

### 3. 実験雑記

#### 3.1 センター長所感 ー 載荷、支持装置の設計 ー

前年に引き続き、実験装置の設計ほか、実験についての所感を述べる。

##### ・鋼板などのカタログ値の利用:

実験装置には鋼板を用いることが多い。市販の鋼板は板厚が 3, 4.5, 6, 9, 12(3mm ピッチ), 16(4mm 飛び), 19, 22, 25, 28(3mm ピッチ), 28, 32mm などがあり、これらは覚えておくと仕事が早い。板幅も同様で、13, 16, 19, 22, 25, 32(7mm 飛び), 38, 44, 50, 60, 65, 75, 90, 100, 125 150mm などがある。アングル、H形鋼、溝型鋼もうまく組み合わせて利用したい。穴開け加工や部品の溶接はできるだけ実験室で行い、コスト削減を図る方がよい。M20 程度のボルトに対して、 $\phi 21$ ないし 22mmの穴開け加工が標準であるが、ある学生は作業を楽にするために、 $\phi 26$ の大きな穴をあけていたことがあった。学生任せにしていると、とんでもないことをすることがあるので注意する。

鋼管には、構造用鋼管の他、水道管、ガス管等があり、それぞれカタログ寸法が異なっているので、業者にカタログ表をもらっておくのがよい。水道管では、ねじピッチがインチ系となっていることにも注意が必要である。軽量化のためには、少し高価となるが、アルミ材の利用もよい。加工は容易であるが、剛性が小さく、たわみやすいので注意する。鋼材との電蝕は実験装置の場合考えなくてよい。

ボルト間隔は、最小間隔が M22, M24 では板の破断を防止するために示方書等に記されている。それより小さいボルト径では、ナット寸法の外径はもちろん、ナットを回すスパナの動きも考慮して間隔を決める必要がある。以前に最小寸法を設定したいがために、ナット外形のみ考えてボルト間隔を設け、スパナが入らないという失敗をやったことがある。

ボルトの材質には高力ボルト(HT)を用いると、繰り返し利用できる。キャップボルトも締めやすくよい。径10~20mm のねじ切りボルト(寸切りボルト)は便利であるが、強度が著しく低く、強度の必要なところでの使用は避けねばならない。

##### 平行移動装置、グラビティー・シミュレータ:

高荷重のもとで載荷装置を平行移動させたいとき、リニアレールを用いると便利であるが、往々にして超過荷重によってスライドブロックのベアリングが破損する事例が多くの実験施設で見られる。このような場合、リンクによる平行移動装置がよい。建築物の実験装置では、2本の“くの字”型のリンクを二組平行に設け、くの字の先端に、はりを接続した面内平行移動装置を用いることが多い。同じリンクを用いたものに、グラビティー・シミュレータがある。これは約半世紀以上も前にアメリカの大学で開発されたもので、日本には米国帰りの福本嘯士名古屋大学名誉教授が紹介された。これは“ハの字”型のやや長いリンクの下端を回転できるように固定し、上端に二等辺三角形の底辺を回転結合する。三角形の頂点を下側につけると、その頂点はリンク下端に対して平行移動するというものである。“ハの字”型リンクの長さ、リンクの傾斜角度、中央につける三角形の寸法は、任意に取りうるが、リンクの傾斜角度は約  $60^\circ$ 、三角形の大き

さはリンク長さの約25%を初期値として与え、リンクを傾斜させて、パソコンで三角形の頂点の軌跡を計算すると、平行移動の上下許容値内の最大移動量、ピン位置での最大荷重比が求められる。1/1000 程度の許容誤差で、驚くほど大きな左右変位が得られる。はじめに中央の三角形の頂点高さを順次変えると、最適なものが得られやすい。リンクのピン結合は、荷重の大きな重要な装置では市販のベアリングを用いるが、アングル材を単にルーズなボルト結合しただけで簡単な平行移動装置ができる。

