# 柱上安全帯の強度試験について

担当　安藤，石橋，佐藤

## 1. まえがき

高所作業や急斜面の作業で使用される腰綱の安全については二つの重要な問題がある。その一つはベルト，ロープ，連結金具など一連の装具の強度の問題であり，他の一つは人体はどの位の落下衝撃に耐え得るかという問題である。

第1の問題は腰綱の各部が均衡のとれた充分の強度を有することが必要である。

第2の問題は極めて重要なことであるにもかかわらず，従来あまり関心がもたれていない。装具ばかり如何に丈夫にできていても落下距離が大きいと，衝撃のために内臓にさまざまの障害を起すので，人体の方が耐え得られなくなる。しかし，このことについては実験を行うことが困難なために，参考となる文献も極めて少ない。落下距離はロープあるいは子綱の有効長さできまることもあれば，子綱のたるみの程度できまる場合もある。いづれにしてもロープあるいは子綱が伸びきって，人体が急激に落下を止められたときの衝撃に対して，どの程度まで人体が耐え得るかということが重要な問題である。

これについてオハイオ州大学生理学部では，安全ベルトを使用して墜落した場合，人体に伝達される力に対して，人体は如何に反応するかについて行われた実験結果が発表されている。以下はその抜粋である。

「衝撃試験　この実験には7匹の犬が生体実験に供され，犬に4吋（100 粍）巾の安全ベルトを装着させ，水平速度を急激に止めて衝撃を与える装置で，犬の内臓におよぼす影響について試験したものである。犬はテストと死亡までの間は，外観上何等の傷害も認められなかった。しかし解剖の結果は何れも心臓の拡大や，その他内臓に各種の障害が起っていた。

結　　論

(1)　1匹の犬を死に到らしめる落下衝撃は，ベルトに4,500封度（2,040瓩）の瞬間荷重を与えたに等しい。

(2)　各例の死因は心臓障害である。
　中には肝臓障害を併発していたものもあった。

(3)　実験の結果により，4,000封度（1,800瓩）の衝撃は必ず障害を起す。ゆえに自由落下を止めるときに生ずる衝撃は 2,000 封度（900 瓩）を限度とするように装具は設計されなければならない。」(1)

以上の報告書から考察すると，4吋（100 粍）巾のベルトを使用した場合，人体にかかる衝撃は900瓩を限度としなければならないが，しからばどの位の高さから墜落したときの衝撃が大体900瓩に相当するかという落下距離が問題となる。

新しいマニラロープに切断荷重以内の，そしていつも同じ落下高さから同じ重量のものを何回も繰返して落下させると，初めのうちはロープが伸びるけれども，段々伸びが少くなって，4～5回目ごろになると全く伸びないようになる。その反面衝撃荷重はつぎつぎと大きくなって行く。すなわち，ロープは伸びるうちはエネルギーを吸収するが，伸びなくなると吸収しなくなる。

安全ベルトを着用して墜落した場合の衝撃は，大部分ロープ（子綱）が吸収するのであるが，ロープの種類や撚りの硬さ，長さなどによって吸収量が変化するから極めて複雑である。しかし，このようなことについては参考とする資料もないために，腰綱の設計やその安全なる使用についての基準もない状態である。

本文では特に柱上安全帯を着用して作業中に起る墜落時の衝撃荷重の測定と，市販の柱上安全帯についての強度試験とを実施して安全上差支えないかどうかを検討してみたものである。

