

<技術論文>

金属杖用試験機器の開発

相川孝訓* 数藤康雄* 金子誠喜** 矢野英雄**

Development of Test Equipment for Elbow Clutches and Quadropods

Takanori AIKAWA*, Yasuo SUDOH*, Seiki KANEKO** and Hideo YANO**

The purpose of this work is to develop a test system on elbow clutches and quadropods. Structural testing was conducted in a hydraulic test machine and a universal test machine. Test system developed was a static and durability oriented. Test system consists of new universal test machine, durability test machine, a jig for elbow clutch and a jig for quadropods. They were improved by more experiments to enhance its enforcement several times. Also angle measuring devices were developed for elbow clutches. Two measurement methods of angle were drafted and two kinds of measurement devices were developed. Angle of elbow clutches were measured easily by using the developed machine. Stability test equipment for quadropods was also developed. A unique evaluation equipment of elbow clutches and quadropods became possible by series of development of these various test machinery.

キーワード：ロフトランド杖、4脚杖、試験機、試験評価

1. はじめに

日本リハビリテーション医学会の福祉関連機器の標準化に関する調査研究委員会金属杖小委員会では平成5年度から金属杖の標準化についての調査研究を実施してきた¹⁾。この委員会におけるロフトランド杖と4脚杖の規格の検討を踏まえて、平成6年度から8年度にかけて金属杖用試験システムの開発を目的として、各種試験機器の開発を行った。

開発された試験機器は、金属杖用耐久試験機、ロフトランド杖用試験治具、4脚杖用試験治具、ロフトランド杖用形状測定装置、4脚杖用安定性測

定装置から構成される。ロフトランド杖用試験治具と4脚杖用試験治具は、金属杖用耐久試験機と新規購入した機柱延長形静的試験機に取り付け可能で、組み合わせによりロフトランド杖と4脚杖の静的試験及び耐久試験が実施可能になる。

2. 金属杖用耐久試験機の開発

耐久試験機の開発の第一段階として、規格が検討されつつあったISOおよびCENの規格案(ISO/DIS11334-1²⁾, CEN/TC293-WI4³⁾)を参考にして試験機の仕様を決定した。

* 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所
福祉機器開発部

** 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所
運動機能系障害研究部

* Department of Rehabilitation Equipment, Research
Institute, National Rehabilitation Center for the Disabled

** Department of Motor Dysfunction, Research Institute,
National Rehabilitation Center for the Disabled

まず、最初に試験サンプルの大きさを確認した。規格案によれば、杖のサイズは6種類に分類される(表1)。日本人が多く使用すると考えられるサイズは4または5で、通常の試験においては試験サンプルの大きさは最大長さで1210mm、ハンドグリップから杖先までで最大950mm必要になると考えられる。なお、試験時の設定としては最大伸張状態で試験することが規定されている。

ISOの規格案によれば、標準的な体重100kgの使用者に対して、耐久試験の負荷値は550N±25Nである。ただし、使用者の体重の設定が可能であり、体重が1kg減少する毎に5.5Nずつ耐久試験の負荷値を減少させることが可能であるが、最低が275N以上と規定されている。試験回数は100万回、試験周波数は5Hz以下、ただし1Hzより上の周波数で破損

した場合には新しいサンプルを用いて1Hz以下で再度試験すると規定されている。

以上から、試験機に求められる仕様は表2のようにまとめられる。この仕様を基に耐久試験機の概念設計を行った。基本的な構造としては、油圧駆動のアクチュエータを用いて、杖に負荷を加える構造とした。市販の油圧駆動ユニットを用いて、試験機を製作することにし、寸法、形状を決定した。

耐久試験機に使用する油圧ユニットはカバヤ工業製可搬形疲労試験機HTM05-200-07を用いた。本ユニットは油圧アクチュエータ、制御装置と油圧源から構成される。油圧ユニットの特性を表3に示す。本油圧ユニットの特徴は、油圧源が空冷のため、試験場所を選ばず手軽に移動が可能で、また、操作も容易である。加振は電気油圧サーボ方式を使用して

表1 杖のサイズ

杖 サイズ	使用者の 身長 mm	支柱部の長さ		腕部分長さ 最大mm	杖の長さ 最大mm	腕支え内部幅		握り長	
		最小	最大mm			最小	最大mm	最小	最大mm
1	900	350	550	130	680	55	70	65	80
2	1100	450	650	170	820	60	80	70	90
3	1300	550	750	200	950	70	90	80	100
4	1600	650	850	230	1080	80	95	90	110
5	1800	700	950	260	1210	90	105	100	120
6	2000	800	1050	300	1350	95	115	110	130

