの研究発表等が行われてきた。載荷試験場の設備や装置も格段に整備充実されてきた。特に計測機器の発達と計測自動化への歩みは、特筆されよう。20年前を振り返ると、誠に今昔の感が深い。また近年では、各国ごとにはばらばらである基準や規格を、国際的に統一したものにしようとする動きもある。

このような事情から、現行基準を今日的に改訂する必要があるとの判断に立って、昭和62年11月、「杭の鉛直載荷試験基準改訂委員会」が発足した。同委員会では、改訂の方針を以下の諸点においた。

- 1) 杭の鉛直載荷試験方法、鉛直支持力判定法に関する近年の発展状況を考慮した内容とするこ

と。

表—1 杭の鉛直載荷試験基準改訂委員会構成

委員長	山 肩 邦 男	関西大学
顧問	藤 田 圭 一	東京理科大学
幹事	日下部 治	広島大学
幹事	八 尾 眞太郎	関西大学
委員	青 木 一二三	日本鉄道建設公団
"	石 井 武 則	NTT都市開発㈱
"	大志万 和 也	阪神高速道路公団
"	小 粥 庸 夫	清水建設㈱
"	小笠原 政 文	首都高速道路公団
"	坂 本 和 雄	㈱日本技建
"	崎 本 純 治	㈱大林組
"	笹 尾 光 光	鹿島建設㈱
"	藤 村 知 広	建設省土木研究所
"	高 野 昭 信	読売東京理工専門学校
"	高 橋 邦 夫	運輸省港湾技術研究所
"	谷 川 雅 典	日特建設㈱
"	寺 田 典 生	日本道路公団
"	長 岡 徹 夫	住宅・都市整備公団
"	野 邑 正 美	日本鋼管㈱
"	二 木 幹 夫	建設省建築研究所
"	町 永 薫	東麗アサノポール㈱
"	山 本 稜 威 夫	㈱フジタ
旧委員	久保田 信 雄	首都高速道路公団
"	芳 賀 孝 成	㈱大林組
"	高 木 章 次	建設省土木研究所

- 2) 杭の設計理念に関して、土木・建築の分野で共通した考え方の基盤を確立すること。
- 3) 国際的にみても整合性があり、かつ優れた基準とすること。

発足以来、今日までに25回にわたる委員会が開催されたほか、3つの部会も適宜開催されて、鋭意検討作業を進めてきた。関連した文献や資料の収集・検討、諸官公庁・公団その他で採用している基準などの見直し、諸外国から提供してもらった規格などの比較検討、現在行われている載荷試験の実情の調査、諸支持力判定法の適用性の検討などが、主な内容であった。また条文案の作製にあたっては、近年制定された本学会の基準「杭の水平載荷試験方法」および「杭の引抜き試験方法」の条文との調和にも

留意した。このようにして、委員会としての条文案がまとまったので、本誌上で報告する次第である。会員諸氏の忌憚のないご意見を頂きたい。

条文案をまとめるにあたって最も苦慮したのは、5.1節（載荷方法）および7.2節（結果の解析）であった。いずれの内容も、国内外を通じて意見が多数に分かれている問題点であって、委員会でも意見が対立し論議を重ねた。したがって、現時点での判断による条文案であると考えられたい。本誌の3月号の会告でお知らせしたように、「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を、9月に開催する予定である。本条文案を叩き台として論文をご発表いただき、また討議に参加していただけるよう重ねてお願い申し上げたい。

土質工学会基準改訂案 「杭の鉛直載荷試験方法」

第1章 総 則

1.1 適用範囲

本基準は、鉛直に設置された単杭に軸方向押込み力を加える、標準的な静的載荷試験（以下、試験と呼ぶ）に適用する。

1.2 試験の目的

試験は、杭の鉛直支持力および沈下量に関する標準的な資料を得ること、あるいは既に定められた杭の設計鉛直支持力の妥当性を確認することなどを目的とする。

第2章 基本計画

2.1 基本事項

試験の計画に当たっては、試験の目的、地盤条件、本杭に作用する荷重条件、本杭の施工法、本杭の寸法・本数・配置・杭頭深さ、試験工事の工期・工費などを考慮し、計画最大荷重、試験杭の仕様・本数・位置、試験方法などの基本事項を決定する。

