

ストロージャ・スイッチの改良（その2）

——1万回動作試験について——

On the Improvement of Strowger Switch (Part 2)

菊 地 誠* 山 内 康 平*

内 容 梗 概

ストロージャ式自動電話交換機の主体をなしているスイッチ類は、交換機の使用開始直後に比較的多種にわたる障害が発生する。これはスイッチの長寿命化とともに、使用上の見地からはすこぶる重要な問題であるが障害の性質上、対策も立てにくく、軽視されがちであつた。これを解決するため、昭和27年6月より現在に至るまで、品質管理サークルにしたがつて検討し、1-A セレクタ全製品について1万回動作試験を実施して、障害原因の探究、改善対策の立案実施効果の確認をくりかえした結果、初期には多数発生した障害も、現在では、ほとんど皆無となり、スイッチの長寿命化と相俟つて品質の安定で保守の容易なスイッチを製作することができた。本稿はその経過および結果についてのべてある。

〔I〕 緒 言

自動電話交換機の主体をなしているのは、セレクタ、コンネクタ、ラインファインダなど、いわゆるスイッチと総称する接続機構である。自動電話交換機の品質の良否は、これらスイッチ類の安定度いかによつて決定され交換機の関係者はスイッチの品質改善と安定化にたえず努力を続けている。

一般にあらゆる機器についていえることであるが、自動交換機用スイッチについても、長年にわたる電話交換局の障害統計よりして、いわゆる長年月使用による障害、すなわち各部の磨耗、疲労などに基因した寿命による障害のほか、注目すべき現象として初期における障害数が比較的多く、しばらくするとこの種のものが減少してゆくことがある。これらの障害は設計製造上の根本的な欠陥によるものでなく、いわゆる「careless」な誤ち、および製作上のバラツキなどによるものおよびなじみ不足による所が多く、したがつて事故現象および原因の種類が多岐にわたる割には発生数が散発的であり、小数個の資料によりその全ぼうを把握し改善をすゝめることが困難である。電話局において開局初期（開局後2～3箇月）に生ずる障害は主として上記欠陥によるものである。

日立製作所においては、自動交換機用スイッチの品質安定化には、つとに努力を続け、長寿命化に関しては、200万回の動作にたえる長寿命スイッチを完成したことは既報¹⁾²⁾の通りであるが、上述の初期的障害についても並行して、市場調査による事故発生状況の検討と、その確証と原因探究のための広汎な工場実験などを行い事故撲滅につとめてきた。

本報告にはこの初期障害の原因探究と実施した対策ならびにその効果について述べ御批判を仰ぎたいと思う。

〔II〕 初期障害の性質と改良の方針

* 日立製作所戸塚工場

（1） 障害の性質

前章に述べたように、初期的障害の解決の困難な点は、その種類が多岐にわたる割に件数があまり多くないことにあり、したがつて、たとえば寿命試験などのごとく、ロットの1～2%のサンプルによりその全ぼうをつかむことが至難である。よつて十分な市場調査を行つて納入後の事故発生状況を検討するとともに、工場においてもサンプルサイズを多くした精度の高い工場実験を行なわねばならない。

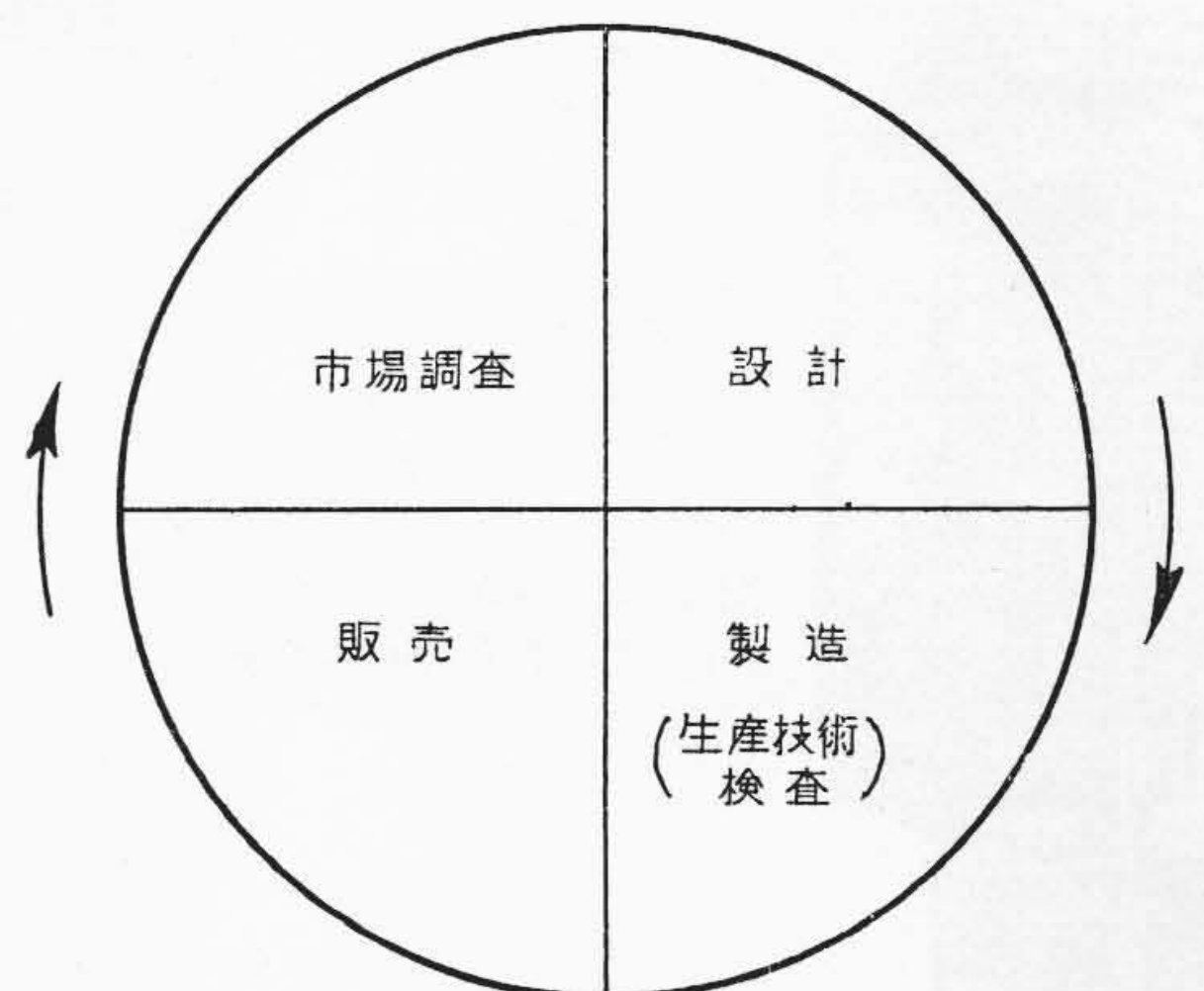
（2） 改良の方針

上記理由により、改良の方針は、いわゆる品質管理のサークルによつて実施した。すなわち、第1図において

（A） 市場調査：納入後のスイッチの事故発生状況を調査し、事故の項目と件数を検討する。

（B） 設計：大きなサンプル・サイズの精度の高い工場実験を行い、市場調査の結果と照合して、事故を再現せしめ、さらに項目ごとに実験を行つて、原因を探究し対策を立案する。

（C） 製造（生産技術と検査をふくむ）：上記対策を



第1図 改善の品質管理サークル
Fig. 1. Quality Control Circle Diagram for Improvement

実施するとともに、徹底した品質管理を行い、製品のバラツキによる事故の散発をふせぐ。この結果を保証試験で確認する。

(D) 販売、市場調査：この製品を納入し、ふたたび市場調査を行つて、社内の試験結果と照合し、対策の効果を、顧客の御批判により確認する。以下これをくりかえす。

実際には、事故の内容から、時期によつて対策に重点をさだめた。すなわち、

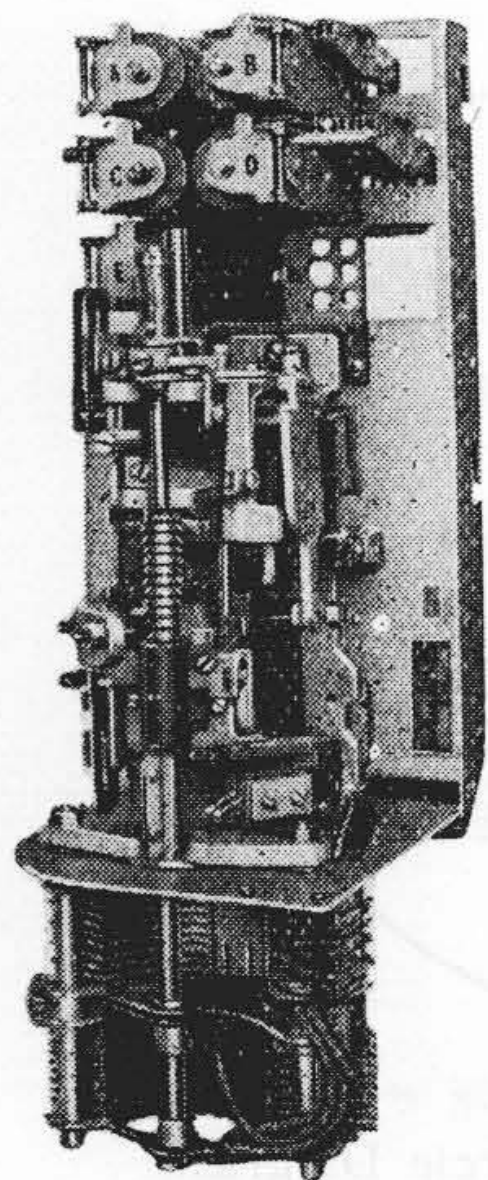
(A) 第1期：設計上の問題に基因する事故の対策

(B) 第2期：製造上のバラツキに基因する事故の対策

〔III〕 障害の調査と1万回動作試験の実施

(1) 電気通信研究所における1万回動作試験

事故の内容を検討するために開始した市場調査の初期においては、事故内容が軽微なため、電話交換局の資料は、直接原因を探究するためには、かならずしも十分とはいえなかつた。ところが、昭和27年5月日本電信電話公社電気通信研究所において、ストロージャ式自動交換機製造会社の製品のうち、スイッチの代表として1-Aセレクタ(第2図)各120台について、1万回の動作試験が実施され、日立製作所製品には、第1表に示すように合計15件の障害が発生した。これには電話局で発生する障害が大部分ふくまれている。またこの件数は、スイッチ10台当たり1.25件であり、長寿命化対策のサンプル・サイズ10台程度の動作試験では発見困難である。これによつて障害内容が明確になるとともに、障害再現の方法がえられたわけである。