#### 変位計の設置:

変位計は、測定対象が変位計の方向に移動する場合は問題ないが、実験では一般にそれと直角方向にも移動することが多いから、変位計の先が外れる場合がある。よって変位計は両端ヒンジの伸縮棒に固定するほうがよい。糸巻き式の変位計の場合には、多少の横移動は許容され、外れることはほとんどない。実験中、変位計の測定範囲を超える移動が生じることがあるので、注意する。過圧縮変位の場合、変位計を破損する。変位計に測定範囲を超えそうな時、警報が出るものがあれば便利だが、まだ見たことはない。

#### 実験時の安全:

実験で最も重要なことは、安全性である。特に大学では、毎年新しい学生が入ってくるし、学生によっては、注意散漫で、いい加減に行動する者が10人に一人くらいは混じっている。この学生を実験から排除することは難しい。したがって学生の安全教育を充実させる必要がある。具体的な事故例を学ばせることが有効であると思われる。保険をかける必要もある。事故は隠さず、記録し、教育資料として公開した方がよい。

載荷をプログラムで自動的に行うとき、暴走に注意しなければならない。MTSのプログラムは非常に高価であるが、安全のための様々な工夫がされており、プログラム内容の80%は安全管理であると聞く。

#### 予備試験体の用意:

実験では失敗が起こるのが普通である。高価な試験体を余分に作ることは困難であることが多いが、重要な実験ほど、できる限り予備の試験体を用意しておくことが、実験シリーズの終了を早めることになることが多い。時間の余裕があれば、はじめに予備実験を行って、問題点を洗い出し、改善後に実験を行えば、スムーズにいき、結局その方が早く、経済的に実験を終了させることができる。

#### 失敗の経験:

はじめの実験計画を綿密に行うことは重要である。問題点を予知、予想する能力が、実験をうまく行わせるカギとなる。ただこれも多くの失敗の経験がものを言う。著者の反省として、いまままで非常の多くの失敗の経験があるが、細かなことでも失敗を記録しておくべきであった。ただ

ほとんどすべての実験で、はじめに失敗しても、すぐさまこれに対処し、実験そのものは最終的にうまくやりおおせることができた。問題が生じたとき、「すぐさまこれに対処し」ということが非常に重要であり、全知全能を傾けてその場でできることを考えねばならない。その場ではできないときにはプランB、プランCを考える。あるいは、プランD, E, F・・・をいくつか考えておかねばならない。これは何も実験に限ったことではないかもしれない。OJTとして、学生に考えさせることは、学生が社会に出て、非常に役立つといえよう。

## 技術員のページ

今回はプラズマ切断機についての、機械の使い方及び注意事項を紹介します。

### < 1. プラズマ切断機の特徴 >

プラズマ切断機は、鋼材の切断部分をプラズマ燃焼熱で溶かし、そして溶けた部材部分を空気の圧力で吹き飛ばしながら切り進むというものです。アセチレンガス切断と似てはいますが、アセチレンガス切断よりも簡易に切断ができることを特徴としています。

### < 2. 機械の準備 >

通常の作業で使用する主な機械はプラズマ切断機（パナソニック製エアー切断機 YP-080[写真 - a]）とエアーコンプレッサー[写真 - b]です。

自動切断を行う場合はカットランナー（榊ダイヘン製 CRC - 201[写真 - c]）と専用ルール（直線ガイド[写真 - d]）も準備する。

### < 3. 機械のセット >

プラズマ切断機は耐震センター 2F の南西フロアの島津万能試験機近くにセットされています。加工物をその場所付近にもっていける場合は、その場所まで持っていき、作業する。もしその場所に行けない場合は、プラズマ切断機そのものを切断物近くに持っていく必要がある。その場合、200V 電源端子の繋ぎ直しが必要となり危険を伴う作業になるため、その時は必ず技術員に連絡し指示を受けること。

### < 4. 溶断作業前の準備 >

作業服装は、10mm 厚程度までの鉄板を切断する作業は長袖・長ズボン・安全靴・革手袋・ヘルメットが良いが、それ以上の厚板切断とかピアッシング加工を行うよう

な場合、スパッタが不規則な方向に飛び散り危険性が増すので、自身をより防御したほうが良い。防災前掛けや革製足カバーが用意してあるので、必要に応じてこれらを使用する。遮光については通常、専用のサングラスを使っているが、サングラスだけでは顔面の露出が多いため不安な場合は、より露出が少なくなる理研オプティク社製のヘルメット取り付け型色つき防災面[写真 - e]を使うことを推奨する。

