

平板載荷試験に関するシンポジウム概要

平板載荷による地盤の支持力試験方法基準化委員会

1. 委員会の発足からシンポジウムまでの経過

土質工学会では、平板載荷試験方法を基準化することの必要を認め、昭和52年12月末に、小泉安則（都立大教授）委員長を中心に「平板載荷による地盤の支持力試験方法基準化委員会」を発足させた。

以来、当委員会は、学会の内規による約2か年の間に基準原案を作成する方針に従い、委員会の活動計画を定めるとともに関連研究資料の収集並びに関連規準等の検討を精力的に進めてきた。

委員会活動の前半は、基準原案作成に際して生じると考えられる問題点などを、既往の研究資料並びに関連諸規準などから抽出し、整理することを中心に行うこととし、更に広く会員諸氏からの意見を反映させるためにシンポジウムの開催を計画したものである。

発足後約1か年にわたる委員会活動を通じて、抽出された問題点を整理し、主要な事項について要約すると、

- ① 目的及び結果の利用法まで含めて、平板載荷試験の意義をどのように認識するか。
 - ② 載荷板その他の器具類並びに使用機材を、どのような条件に、またどのような範囲で規定するか。
 - ③ 載荷及び測定に関連して、いわゆる試験方法はどのような方法が合理的なのか。
 - ④ 試験ピットの大きさや湧水の処理など、試験時の周囲の条件をどのように規定すべきか。
- などである。

上記のような問題意識のもとに、シンポジウムの課題として、平板載荷試験の試験方法自体に関する問題、及び試験結果の利用まで含めた試験の意義づけに関する問題の2つのテーマを提示して広く論文を募集した。

応募論文は、合計11編であり、このうち試験方法等に関連する論文が5編、試験結果の適用性等に関連する論文が6編であった。なお、これらの論文の多くのものが両テーマに係る内容を持っており、シンポジウムの運営の都合で無理にテーマ別に分けた点もある。

シンポジウムは、昭和54年5月17日、家の光会館大会議室で行われた。当日は、ほぼ満席に近い多数の参加者により、研究発表に引き続き熱心な討論が終日続けられた。

研究発表は、上記のテーマ別に分けて行われ、午前は試験法自体に関するものを井上嘉信氏（清水建設）の司会に

より、午後は試験結果の適用性等に関するものを吉中龍之進氏（埼玉大学）の司会によって進行された。

各発表論文の概要及び討論の経過などについて以下に述べる。（文責 伊藤幸爾郎）

2. 午前の部（載荷試験の方法）経過概要

午前の部では、載荷板の大きさとか形状、あるいは載荷装置とか載荷方式といった、いわゆる載荷試験の方法に関する問題を主体に論文発表と討論が行われた。発表論文は5編で、載荷板の大きさや形状と試験結果との関係を、現場実験結果から論じたものが4編であり、他の1編は載荷装置や測定方法に関する問題点の指摘がなされた。

以下、発表論文とこれらを中心に行われた討論の概要を紹介し、試験方法に関する問題点を概括してみたい。

2.1 発表論文の概要紹介

発表論文は次のとおりである。

- ① 「平板試験における2, 3の問題点について」
阪口理, 二木幹夫（建設省）
- ② 「関東ローム層における平板載荷試験（載荷板の面積及び形状効果について）」
金谷祐二, 宮崎祐助, 茶谷文雄（㈱大林組）
- ③ 関東ローム層における平板載荷試験
伊藤幸爾郎（建設省）
- ④ 平板載荷試験方法における問題点
清水 勇（清水建設㈱）
- ⑤ 平板載荷試験における地盤の荷重・沈下特性について

広谷泰夫（日本電信電話公社）、川辺一洋（東急建設㈱）
論文1：東京都昭島市と埼玉県狭山市の洪積砂礫層における正方形載荷板の幅を変えて行った試験結果を基に、載荷板幅と降伏荷重との関係を検討している。載荷板幅は昭島市の場合0.8, 1.0, 1.5, 狭山市の場合0.3, 0.6, 1.0（単位各m）の各3種類である。降伏荷重（ $\log P \sim \log S$, $S \sim \log t$ などの曲線を用いた図解法による）及びこの荷重時の沈下量に及ぼす板幅の影響には、定まった傾向が認められず、試験時における地盤の変形に関する研究と、これらを基にした降伏荷重の定義などの必要性を強調している。なお、降伏荷重時に載荷板周辺地盤の変位が急変することを例示し、周辺地盤変位測定の効果を示唆している。