第2図 1-A セレクタ
Fig. 2. 1-A Selector

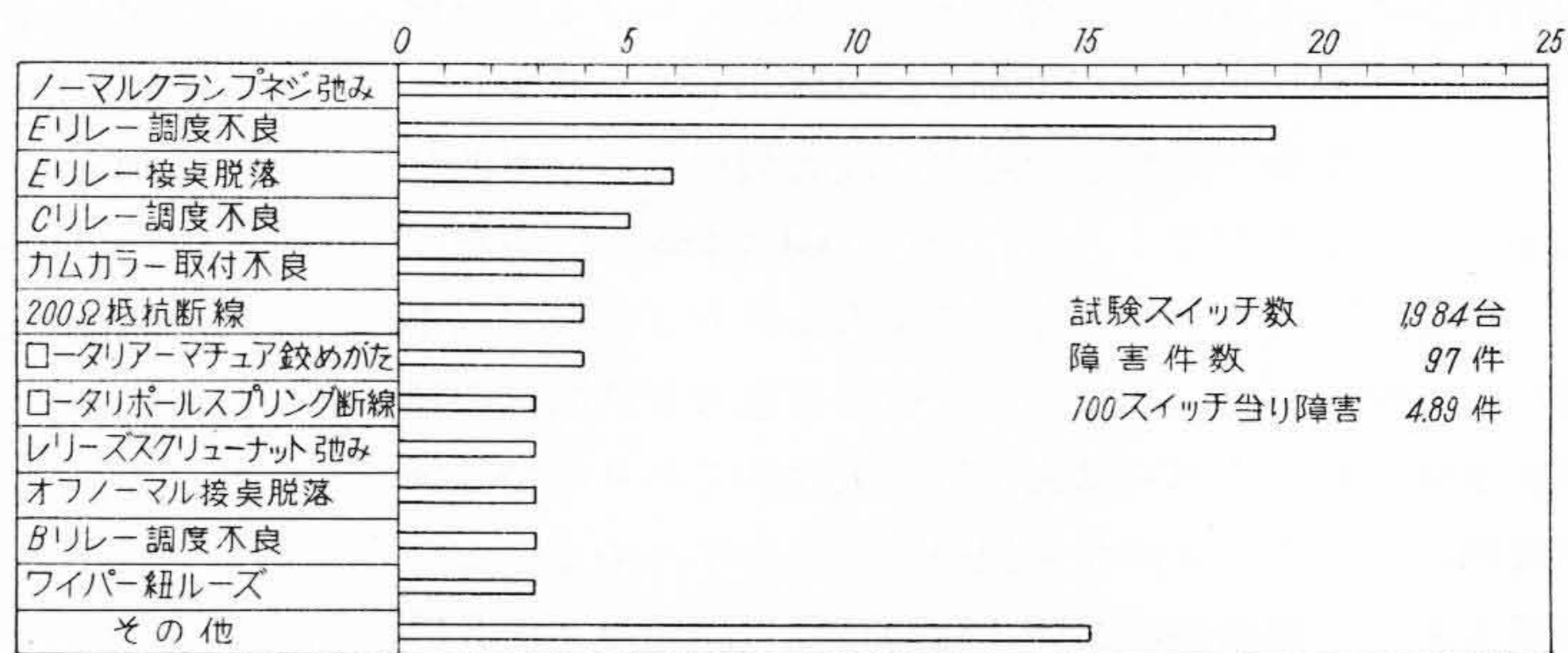
第1表 電気通信研究所における試験成績
Table 1. Testing Result of 10,000 Operation Test at Electrical Communication Laboratory

障 害 名	発 生 件 数
A リレー 接点接触不良	3
接 点 脱 落	3
E リレー 断線	1
ノーマルポスト弛み	1
ネジ弛み	2
C リレー スロー長し	1
ロータリーボールスプリング脱落	1
同上 折損	1
リレー 調整不良	2
計	15

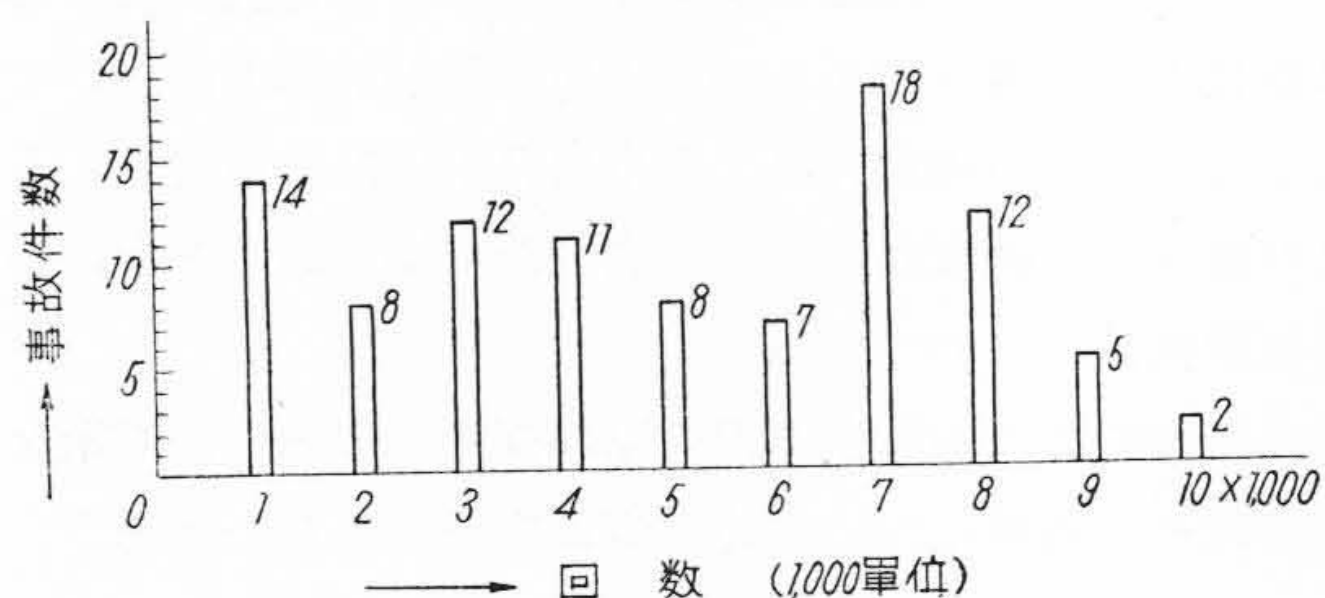
(2) 社内における試験の実施

昭和27年6月、日立製作所内において、障害を再現するため、合計1,984台の1-Aセレクタについて1万回の動作試験を行つた。その障害内容は第3図に示すとおり、電気通信研究所の試験における項目と大部分が一致し、電話局に発生する項目は、ほとんど、ここに含まれている。