表2 試験機に求められる仕様

試験サンプルの長さ	最大 1350mm	標準 1080~1210mm
最大静的荷重	750N (体重100kg) 最大体重に対し10N/kgで減少可 (375N以上)	
最大動的荷重	550N (体重100kg) 最大体重に対し5.5N/kgで減少可 (275N以上)	
周波数	最大 5Hz	通常 1~5Hz程度

表3 油圧ユニットの特性

サーボアクチュエータ動的荷重	500kg (5kN)
サーボアクチュエータストローク	200mm (±100mm)
油圧源	空冷方式 7.5Kw・13.5ℓ/min
最大荷重	500kg (5kN)
最大速度	111.7cm/sec
定格性能	at 5Hz±34.9mm at 10Hz±16.9mm
制御方式	変位制御、荷重制御
加振波形	正弦波、三角波、矩形波、外部入力波
精度	静的1.0%F.S. 動的2.0%F.S.
電源	AC200/220V 50/60Hz

いるため、加振振幅、加振中心、周波数、波形などの設定が自由に行え、また、変位制御と荷重制御を標準で装備しているため、幅広い応用が可能である。以上から本油圧ユニットは耐久試験機としての使用に最適な試験機ユニットであると考えられ、使用を決定した。

試験機の基本構造は、ベース内部に油圧駆動ユニットを埋め込み、支柱を左右に2本取り付ける。支柱の上部にはクロスヘッドを取り付ける。支柱はパイプ状の中空構造として、この中にクロスヘッドのバランスウェイトを取り付けて、クロスヘッドの上下移動が容易にできるように構成した。以上の検討を踏まえて試験機を完成させた。完成した試験機の寸法は、幅500mm、奥行600mm、高さ2560mmで、転倒防止用に両側横に取り付けたアングルが前部に260mm張り出している（図1、2）。

3. ロフストランド杖用治具の開発

耐久試験機に取り付けられるロフストランド杖用試験治具の開発も同時に開始した。試験治具は上部治具と下部治具から構成される。試験機クロスヘッドの中央部分に上部治具が取り付けられる。下部治具は油圧駆動ユニット上部のロードセルの上部に取り付けられ、杖ゴム部分がのせられる台座が固定される。杖は油圧駆動ユニットと上部治具とで固定され、実際の使用時とはほぼ同様な肢位で試験機に固定される。

上部治具は、種々の形状の検討を基に試作・改良して、全体としてコンパクトな治具を完成させた（図3）。この治具は荷重負荷線の調節範囲を必要な範囲に限定したが、腕部分の最大値では540mmまでに対応可能で、試験可能な杖の長さは支柱部の長さで1050mmまで試験可能になり、前述の規格に含まれる杖の全てのサイズについて試験が可能になった。腕部分の長さの最大300mmについても対応可能である。また、腕の部分の素材は最終的に発泡プラスチック製のものを使用することにした。荷重位置の調整はユニットの上部に切っただけの送りネジで行い、比較的簡単に荷重位置の調整が可能である。

この上部治具はクロスヘッドに固定されるが、上下に微調整可能な構造とした。クロスヘッドへの固定部分で最大70mmの微調整が可能である。

下部治具の先ゴムを受ける台座の部分については、先ゴムの大きさが製品により異なるため、受台

を複数個製作し、先ゴムの大きさにより交換する方式とした。受台はボルト1本で固定されており、簡単に交換が可能である。今回は、内径41mm、51mm、61mmの3種類を製作したが、ともに穴の深さは15mmである（図4）。

完成した耐久試験機と治具を組み合わせた動作の確認を行うために前述のISOを参考にした条件設定により試験を実施した（表4）。試験サンプルとしては、市販されている標準的なサイズの製品を用いた。この結果、いくつかの検討課題が持ち上がった。

まず上部治具の形状の再検討が必要であることが分かった。この部分は実際の腕と同じ役割を果たすため、特に荷重負荷位置の設定が重要であり、荷重負荷位置の僅かなズレにより負荷状態が大きく変化することが分かった。初期タイプと改良型では後述の支持角Vの値を15°のものを製作していたが、市販されている杖の支持角の測定から（表9）、支持角Vが9°～17°、平均12°であり、もう少し広く対応できる必要があると考えられた。そこで上部治具の腕部分の角度（支持角V）を5°、10°、15°、20°と増やして合計4種類の治具を製作し、各種杖に対応できるようにした。

次に、今回使用した試験条件は体重100kgが標準であり、負荷が少し大きすぎると思われた。また使用体重により負荷値を変更できるが、負荷値の種類が多いと、今度は試験条件が多くなりすぎて試験評価が困難になるため、代表的な体重別に規定するのが良いのではないかと考えられた。欧米人では体重100kgが標準であるが、日本人では重すぎるため、体重60kgまたは80kg程度で数値を決めて規定した方が良いと思われる。