## 2. 柱上安全帯を着用して墜落したときの衝撃荷重の測定

(1)　胴締バンドに連結したロープを電柱にかけて作業中に墜落したときの衝撃

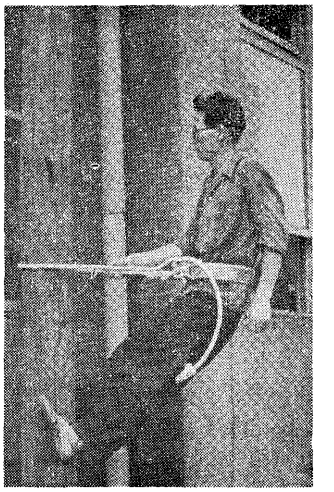

図　1

図1に示すように胴締バンドに連結したロープを電柱の足場釘にかけ，バンドと電柱との水平距離を50糎位にロープを調節したときが，最も普通に行われる作業姿勢といわれる。この状態のとき足をすべらせて円運動状に墜落したときのロープにかかる衝撃荷重を測定するために，人体の代りに重量62瓩の土嚢を使い（以下土嚢の重量は62kgとす），この土嚢と電柱とは1本のロープで連結して吊り，ロープの一部に張力ピックアップを装置して抵抗線動歪計によって墜落時の衝撃荷重を測定すると約240瓩となる。図2は張力ピックアップに生じた歪による電気抵抗変化を増幅して抵抗線動歪計を通して，これを電磁型オシログラフで記録したものであり，図3はこの試験における抵抗線動歪計と電磁型オシログラフ装置である。

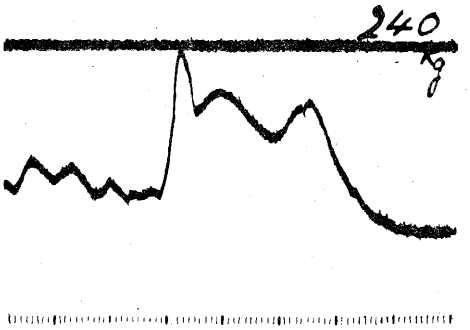


図　2

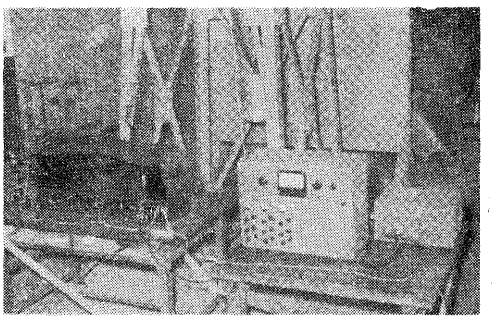

図　2

(2) ロープの一端を鉄塔に結び，他端を着用した安全帯に結着して作業中に円運動状に墜落したときの衝撃

ロープの一端を鉄塔に結び，他端を土嚢の安全帯に結着してロープの長さを2米とし（鉄塔と土嚢との間隔2米），このロープが水平になるまで土嚢を上げた状態から円運動状に落下させたときの衝撃は280瓩となる。（図4参照）

(3) 胴締バンドに連結したロープを腕木などにかけて二重にした状態で垂直落下した場合の衝撃

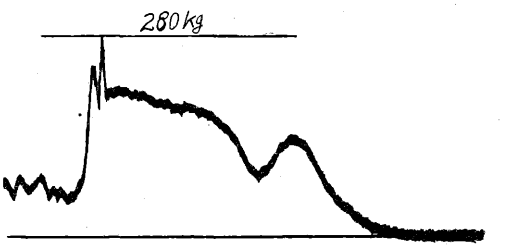


図　4

胴締バンドに連結したロープを最大に伸して腕木などにかけた状態で，作業中に垂直落下したときの落下距離を80糎と仮定し，土嚢を使って測定した結果は図5に示すように約670瓩の衝撃荷重となる。