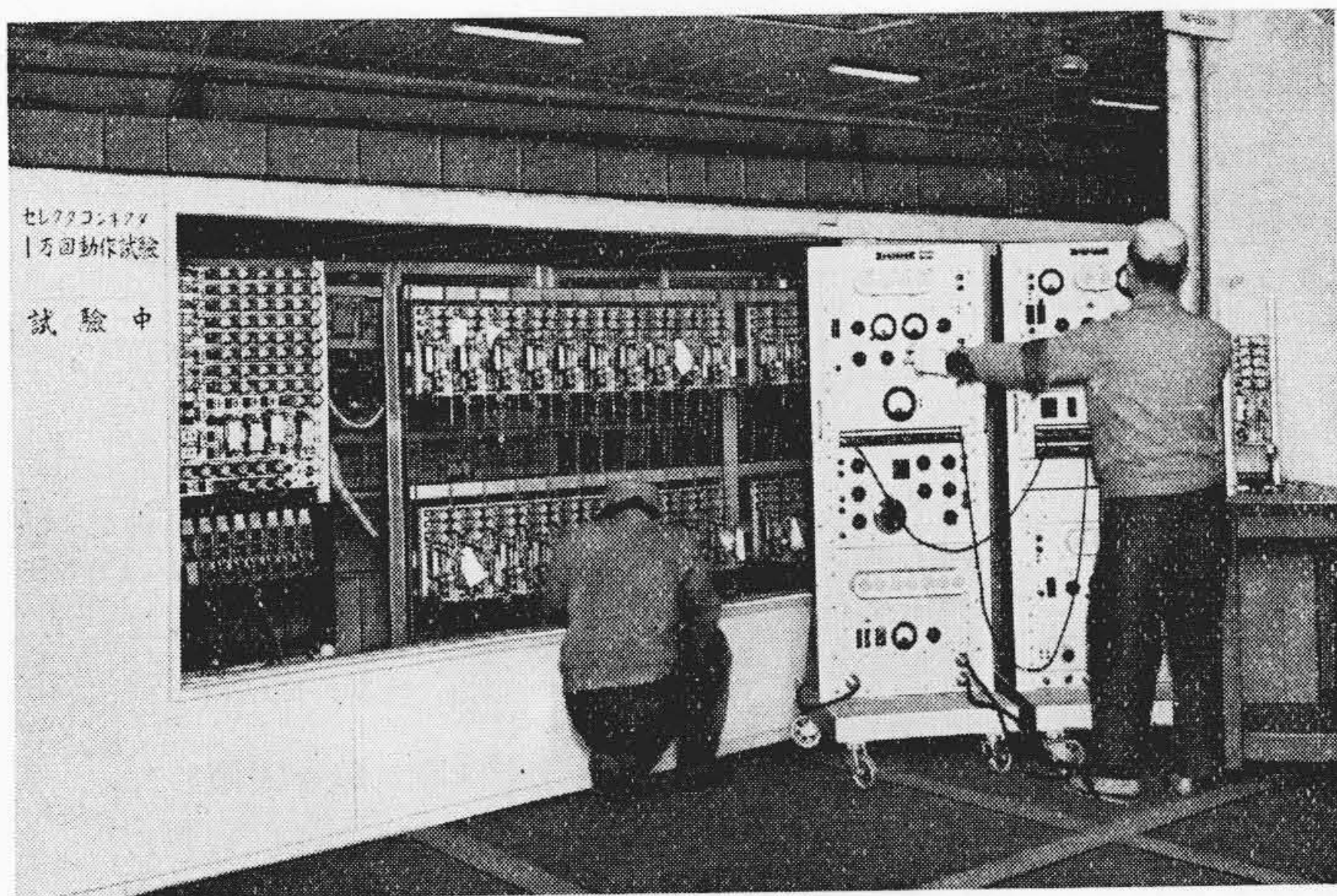
さらに、この障害発生時期を1,000回動作まで1,001～2,000回動作まで……9,001～10,000回動作までのように



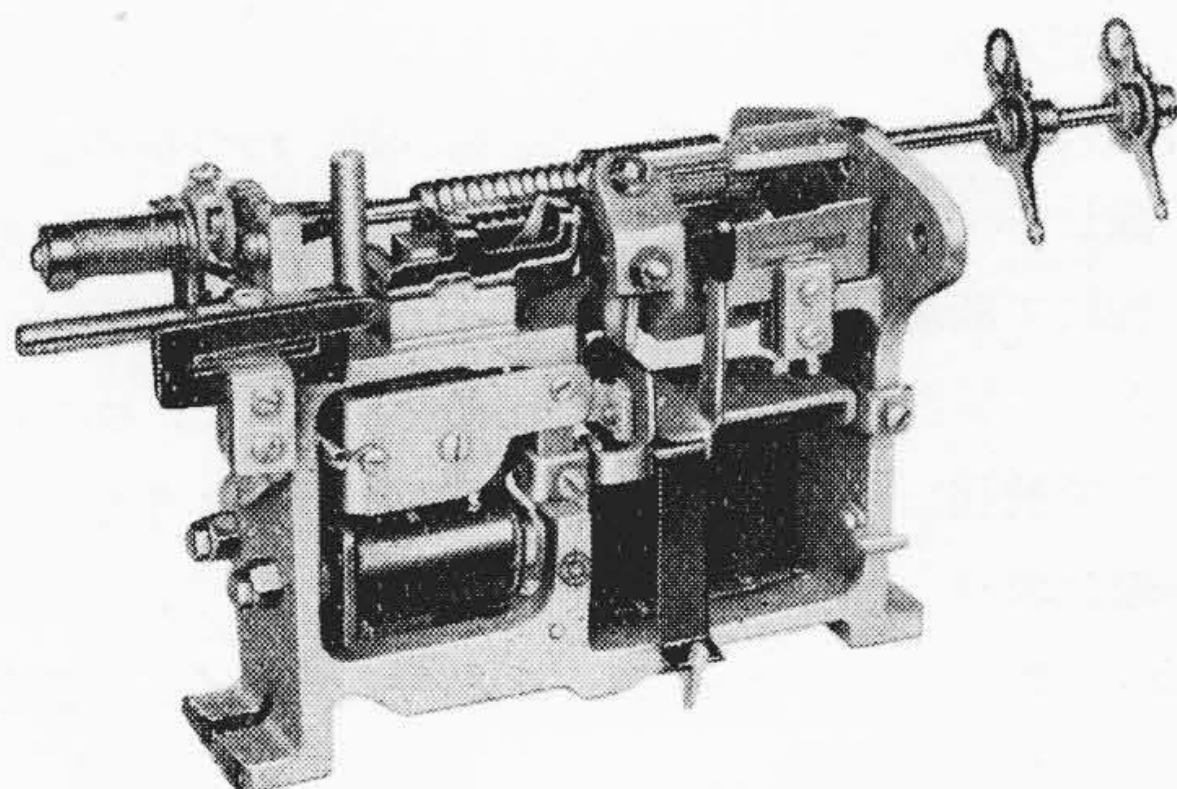
第3図 初期における1万回動作試験成績
Fig. 3. Result of Early 10,000 Operation Test



第4図 動作回数別障害発生状況
Fig. 4. Number of Faults Vs. Number of Operations



第5図 1万回動作試験装置
Fig. 5. Set for 10,000 Operation Test



第6図 スイッチ機構部
Fig. 6. Switch Mechanisms

各 1,000 回ごとの発生件数で示せば、第4図のようになる。これによれば、障害は 7,000 回以降漸減し、10,000 回で、ほぼ安定する傾向がみられる。

これらの理由により、電話局における初期の障害の内容検討のためには、多数のスイッチを、1万回動作させることが、きわめて適切であることがわかった。また、スイッチはこれによつて、いわゆるなじむ状態となり、障害の探究とともに動作試験の実施後の障害発生はいちじるしく減少することがわかる。ここにおいて、急速に試験設備の拡充を行い、昭和27年6月の試験に引続いて1-A セレクタ全製品についての1万回動作試験を開始した。

試験は、スイッチ100台を1ロットとして試験装置にとりつけ、インパルス発生装置より、速度10インパルス/秒のインパルスを送り、全スイッチを同時に9歩上昇、10歩回転して行つた。これを第5図に示す。

