

力計の基準（案）—土質試験用—と力計の基準（案）解説と 力計の取り扱い上の注意

土質工学会セン断試験法委員会

力 計 の 基 準（案）—土 質 試 験 用—

1. 総 則

本基準は、土質試験機に組み込まれている力計のように、計量法による検定を必要としない土質試験用の力計に適用する。

2. 力 計 の 構 造

2.1 力計は、その見やすい個所に、次の事項を表記しなければならない。

- (1) 製造業社名または記号
- (2) 器物番号
- (3) 能力

2.2 力計の表記は、不鮮明だったり、誤記があってはならない。

2.3 力計は、次の事項を記した対照表を付さなければならない。

- (1) 器物番号（力計と指示機構の番号をそれぞれ記入したもの）
- (2) 圧縮用、引張り用の区別
- (3) 能力
- (4) 使用下限の荷重
- (5) 能力および使用下限を含む任意の5点以上の目盛の読みと、力の大きさととの関係を表わす対照表。（増荷重、減荷重時における読みの値と、それぞれの平均値を記入したもの）
- (6) 検査年月日
- (7) 検査時の室温
- (8) 検査に供した力基準器の名称および番号
- (9) 検査機関名
- (10) 温度補正法

3. 力計の機構および作用

3.1 力計は、その能力の約 1.1 倍の荷重をかけたときに、各部にくるいまたはゆるみを生じないものでなければならない。

3.2 力計は、荷重をかけたときに、そのタワミを鋭敏かつ確実に指示機構に伝えることができるものでなければならない。

3.3 力計は、能力に相当する荷重をかけたときに、そのタワミを零点からの目盛の数が 100 以上のところで、指示機構の指示部分が指示することができるものでなければならない。

3.4 力計は、その使用範囲の下限に相当する荷重をかけたときに、そのタワミを零点からの目盛の数が 20 以上であって、かつ能力の 1/5 に相当する目盛を越えない範囲内で、指示機構の指示部分が指示することができるものでなければならない。

3.5 力計は、任意の荷重において通常的使用方法による操作を繰返したときに、その指示が表わす量の 200 分の 1 の範囲内において一定するものでなければならない。

3.6 力計は、対照表に記載された相隣る二つの目盛の読みの間における目盛の読みと、それに応ずる力の大きさが使用公差の範囲内で比例する関係のものでなければならない。

3.7 力計の指示機構は、日本工業規格のダイヤルゲージの 1 級もしくは同等以上の性能を有するものでなければならない。

4. 力計の検査方法

4.1 機構および作用の検査

4.1.1 力計が 3.1 の規定に適合するかどうかの検査は、荷重をかけない状態から除々に能力の 1.1 倍まで荷重を加え、さらに除々に荷重を減じて荷重をかけない状

資 料—106

態にもどし、荷重をかける前後における荷重をかけない状態における指示機構の目盛の読みの差が使用範囲の下限に应ずる目盛の読みの 200 分の 1 の範囲内にあるかどうかにより行なう。

4.1.2 力計が 3.2 から 3.6 までの規定に適合するかどうかの検査は、器差の検査と同時に行なう。

4.2 器 差 の 検 査

4.2.1 力計の器差の検査は、計量法の力基準器の検査規格に合格するもの、もしくは同等以上の性能を有する力基準器を用いて行なう。

4.2.2 力計の器差の検査は、能力と使用範囲の下限

の範囲内において、これらを含む任意の 5 点以上の力の大きさについて行なう。

4.2.3 力計の器差の検査は、前条の力の大きさについて荷重をかけない状態から順次能力に相当する荷重まで、荷重を静かに加えた後、順次荷重を静かに減じて荷重をかけない状態にもどして行なう。

4.2.4 力計の器差の検査は、零点の調整ができる力計にあっては、零点を調整した後行なう。

4.2.5 力計の器差の検査は 4.2.3 の検査を 3 回行ない、荷重を順次加えるときの表わす量および順次減じるときを表わす量についてそれぞれ別に平均して求める。