4. ロフストランド杖用静的試験システムの開発

静的負荷試験を行うためには、専用の静的試験機と治具が必要になる。これは市販の標準の静的試験機では、試験サンプルの長さが長いと試験機への取り付けが不可能になる場合が多く、長いものが試験可能な特別な静的試験機とこの試験機に合わせた専用の治具が必要になる。

そこで、試験機としての必要な仕様に合わせて新規に購入した機柱延長型静的試験機（オリエンテック製テンシロンRTC-1250、容量5000N）に、ロフストランド杖用治具の試験機への接続部分の静的試験機用ユニットを製作して取り付け、静的試験シス

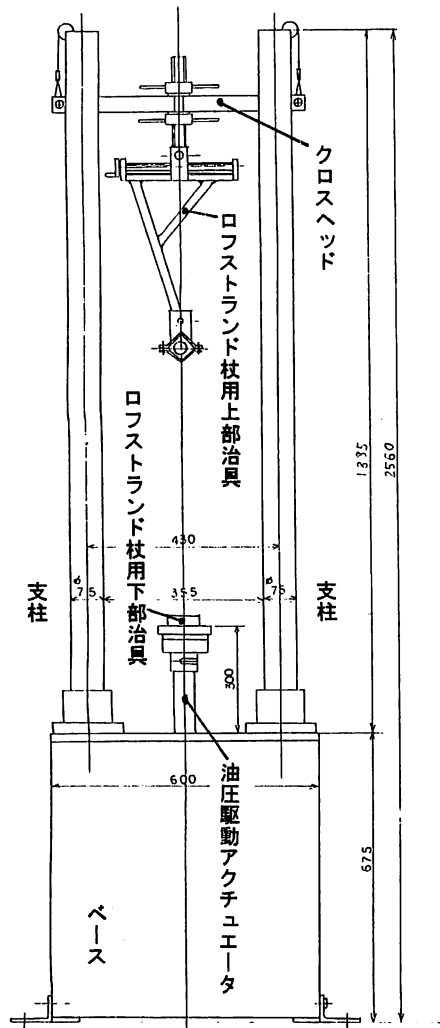


図1 耐久試験機の模式図
(ロフトランド杖用治具取付)

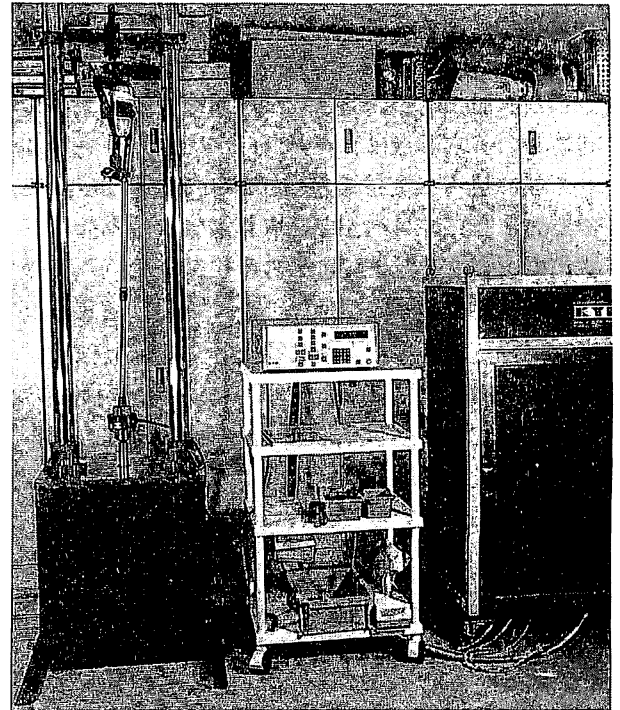


図2 耐久試験機 (ロフトランド杖用治具取付)

テムを完成させた。この治具を用いることにより、静的負荷試験、静的破壊試験が可能になった。これらの治具は接続部分のみ変更しているの、外観上、大きな変更は見られない。

静的試験機についても、前述のISO及びCENの規格案を参考にして、耐久試験機と同様に確認試験を行い、試験が実際に実施可能なことを確認した。試験条件、試験結果については表5に示す。

5. 4脚杖用静的及び耐久試験機用治具の開発

今回開発した耐久試験機本体は、上部治具と下部治具を交換可能に設計製作しており、ロフトランド杖以外の試験も一般の万能材料試験機と同様に治具の交換で可能である。この点を利用してロフトランド杖用の試験機を用いて、4脚杖の耐久試験が