論文2：東京都清瀬市の関東ローム層において、正方形

資料—331

載荷板により板の面積効果を緩速と急速との繰返し試験で、更に長方形載荷板により板の形状効果を急速繰返し試験で、沈下量、降伏荷重（図解法による）、地盤反力係数 k 値を対象に検討している。載荷板の面積としては 100～10000 cm² の範囲で5種類、形状としては面積を 900 cm² とし、円形と辺長比（長辺／短辺）1～7の範囲で5種類の長方形板を用いている。沈下量 S は面積が大きくなると増大するが、 S/B (B : 板幅) でみると降伏荷重以下の低荷重域では、同一荷重度に対して各面積ともほぼ等しく、かつ荷重度に比例している。また、 S に対する形状の影響はほとんど認められない。降伏荷重度は緩速・急速による載荷方式、板の面積・形状に関係なくほぼ一定である。 k 値は低荷重域では弾性論の示すように板の面積 A に対して $k \propto A^{-1/2}$ であるが、降伏荷重を超える高荷重域では $k \propto A^{-2/3}$ となり、 A の増加に対する k 値の減少割合は顕著である。辺長比については、これの増大により k 値はわずかに増加する。更に、繰返し試験結果を基に処女荷重や履歴荷重に関する k 値などについても、詳細な比較検討がなされている。

論文3：東京都新宿区の関東ローム層で、正方形載荷板の大きさを変えた試験結果と、試料採取方法・試料寸法を変えた一軸圧縮試験結果とを対比し、載荷板幅の影響とともに、クラックが潜在している地層の支持特性を調査するため試料について検討している。板幅は 10～150 cm の範囲で6種類あり、試料採取はシンウォールとブロックサンプリングにより、試料寸法は直径 35～100 mm の範囲で各採取方法4種類である。各載荷試験の結果を荷重度～ S/B (S : 沈下量, B : 板幅) 曲線で見ると、同一の曲線で示すことができるが、この曲線の傾向を特徴づけるような特定の荷重度は認められず、このことは板周辺地盤の変化においても同様である。シンウォールサンプルに比べ、ブロックサンプルの方が破壊ひずみが小さく、圧縮強さが大きい。また、試料寸法が大きいほど圧縮強さが小さい。これは地盤内の潜在クラックの影響で、このような場合には、試料径としては 50 mm 以上 100 mm 程度が必要であると、載荷試験による極限支持に対する支持力係数も、大きな試料径の圧縮強さから求めた方が妥当な値になることを示唆している。

論文4：平板載荷試験の実施経験を基に、試験の方法に関する問題提起を行うとともに、これらの問題への対処例が具体的に示されている。最初に、試験計画時における基本的問題を概括し、続いて試験実施時に重要とされる試験装置関係を取り上げ、載荷板の据付け、試験地盤の養生、不動ばり及び沈下計の設置などに関する問題点と対処方法を具体的に述べている。載荷板の据付けについては、板の水平度や地盤との密着性を確保するために石こうの利用を推奨し、その方法を例示している。試験地盤の養生については、地下水処理や周辺地盤の乾燥防止の重要性を強調し

ている。不動ばりや沈下計の設置及び載荷装置についても注意点をあげ、これらへの対処として各種の実例を示している。また、平板載荷試験の応用例として、住宅の基礎設計用に開発した簡易な平板載荷試験方法が紹介されている。なお、最後には試験の方法に関する主要な問題点が一覧表にまとめられていて、実施時のチェックリストにも利用可能である。

論文5：数種類の特殊な地盤において、載荷板の大きさを変え、実施した試験結果を基に、地盤の荷重度 P と沈下量 S との関係についての検討方法と、 $\log P \sim \log S$ 曲線における折点の荷重度（降伏荷重度）の物理的意味とについて検討している。現場での試験例は、風化泥岩、凝灰質洪積粘土、粘土混じり段丘礫の各々において、板幅 30～200 cm の範囲で数種の正方形板を用い、実験室での試験例は砂槽において、直径 5～20 cm の範囲で4種類の円形板を用いてそれぞれ行っている。降伏荷重度以下において $P = k_B \cdot S^n$ と表した場合、各試験における n は板幅とは特に関係がなく、地盤によって 0.5～1.5 の範囲で一様な値を示す。また、土の側方変位の傾向が強い場合には $n \leq 1$ となり、実際の基礎では基礎幅や根入れ状態と土質によって $n \geq 1$ となり得る場合もあるとしている。 k_B については板幅が大きくなると減少するが、土質や根入れによって大きく変わる。降伏荷重度については、板周辺における地盤の変位との検証も行った FEM 三次元弾性解析結果から、地盤の弾性的挙動の限界に相当する荷重度であることを例示している。