〔IV〕 障害改善対策

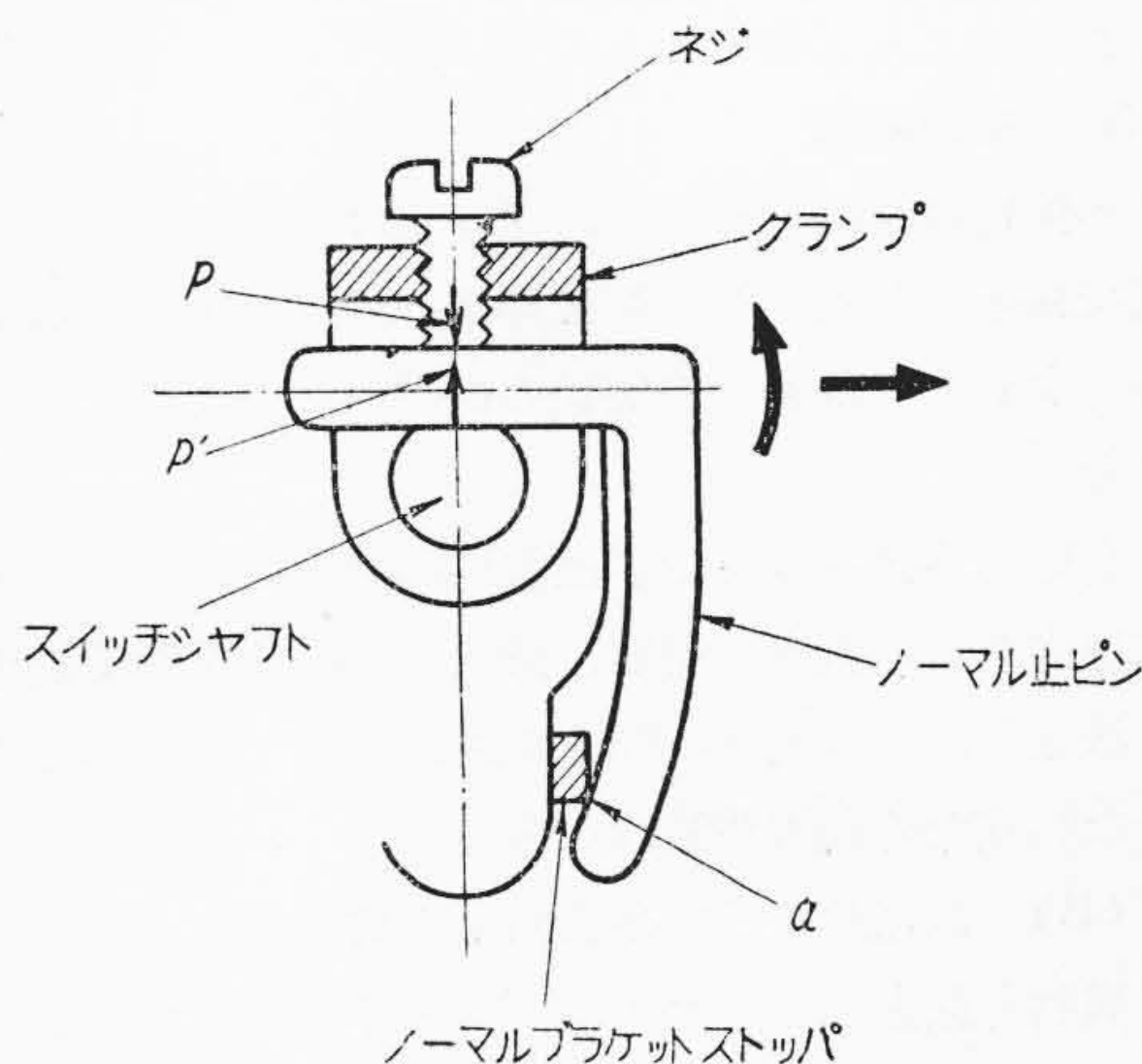
第3図に示すように、障害の内容は複雑かつ多岐にわ

たり、しかも、それぞれの障害は多数の製品のごく一部に発生する偶発的な性格をもっている。したがつてこの原因の探究は容易でなく、また対策の実施にあたつては、製造上の綿密な配慮を必要とするので、改善対策は非常な困難をとまうことが予想された。よつて、それぞれ時期を区切つて改善の重点を定め、〔II〕項に述べたように、各関係部門が品質管理サークルにそつて協力し、十分な工場実験を行なつて対策を立案実施してその効果を1万回動作試験と市場調査で確認するとともに、のこつた項目について、つぎの対策を立案実施することをくりかえした。

すなわち

- (A) 第1期：昭和27年6月～昭和29年末、主として設計上の対策による性能上の改善
- (B) 第2期：昭和29年1月～昭和30年6月、主として品質管理上の対策によるバラツキの改善
- (C) 第3期：昭和30年7月～現在、上記対策の確認

このように、障害が複雑なため改善対策は昭和27年以来、4年間にわたつてたゆみなく続けられ、数多くの地味な努力を必要とした。その間には、第3図にあげた以外の項目も少数ながら発生したこともあり、この対策もまた多岐にわたつた。そのすべてを述べることは、あまりに複雑なので、以下にその要点のみを一括して述べることにする。なお、それぞれについて実施した工場実験結果と、個々の対策についての確認実験結果は省略する。



第7図 ノーマルクランプ締付ネジ組込図
Fig. 7. Assembling Diagram of Normal Clamp Screw

スイッチ機構部を第6図に示す。

(1) ノーマル・クランプ締付用ネジ弛みについて

この障害は第3図に示すように、初期においてはもつとも多く発生している。ネジの締付構造は第7図に示すとおりであつて、シャフトが回転復旧する際にノーマル止ピンの下端a部がノーマル・ブラケット・ストッパに衝突し、ノーマル止ピンが→印で示す回転力と引抜き力を受けるので、このショックによつてネジの先端が疲労してP、P'で示す圧力が漸減し、ついにノーマル止ピンが抜けて障害となるものである。また、ネジの精度のわるい場合に特に障害が多い。これに対する実験の結果はつぎに示す要因に有意をみとめ、それぞれ改善を行つた。

(A) ネジの材質：疲労に強い材料に変えた。

(B) ネジの精度：精度を高めて嵌合度をよくした。

(C) ネジとノーマル止ピンの接する面の精度と形状：仕上げ精度を高め、かつ、形状に適当な変更を加えた。

この改善の結果、この障害は全く発生しないことが確認された。

(2) AおよびEリレー接点接触不良

第3図に示すとおり、ノーマル・クランプ締付ネジ弛みについて多いのはEリレー調度不良である。この原因は接点の消耗がはげしいために、ゲーシングに変化を来し、接点圧力が低下して接触不良を生ずることに基因している。また、その後の試験結果によりAリレーにも同様の障害が頻発することがわかつた。検討の結果、これらのリレーはほかのリレーより使用回数が多く、かつ切断電流負荷も大きいので従来のP.G.S.接点では消耗が避けられないことが判明したので、日本電信電話公社の許可をえて白金接点に変更した。これによつて、その後の障害はほとんど皆無になつた。

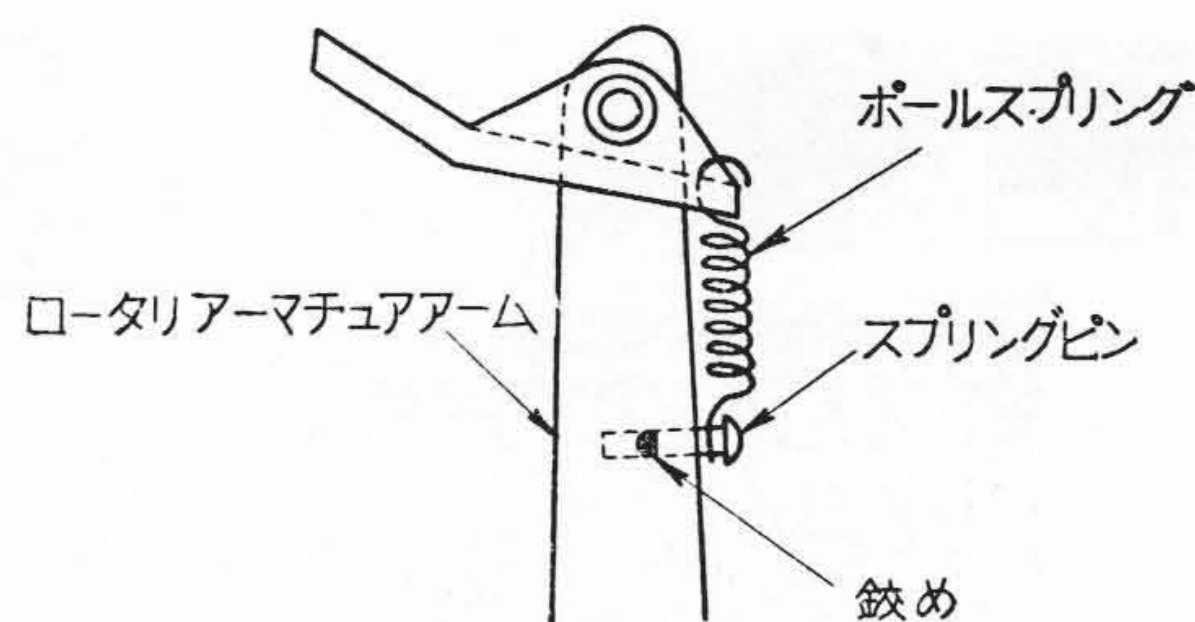
(3) 接点脱落

この障害は比較的少いが、保守上は手数の掛かる悪質障害である。これは接点熔接作業のバラツキによるものなのできわめて数多くの実験の結果つぎのような改善をおこなつた。

(A) 熔接電流および通電時間を再検討し、バネの厚さおよび接点の材質、形状別に明確な作業規格を決定し、かつ通電時間を正確に一定ならしめるような特殊な時間調整装置を施した。

(B) 接点およびバネ表面を平滑にするとともに、異物を除去して熔接面が常に清浄に保たれるようにした。

(C) 接点の素材径を太くして熔接面積を広くし、確実な熔接作業がおこなえるようにした。



第8図 ロータリ・ポール・スプリング・ピン組込図
Fig. 8. Assembling Diagram of Rotary Pawl Spring Pin

(D) 接点熔接後全数の強度試験を実施した。

以上の改善によつて接点の熔接強度はいちじるしく増加し、かつバラツキも非常に少くなり、以後接点脱落不良は完全になくなつた。

(4) 200Ω 抵抗断線

火花消去用の200Ω抵抗に対する検討の結果は、抵抗線自体の線径が0.08mmで強度が弱くわづかの張力でも断線しやすくかつ半田づけの際にコテが線の引出し部分に触れて断線することが判明した。よつて線径を0.1mmとして抵抗線自体の強度を増すとともに、引出線を併用して補強し、かつ半田ゴテが触れないような位置に引出線を取りつけた。

(5) ロータリ・ポール・スプリング・ピンの脱落および折損

第1表に示すように、電気通信研究所の試験においてこの障害が各1件ずつ発生している。これらについてはつぎのように改善した。

(A) ピンの脱落について

ポール・スプリング・ピンは第8図に示すように、ロータリ・アーマチュア・アームの孔に挿入したのち、アームの表面を鉋めてピンの脱落を防止する構造になつてはいるが、検討の結果鉋め位置が不適當であつたり、または強度不十分の場合は使用中の振動でピンが脱けだすことがあり、治工具をつかつて正確な位置に一定の力で鉋めるようになつてはいるが多数の製品の中には、寸法誤差の集積などのために十分な強さにならない場合があることが判明した。これを避けるため、アームの表裏両面から2箇所鉋めるようにした。多数のサンプルについて実施の結果、作業上のミスが2箇所同時に発生することはほとんど皆無にひとしく、障害の発生をなくすることができた。