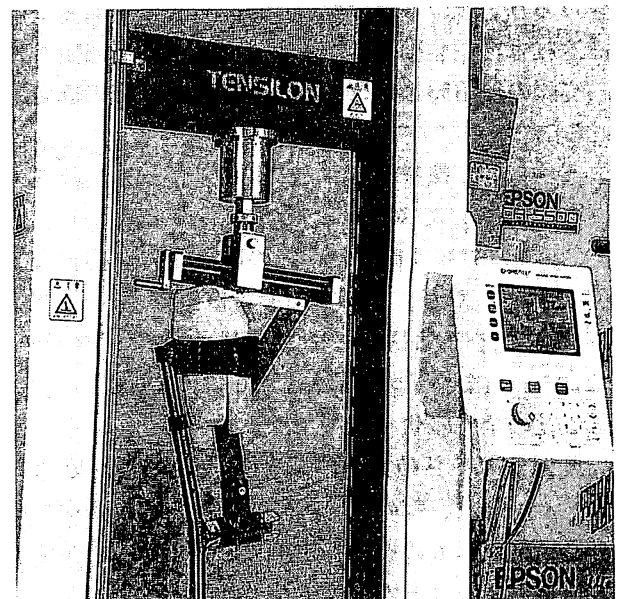


図3 ロフトランド杖用上部治具
(静的試験機に取付)

可能な試験機になる様に、4脚杖用の上部治具と下部治具の開発を行った。

上部治具は握り部の固定用治具で、種々の握り部に合わせて製作する必要があるが、今回はスワンネックタイプの握り部に対応した治具を開発した。T型の握り部に対しても下部の部品の変更で対応が可能である。開発した治具を用いて予備試験を行ったところ、固定部の自由度が足りないことが判明したため、問題点を解決した新しいタイプの治具を開発した(図5、6)。

下部治具は様々な形状の4脚杖用としてだけでなく、3脚杖や5脚杖でも対応が可能のように平面台と位置固定用部品とで構成した(図7)。平面台には25mm間隔の格子状にM6のねじが切っており、位置固定用部品を平面台の任意の位置に固定可能である。平面台は中心部で試験機下部のアクチュエータに固定されるが、この部分はボールジョイントであ

り、4脚部が全体として負荷を伝達できる構造になっている。また、平面台は2本の柱部分に制限され回転できない構造であり、試験中に自由に回転する

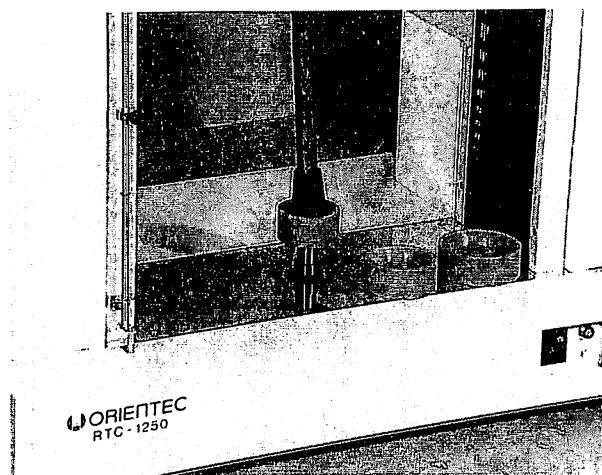


図4 ロフストランド杖用下部治具
(静的試験機に取付)

表4 ロフストランド杖の耐久試験

試験実施日時	平成8年11月27日～12月5日
試験サンプル	東陽精工 TY130
試験機	専用耐久試験機
治具	ロフストランド杖試験用治具A
取り付け位置	杖を伸ばした状態で試験 腕型負荷ユニットにより握りの部分に荷重負荷 X=8.2mm h/3=30mmであるが治具の設定制限より33mmに設定
試験荷重値	最大550N 275N±275Nで設定
試験周波数	3Hz
試験回数	1,000,000回
試験結果	外見上異常なし

表5 ロフストランド杖の静的負荷試験

試験実施日時	平成9年1月27日
試験サンプル	東陽精工 TY130
試験機	万能材料試験機 テンシロン RTC-1250 機柱延長型
治具	ロフストランド杖試験用治具A
取り付け位置	杖を伸ばした状態で試験 腕型負荷ユニットにより握りの部分に荷重負荷 X=8.2mm h/3=30mmであるが治具の設定制限より33mmに設定
試験荷重値	1000 N
クロスヘッド スピード	1 mm/min
試験負荷方法	1000Nに達するまで5秒以上、その後10秒間保持
試験結果	外見上異常なし