2.2 討論の概要

討論は発表論文の内容を基に、発表者を中心にして参加者との質疑応答あるいは意見交換という形で、約1時間にわたって行われた。以下には、載荷試験の方法に関する問題点についての主な討論内容を概括的に紹介する。

載荷板の大きさや形状、あるいは載荷方式など試験の方法の影響を調べる場合について、試験地盤の平面的又は深さ方向の均一性が問題にされた。例えば、論文①のような砂礫層は、相当乱れた状態で堆積しているのが通常で、上下・水平ともに複雑に変化している可能性があり、板幅などの影響の追求は、地盤の均一性が保証されない限り極めて難しい。また論文②、③の関東ロームにおいても、地盤の均一性が問題になると考えられる。したがって、このような場合には試験地盤の均一性に関する保証が必要で、その状況の調査・確認方法が重要となる。これらの問題提起に対して、発表者から次のような見解が述べられた。

論文①では、相当数の SPT 試験により N 値を調査したが、その結果によれば試験の位置・深さともに大きな不均一性は認められず、また大きな板幅の $P \sim S/B$ 曲線がほぼ同じになっていることから、地盤の均一性については特に問題はないと判断された。しかし、30 cm 幅の載荷板については、大きな板幅の $P \sim S/B$ 曲線とは同じにならず、礫

層での 30 cm 板幅の使用については問題があるとされた。論文②, ③の場合は, 試験ピットや試験後の載荷板周辺からの採取試料による土質試験結果によれば, 地盤の均一性は比較的良好であると判断され, 土質試験においては論文②に示されているように, 地盤の不均一性よりも潜在クラックとの関係で供試体の寸法効果の方が大きく, 重要であるとの強調がなされた。

載荷板の大きさを変えた試験の必要性については, 低荷重度域での沈下性状を調べる目的ならば, 関東ロームなどでは論文②, ③の結果から, 板の寸法効果を弾性体としての扱いが一応可能と考えられるので, 変形係数 E_s を求める試験を適当な大きさの板で行えばよいとの意見が出されたが, その他の場合については特に意見がみられなかった。

載荷板幅を, 例えば 30 cm 以下に小型化することは, 試験実施上メリットも多いが, これについては沈下の測定に特別な工夫を要したり, 載荷板の設置や地盤のわずかの不均一性が敏感に現れ, 板の傾斜が生じやすくなったりするので, 好ましくないとの意見があった。また, これに関連して, 石こう使用による載荷板の設置方法についての質疑応答もなされた。

不動杭の位置については, 論文①, ③によれば板幅の 1.6 ~ 2.0 倍離れると周辺地盤変位はほとんどみられず, これに対して論文④では 3.0 ~ 3.5 倍の離れを必要としているが, 通常どの程度の離れを必要とするかについては, 不動ばりが長大化すると温度や振動などの悪影響も考えられ, 実用的には板幅の 2.0 ~ 2.5 倍離れば特に問題ないとされた。

以上の他に, 論文⑤について地盤係数を求める場合の荷重度や沈下量としては, 同じような地中応力状態を対象とすることの必要性, その他論文②, ③での載荷速度と地中間隙水圧の挙動, 論文①での地中変位の測定方法などについても討論が行われた。

2.3 載荷試験の方法に関する討論の総括

平板載荷による地盤の支持力試験の基準化において, 試験の方法に関する主な問題項目としては, 論文③の問題点のまとめにもみられるように, i) 試験地盤, ii) 載荷板の大きさ・形状, iii) 載荷方式, iv) 載荷板の設置, v) 加力方法と載荷装置, vi) 計測方法と装置などをあげることができる。これらのうちで, 試験の目的や適用性と極めて密接な関係にあるものは i) ~ iii) であり, これに対して iv) ~ vi) は方法における技術的な問題として考えることができる。

i) 試験地盤に関する問題点としては, その位置や深さの選定があり, 今回これに関する具体的な問題提起はみられなかったが, これは構造物や地盤の状況と載荷板の有効的な応力伝達深さが板幅の 1.5 倍程度であることなどを考慮して, 試験の目的によって検討・決定されるべき問題であらう。