作業場所周りには可燃物を置かないように注意し、可燃ゴミが落ちていたら作業前に掃除しておくこと。また備え付けの消化器と水を入れたバケツを手元付近に置き、いざという時には消化作業ができるように準備しておく。そして切断作業をそのまま行くと、溶けた切断物やスパッタが周りに飛び散ったり、床に落ちて床のコンクリート面にダメージを与えたりするので、危険でもあるし設備管理上、具合も悪い。それらの保護用として薄鉄板を用意しているので、これを加工物の下に敷いて床を保護すると同時にスパッタ飛散防止の安全柵[写真 - f]を状況に合わせて作り火災防止や危険防止を図る。

また加工物の切断部分にホワイトマーカーでラインを引いておくと作業をきれいに速やかに行うことができ効率が良い。

### < 5. 溶断作業 >

① プラズマ切断機のアースケーブルと溶断トーチケーブルを加工する場所の作業台（H 鋼等を簡易作業台にする）付近まで伸

ばし、アースケーブルを作業台に固定する。  
②エアーコンプレッサーの主電源を入れ、電源押しボタンスイッチを ON にして、エアー圧を溜める。(エアー圧が 0.5Kg/cm<sup>2</sup> 程度になれば OK ) ③プラズマ溶断機の主電源を入れ、電源スイッチを ON にする(グリーンのインジケータが点灯し、赤のインジケータが消灯していれば OK )。プラズマ溶断機の前面パネルに各スイッチ類がついているがこれの初期設定は下記の状態にしてある

- |                  |        |
|------------------|--------|
| ・ トーチモニター        | OFF    |
| ・ 切断電流調整器        | 50～60A |
| ・ パルス有/無切り替えスイッチ | 無      |
| ・ 自己保持切替スイッチ     | 無      |
| ・ エア一点検          | OFF    |

通常使用では電源スイッチ ON - OFF のみ行う。特殊な使い方をした場合や、スイッチに誤って触れてしまった場合は上記のセットに戻しておくこと。

④作業台に被加工物をシャコ万力等を利用して固定する⑤トーチを手で持ちトーチ先を加工品の切断開始部の上 4～5mm に持っていき、トーチスイッチを押す。するとまずトーチ先からエアーが約 1 秒間噴出した後、パイロットアーク、プラズマアークが発生します。トーチスイッチを押し続けて、アークが鋼材を貫通しているのを確認したらトーチを切断方向に動かして切断を開始します。切り進む方向は、基本的にはトーチを手前に引いて来た方が安定していると思われるが、物の形状やスペース、溶融物の跳ね返り状況等によって様々であるので、その都度最良の方向を自分で決めて切り進むこと。また上下方向切断の場合は、通常は上から下に向かって切り進んだほう

が溶融物を下に落としやすいので安定して切れるはずである。切り進む速度は、加工物が溶けてアークが反対側に貫通しているのを確認したら徐々に進んでいく、進む速度が速すぎると溶融物が表面に飛び散り、遅いと切断幅が広がってしまうので、その中間のスピードをコントロールする。トーチは出来るだけ垂直に保持し(±5度以内で加工を行う)、トーチ先は鋼材に接触して加工しても良いし、4～5mm 離して加工しても良い(接触すると 10mm 厚程度まで、非接触だと 30mm 厚程度まで加工可能であるが、非接触だと手ブレを起こし易いので用途によって使い分ける)。

⑥加工を止める場合はトーチスイッチを離す。するとアークはすぐ止まるがトーチ先からは熱くなった先端部を冷やすためにエアーが約 10 秒噴出する。接触加工の場合は作業を止めるのに注意が必要で、トーチスイッチを離す直前にトーチ先を加工品から離してやる必要がある。被加工物に接触させたままトーチスイッチを切ってしまうとチップ端面に強いアークが発生してチップが焼損する恐れがある。