力 計 の 基 準 (案) 解 説

ま え が き

土質試験に用いられる荷重測定器に、最もよく使われている力計（プルービングリング）は、従来は工業技術院計量研究所で検定を受け、計量法の検査規格に合格したものを使用していた。ところが昭和 40 年 11 月に、計量研究所から試験機工業会に「土圧計および土質試験機は計量法で規定されている検定を受けなくてはならない計量器に含まれていないので、土圧計および土質試験機に組み込まれている力計は、検定を受けたものを使用しなくてもよい。」旨の通達があった。

これ以降は、たとえば三軸圧縮、直接セン断、一軸圧縮およびベーンテストなどの土質試験機に付属する力計は、試験機製造業者が独自で比較検査を行なっているのが現状である。このように検定から除外されている力計は、ゴム、高分子および繊維関係のものがあり、すでに 10 年ぐらい前から実施されている。これまでは、国家の検定によって力計の品質は保証されていたわけであるが、これがなくなってしまった現在、計量法の検査規格に代わるべき検査規準を設け、試験値に対する統一した信頼性を確保しなければならないと考えられる。

一方、これらの事情とは全く無関係に、セン断試験法委員会が昭和 41 年度に実施した「力計とブルドン管式圧力計の調査」の結果は、すでに「土と基礎^{注)}」に発表したとおり、力計の使用現状にはきわめて多くの問題を含んでいることが指摘された。使用中の力計の問題点は主として使用法に起因すると見られる器差と整備に関するものが大部分を占め、使用者が適切な使用法を十分に知る必要性を痛感させられたのである。

以上のような事情から、当セン断試験法委員会では、これらの対策を目的として

力計の基準（案）（土質試験用）

力計の取り扱い上の注意（土質試験用）

を提示することにした。

「力計の基準」は、計量法の「使用計量器検査規則」を骨子とし、土質試験用として不必要と考えられるところは削除し、また必要に応じて付加したところもある。本基準の作成に当たっては、計量研究所と、試験機製造業者より土木試験機懇話会の協力を得て検討を行なった。検討結果はできるだけ基準に反影させるようにつとめたが、十分な研究資料もなく、今回の案には盛り込めなかったものも多い。未解決の問題点は、そのまま解説に記載し、今後の研究成果をまわって逐次改正し、よりよい基準としたい考えである。

計量法および「力計の基準」は、取引時の規格を定めているが、使用時の性能については触れていない。検査を受けた力計でも、使用しているうちに、だんだんくいを生じ、試験値の誤差が大きくなっていくのが普通である。したがって、力計の正しい取り扱い方に従い、また常に十分な精度を確保できるように基準器と比較検査（ここでは定期検査および修理検査と呼んでいる）を実施するなど、力計による試験値の誤差をできるだけ小さいものにするよう心がけなければならない。

以下には「力計の基準」について解説するが「力計の取り扱い上の注意」とは密接な関連があるので、あわせて利用してもらいたい。

1. 総 則

まえがきで述べたように、力計のうち土質試験機に組み込まれて使用されるもの、たとえば三軸圧縮、直接セ

注) 山田清臣：土質試験用の圧力計と力計の調査結果，土と基礎 Vol 14, No. 11

ン断、一軸圧縮、ベーンテストのような試験機に付属するものが計量法の適用外となっている。この適用外の力計は検定をうけないことになってきたので、当委員会はこれら力計の性能の確保を目的として本基準を提示することにしたのである。したがって、今後、力計の製作および発注に際しては、本基準を適用されるように勧めたい。

2. 力 計 の 構 造

2.1 および 2.2 力計に表記すべき事項は、明瞭に、しかも誤まりのないようにしなければならない。力の大きさは、検査対照表によって換算するものであって、この表記事項が対照の記号となるから、まちがいのないようにしなければならない。通常は、これらの事項はリングに刻印される。

2.3 対照表に記載すべき検査時の条件と結果の必要事項を定めた。

(1) 器物番号は、単に力計のリングの番号だけでなく、指示機構（ほとんどの力計は指示機構としてダイヤルゲージが使われている。）の番号も記載することにした。指示機構としてマイクロメーターを使用する場合のように、力計から分離できるときは、指示機構の番号も記載するように計量法に規定されている。本基準では、すべての指示機構について適用することにした。

(2) 一般には、力計は圧縮用が多いが、ベーンテスト機のように引張り用のものもある。引張り用を圧縮用に使用するなど、ちがう用途に使うことは、誤差を大きくする原因ともなるので、その区別を明記することにした。