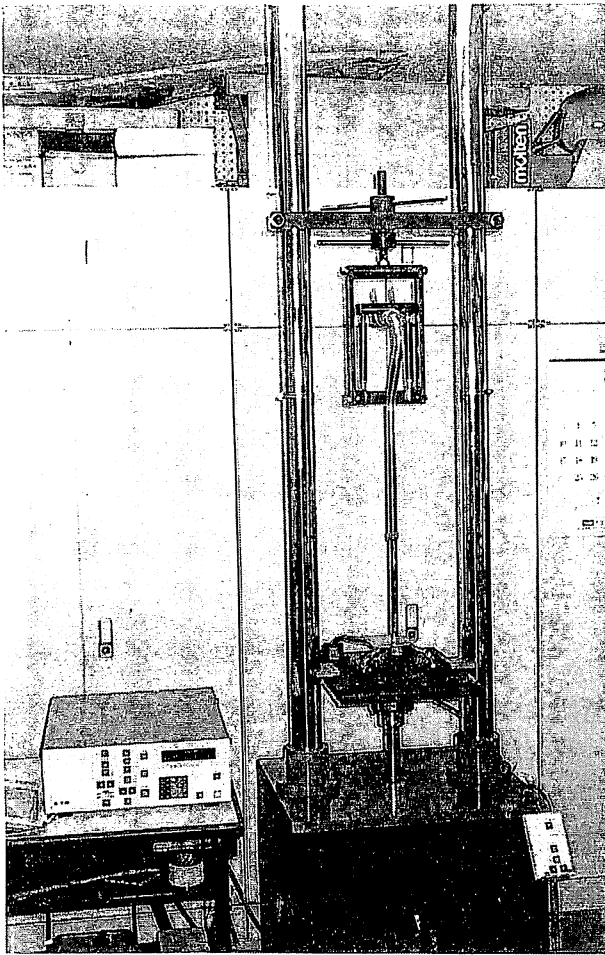


図5 耐久試験機（4脚杖用治具取付）

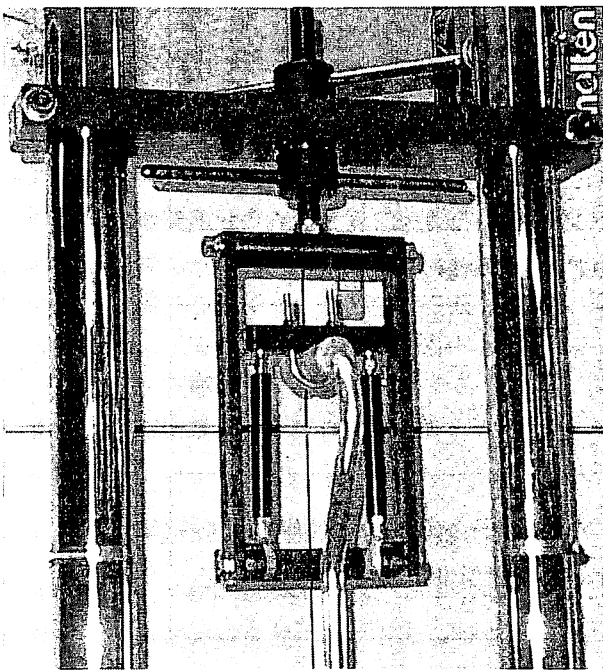


図6 4脚杖用上部治具（耐久試験機に取付）

ことはない。この柱に当たる部分は摩擦の少ない素材を用いているため、平面台の駆動時に余計な負荷は殆どかからない。

4脚杖用に開発した試験システムの動作の確認としては、静的負荷試験、静的破壊試験、耐久試験を実施した（表6, 7, 8）。

6. ロフストランド杖用形状測定装置の開発

金属杖小委員会においてロフストランド杖の角度の計測方法については2つの案が出された。上部パイプ角度 α と握りパイプ角度 β を計測するa案と、ISOを原案にした支持角 V と握り角 β を計測するb案（図8）である。a案は基本的に杖の軸間の角度を計測するため比較的測定が簡単であるが、b案は基準点や基準線を基にして測定するため、握りの形状によっては握り部分の寸法を正確に決定できない場合があり、計測が難しい場合がある。

装置は1つで両者の測定方法に対応が困難なため、a案用とb案（図9）用のものを別々に製作したため、どちらのパラメータも計測が可能になった。これらの装置を用いて市販の杖について実際にデータを測定した。実際の測定はa案方式が簡便であり、測定も比較的簡単にできた。これに対してb案では握りの部分の基準点が決めにくく、今回は実際に握りを握ってみて基準点を決定して測定した（表9）。a案に比較すればやや面倒ではあるが、実際の荷重負荷状況を基にして基準を決めているため、委員会では最終的にb案を基にした案に決定された。

測定結果を見れば、これらの値は各種ロフストランド杖によって異なっており、大きさや重さなどと同様に角度のパラメータが簡便に得られれば、それぞれの杖の特性を比較的簡単に表わすことが可能になるとと思われる。

7. 4脚杖用安定性測定装置の開発

4脚杖の内側、外側や前後への安定性試験を行うために、4脚杖用安定性測定装置を試作した。この第一次試作品を用いて、杖の安定性について各種条件を設定して実際に測定を行った。この結果、特に内側については錘の重さが重くなればなるほどわずかの角度で倒れるようになり、計測がかなり難しいことが判明した。また錘を付けた杖が最終的には倒れるため、測定装置に安全装置を取り付けないと実