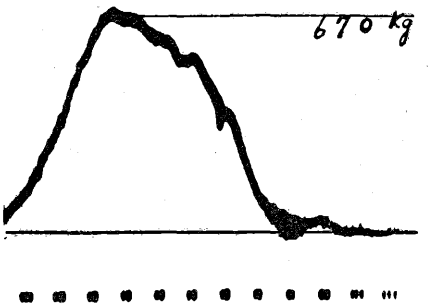


図　5

### 3. 柱上安全帯の強度試験

(1) 試験に用いた柱上安全帯の構造

a．FBW—2型　図6に示すような構造のもので，内側の胴締綿ベルトの巾は7.5糎，10番糸撚の帆布3枚合せのもので，その外側に巾4.5糎，厚み4.5粍の牛革

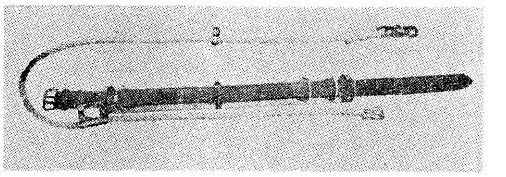

図　6

製ベルトを通し，ロープは径16粍，長さ2米のクレモナロープを使用し，その一端にナスカン，他端に伸縮調節器を装備したものである。

b．FBW—改良型　これがFBW—2型と異るところは，内側の胴締綿ベルトの巾が6.4糎で10番糸撚の帆布5枚合せである。

c．N型　図7に示す構造のもので胴締綿ベルトの巾は8糎，10番糸厚織4プライ，牛革ベルトは巾4.7糎，厚4.5粍，ロープは径16粍，長さ2.15米の麻ロープが使用され，ナスカンおよび伸縮調節器を装備したもので

ある。

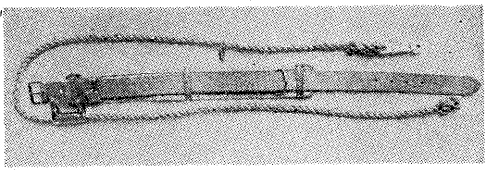

図　7

(2)　静荷重によるロープの引張強さ試験

a．ロープの切断強度

ロープの切断試験はＪＩＳ　L2701 の規定によって実施した結果，径16粍のクレモナロープは 2,240瓩，麻ロープは2,100瓩で切断した。

b．伸縮調節器をつけたときのロープの強度

ロープの一端にナスカンを取りつけ，他端に伸縮調節器をつけて，ロープの長さをできるだけ短くしてナスカンと調節器に引張荷重をかけたときのロープの強さは第1表のような結果となる。

第　1　表

| ロープの種類 | 調節器の種別 | 切断強度(瓩) | 摘要 |
|---|---|---|---|
| クレモナロープ | FBW型用 | 650 | 調節器の締付部分でロープ切断 |
| 〃 | 〃 | 600 | 〃 |
| 〃 | 〃 | 600 | 〃 |
| 麻ロープ | N型用 | 640 | 調節器破損 |
| 〃 | 〃 | 660 | ナスカン破損 |
| 〃 | 〃 | 670 | 調節器破損 |

ＦＢＷ型のクレモナロープは締付部の歯型が食込むと糸が徐々に切れて弱くなって切断する。このように調節器をつけたロープの強度は締付部の歯型の構造が大きく影響する。従って，この試験はロープの試験というより調節器の性能試験ともいうべきもので，試験結果に表われた各部の欠陥は，その後つぎつぎと改善されつつあって，最近1,000瓩以上の強さに耐えるような調節器の歯型が試作されている状態である。

(3)　柱上安全帯の静荷重による破断試験

a．試験方法

胴締綿ベルトを径25糎の滑車に締付け，ロープは径15糎の他の滑車にかけて胴締ベルトとはナスカンと調節器で連結して図８に見られるようにロープのかかった滑車を試験塔に装置した10瓲の張力ピックアップに連結し，胴締ベルトをつけた側の滑車にワイヤロープを結着して50瓲のアムスラー型引張試験機によって引張応力をかける装置とし，張力ピックアップがうけた歪のための電気抵抗の変化によって抵抗線静歪計で強度を計測した。従ってこの場合の一連の試験装置は，鉄塔――張力ピックアップ――ロープ――胴締ベルト――ワイヤロープ――アムスラー型引張試験の順となる。

b．試験結果

この静荷重による破断試験の結果はＦＢＷ―２型は1,175瓩，ＦＢＷ―改良型は 1,600瓩，Ｎ型は 1.150 瓩で切断した。破断部位はいずれも図９に見られるように