(3) および (4) 後述

(5) 力の大きさの換算数値表である。ダイヤルゲージの指示目盛の読みと力の大きさの関係は、通常は増荷重時と減荷重時とは同じ値とはならないでヒステリシスを画くのである。したがって、増荷重、減荷重時それぞれの数値を記入することにし、また使用に便利のように平均値も記入することにした。これまでは、増荷重時のみの数値を記載しているものも少なくないので注意したい。また、従来方眼紙にグラフ化した換算図のみ付されていることもあったようであるが、数値を表示しなければならない。これはグラフでは読みとり誤差が大きいことおよび校正係数が読みの全範囲にわたって直線関係がないことによる。

(6) 省略

(7) および (10) 検査は、20°C 前後の温度で行なうのがよい。しかし検査時の温度が 20°C と大幅に差があるときは、20°C に補正した数値を対照表に記した方が利用しやすい。なお、温度補正法は「力計の取り扱い

上の注意」3.8 を参照のこと。

(8) 検査に使用した力基準器の名称とは、基準力計と基準テコ式力試験機の別であり、その力基準器の検定番号も記入する。力基準器の種類によって性能が異なり、力計の換算表のもつ信頼性もちがってくるので、ここに明記することにした。

(9) 省略

3. 力計の機構および作用

3.1 および 3.2 省略

3.3 力計の指示機構としては、土質試験用の場合には、大部分がダイヤルゲージが使われている。したがって指示機構についての解説は、ダイヤルゲージを対象にして述べる。

力計の能力に相当する荷重をかけたときに、ダイヤルゲージの目盛は少なくとも 100 目盛以上を指示するものでなければならない。一般に使用されている力計は、指針が 1 回転 1 mm のダイヤルゲージを使ったとき、能力に相当する荷重で 200~250 目盛を指示するものが多い。精度を保つ上からは、できるだけ大きな目盛数で指示することにした。一方、土質試験では、詳細な応力の追跡や、加圧したときの初期段階では一定のヒズミ速度とならないなどの理由で、あまり大きなタワミを生ずる力計は不都合なこともある。このように相反する要求があるが、精度に関しては 200~250 目盛のもので不都合はまずないと考えられる。後者のような要求に対しては、リングはタワミを小さくし、ダイヤルゲージは精度の高いものを用いるようにすれば、精度も落さなくて済むようになる。

3.4 力計の使用下限の荷重は、ダイヤルゲージの精度上から、20 目盛以下では、力計の精度は 1/200 以上とすることは不可能である。また、土質試験では一般に試験前に強度を推定することはむずかしく、予想よりかなり小さい荷重で破壊することもある。このようなときに使用下限の荷重が大きいと使用に不便をきたすことになるので、能力の 1/5 より大きな荷重を使用下限にしないように、この規定を設けた。すなわち、使用下限の荷重を定める範囲を示したのである。一例を示すと、使用下限の荷重を定める範囲は、能力に相当する荷重が 250 目盛のときは、20 目盛から 50 目盛までの間であり、100 目盛のときは、20 目盛のところだけとなる。

3.5 力計の精度についての規定である。能力と使用下限の荷重の範囲内では、任意の荷重のところで繰返し荷重をかけても 1/200 以上の精度をもつものでなければならない。一般には力の大きさとダイヤルゲージの指示値は、増荷重時と減荷重時とは同じ軌跡をたどらず、ヒステリシスを画くが、計量法では、増荷重と減荷重をひ

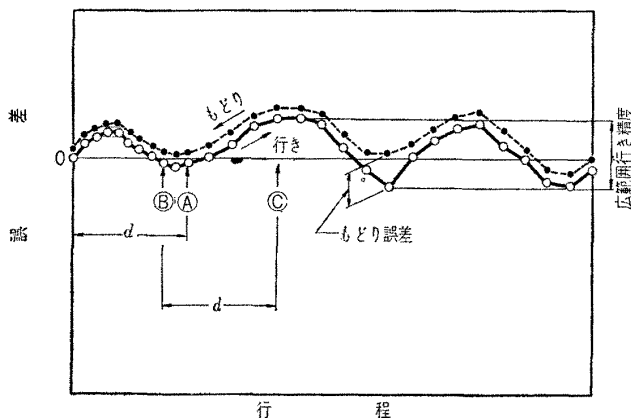


図-1 ダイヤルゲージの誤差線図

つくるめて 1/200 以上の精度を要求している。本基準もこの計量法どおりの精度の規定を定めた。

精度の規定については、土質試験用の場合、かなりの問題を含んでいるので以下これについて触れてみよう。

土質試験では、一般には増荷重と破壊に至ってからのわずかの減荷重の範囲を対象とすることが多いこと、および試験時と検査時の条件のちがいによる誤差を対象に考えると、この規定は必ずしも十分でないとも考えられる。これらはダイヤルゲージ特性に関連することであるから、以下この点について述べる。