⑦薄板をきれいに切断する場合、パルス切断という機能があります。⑧パルススイッチを“有”にして①～⑥の操作を行います。パルスをかけることで切断部の加熱が少なくなり薄板でもきれいに切断することができます。

#### < 6. 溶断終了の仕方 >

作業を終了する場合、加工物・加工ゴミ及びトーチ先端が熱くなっているので注意すること。切断ゴミは冷えてから金属ゴミとして廃棄する。そして作業に使用した物は元の場所に戻し、清掃して、きれいに片付

けておく、最後に火の元と、回りに火の気がないかを再確認して OK なら終了する。

#### <7. チップ・電極の交換>

チップ又は電極が劣化すると下記のような症状が起こります。

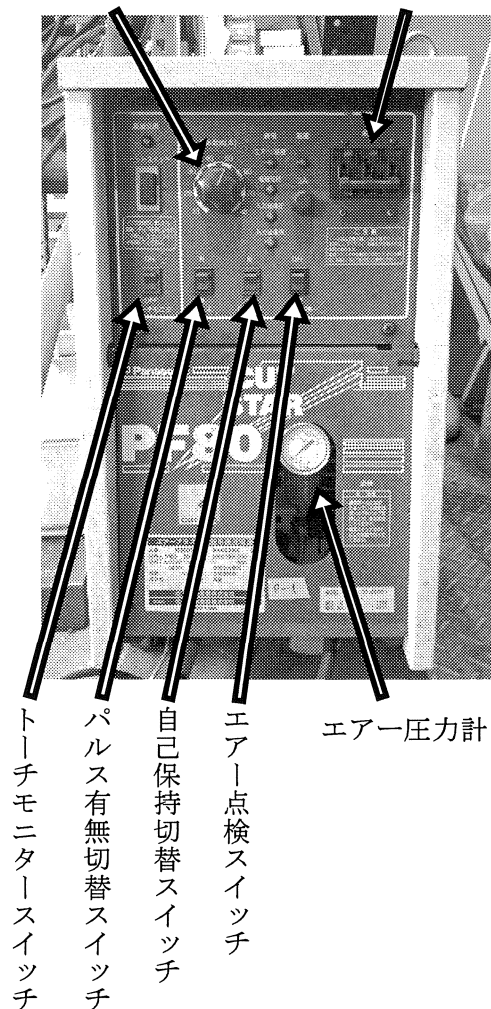
- ・切断溝が大きく傾く
  - ・切断部周辺の変色が激しい
  - ・切断スピードが急に遅くなる
  - ・チップが加工物に溶着する
  - ・アークスタートしなくなる
  - ・切断中アークが切れる
  - ・チップの穴が変形する
  - ・電極が 1. 2mm 以上へこんだ状態になる
- このような場合はチップと電極を新品に交換する必要があります。付属の工具箱にチップと電極と専用の工具[写真 - g]が入っているので、速やかに交換をおこなうこと。

#### <8. 自動切断加工>

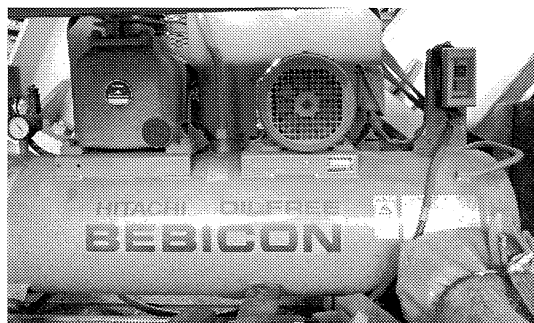
自動切断加工の準備は被加工物の上にレールを置き、レールの上にカットランナーを載せ、トーチ先を別紙[写真 - h]のようにセットし、カットランナーに 100V 電源を繋ぎます。そしてプラズマ切断機の自己保持切替スイッチを“有”に入れます（自己保持“有”にするとトーチスイッチを押してアークを発生させるとスイッチを離してもアークは出続けます、もう 1 回トーチスイッチを押すとアークは止まる）。これで自動切断加工の準備は完了です。次に自動切断加工をおこないます。溶断作業①～④項までは手動と同じで、トーチ先を被加工物の上 4～5mm になるようにセットします。そしてカットランナーをレール上で動かし、その時トーチ先が加工目標ラインの上を通るようにレールを調整します。OK なら加工開始部の 4～5mm 先にトーチ先をセッ