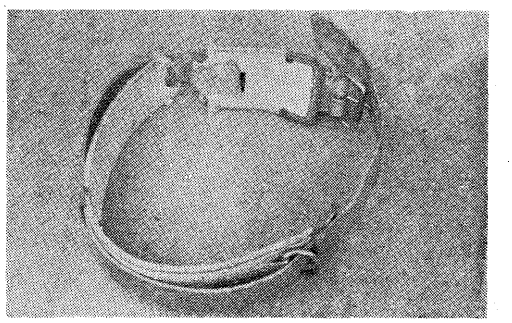

図　9

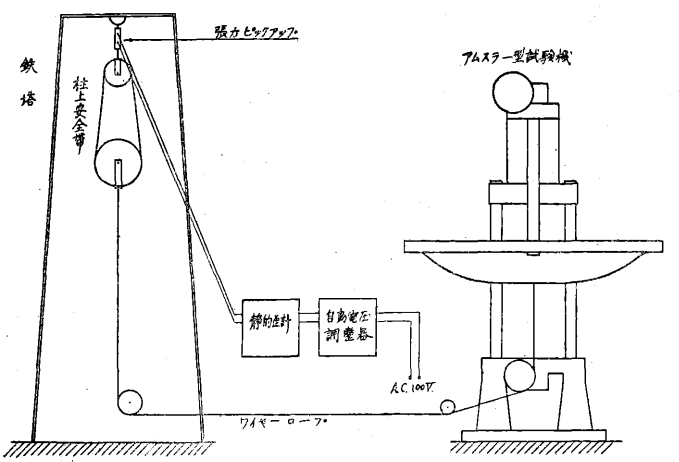


図　8

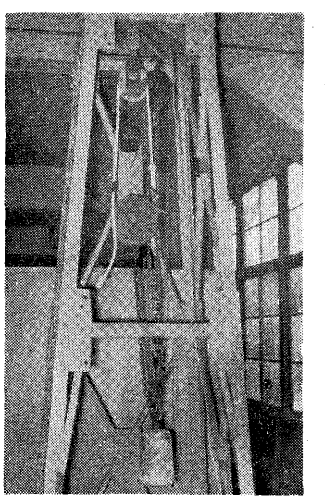

図　10

D環を取りつけるために綿ベルトにあけた鋲穴の部分で綿ベルトが破断した。

(4) 柱上安全帯の衝撃による破断試験

a．試験方法

胴締ベルトやロープは静荷重による破断試験の場合と同様にし，下部滑車に図10に見られる様に長さ150糎のチエンを連結して，その下端に90瓩の重錘を結着し，この重錘を2米の高さから落して破断する装置とした。

なお，この試験に使用した張力ピックアップは10瓲である。

b．試験結果

この試験による破断強度は第2表のような結果となる。

第　2　表

| 安全帯の種別 | 破断強度(瓩) | 破　断　部　位 |
|---|---|---|
| FBW—2型 | 1,180 | D環の取付具破損 |
| FBW—改良型 | 2,100 | 調節器の締付部でロープ切断 |
| N　型 | 1,570 | 〃 |