ダイヤルゲージの行程と誤差の関係は、図-1 に示す誤差線図のとおりである。これから行きともどりが同じ軌跡をたどらないことがわかる。いま、増荷重と減荷重を含めた精度を 1/200 以上（本基準の場合）にするには、図中のもどり誤差ができるだけ小さいダイヤルゲージを選び、広範囲精度はあまり問題にしくともよいことになる。この場合は、較正係数は検査点間によって、かなり変動をきたすこともある。較正係数を全範囲にわたってできるだけ一定にしたいときは、広範囲精度の小さいダイヤルゲージを選べばよいことになる。この場合は、行きともどりの差がある程度大きくなることはやむを得ないだろう。

また、試験時の条件という面からの問題点をあげてみよう。力計の検査は、全く負荷のない状態のときをダイヤルゲージの零点に合わせ、順次荷重を増していく。図-1 の 0 点が、検査時のスタートの零点を示す。いま、二つの試験条件を考える。一つは検査時と同じに初期に全く負荷のない状態からスタートする場合。一つはたとえば三軸圧縮試験のように初期にあらかじめ液圧のような荷重を加え、この点を零としてスタートする場合。前者の場合に、荷重を加えたところ指針が点 (A) を指し、タワミ量は d となった。この際は、検査時と同じ条件であるから、精度は 1/200 以上となる。後者の場合は、あらかじめ荷重が加わっているので力計はたわんでいて、(B) 点を指すはずである。この点を零に合わせ、

前者と同じ荷重を加えるとタワミが d となるときのタワミの指示値は、点 (C) と点 (B) の差となる。この差は、前者の点 (A) の値とはちがうのが普通である（図-1 参照）。広範囲精度の許容値は、5 mm ストロークのダイヤルゲージで 10μ （1 目盛）となっているので、これを考慮すると試験条件による誤差も検討しなければならない。以上のように力計の精度は、ダイヤルゲージの特性と試験条件との関連性を十分検討し、土質試験に適するような規格を定めなければならないわけであるが、この点に関する資料がないので、今後の研究が望まれるのである。

50 kg 以下の能力の力計に対しては 1/200 以上の精度を適用するのは、現状ではかなりきついの意見もある。しかし、一軸圧縮試験の最大荷重は、通常の試験では 3~10 kg ぐらいのことが多い。したがって、能力の小さい力計が必要となる。現在は、製造技術上の問題もあるが、本基準の規格ぐらいいまに性能を高めることを促すという意味もあって、あえて能力によって精度の規定を差別しなかった。これら能力の小さい力計は、一軸圧縮試験などで、とくに重要な役割を果たすものであるから、新しいタイプの力計の開発や現在の力計の一層の進歩を期待したい。

3.6 および 3.7 計量法には、指示機構の性能についての規定はないが、前述のように力計のなかでダイヤルゲージの性能はきわめて重要であるので、本基準に定めた。現在は、ダイヤルゲージを指示機構として使うのが大部分であるが、将来は電気的な計測や自記装置の開発なども考えられるので、これらを含めて性能を JIS のダイヤルゲージの規格の 1 級品程度以上のものを使用することにした。念のために 1 級品の精度規格を記すと、5 mm ストロークのもので、広範囲精度が 10μ 、もどり誤差は 3μ 以内である。**3.5** の解説で述べたように、土質試験用では、広範囲精度も重要と考えられるので、広範囲精度はできるだけ特級品 (5μ) 相当のダイヤルゲージを用いるようにしたい。