(B) ピンの折損について

ピンは軟鋼材料に亜鉛メッキをおこなつてはいるが線径が細いうえに、メッキの際の水素ガスの影響に

よつて脆くなり、使用中のショックで折損することが判明した。よつて径を太くし、かつ、メッキの際の水素ガスの影響をのぞくことにより障害の発生をなくすることができた。

(6) ロータリ・アーマチュアの鉸めガタについて

ロータリ・アーマチュアとインタラプタ・アームは第9図に示すように2本のリベットで鉸められるが、リベットはマグネット・コイルのコアに接する位置にあるので先端の鉸めた部分がアーマチュアの下面より突出することは許されない。そのためリベットの長さは比較的短かく設計されているので、アーマチュアの孔径が大きくかつ、リベットが細い場合は第10図(その1)に示すように孔とリベットとの間に間隙を生じ、先端の鉸めも不十分になつて使用中のショックでガタを生ずることがある。これについて検討の結果第10図(その2)に示すように孔の形状を変更し、リベットも長くした。実験の結果はリベットの先端がアーマチュアの下面より突出することがないと同時に十分な鉸めがおこなえるので、鉸め強度を増大するとともに作業のバラツキをなくして障害を絶滅することが確認された。

(7) ポール・スプリング断線について

この障害はほかの障害より比較的長期にわたつて発生し、原因の探究にも予想外の努力を払つたが、きわめて多数のサンプルについて検討した結果その原因は

- (A) スプリング両端の引掛け部は従来品は第11図(その1)に示すように急角度にまげて起してあつたので、その部分に加工上の応力が集中していたこと。
- (B) 亜鉛メッキの場合の水素ガスの影響で材質が脆くなつていたこと。

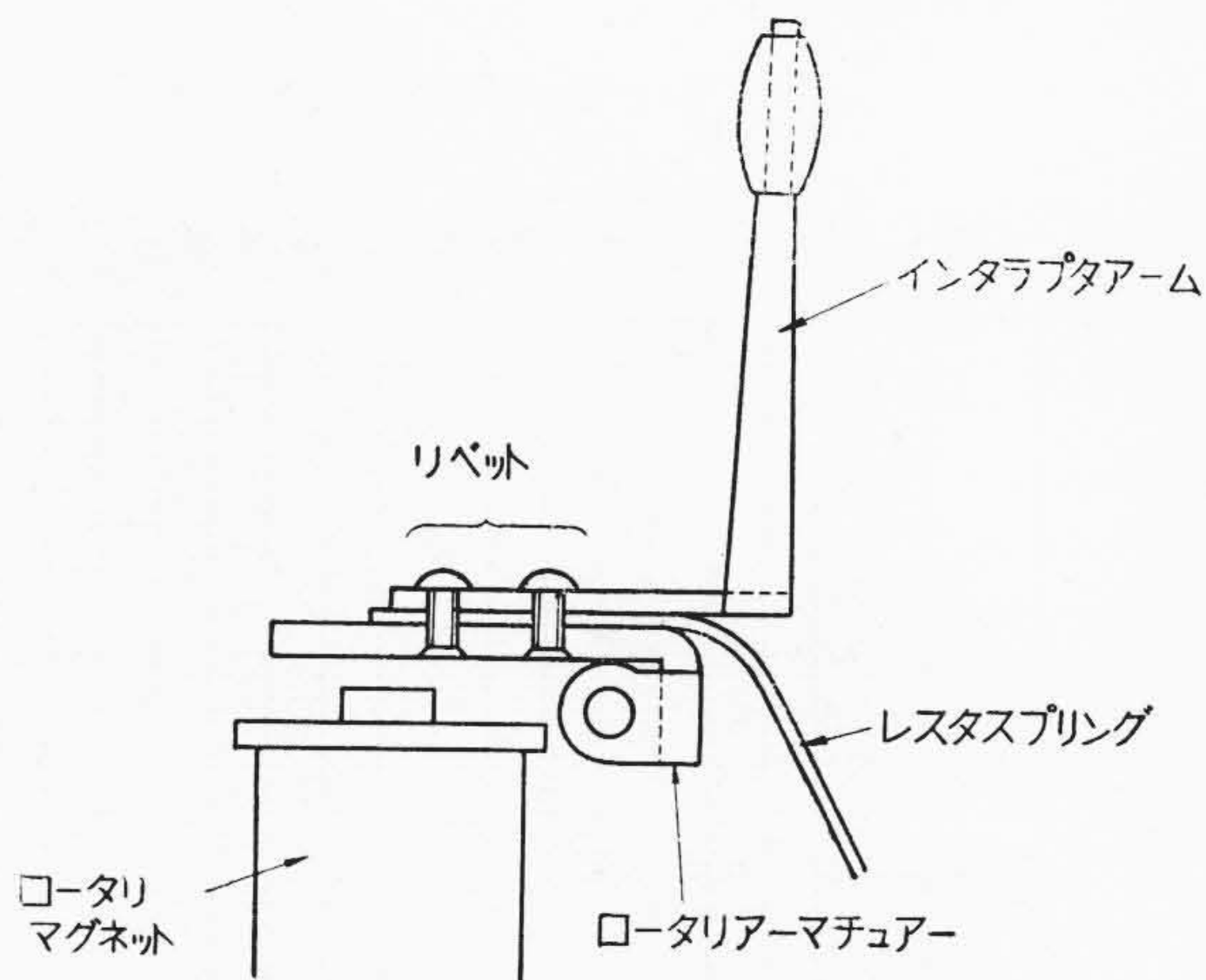
の2点であることが判明した。対策としては

- (A) 引掛け部の形状は第11図(その2)に示すように、ゆるやかなカーブで曲げるようにし、かつ、加工方法にも工夫をこらして、加工の際の応力集中をのぞいた。
- (B) 亜鉛メッキをスプリングにもつとも適するカドミウムメッキに変更し、かつ、水素ガスの影響をのぞく特殊な処理を施した。

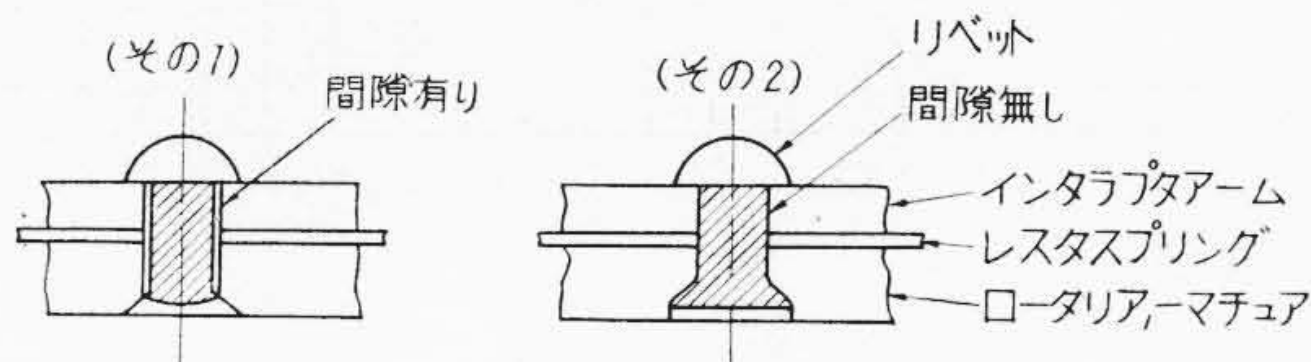
これによつてこの障害は発生しないことを確認した。

(8) 品質管理の徹底と作業規格の改善

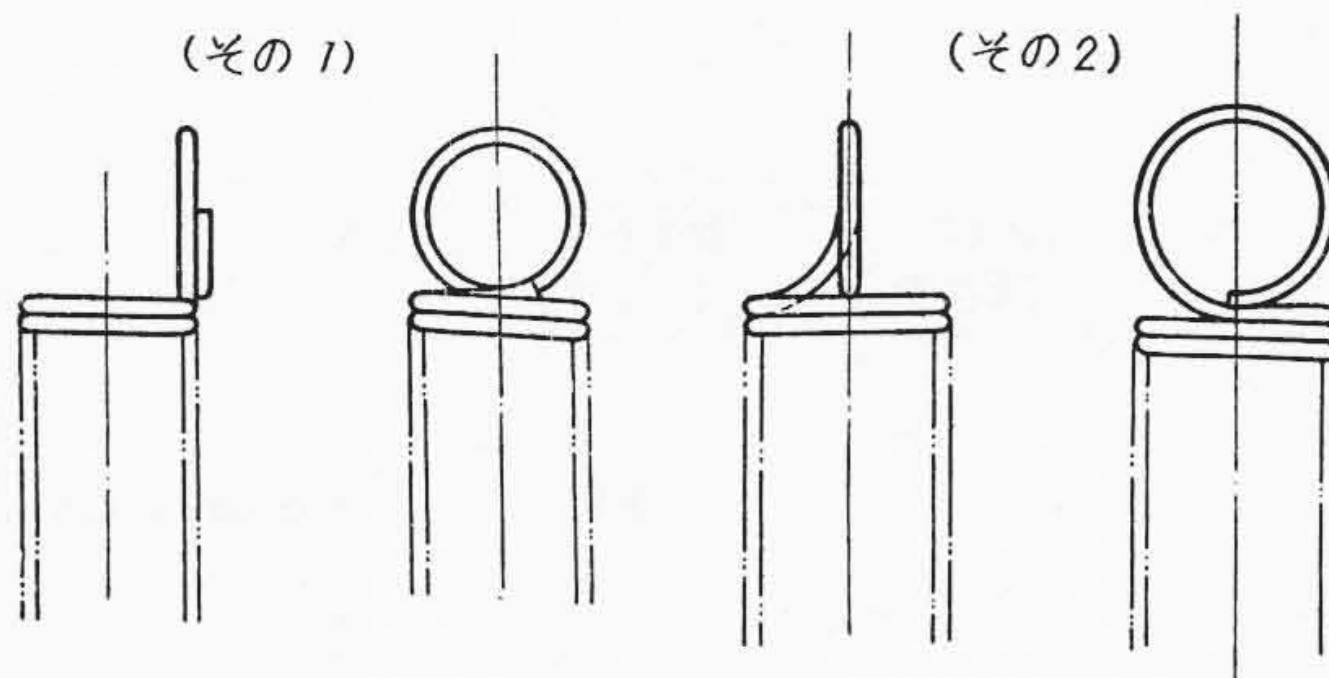
製造上のバラツキによる障害対策に対してはもちろん前項までに例示した設計上の対策に対しても設計、生産技術、製造、検査が一体となつて管理図工場実験など、品質管理上の方法を駆使して、全面的に作業規格を改善し、品質の安定化に努めた⁽³⁾。前述した第1期の対策が一応完了したのち、なお100スイッチあたりに0.1~0.2件程度、時々発生する解決困難な散発的障害の除去は、すべ