ii) 載荷板の大きさ(面積)と形状については, 発表論文との関係もあって, 討論はこれに関することが主体とな

り, 特に板の大きさを変えることの意義や有効性について, 地盤の不均一性の面から問題が指摘された。今回の発表論文においては, 貫入試験や土質試験によって地盤の均一性が一応確認されており, このような地盤では低荷重度域における板幅効果については, 弾性論的取扱いの可能性が強くみられる。したがって, これらの結果や既往の試験結果などから判断すると, 粘性土地盤においては, 従来から多用されている板幅 30 cm 程度の載荷板によって, 低荷重度域(降伏荷重度以下)における変形係数を弾性論から, また極限支持力度からは潜在クラックがあるような地盤の平均的なせん断強さを支持力理論によってそれぞれ求めることができ, 板幅を変えた試験の必要性は認められない。しかし, 砂質土地盤のように土かぶり圧などによって性状が深さ方向に変化する地盤においては, 板幅の効果は複雑で, i) 試験地盤の場合と同様な考慮を行って板幅を選定する必要があらう。なお, 論文②で関東ローム層についてはあるが, 低荷重度域においては形状効果が顕著には認められず, 理論値と比較的よく一致していることが確認されている点は貴重である。

ii) 載荷方式としては, 荷重制御と沈下制御の 2 方式があり, 荷重制御方式にはいわゆる緩速と急速の 2 方式がある。更に, これらすべての方式に 1 サイクルと多サイクル(繰返し)との方式がある。また, 動的試験とかクリープ試験といわれている方式もある。今回は論文④, ⑤に方式選定の重要性に関する問題提起がみられるが, 方式の検討としては, 論文②に緩速と急速との 2 方式によるばね定数の比較結果があるだけで, 討論も特になかった。これまでの研究においても, これら各方式に関し地盤や間隙水圧の挙動などを含め, 系統的に検討された結果は皆無に近く, 各方式による結果をどのように基礎の設計へ適用すればよいかを考えて, 各方式の是非を一般的に論ずることは極めて難しい。したがって, これらいずれの方式を用いるかは, 各方式の特性を考慮して, 試験の目的によって適宜決めざるを得ない。しかし, 現在のところ荷重制御による緩速試験結果については, 沈下に関しては基礎の即時的沈下に, 粘性土地盤での支持力に関しては非排水せん断の状態に, それぞれ対応していると経験的実績から判断されていることや, 通常ではこの方式による試験が多いことなどを考慮すれば, 荷重制御による緩速試験方式を, 地盤の沈下や支持力について指標的な値を得るための標準的な方式とすることは可能であらう。

iv) ~ vi) については, 論文④に問題点やその対処例が示されているが, 討論としては特別なものがなかった。これらは先にも述べたように, 試験の目的とは直接的な関係が薄く, 実際の試験では各種のものが試みられている。したがって, 試験結果へ直接影響を及ぼすような点についての注意と, 基本的な方法を示すような形での標準化が, むしろ強く望まれていると考えられる。(文責 井上嘉信)

3. 午後の部（試験結果の適用性）経過概要

3.1 発表論文の概要紹介

発表論文は次のとおりである。

- ⑥ 平板載荷試験結果の解釈とその適用
吉中龍之進, 西牧均 (埼玉大)
- ⑦ 砂層の沈下量推定における結果の適用性
玉置克之, 宮本武司 (清水建設)
- ⑧ ニューマチックケーソン内における載荷試験
窪田一夫 (建設省), 宇都一馬, 冬木衛, 桜井学 (東海大)
- ⑨ 硬質粘土を主とする複合地盤上の大型載荷試験結果と設計への適用
越後勇吉, 中田茂之助, 鹿毛征二 (川崎製鉄), 岩崎好規, 坂元稔, 高見邦幸 (大阪土質試験所)
- ⑩ 成層地盤の原位置平板載荷試験に関するシュミレーション
川本朧万 (名大), 渡嘉敷直彦 (琉球大)
- ⑪ 軟岩の平板載荷試験と数値解析
高橋幸蔵, 加島聡 (本四公団)

以下各論文の概要を述べる。

論文6： 基礎の沈下量に及ぼす載荷幅の影響について、テルツァーギ・ペック、ベラム・エッグスタッド、メナール、パリー、吉田・吉中などの従来の研究を総括し相互の関係を述べ、更にこの問題を地盤物性を考慮して有限要素解析し載荷幅の効果の説明を試みている。軟岩地盤ではモデルの支持力実験や原位置載荷試験結果を、地盤物性を用いて有限要素法でシュミレートし、これらの地盤における載荷試験の利用の例を示している。