4. 力計の検査方法

4.1 省 略

4.2.1 力計の器差の検査は、計量法に定められている力基準器を用いる。**2.3** で述べたように力基準器には、基準力計と基準テコ式力試験機がある。それぞれの公差は 1/300 と 1/2000 である。使用力計の精度が 1/200 以上を要求されるから、公差 1/300 の基準力計では基準器としては十分でないと考えられる。このほかに分銅式の基準器もあるが、検査時に衝撃的な载荷になりやすく、試験時の条件と異なってくるので好ましくないといわれている。したがって、力基準器としてはできるだけ

基準テコ式力試験機を用い、力計の信頼性を高めるようにすべきである。

4.2.2 通常は、8～10 点を検査するのが適当である。

4.2.3 土質試験は、一般に静荷重を連続して加えるものが多い。本基準もこのような力計を対象としているので、検査時も衝撃の加わらないように徐々に行なわなければならない。

4.2.4 3.5 参照

4.2.5 省略

あ と が き

力計について注意すべきことを要約すると次のようになる。

(1) 力計の製造や購入に当たっては、本基準に合格

するものであるかを確認すること。

(2) 実験および保管に当たっては、その取り扱いを正しくすること。

(3) とくにダイヤルゲージは、力計の生命ともいえるべきものであるから、その性能と取り扱いには十分の注意を払うこと。

(4) 力計の性能を常に十分確保するには、定期検査（1年に1回ぐらいの割合）と修理検査に留意すること。

ここに提示した基準および取り扱い上の注意は、まだ不備なところも多いと思う。当委員会では、今後ご利用になっている方々やメーカーからのご意見を参考にして改正していくつもりであるから、どしどしご意見をお聞かせ願いたいと思います。

力計の取り扱い上の注意

1. ま え が き

力計は一般に使用しているうちに、ゆるみが出たり破損したりして、次第に器差が大きくなっていき、次第に得られる値の信頼性が低くなっていくのが普通である。したがって、使用に当たっては使用法を熟知し、できるだけ器差が少ない状態にあるように常に心がけなければならない。このような観点から力計の使用法についての標準的なものを以下に提示する。

2. 力計の再検査

2.1 定期検査

力計は、検査年月日より1年ぐらいを経過する頃から、慎重に取り扱っている場合でも力計にくるいが生じてくるのが普通である。したがって、1年に1回ぐらいの割合で、定期的に「力計の基準」の(4 力計の検査方法)による検査を受けて使用することが望ましい。

2.2 修理検査

2.2.1 定期検査を受けないうちに、指示機構に次のようなことが生じたときは、指示機構を修理するかまたは交換した後、「力計の基準」の(4 力計の検査方法)による検査を行ってから、使用に供すること。

- (1) くるいまたはゆるみが生じたとき
- (2) 円滑に作動しなくなったとき
- (3) 目盛線が消滅したりまたは誤認の恐れがあるとき
- (4) 指示機構がダイヤルゲージのとき、ダイヤルゲージをゆるめたり、取りはずしたりしたとき

2.2.2 力計は、定期検査をうけないうちでも、表記が消滅したり、また誤認の恐れがあるときは表記しなおした後、「力計の基準」の(4 力計の検査方法)による検査を行ってから、使用に供すること。

3. 実験中の力計についての注意

3.1 力計を試験機にとりつけるとき、または取りはずすときの取扱いは、静かに行なうこと。

3.2 力計のリング部を持って回転させてはめ込むことはさけること。ネジ部を回転させてはめ込むようにすること。

3.3 検査時の条件と試験機にとりつけた時の条件が一致するようにすること。たとえば検査時と異なるアタッチメントを使用したりしないこと。

3.4 力計を試験機に固定するときは、荷重がその力計の加圧部分の中心に正確に加わるように取りつけること。

3.5 力計に荷重を加えるとき、または減ずるときは、衝撃荷重が加わらないように徐々に行なうこと。

3.6 実験に使用する力計の能力は、力計の使用範囲内に供試体の最大荷重が入るように選択しなければならない。そのためには、力計の使用範囲(力計の基準の3.3および3.4 参照)と供試体の最大荷重を十分検討することが大切である。そのためには、能力のちがう力計をいくつか用意して、供試体の最大荷重に応じて適宜使い分けられるようにしておくのがよい。