2.2 計画最大荷重

- 1) 試験の目的に応じて、推定した本杭の極限支持力などの特性値以上、または設計荷重に安全率を乗じた値以上を計画最大荷重とする。
- 2) 試験杭の条件が本杭の設計条件と異なる場合

は、その違いによる支持力への影響を考慮して、計画最大荷重を定める。

2.3 試験杭の仕様・本数および位置

- 1) 試験杭は、原則として、本杭のうちの代表的な杭と同一仕様のものとし、本杭と別に計画する。
- 2) 杭体の強度に十分余裕があり、試験後の杭の沈下性状が構造物に悪影響を与えないと予想される場合には、本杭を試験杭とすることができる。
- 3) 地盤条件の変化が著しい場合は、最も不利な位置で試験を行うか試験杭の本数を増やす。また、杭の仕様の種類が多く代表的な杭の選定が困難な場合も、必要に応じて試験杭の本数を増やす。
- 4) 本杭の設計において杭の周面摩擦抵抗を期待しない範囲については、フリクションカットを行うことを検討する。

2.4 試験方法

- 1) 反力抵抗体としては、反力杭（本杭または仮設杭）、グラウンドアンカー、実荷重、またはこれらの組合わせがあり、いずれかを選択する。
- 2) 荷重段階数、サイクル数、各荷重段階における荷重保持時間を決定する。

- 3) 計測項目および計測機器を試験の目的に応じて決定する。

第3章 試験の準備

3.1 実施計画書の作成

試験の実施に先立ち、基本計画の内容および現地調査の結果に基づいて、試験の実施計画書を作成する。

実施計画書には、試験杭の仕様・位置・施工方法、試験装置の組立て図、反力装置の設計計算、反力抵抗体の仕様・施工方法、ジャッキの仕様、加力方法、計測項目、計測機器類の構成・仕様・取付け位置、計測間隔、試験要員の構成、現場記録の項目、結果の整理方法、工程表、試験期間中の留意事項などを記載する。

3.2 試験杭の設計

- 1) 試験杭の杭体は、計画最大荷重に対して十分な安全な強度を有するものとする。
- 2) 試験杭の長さは、加力・反力装置の組立て、基準梁の設置および計測機器の取付けに必要な地上露出長さを考慮したものとする。
- 3) 試験杭の杭頭は、荷重の偏心などを考慮し、必要に応じて補強する。
- 4) フリクションカットを行う場合には、必要に応じて、杭体の座屈などについて検討する。

3.3 試験杭の施工と養生

- 1) 試験杭は、原則として、本杭と同様に施工する。
- 2) 施工中に不都合な状況が生じた場合には、作業を中止し対応策を検討する。
- 3) 試験杭の施工によって乱された地盤の強度回復、コンクリートやセメントミルクの硬化などを考慮して、十分な期間養生する。
- 4) 養生期間中は、試験結果に影響を及ぼすような荷重・衝撃・振動などを試験杭に与えないよう配慮する。

3.4 試験装置の設置と試験場の環境整備

- 1) 実施計画書に基づき、試験装置を正確に設置する。
- 2) 日射や風雨が試験に悪影響を及ぼさないよう、試験装置をシートなどで覆い、試験場の周囲に排水溝を設ける。