トし、カットランナーの走行スイッチを入れます。カットランナーが動き出したらトーチスイッチを押し様子をみます。きれいに切断できていけば OK です。走行スピードが板厚によって異なるので切断状況を見ながら走行スピードを調節してください。加工終了部分まで行ったらトーチスイッチを押してアークを切って終了です。

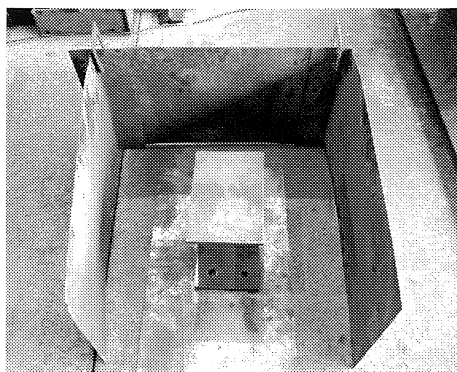
切断電流調整器 電源スイッチ



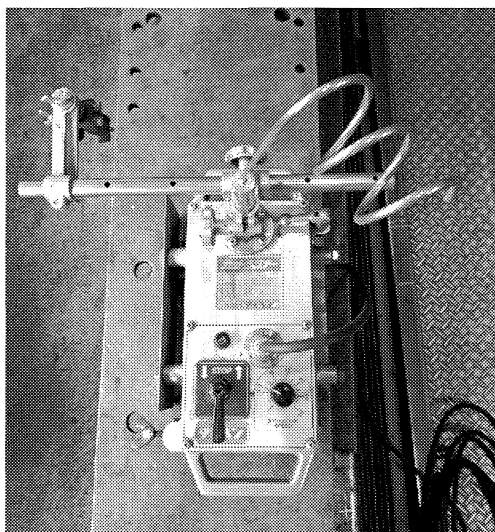
[写真・a] プラズマ切断機



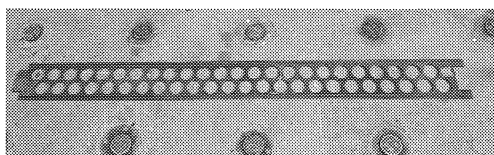
[写真・b] エアーコンプレッサー



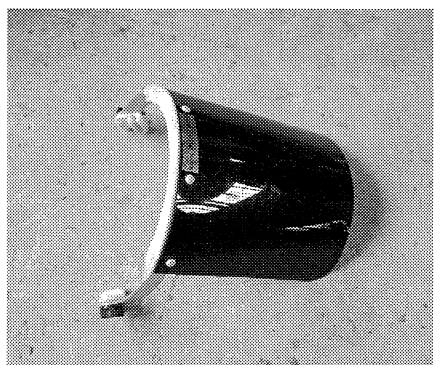
[写真・f] 安全柵



[写真・c] カットランナー



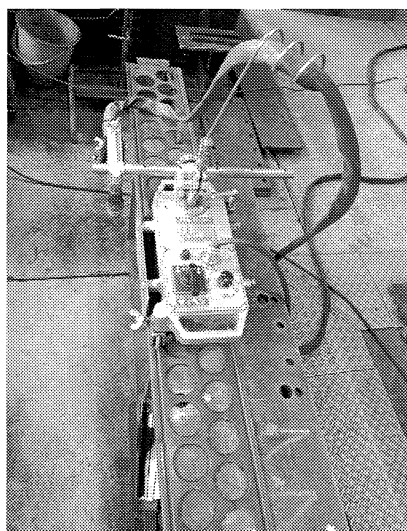
[写真・d] 専用レール



[写真・e] 防災面



[写真・g] チップと電極と専用の工具



[写真・g] カットランナーとトーチ先

### 3.3 失敗例と改善策

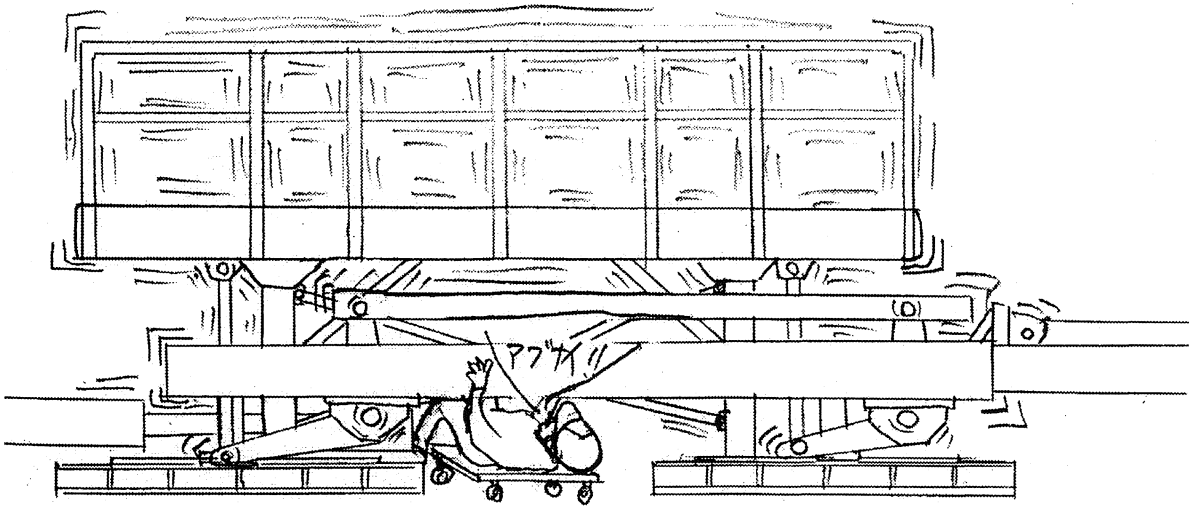
毎年、いくつかの失敗の例が生じる。これは普通からいえば、隠したくなるが、失敗の事例は、あとから続くものにとっては非常に重要な教訓、情報となるので、あえて報告書に記録しておく。失敗の責任は実験の当事者、およびセンター長にある。