論文7： 下部東京砂層を支持層とする高層ビルの施工に際して約 24.5m の地盤掘削に伴う地盤の浮上りを実測

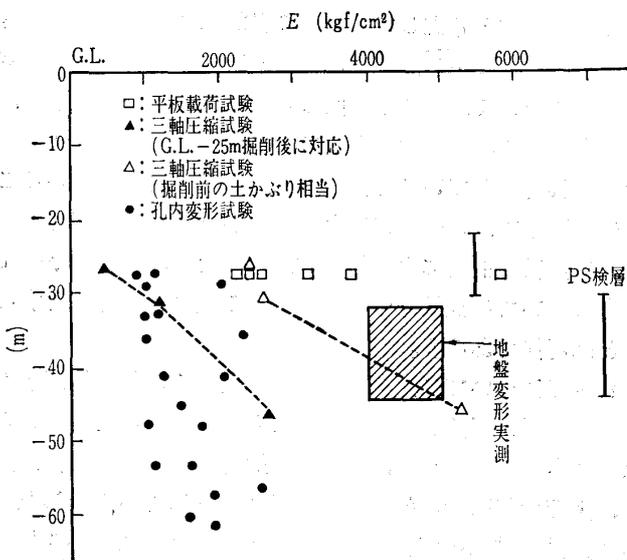


図-1 変形係数の対比

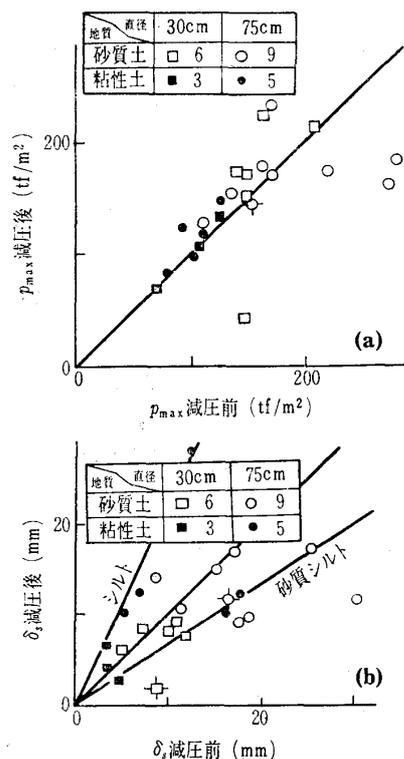


図-2 減圧の前後の比較

し、実測結果から求めた変形係数と平板載荷試験、三軸圧縮試験、孔内載荷試験、PS 検層、N値からの推定などによる変形係数との対比を試みた。結果は図-1 のとおりである。種々検討の結果、平板載荷試験値が実測値に最も近く、かつ緩みの影響も少ない。三軸試験の値は実測の 1/2、孔内変形係数と N 値よりの換算値は 1/3、PS 検層による値は 5/3 である。

論文8： 平板載荷の荷重P—沈下量S曲線は次式で表現できることが多数のデータの検討の結果から判明した。

$$P = P_{max} \{1 - \exp[-(S/\delta_s)^m]\}$$

上式のmは変位係数であり0.7~1.2にあるものが多い。いま $m = 1$ とすると上式は極限支持力 P_{max} と基準沈下量 δ_s の二つの係数のみで表現できる。そこで $0.63 P_{max}$ を降伏荷重、 P_{max}/δ_s を初期接線係数と定義した。上式をもとにしてケーソン内載荷試験結果を減圧と載荷幅の影響について調べた。その結果、強度特性にはこれらの影響はないが、変形性には影響がある。図-2(a), (b)及び図-3(a), (b)は整理結果の一部である。なお係数の添字30, 75は載荷板の直径(cm)である。

論文9： ブラジルの第三紀層上に製鉄所高炉を建設する目的で実施した平板載荷試験結果と有限要素法による解析及び設計への適用を述べている。地盤は地表下約 100m 付近までが第三紀層硬質粘土と砂層の水平互層で上部ほど粘性土が多い。載荷板は一辺 30 cm, 1 m, 2 m の正方形で最大荷重 400 tf である。測定は荷重と載荷板の沈下の他に載荷板の底面地盤反力、地盤内の沈下計による計測で