- 3) 試験場に近接する工事・機械・車両などの振動が計測に与える影響を検討し、必要に応じて、それらの影響を小さくするよう対処する。

第4章 試験装置

4.1 試験装置の構成

- 1) 試験装置は、加力装置、反力装置および計測装置によって構成される。また計測装置は、荷重・変位・ひずみなどの計測機器、基準点および基準梁によって構成される。
- 2) 加力装置および反力装置は、計画最大荷重に対して十分安全なものとする。
- 3) 計測装置は、試験の進行による試験杭・加力装置・反力装置の変位や変形によって、支障をうけないよう設置する。

4.2 加力装置

- 1) 加力装置は、ジャッキおよびジャッキを受ける台座によって構成される。
- 2) ジャッキは、球座の付いたものを標準とし、検査済のものを用いる。
- 3) ジャッキは、計画最大荷重に対して120%以上の加力能力と、試験杭および反力装置の変位に追従できる十分なストロークとを有するものとする。
- 4) ジャッキは、試験杭に対して偏心のないよう設置する。
- 5) 複数のジャッキを使用する場合には、同一仕様のものとし、それらを連動制御できるようにする。
- 6) 台座は、計画最大荷重に対して十分な剛性を有するものとし、水平に設置する。

4.3 反力装置

- 1) 反力装置は、反力抵抗体、載荷梁およびそれらの接合部によって構成される。
- 2) 反力装置は、計画最大荷重の120%以上の荷重に対して、十分な抵抗力を有するものとする。
- 3) 反力抵抗体は、原則として、試験杭に対して対称に設置する。
- 4) 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は、標準として、試験杭径の3倍以上かつ2.5 m以上とする。
- 5) 本杭を反力杭に利用する場合は、杭体に悪影

響を与えないよう留意する。

- 6) グラウンドアンカーを使用する場合は、引張り材の伸びについて検討し、試験の実施に支障のないよう対策を講じておく。
- 7) グラウンドアンカーの先端定着部は、試験杭の支持力性状への影響が小さい位置に設置する。
- 8) 実荷重や載荷梁の重量が試験杭に直接かからないよう、受台を設ける。

4.4 計測機器

- 1) 計測機器は、荷重計、変位計、ひずみ計およびそれらの指示器によって構成される。
- 2) 計測機器は、試験目的に適合した精度を有し、調整・操作および読取りが容易なもので、検査済のものを用いる。
- 3) 荷重計は、正しい位置に確実に設置する。
- 4) 変位計およびひずみ計は、適切な位置と方向に確実に設置する。

4.5 基準点および基準梁

- 1) 基準点は、本杭または仮設杭に設定する。
- 2) 本杭を基準点とする場合には、試験杭および反力杭から各杭径の2.5倍以上離れた位置のものを用いる。
- 3) 仮設杭を基準点とする場合には、試験杭からその径の5倍以上かつ2m以上、反力杭からその径の3倍以上離れた位置に設置する。
- 4) 基準点とグラウンドアンカー、グラウンドアンカーの反力盤、実荷重および載荷梁の受台などとは、2.5m以上離すものとする。
- 5) 基準梁は、基準点に確実に設置し、温度変化による変形が計測値に大きな影響を与えないよう配慮する。
- 6) 基準点および基準梁は、地盤の振動などの影響をうけないよう、十分な剛性を有するものとする。

第5章 試験方法

5.1 載荷方法

載荷方法は多サイクル方式とし、下表による。

5.2 計測項目

計測項目は、つぎのうちから試験目的に応じて選択する。

- (1) 時間

荷重段階数	8段階以上	
サイクル数	4サイクル以上	
載荷速度	増荷重時： $\frac{\text{計画最大荷重}}{\text{荷重段階数}}$ tf/min 程度 減荷重時：増荷重時の2倍程度	
各荷重段階における荷重保持時間	処女荷重階	30分以上の一定時間
	履歴内の荷重階	2分以上の一定時間
	0荷重階	15分以上の一定時間

- (2) 荷重
- (3) 杭頭の沈下量
- (4) 杭先端および中間部の沈下量
- (5) 杭体の軸方向ひずみ
- (6) 杭頭の水平変位量
- (7) 反力装置の変位量