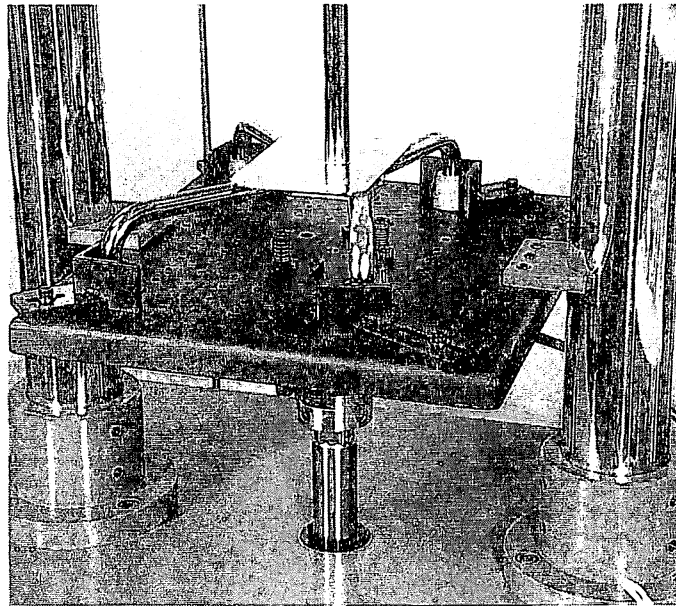


図7 4脚杖用下部治具（耐久試験機に取付）

表6 4脚杖の静的負荷試験

試験実施日時	平成8年12月3日
試験サンプル	東陽精工 TY141
試験機	万能材料試験機 テンシロンRTC-1250機柱延長型
治具	多脚杖試験用治具A
取り付け位置	杖を伸ばした状態で試験
試験荷重値	1000 N
クロスヘッド スピード	1 mm/min
試験負荷方法	1000 Nに達するまで5秒以上、その後10秒間保持
試験結果	外見上異常なし

表7 4脚杖の静的破壊試験

試験実施日時	平成8年12月3日
試験サンプル	東陽精工 TY141
試験機	万能材料試験機 テンシロンRTC-1250機柱延長型
治具	多脚杖試験用治具A
取り付け位置	杖を伸ばした状態で試験
試験条件	破壊するか、5000Nに達するかのいずれかで中止
クロスヘッド スピード	10mm/min
試験結果	荷重値約3000Nで変形が著しいため中止。 握りの部分が大きく変形した。 プッシュボタンの穴にやや変形あり。

表8 4脚杖の耐久試験

試験実施日時	平成9年1月24日～1月27日
試験サンプル	東陽精工 TY141
試験機	専用耐久試験機
治具	多脚杖試験用治具A
取り付け位置	杖を伸ばした状態で試験
荷重値	最大450N 100N～450Nで設定
試験周波数	1Hz
試験回数	200,000回
試験結果	外見上異常なし

際の測定が危険であることが判明した。これに対して、錘なしでの測定は試作機でも簡単に測定が可能であり、測定も危険が殆どないことが分かった。

第一次試作品を用いての錘なし、錘あり等何種類かの測定結果から、測定器自体の剛性の向上と角度の測定精度向上が必要と考えられたため、改良を行った。角度の測定は従来は分度器で測定していたが、ポテンショメータとアンプを用いるように変更し0.1°までの簡便な測定を可能にした。また、天板には水準器を取り付け、初期位置が必ず水平状態の0°に調整できるようにした(図10)。

ISO/DIS11334-4⁷⁾の規格案を参考にして、改良した試作機で25kgの錘をつけて、市販されている4脚杖について、各杖の最大長さにして安定性の測定を行った。今回測定したのは4脚杖13種類と3脚杖1種類の計14種類である。また、同時に杖の基本寸法として、最大高さ、脚部の幅、脚部の長さ、杖の伸縮パイプ部分から内側の杖先ゴムまでの長さ、さらに杖の重さについて測定した。測定結果を表10に示す。

大部分の杖は測定が可能であったが、AL-140はゴム脚が不安定であり、正確な測定が困難であった。内側は0.0°であるが、これは測定開始時に既に倒れてしまったためである。またTY145は3脚杖であるため、外側については測定していない。後方の測定時に0.0°になっているが、この杖についても同様に測定開始時に既に倒れてしまったためである。全般に内外側方向では内側の値が小さくなっており、わずかの傾斜で倒れるものが多い。

今回の測定では、握りの中央部に錘を取り付けて測定しているため、前方と後方では寸法的にはほぼ同じで近い値を示すはずであるが、測定結果は異なっているものが多い。これは、寸法や寸法精度が影