図11はFBW—2型，図12は同改良型，図13はN型の破断のときのオシログラフ写真である。

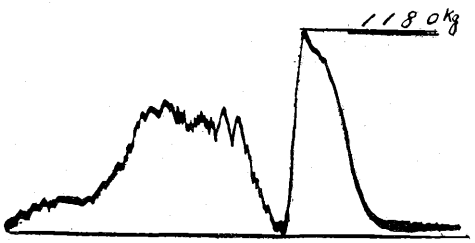


図　11

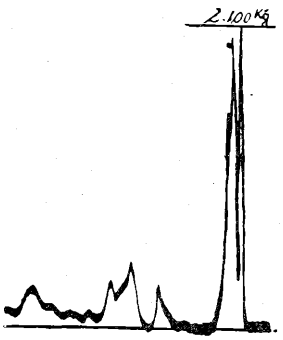


図　12

c．考　　察

FBW—2型の破断部位のD環取付部には図14に見られるように牛革の下にうす鉄板があてられている。この

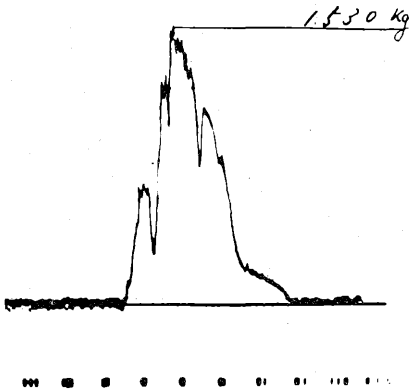


図　13

鉄板の厚みは0.4粍であるが，この厚みでは強度が充分でないために，この部分から簡単に破断する。しかし改良型は0.6粍，N型は0.9粍と厚いものが使用してあるので，この部分からは破断しないが，調節器の締付歯形がロープに食い込んで，ロープの方が切断するようになる。

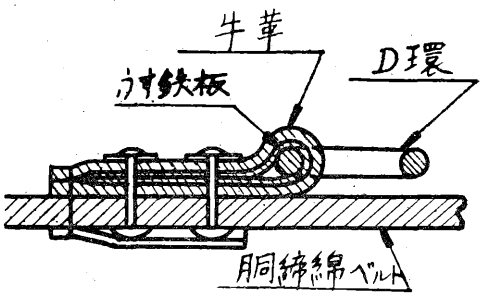


図　14

(5) ロープの一本吊りの状態での衝撃破断試験

柱上安全帯の胴締綿ベルトは普通胴の全周に巻かれず背中の方だけに当っており，その両端のD環によってロープと連結されている。また牛革ベルトは胴締綿ベルトを外側から着用者の胴に締付けただけのものである。従って，柱上安全帯の普通の使用状態では，墜落時の人体の衝撃は胴締綿ベルトとロープとがうけることになる。しかし，ロープの一端を鉄塔などに結び，他端の調節器を胴締綿ベルトのD環と連結して，図15に示すような状態で作業中に墜落すると，ロープと胴締綿ベルトとは一個所で連結されているから，衝撃は牛革ベルトの全周にもかかることになる。しかるに，牛革ベルトは衝撃に対して極めて弱く，土嚢を僅かに50糎の高さから垂直落下させただけで破断する。このときの牛革ベルトの衝撃破断強度は360瓩にすぎない（図16参照）。従って，このような使用方法は絶対に避けるべきであるが，特に必要

であれば両側のD環に他のロープを通して綿ベルトの巻かれていない前腹部を補強してから使用する等の考慮を払う必要がある。

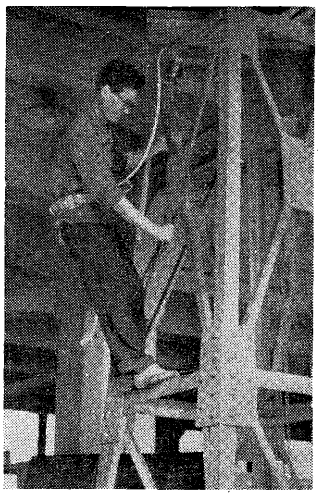

図　15

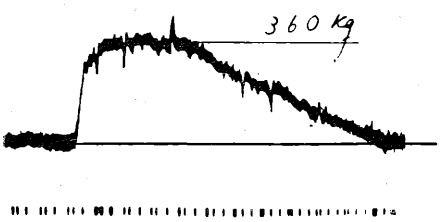


図　16

なお，前腹部を充分補強した上で垂直落下の距離を次第に大きくすると，伸縮調節器の締付歯形の構造の影響が強く表われてくる。麻ロープの場合1.5米の高さからの落下で切断するものもあれば，クレモナロープを使って土嚢を2米の高さから垂直落下させてもなお切断しないものもある。このときの衝撃荷重は図17に見られるように920瓩となる。