第9図 ロータリ・アーマチュア組込図
Fig. 9. Assembling Diagram of Rotary Armature



第10図 鉸め方法比較図
Fig. 10. Comparison of Riveting Methods



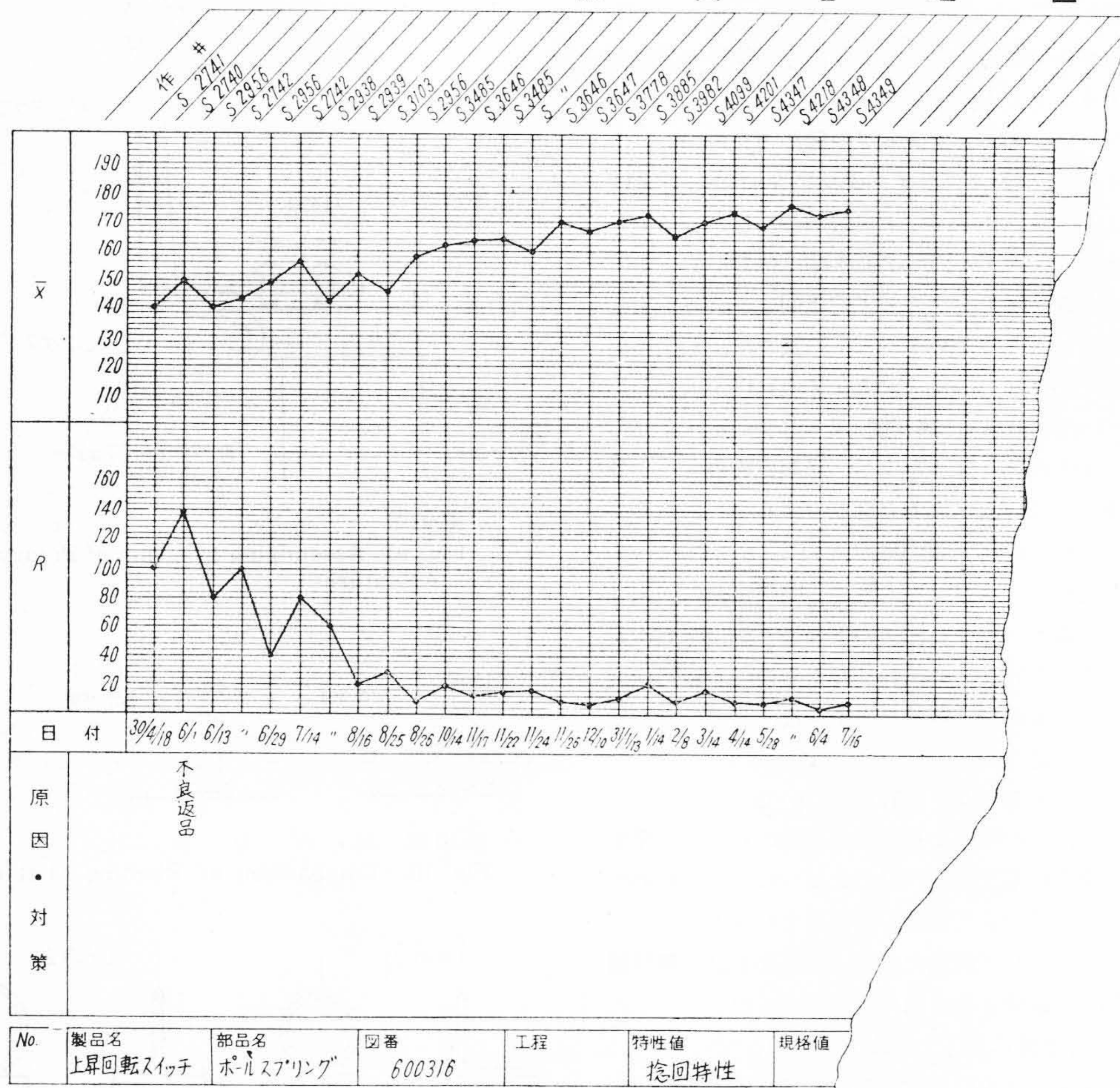
第11図 ポールスプリング
Fig. 11. Pawl Spring

て、品質管理の徹底の結果によるのである。第12図にその一例として、ポール・スプリングの強度試験の品質管理チャートを示した。

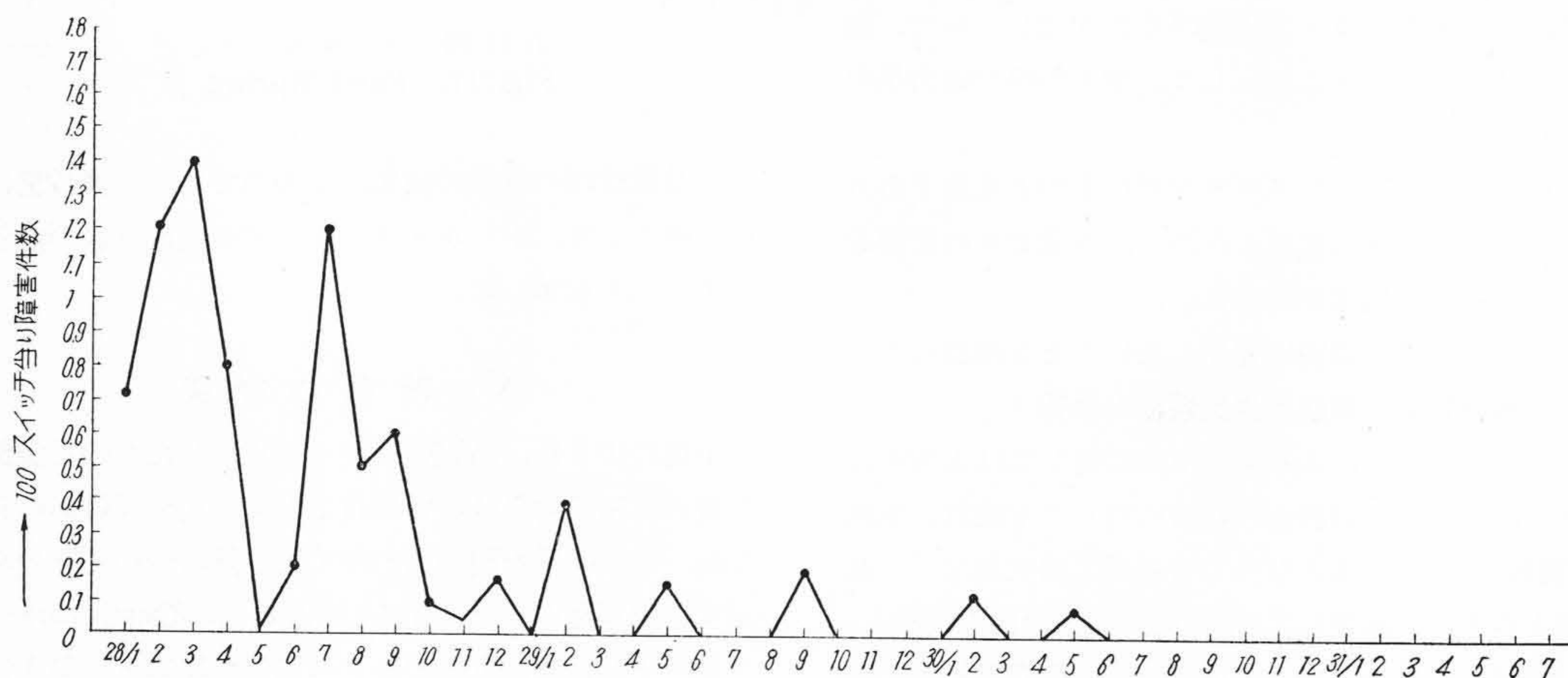
〔V〕改善の効果

上述のように、品質管理サークルにしたがつて実施した改善対策の効果は、各項目ごとにつぎつぎにあらわれたが、その結果を昭和28年1月以降についてまとめて示すと第13図のようになる。すなわち、試験開始当初100スイッチあたり、数件の多きに達した障害も、第1期の主として設計上の対策の結果、昭和28年末までに急激に安定して、100スイッチあたり0.2件程度発生している

品 質 管 理 図



第 12 図 ポールスプリングの強度の管理図
Fig. 12. Control Chart of Pawl Spring Strength



第 13 図 障 害 減 少 経 過
Fig. 13. Faults Reducing Process of 10,000 Operation Test

にすぎず、さらに、品質管理を徹底した第2期には、散発的に発生していた障害も漸時減少して、昭和30年6月には障害皆無となり、第3期の昭和30年7月以降は全く障害の発生をみていない。