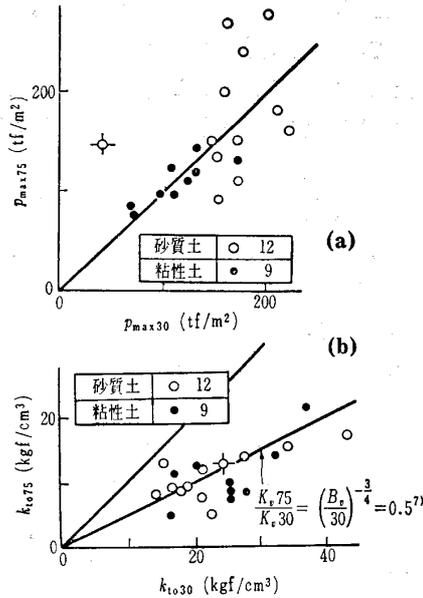


図-3 寸法効果

表-1 ブラジルの第三紀層載荷試験結果

ケース	標高 (m)	載荷板の大きさ (m×m)	降伏荷重 (tf/m²)			破壊荷重 (tf/m²)
			log S ~ log P	S-log t (ΔS/Δlog t) ~ P	P _y	
A	+12	1×1	75	70~80	70	280
B	+12	2×2	75	70	70	—
C	+12	0.3×0.3	72	97~114	97	300
D	+9	0.3×0.3	77	107~123	107	330

表-2 解析に用いた地盤条件

ケース	地盤区分	変形係数	ポアソン比	下限降伏値
ケース1	均一	3000 kgf/cm²	0.3	1.7 kgf/cm²
ケース2	2層	粘性土	0.3	1.7
		砂質土	0.3	1.7

表-3 神戸層載荷試験結果

シリーズ	No.	載荷板直径 (cm)	E _i (kgf/cm²)	P _y (tf/m²)	P _{max} (tf/m²)	載荷面の岩質	載荷中止の理由
A-1	L-60-11	60	1520	—	814	泥岩+砂岩	けたの許容限界
	L-60-12	60	948	191*	336	泥岩	P _y の確認
	L-60-13	60	1460	304**	354	砂岩	隣接載荷面への影響防止
	L-60-14	60	2100	177*	460	砂岩	P _y の確認
	L-200-1	200	1130	191**	382	砂岩	隣接載荷面への影響防止
A-2	L-60-21	60	809	318	336	泥岩	P _y の確認, 偏心量の増大, A-2シリーズへの影響防止
	L-60-22	60	623	177	212	泥岩	沈下量急増
	L-60-23	60	535	—	212	泥岩+砂岩	偏心量の増大, 載荷板の浮上がり
	L-60-24	60	856	318	336	泥岩	沈下量急増
	L-200-2	200	974	185	271	泥岩	沈下量急増, 偏心量の増大

(注) * t=20分の平均沈下量による場合 **最終沈下量による場合 ***明確に P_y とは断定しがたい

ある。供試体の一軸圧縮強度は 0.5~5 kgf/cm² の範囲にばらつく。測定結果は表-1のとおりである。地盤を均一と2層地盤に分けて測定結果を有限要素解析した。表-2の条件が測定結果を良く説明した。実基礎への適用に際しては、支持地盤の変化をN値を通して変形係数Eに換算した。粘性土で E=112N (kgf/cm²)、砂質土で E=480N (kgf/cm²) である。

論文10: 水平に互層する砂岩、泥岩の軟岩を想定して有限要素法による解析をした。軸対称等分布荷重、破壊はモール・クーロン規準、応力-ひずみ関係は線形-塑性流動のバイリニヤで、引張り破壊した場合は応力分配法で処理した。計算の結果、弱い層の多い地盤は沈下や塑性域の発達は弱層に強く影響されること、成層地盤を等質直交異方性地盤に換算して計算した結果と比較すると載荷板が層の厚さの2倍を越える程度になると差が少なくなることが分かった。

論文11: 新第三紀(神戸層)軟岩の支持特性を直径30 cm, 60 cm, 2mの平板で載荷試験をした。最大荷重は2000 tである。地盤は泥岩と砂岩の水平に近い互層で一軸圧縮強度は10~50 kgf/cm²である。測定結果を表-3に示す。変形係数、支持力は地盤の構成、載荷寸法に支配され、それぞれ500~2000 kgf/cm², 20.0~81.4 kgf/cm²である。破壊状況は不連続面の分布に支配された。数段の荷重レベルで120時間のクリープ測定をした。クリープ量は弾性変位の約2倍となった。以上の結果を有限要素解析をした。変形係数は孔内変形係数、強度はピークと残留強度を考慮した。図-4はその結果である。この手法は実構造物の設計にも適用できるものと考えられる。

3.2 討議

平板載荷試験から荷重-沈下曲線が求まる。これをどのように解釈し整理して実構造物の基礎の設計に利用するかが問題である。現在の利用のされ方は大別して2通りあるようである。第1は曲線の形状から変形係数、地盤係数、