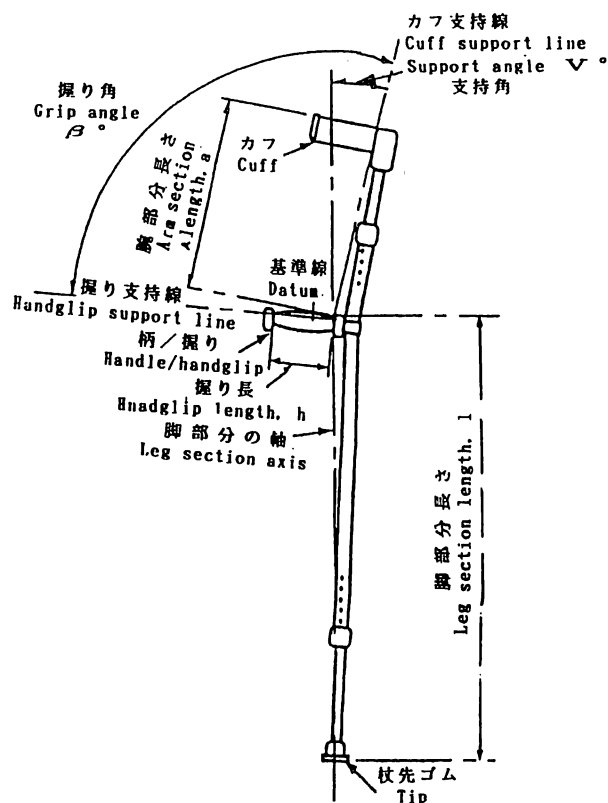


図8 b案による計測方法 (ISOによるV、βの定義)

響することが考えられるが、錘を取り付ける位置のわずかな違いによる差も大きいのではないかと考えられる。

一般的に、杖の高さが低いほど安定性は高くなる。また、内側への幅が広いほど内側への安定性が、外側への幅が広いほど外側への安定性が高くなる。さらに、長さが長いほど前後方向への安定性が高くなる傾向があった。杖の重さも影響するが、全体の重さよりも重量分布が影響すると思われる。ただ実際の寸法等の測定データを見ると、杖により重さや寸法は多種多様であり、これらの因子が相互に関係しているため単純に比較することは困難であった。

8. まとめ

今回の金属杖用試験システムの開発・改良により、ロフトランド杖、4脚杖ともに、耐久試験、静的試験が実施可能になった。また、ロフトランド杖の角度の計測も2種類の方法で計測が可能になった。さらに、4脚杖の安定性の測定(傾き角度の測定)についても実施可能になった。また、開発さ