また、昭和27年9月、および昭和29年1月に行われた第2図、第3図の電気通信研究所における1万回動作試験の結果は日立製作所の製品は、いずれも最優秀の成績を示し、さらに、市場調査の結果は、納入した後の電話局における初期、中期の障害は漸減し、最近納入した製品は、すこぶる優秀な成績を納めていて、改善の効果をあらわしている。

〔VI〕 いわゆる “なじみ” について

上述したとおり各種対策を行つたことにより、いわゆる初期的障害はほとんど除去することができ、納入後の電話交換局の2～3月間の障害はいちじるしく減少し、サービスの改善に多大の効果が確認された。しかしながら、なお今後検討すべき問題としてのこるものにいわゆる “なじみ” の現象がある。これもあらゆる機器についていわれる現象であり、自動交換機用スイッチについても例外でなく、外国の例によつても bed in と称してなじみ運転を行つているが、われわれの工場実験は1万回を連続動作7.5時間で行うに対し交換局では2～3月にわたり間けつ的に動作するので、たとえば塵埃の影響なども含め、必ずしも等価でなく、これがなじみ不足による動作の不円滑性となつてあらわれると考えられるので

今後さらに市場調査を行うことにより上述の成果を確認しながら、この方面についても検討を行う方針である。

〔VI〕 結 言

自動電話交換機の使用開始直後に発生するスイッチ類の障害を除去するため、昭和27年6月より現在に至るまで品質管理サークルにしたがつて設計、生産技術、製造、検査の各部門が緊密に協力し、1-A セレクタ全製品について、1万回動作試験を実施し、障害原因の探究、改善対策の立案実施、効果の確認をくりかえした結果、ついに障害皆無の状態にまで到達した結果について報告した。この結果、さきに報告したスイッチの長寿命化⁽¹⁾⁽²⁾と相まつて、いわゆる “Forty-years Trouble-free” に近ずき、電話交換機の使用に当つて、きわめて安定で保守の容易なスイッチを製作できるようになつた。需要家各位の御批判をいただければ幸いである。

終りに、絶えず御指導を賜つた日本電信電話公社施設局、保全局の各位、同電気通信研究所交換課の窪小谷係長、山本氏、津田氏そのほか関係各位、ならびに御鞭撻をいただいた日立製作所戸塚工場渡辺副工場長はじめ関係各位に深く謝意を表するしだいである。

参 考 文 献

- (1) 渡辺、菊地：日立評論 33 277 (昭26)
- (2) 渡辺：日立評論 36 1535 (昭29)
- (3) 小林、中村、成田：日立評論 36 1629 (昭29)



日立フローコンベヤチェン Hitachi Flow Conveyor Chains

粒体あるいは粉体の運搬には従来バケットエレベータ、ベルトコンベヤまたはスクレーコンベヤなどが多く使用されていたが、これらの運搬方法とまったくことなつた型式のコンベヤに第1図、第2図に示すごときフローコンベヤがある。

フローコンベヤは運搬物の中に肋骨型の羽根を有するチェンが埋れ、直接運搬物を押し進めるのではなく、運搬物相互の内部摩擦によりケーシングの中を一本の柱のようになつて連続的に運搬する。

第1表 T型チェンの寸法
Table 1. Dimensions of T Type Chains

チェン 番号	最大使用 荷重 (kg)	チェン ピ ッチ (mm)	ウイング寸法		リン ク ピ ン 高さ (mm)	径 (mm)	ケーシング	
			巾 (mm)	高さ (mm)			巾 (mm)	高さ (mm)
T-5125	700	150	125	15	28	12	135	115
T-10125	1,300			18	35	16		
T-15125	2,200			23	45	22		
T-10180	1,300	150	180	18	35	16	200	160
T-15180	2,200			23	45	22		
T-20180	2,800			27	52	25		
T-10230	1,300	150	230	18	35	16	250	230
T-15230	2,200			23	45	22		
T-20230	2,800			27	52	25		
T-15280	2,200	200	280	23	45	22	310	250
T-70280	2,800			27	52	25		
T-15330	2,200	250	330	23	45	22	360	300
T-20330	2,800			27	52	25		

フローコンベヤーに使用されているチェーンはT型とU型に大別することができる。T型チェーンは第3図に示すごとくで、おもに水平および10°以下の傾斜運搬に、U型チェーンは第4図に示すごとくで、垂直および10°以上の傾斜運搬にもちいられる。

フローチェーン特にU型チェーンの羽根および羽根の断面形状は運搬物によりコンベヤの運搬効率を左右するので、その特質に応じもつとも適当な形を選定せねばならない。

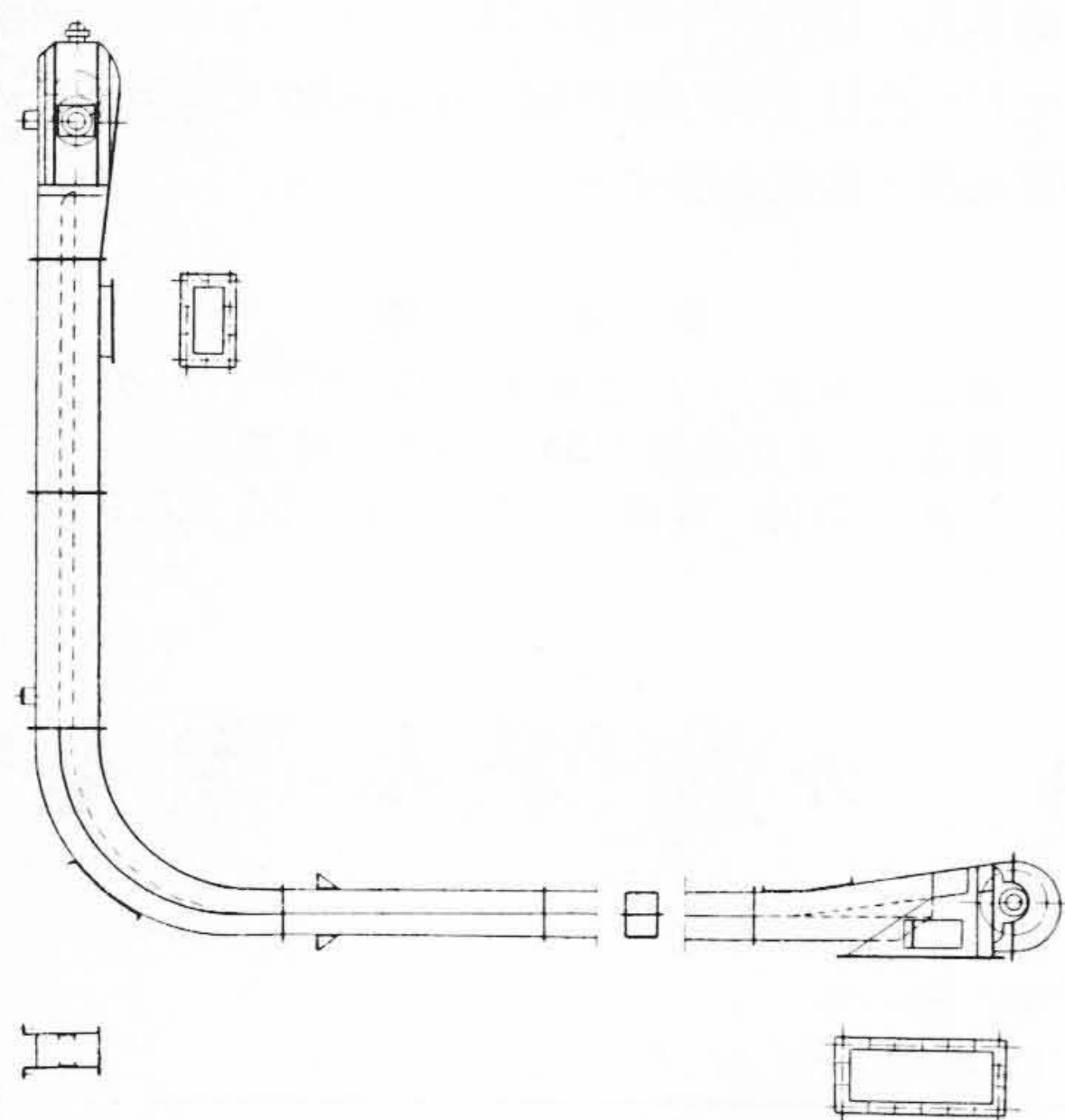
日立フローチェーンの主体はマレブル鑄造品であるので合理的なチェーンの形状にすることができるとともに、特に耐熱あるいは耐蝕性を要求する物質の運搬に適してい