3.7 力計は、その機能を十分に発揮させるためには、試験前にその能力の1.1倍の荷重をかけ、除荷してから

資 料—106

試験を実施するとよい結果が得られる。

3.8 温度補正を必要とするときは、次式によるとよい。

$$d_t = d_{t_0} \{1 + k\} \{t - t_0\}$$

ここに、 d_t = 使用するときの温度 $t^\circ\text{C}$ における力計の
 常数

d_{t_0} = 検査時の温度 $t_0^\circ\text{C}$ で定めた力計の常数

k = 力計の温度係数 $\approx 2.7 \times 10^{-4}$

これによると 200 目盛のところで検査時と使用時の温度差が 10°C のときは 0.5 目盛、 20°C のときは 1.0、 30°C のときは 1.6 目盛のちがいがあ。したがって、冬期または夏期に室外で実験をするようなときは、実験の必要精度に応じて、温度補正をしなければならない。

4. 力計の保管上の注意

4.1 力計は、使用しないときは、湿気のない格納箱

に入れ、保管すること。できるだけ防湿剤を入れておくことが望ましい。

4.2 力計は、振動や衝撃が加わらないように保管すること。とくにダイヤルゲージの取り付け部には緩衝装置をつけるようにすることが望ましい。

4.3 力計は、運搬または移動時の取り扱いには静かにすること。

4.4 力計に付着しているほこりや油は、きれいにふきとっておくこと。

4.5 ダイヤルゲージは、力計からはずしたり、ネジをゆるめたりしてはいけない。もし取りはずしたり、ゆるめたりしたときは、必ず修理検査をうけ直さなければならない。

4.6 ダイヤルゲージには注油してはならない。

4.7 ダイヤルゲージのスピンドル部に手を触れたり、激しく上下に動かしてはならない。

書 評

現場技術者のための 建設機械と施工法

日本建設機械化協会編、技報堂発行 定価 1,800 円

土木工事ではもちろんのこと、建築工事でも近年は機械化施工が非常に活発に行なわれているが、これら現場を仕切っている人達の大部分が土木学科や建築学科を卒業した技術者で、機械にあかるいものが少なく、機械を使うのでなく機械に使われてしまう場合がままあるようだ。本書は、とくに現場技術者のために書かれているので、写真や図面が多く、文章も読みやすく、土木や建築出身の現場技術者にも施工機械についての一応の理解はすぐ得られそうである。また、土質や施工法についても書かれているので、機械関係の現場技術者にも、たいへん参考になるであろう。

内容は

- 第1章 建設機械と施工法
- 第2章 機械化施工の基礎知識
- 第3章 機械化施工の運営管理
- 第4章 建設機械概論
- 第5章 施工法
- 第6章 付 録

の各章から構成されている。第1章は機械化による利点や問題点のほか、効率的施工をするにはどうしたらよいかなどにつき述べられ、第2章では、機械化施工に関連のある土や気象、土木材料や測量、土積計算方法について、第3章には、工事前の調査から工事計画、作業能力の算定、機械経費の算定、施工管理、機械の管理、オペ

レーターの管理、安全管理などと機械の選定から使用している際の注意事項を順次述べ、第4章では、建設機械の基礎知識から各種機械の説明や道路運送車両法などの法規関係について、第5章には、機械化施工をする際の準備工から掘削・積込み、運搬、盛土、ノリ面工、土取り場での工事、軟弱地盤における土工、路盤工から除雪に関することまで述べられ、第6章の付録では主要機械の諸元、機械経費積算の基準などのほか機械や土木に関する用語の説明まで集録されている。本書を一読して感ずることは、表題に示すとおり土工事に関する現場技術者向きに内容・配列とも実際に役立つよう配慮されており、建設機械の一般的知識から機械化施工の基礎知識、工事運営管理の実際的手段、さらに、各種現場の施工法など広範囲に、かつ相互のつながりを有機的に解説したユニークな参考書なので、労働力減少のおり、機械を有効に使って工事の質の向上と工期・工費の短縮をねらう現場技術者には大いに役立つ、得がたい本である。

ただ、本書で紹介されている機械はほとんど土工機械に関するものであり、建築工事に関する基礎工用機械（クイ打ち機械・現場造成グイの各種機械）やクレーン関係の機械についてはあまり紹介されてなく、これら機械の諸元も見当らなかったのは、本書が機械と施工を結びつける画期的なものであるだけに残念に思う。（田中）