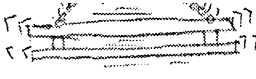
3.3.1 トラブル事例報告 1 : 加振台の下で作業中に加振台が動くトラブル

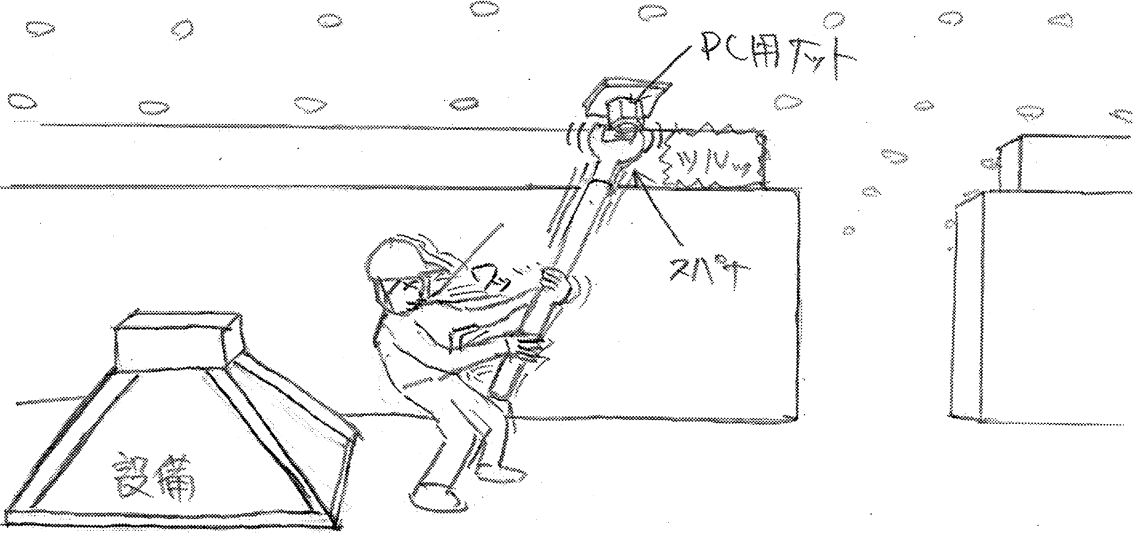
3.3.2 トラブル事例報告 2 : クレーン作動停止トラブル

3.3.3 トラブル事例報告 3 : P C 鋼棒取外し時の転倒



<p>トラブル名</p> <p>加振台の下で作業中に加振台が動くトラブル</p>			
<p>トラブル発生日</p> <p>H24年5月14日 16時00分頃</p>	<p>発生場所 or 個所</p> <p>2F加振台</p>	<p>被災者</p> <p>無し</p>	<p>報告者</p> <p>鈴木博</p>
<p>トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入)</p> <p>学友会主催の地震体験を実施中、昼の部の加振台運転時に加振台付近から“ギーギー”と異音が発生していたため、午後の加振運転前に加振台の下にもぐって可動部をグリスアップしていた。午後の運転準備にきたオペレータが不意に加振台を動かし始めたので危険を感じ、慌てて外に脱出するというアクシデントがあった。</p>			
			
<p>被害状況</p> <p>特に無し</p>			
<p>原因</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加振台の下で作業をしているというアピールがオペレータにできていなかった事</li> <li>2. オペレータが加振操作直前に、加振台に障害物がないか確認していなかった事</li> </ol>			
<p>対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・加振試験の途中に加振台付近で作業する場合は、必ずオペレータに一声を掛ける！</li> <li>・オペレータは加振台を動かす前に必ず“加振台周りに人や物などの障害物がないか？”確認する！</li> </ul> <p>また、それに対する注意書きを操作パソコンに付ける</p> <p>以上の2点を安全教育時に追加指導する、また現場にはトラブル事例報告書を掲示する</p>			

<p>トラブル名</p> <p>クレーン作動停止トラブル</p>			
<p>トラブル発生日</p> <p>H24年6月1日 16時30分頃</p>	<p>発生場所 or 個所</p> <p>20T 東天井クレーン</p>	<p>被災者</p> <p>無し</p>	<p>報告者</p> <p>鈴木博</p>