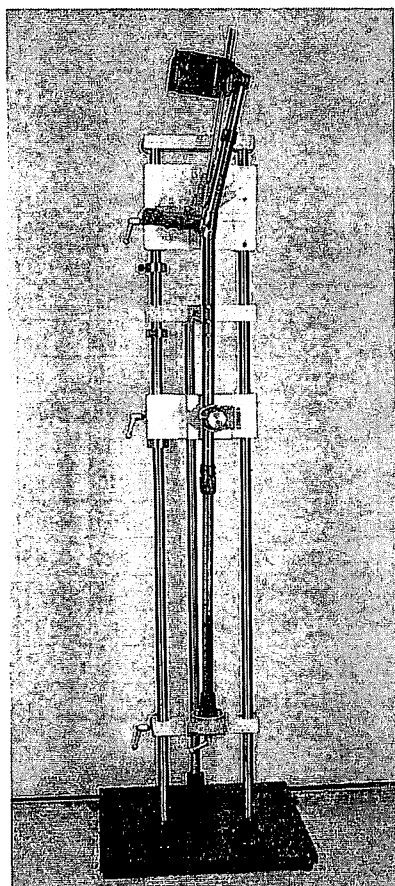


図9 b案による形状測定装置試作機

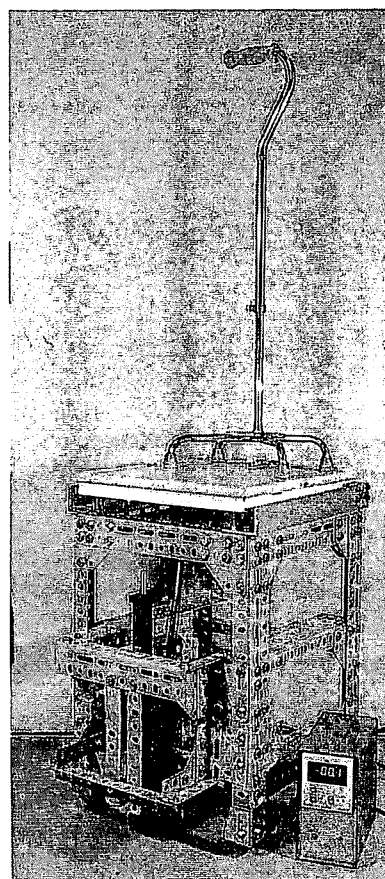


図10 4脚杖用安定性測定装置改良機

表9 ロフトランド杖の角度の測定値

メーカー	型 式	a案による角度 (°)		b案による角度 (°)	
		α	β	β	V
東陽精工	TY-130	167.5	97.5	92.0	9.0
東陽精工	TY-131	164.5	98.5	95.5	13.5
クリスタル産業	KR-80R	165.0	103.0	87.0	10.0
クリスタル産業	KR-108	166.0	103.0	90.0	12.0
クリスタル産業	KR-97B	168.0	95.5	90.0	10.0
クーパー	8254L	165.5	96.5	93.5	13.0
フクイ	1400SC	164.0	95.5	96.5	13.0
フクイ	1400L	166.0	94.5	97.0	13.0
酒井医療	L-6342	165.0	90.0	106.0	17.0
ダイシン	7710	170.0	92.5	98.0	11.0
アビリティーズ	8828-00	165.5	97.5	94.0	13.5
啓愛義肢	KI-MA-30	166.0	98.0	91.0	11.5
ニック	N-65BL	168.5	93.5	106.0	12.0
マンテン	132BL-L	165.0	95.5	97.0	13.0
伊藤超短波	1A-97A	168.0	91.5	105.5	9.0
平均値		166.3	96.2	95.9	12.0
最大値		170.0	103.0	106.0	17.0
最小値		164.0	90.0	87.0	9.0

表10 4脚杖の安定性の測定結果

メーカー	型 式	重さ (g)	安定性の測定結果 (°)				杖の基本寸法(mm)			
			内側	前方	外側	後方	高さ	幅	長さ	内側
クリスタル産業	AL-140	737	0.0	1.6	2.5	3.6	870	156	196	55
クリスタル産業	AL-92	812	5.0	3.1	4.9	5.5	901	225	215	105
クリスタル産業	AL-94	800	0.8	7.3	8.3	8.3	905	191	213	50
クリスタル産業	AL-128	849	3.9	4.9	7.9	5.6	876	251	249	107
クリスタル産業	AL-133	786	3.0	2.4	3.6	5.9	873	177	202	59
東陽精工	TY-140	663	1.4	4.3	3.2	1.6	1009	182	226	70
東陽精工	TY-141	1157	2.3	6.0	5.2	6.3	963	205	304	70
東陽精工	TY-142L	821	0.6	3.8	3.9	3.4	886	135	205	45
東陽精工	TY-142S	780	1.0	4.2	5.3	5.4	749	134	205	50
ガーディアン	5340S	1102	1.5	7.7	5.4	4.4	972	195	306	70
ガーディアン	5341S	1092	1.7	9.4	6.8	5.9	869	197	307	65
ガーディアン	5345S	923	1.0	4.8	3.2	1.9	958	160	211	65
ガーディアン	5346S	899	2.2	6.4	3.8	2.7	858	160	207	60
東陽精工	TY145 (3脚)	616	2.0	3.6	-----	0.0	988	186	214	60
平均		860	1.89	4.96	4.92	4.32	906	182	233	67.1
最大		1157	5.0	9.4	8.3	8.3	1009	251	307	107
最小		616	0.0	1.6	2.5	0.0	749	134	196	45

注) 杖の基本寸法の項目の「内側」は、杖先ゴムの内側から伸縮部中心まで、進行方向と直角に方向に水平に計測した長さ

れた静的及び耐久試験システムは、汎用的な試験機と同様に治具の追加で実施可能な試験の種類を増加させることが可能であり、今後の規格の制定や変更に対しても、柔軟に対応が可能であると考えられる。

arm - Part4: Walking sticks with three or more legs - Requirements and test methods

参考文献

- 1) 平成5年度福祉関連機器（歩行補助機器）標準化調査研究報告書、日本リハビリテーション医学会
- 2) 平成6年度福祉関連機器（歩行補助機器）標準化調査研究報告書、日本リハビリテーション医学会
- 3) 平成7年度歩行補助具及び介護機器標準化調査研究報告書、日本リハビリテーション医学会
- 4) 平成8年度歩行補助具及び介護機器標準化調査研究報告書、日本リハビリテーション医学会
- 5) ISO/DIS 11334-1 Walking aids manipulated by one arm - Part1: Elbow crutches - Requirements and test methods
- 6) CEN/TC293-WI4 Walking aids manipulated by one arm - Specific requirements for Elbow Crutches
- 7) ISO/DIS 11334-4 Walking aids manipulated by one