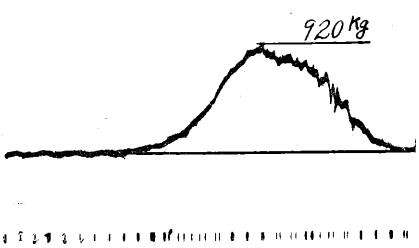


図　17

**4.　安全帯の強度についての参考事項**

国際労働局編，産業安全模範規程第 14 章保護具，第 232 条安全ベルトの項には次のように規定されている。

(1)　安全ベルトおよび安全装具は，強靱なクローム鞣皮，麻または木綿製の紐帯，その他適当な物質で造らなければならない。

(2)　安全ベルトは少くとも巾 12cm，厚さ 6 mm を有し，少くとも 1,150kg の最大破断強度を有するものでなければならない。

(3)　命綱は良質のマニラロープまたはこれと同等の強度を有する材料で造り，かつ少くとも 1,150kg の最大破断強度を有するものでなければならない。

（以下省略）

**5.　柱上安全帯の保守および点検**

(1)　保　　守

腰綱のような重要な保護具は，平常の保守もまた重要な問題であって，特に柱上安全帯のように綿製品と皮革製品との異った材料からできているものは，各々手入方法が異るから注意せねばならない。

革製ベルトはその性能を維持するために，平常次のような取扱上の注意と手入が必要である。革製ベルトは磨擦によく耐えるが，切れ易い欠点があるから裂け傷などをつけないように注意せねばならない。また化学薬品に対しては比較的強いが，熱，乾燥空気，あるいは手入や給油の不適切によって損傷を来し易い。これら革ベルトの損傷程度は専門家以外の者には判別しにくいから不測の災害を招かざるよう特に注意を要する。革ベルトの汚れを落すには，充分注意して革に傷つけないようにブラシをかける。次に温水とカリ石鹸で洗い，その後を温水で更によくすすぎ，室内で自然乾燥する。完全に乾ききらないうちにヒマシ油その他の植物性油を塗附する。この際決して鉱物性の油を使ってはならない。また革ベルトは決してラジェータのような高熱物の上にさらしてはならない。

綿ベルトは乾燥空気あるいは湿気，熱等の影響はあまりうけないが，しかし長く湿気または腐食性薬品類にさらしてはいけない。(2)

(2)　点　　検

安全帯は使用にさきだってその都度各部をよく点検する必要がある。

革ベルトについてはストラップの両側についている切傷あるいは掻き傷の有無を特に厳重に点検しなければならない。革ベルトに対しては横に深い切傷のあるものは使ってはならない。しかし，縦傷はベルトの強度にはなはだしい影響を与えるものではない。

綿ベルトは外面繊維に大きな傷があれば決して使用してはならない。ベルトの金具類もまた十分調べ，損傷のあるものは直ちに取り替えるべきである。特に金具の接合部分の溶接による接着の良否は，安全帯の強度に大きな影響があるから注意して点検せねばならない。調節器

やナスカンに使用されているスプリングは錆ついて動かなくなる事があるから，時々注油する必要がある。マニラロープの繊維の長さは普通1～2米であるから，ロープの撚りの各繊維は巻かれながら何度も表面に表われている。もしロープの直径が少しでも減ったような外観を呈し，ロープの谷から擦り切れた繊維がのぞいているような場合は，そのロープは決して使用してはならない。このようなロープの繊維は途中で幾カ所も擦り切れていて，その力は非常に弱くなっている。

## 6. むすび

安全帯はその使用目的が墜落の防止にあるから，その強度は総て衝撃に対して強力でなければならない。従って，安全帯の試験も衝撃試験の結果によることが最も合理的なものであるけれども，この衝撃試験には前述したように各種の条件が関連するので一定した数値を得ることは困難であって，常にある程度のバラツキは避け得られないのである。