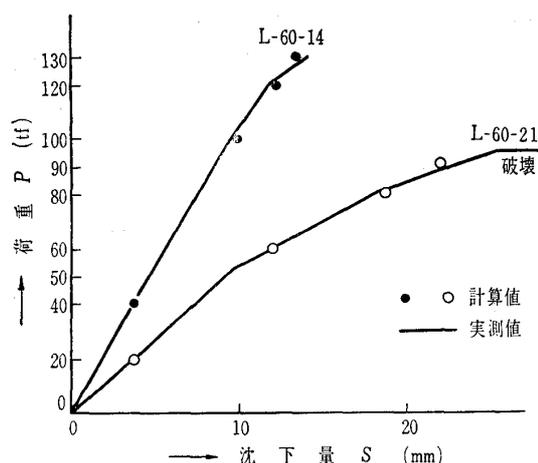


図-4 神戸層の荷重試験 (直径 60 cm)

極限支持力、降伏支持力などの特性値を求めて、これを利用するもの、第2は現状では特殊な使われ方であるが、曲線そのものを有限要素法でシュミレートし最も適切な解析手法、説明定数を見い出して、その手法を設計に利用するものである。

以下では上記のそれぞれについて話題になった事項及び今回の発表論文で関連する事項について総括する。

○特性値の考え方について

荷重-沈下曲線は一般に非線形であり、かつ荷重の経路(処女荷重、繰返し荷重、除荷荷重など)ごとに異なった曲線を示す。このような曲線のどの部分をどのような方法で特性値を定めるべきかが問題であるとの指摘があった。従来は、荷重経路を明記した上で接線なり割線なりで求めている。これに対し係数の求め方は構造物の実測結果に対応する曲線部分から係数を定めるべきで、この意味では論文7. は除荷過程における係数の求め方に重要な資料となるという意見があった。しかし一方で、変形性は載荷幅(以下 B と呼ぶ)、あるいは掘削や載荷重の影響が大きいので単に絶対値で対応をつけることはできないとする意見もあった。

このような問題はあるが任意の点から係数を求める場合、曲線形の性質から主観的になりやすい。論文8は曲線を最小2乗法で回帰してモデル曲線に置きかえ、その曲線について数学的に係数を求めることになるので個人差が入らなると述べている。この数学モデルの変位指数 m は実測曲線にみられるいろいろな形を一つの数式で表現するために導入された係数である。しかし $m > 1$ については(S字形の曲線を意味している)、初期の沈下曲線部分と更に荷重が増大した部分での曲線の物理的内容が異なるので1本の曲線でスムーズにつなげると実際の挙動を見にくくするのではないかという意見があった。曲線の性質に関しては論文5も同様の主旨の意見を述べている。

降伏荷重も重要な特性値である。今回の発表論文のほとんどが降伏荷重を記載している。しかし値そのものについ

ての物理的内容は必ずしも明確ではない。この点に関して討議が行われたが、結局曲線に現れた変曲点、特異点ということであって、今後の詳細な研究が必要であるという点に落ちついたようである。しかし今回の論文1, 5, 6, はこの問題に重要なデータを提供しているようである。いずれも載荷板の沈下と同時に周辺地盤表面の沈下を測定し、降伏点を境に両者の沈下挙動が大きく変わることを指摘している。これらに見る限り降伏点は載荷板下に形成されるくさび状の破壊域の発達段階と極めて密接な関係があることを示している。

次に、これら特性値に対する B の影響の問題がある。この問題について会場での議論は活発ではなかったが、多くの発表がこの問題を論じている。これを要約すると次のとおりである。変形係数 E 、地盤係数 K などの変形特性については、論文6が従来の研究を総括した形で、論文8が多くのデータを用いて論じ、 B の影響(すなわち非弾性的な関係)は明らかであるとしている。しかし、一方で論文1は一定の傾向を見い出せない、論文2は弾性的であると、論文3はいずれとも解釈できるがむしろ論文2と同じ、論文5は土質別に影響を考慮すべきであるとしている。

このように B の影響に関していろいろの見解があるが、いずれにしても明確な結論を出すためにはそれぞれの載荷板下の地盤条件の吟味が必要で、その力学的性質を基にした議論が必要であると思われる。

降伏荷重についても B の影響に関して、いくつかの論文がこれを取り扱っているが、載荷板下の地盤の力学的条件との関係で議論が必要であろう。極限支持力についても同様である。