る。

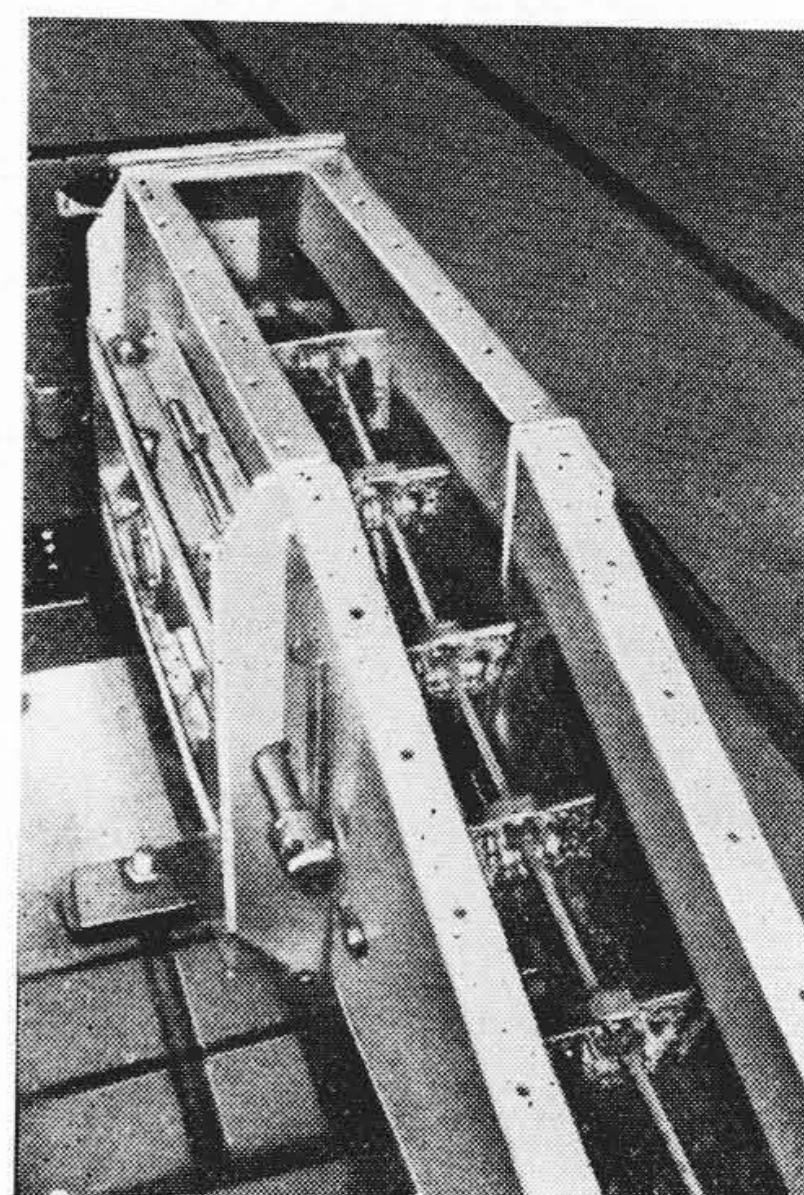
第1表にT型チェーンの、第2表にU型チェーンの寸法を示す。

第2表 U型チェーンの寸法
Table 2. Dimensions of U Type Chains

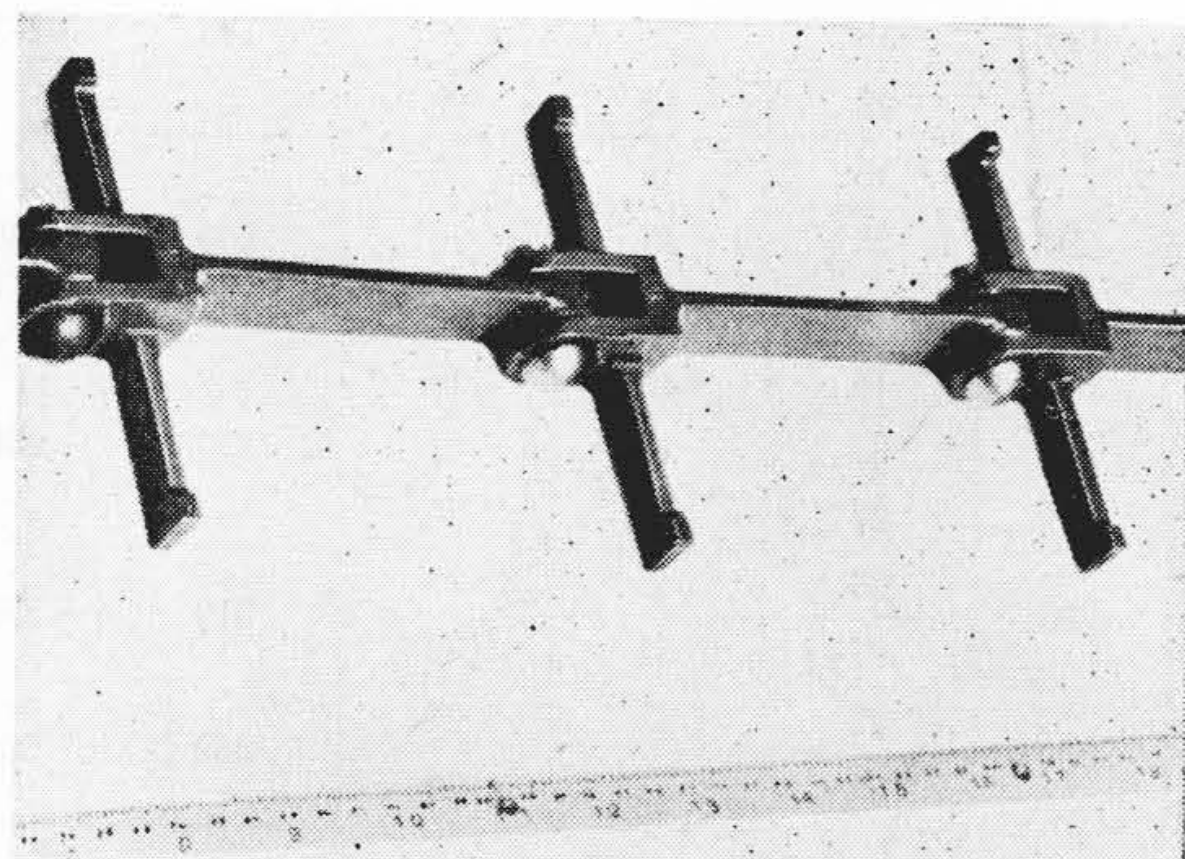
チェーン 番号	最大使用 荷重 (kg)	チェーン ピッチ (mm)	ウイング寸法		リンク 高さ (mm)	ピン 径 (mm)	ケーシング	
			巾 (mm)	高さ (mm)			巾 (mm)	高さ (mm)
U-5125	700	150	125	90	28	12	135	100
U-10125	1,300				35	16		
U-15125	2,200				45	22		
U-10180	1,300	150	180	120	35	16	200	130
U-15180	2,200				45	22		
U-20180	2,800				52	25		
U-10230	1,300	150	230	140	35	16	250	150
U-15230	2,200				45	22		
U-20230	2,800				52	25		
U-15280	2,200	200	280	170	45	22	310	180
U-20280	2,800				52	25		
U-15330	2,200	250	330	190	45	22	360	200
U-20330	2,800				52	25		



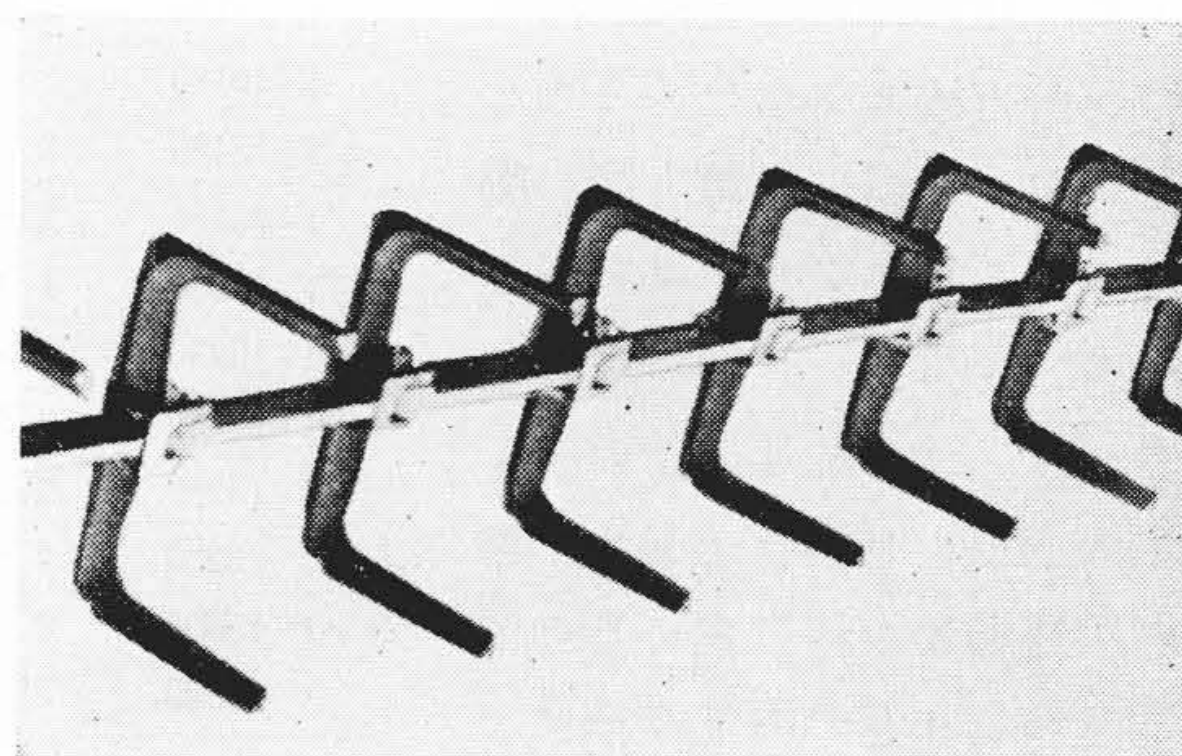
第1図 日立フローコンベヤ
Fig. 1. Hitachi Flow Conveyor



第2図 日立フローコンベヤ
Fig. 2. Hitachi Flow Conveyor



第3図 T型チェーン
Fig. 3. T Type Chains



第4図 U型チェーン
Fig. 4. U Type Chains