以上の各種試験の結果から考察すると，柱上安全帯のようにロープの長さが2米内外に制限されたものでは，落下衝撃によって人体の内臓に障害をおよぼすということは比較的少いものと思考されるが，ただ図15に見られるような作業のときに，ロープと鉄塔との結着点より上方で作業することは，垂直落下距離が2米以上となるので危険である。図17に見られるように長さ2米のクレモナロープで落下距離が2米になると，その衝撃荷重は920 瓩となるが，このロープの長さでのエネルギー吸収もすでに限界に来ているものと見られるし，かつ人体に受くる衝撃もこれ以上となれば危険である。また調節器の締付歯形によってはロープが切れるおそれもある。従って，柱上安全帯をこのような作業目的に使用するときは，落下距離は2米を越えないように特に注意せねばならない。

柱上安全帯の破断強度に対する墜落時の衝撃荷重の比を安全率とすれば，本実験における前記のロープを電柱にかけて，バンドと電柱との距離を50糎に調節した状態のときの安全率は，FBW—2型で 4.9，改良型で 8.8，N型は 6.5 となり，ロープを鉄塔に結び，他端を胴締バンドに連結し，ロープの長さを2米としてこれを水平に張った状態からの落下を想定したときの安全率は，FBW—2型で 4.2，改良型で 7.5，N型は 5.6 となる。

ここでいう安全率は，装具の減耗によって低下するほかに，安全帯の着用者の行動によって大きく変化するから，常にロープの長さや，たるみはなるべく少くせねばならない。

## 参考文献

(1) セーフティーダイジェスト　第2巻第3号　日本保安用品協会
(2) 安全衛生 MANUAL　世界安全衛生名著全集

b. The yielding load of chain depends upon the both width and length of a link. When let $x$ and $y$ be such parameters that.

$$l_1 = (2x+1)\cdot d$$

$$l_2 = (2x+2y+1)\cdot d$$

, where $l_1$ : the width of a link and $l_2$ : the length of a link, the experimental expressions concerned to the yielding load $P_e$ are given as follows,

$$P_e = \Sigma_e \cdot \sigma_u \cdot d^2$$

and $\frac{1}{\Sigma_e} = 16.797 - 21.738x + 8.288x^2 + 0.186xy$ ,

, where $\Sigma_e$ : the coefficient concerned to the form of chain.

c. The tenacity and the plasticity are preferable natures to the strength for the material of chain.

d. The chain should be properly annealed after welding.

e. The elastic elongation of a link depends upon $x$ and $y$, and is expressed as follows.

$$\delta = \Delta \cdot \frac{P}{d}$$

$$\Delta = -13.066 + 13.585x + 1.549\sqrt{x}\cdot y ,$$

, where $\delta$ : the elastic elongation (in cm) by $P$ kg of load, and $\Delta$ : the coefficient concerned to the form of chain (in $cm^2/10^6 kg$).

f. The permanent elongation of a link depends upon not $y$ but only $x$, and the in crease of a load $P$ is linearly concerned to the corresponding increase of a permanent elongation $\delta$ as follows ;

$$\delta = (P-P_e)/\mu(\pi-2)\cdot\delta_u\cdot d \quad \text{and} \quad \mu = 16.832-16.716x_0+4.355x_0^2 ,$$

, where $P_e$ : the yielding load of chain, $\mu$ : the coefficient concerned to the form of chain and $x_0$ : the initial value of $x$.

But expressions described hitherto are available when $1.2 \leqq x \leqq 2.0$ and $O \leqq y \leqq 1.5$.

(CONTINUED)

## ON THE STRENGTH OF SAFTY BELT USED THE WORK OF THE POLE

by Tadashi Andou

Important problem for safty belt has two subjects.

One is strength of belt, rope and metal connecter and the other is how much shock the worker suffered by safty belt when he fall from top of the pole.

Testing breaking strength of safty belts for static and dynamic loading and shock load whick suffered human body was measured in the case of falling from the top of the pole.

Safty belt is seldom danger to human lives in the case of falling from the top of the pole because of it limits to the length of rope.

Breaking strength of tested safty belts were min. 1180kg.