○荷重-沈下曲線の数値解析による取扱い

論文5, 6, 9, 10, 11が論じている。特に複雑な地盤構成にある場合は、解析手法の流れの中で手法あるいは地盤条件の確認用として平板載荷試験を利用している。論文6は断層のような弱面が軟岩中にある場合及び物性の評価が非常に困難な風化岩地盤を、論文9, 10, 11は成層構造の軟岩、硬質粘土地盤について有限要素法でシュミレートし実測結果と対比している。

討議は地盤定数の設定方法その他についてなされた。論文9はシュミレートのための変形係数 E を載荷試験結果から定めている。このようにすると、近似度は高くなるのは当然である。この問題に関して本来は他の方法で、例えば供試体の応力-ひずみ関係から求めた変形係数でシュミレートするのが望ましいこと、また供試体について実測している変形係数と解析に設定した変形係数を比べると後者が1けたほど大きいのでその理由についての論議があった。これについては供試体のデータのばらつきが大きさが原因して結果的に適正な関係がつかないことが述べられた。論文11も9と同じ弾塑性解析であるが、ここではひずみ軟化が考慮されている。弾性係数、すなわち変形係数の

設定方法について質疑があった。この地盤は複雑な構成の軟岩地盤であるので、ボーリング孔内測定の変形係数が採用されたことの経緯の説明があった。

以上のほか、破壊規準などについての質疑があったが、いずれにしても、ここに述べられた手法を利用する場合には、適切な地盤物性の評価法とそのモデル化、それに基づく载荷試験結果のシュミレーション、更に実構造物の挙動観測による解析手法の再確認が最も重要であるとの指摘があり、またこれが大方の意見のようであった。

(文責 吉中龍之進)

4. む す び

平板载荷試験は、構造物の基礎の設計のために行われる一連の地盤調査の中の一試験である。この試験の目的は、縮小模型の基礎(载荷板)の荷重-沈下関係から土の変形特性やせん断特性(又は支持力係数)を求めることにある。

平板载荷試験は、どのような種類の土に対しても適用できるが、特に砂や砂礫、硬質粘土や軟岩のように、乱さない試料の採取が困難な土では、地盤調査の中で重要な位置を占めている。軟岩を除く岩に関しては、試験方法が他の土質に比べてかなり異なる面があり、既に「平板载荷による原位置岩盤の変形試験法の基準(土木学会)」に定められているので、本試験基準では取り扱わないことにしている。

平板载荷試験は、基礎の設計支持力を決めるために、古くから行われているが、载荷板と実際の基礎の間の相似則を十分に考慮することなく使われたために失敗に帰したこ

とも過去には多くあった。平板载荷試験は、直接的には载荷板の沈下や支持力を測定するものであるが、実は間接的にある範囲の深さの土についての、ある種の圧縮試験、せん断試験と見なすことができる。このように、载荷試験は基礎地盤に関する一つの試験であって、その結果は一部の情報を与えるものでしかないから、それだけで基礎の設計はできない。その他の調査から得られる情報と相まって初めて有力な設計資料となるものである。

平板载荷試験は各分野で広く行われているが、その方法は細部において必ずしも同一ではない。また、時には多くの労力と費用をかけて行っている試験が、試験方法が適切でないために、かえって誤った情報を与える結果になっている例もあるように思われる。土質試験において最も重要なことは、共通の方法で、正確に試験を行うことである。このようにして得られた土質定数において初めて土の顔を表現する共通の言葉として設計者に理解され、また土質工学の貴重な知識として蓄積されてゆくものと思われる。基準の作製に当たっては、現行の各分野で行われている試験方法を参考にして、国際的にも通用する標準試験法の確立を目指している。とは言っても、具体的な事項を決めるうえでいろいろな困難が山積している。それは主として支持力理論や沈下理論が未解決の問題をかかえていることに帰因するものである。会員の皆様に、各分野の委員を通じてご教示を下されるように切にお願いする次第である。

(文責 小泉安則)

第5回日本地震工学シンポジウムの講演集販売のお知らせ

標記シンポジウムは、地震学会、日本建築学会、土木学会、日本機械学会、土質工学会共催で去る昭和53年11月28日より30日まで東京において開催されました。

発表件数は189編を数え非常に盛況裡に終了いたしました。その講演集を下記で販売しておりますので、ご希望の方は早目にお申込みください。

記

収録内容：発表論文 189編

体 裁：B5判 オフセット印刷 1512ページ

定 価：5,000円

送 料：第1地帯(都内 400円, その他 560円), 第2地帯 660円, 第3地帯 760円

申 込 先：〒101 東京都千代田区神田淡路町2-23(菅山ビル) 電話 03-251-7661(内線25, 26番)

社団法人土質工学会図書販売係