5.3 計測間隔

各荷重段階における各測定項目の計測間隔は、下表を標準とする。

処女荷重階	0, 1, 2, 5, 10, 15, 30分, 以後は15分間隔
履歴内の荷重階	0, 2分, 以後はつぎの荷重段階に移る直前
0荷重階	0, 5, 15分, 以後は15分間隔

第6章 試験の実施

6.1 試験要員の構成

試験要員は、試験統括者および加力係、計測係、安全管理係などの係員によって構成される。

6.2 試験要員の任務

- 1) 試験統括者は、実施計画書に基づき係員を配置するとともに、安全かつ確実に試験の目的が達成できるよう、試験全般の管理を行う。
- 2) 係員は、試験開始前に試験装置の安全性を点検し、各装置が正しく作動することを確認する。
- 3) 加力係は、載荷方法に従って、正確に加力装置を操作する。
- 4) 計測係は、計測項目について、計測時刻に正確に測定する。また試験状態が把握できるように、主要な計測結果をその都度整理し、図示する。
- 5) 安全管理係は、試験中の試験装置の安全性および環境整備に十分注意する。

6.3 試験の開始・中断・終了

- 1) 試験場の環境整備、各装置の準備および天候

資料-464

の状態などの条件が整ったことを確認して、試験を開始する。

- 2) 試験装置および試験杭に異常が認められたときは、速やかに試験を中断する。なお、その原因が除かれて試験の続行が可能と判断されたときは、試験を再開する。
- 3) 試験の目的が達成されたとき、または止むを得ず試験の続行が不可能と判断されたときは、試験を終了する。

6.4 現場記録の項目

つぎの項目は、現場で記録する。

- (1) 試験の開始・中断・終了の年月日および時刻
- (2) 試験要員名
- (3) 天候の状態
- (4) 試験装置や試験杭の配置および諸元
- (5) 試験装置や試験状況などの写真
- (6) 特記事項

計画された試験方法の内容と差異が生じた場合の状況・原因・処理方法など

第7章 試験結果のまとめ

7.1 結果の整理

試験の結果をもとに、荷重-沈下量、時間-沈下量、時間-荷重、荷重-弾性もどり量、荷重-残留沈下量などの諸関係曲線を図示する。

また、杭の軸ひずみを測定した場合には、軸ひずみ分布および軸力分布などについても図示する。

7.2 結果の解析

試験の結果をもとに、杭の鉛直支持力に関する特性を検討する。鉛直支持力に関する特性値には、第1限界荷重、第2限界荷重、杭頭の鉛直ばね定数などがあり、つぎの方法などにより判定する。

- (1) 第1限界荷重は、 $\log P$ - $\log S$ 曲線に現れる明瞭な折れ点の荷重をいい、 S - $\log t$ 法、 $\Delta S/\Delta \log t$ - P 法、残留沈下量の急増点などを総合して判定する。ここに、 P : 荷重、 S : 杭頭沈下量、 t : 処女荷重階における経過時間である。
- (2) 第2限界荷重は、杭先端沈下量が杭先端直径の10%に相当する荷重と杭頭の荷重-沈下量曲線が沈下軸にほぼ平行とみなされる荷重のうち、小さい方とする。ただし、杭先端沈下量の代わりに杭頭沈下量を採用してもよい。
- (3) 杭頭の鉛直ばね定数は、設計荷重を考慮した曲線の割線勾配とする方法などによって算定する。
- (4) 杭の軸力分布からは、周面の摩擦力特性、先端の支持力特性、周面摩擦抵抗と先端抵抗の分担比率などについて検討する。

7.3 報告書

地盤の概要・土質性状、試験杭の諸元・施工状況、試験方法、試験装置、試験工程、試験結果および結果の解析などを、簡潔にわかりやすくまとめる。

なお、試験杭に近い位置の土質柱状図や土質試験結果一覧表などを添付する。