<p>トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入)</p> <p>東側の20T天井クレーンを使い、試験設備をトラックヤードに置くため東側に移動させていて2Fのシャッター付近に来たところ、突然クレーンが止まってしまい動かなくなった。</p> <p>動かなくなったのは、クレーンの200Vメインブレーカーの脱落であったが、その時、同時に#10、#14の100Vコンセントのブレーカーも落ちていた。</p> <p><u>*荷物を吊ったまま止まってしまったため、管財課と電気室及びクレーンメーカーの担当者に対応を願った！</u></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>			
<p>被害状況</p> <p>人的被害は無かったが、その時#14コンセントに繋がっているリケンコントローラは使用中であり、突然の停電により実験が中断してしまったため復帰対応に苦慮した。</p>			
<p>原因</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>原因を追求するため専門家にいろいろチェックして貰いながら復帰操作をしたが、復帰後は不具合が再現せず、クレーンの機械本体にも異常がなく問題点が見当たらないため、ペンダントスイッチのゴムケーブルが不具合原因であろうと専門家による一致した判断になった。</li> <li>200Vブレーカーの脱落原因は、クレーンのペンダントスイッチのゴムケーブルが10年以上経ち古く老朽化しているため、ケーブルがシャッター付近に置いてある供試体に触れた時、ケーブルの何処かの部分（ゴムのワレやヒビのある部分）から動力電流がリークして過電流が流れ、ブレーカーが落ちたと考えるのが一番妥当という事である。</li> <li>100Vブレーカーの脱落原因は、電気配線の構造上クレーンから200Vの過電流が流れた場合、アースから電流が逆流し100Vブレーカーに過電流が流れて、脱落したということです。たまたまクレーンの止まった位置付近にあった、北側の#10と南側の#14のコンセントのブレーカーが影響を受けて落ちました。</li> </ol>			
<p>対策</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>東西に2つあるクレーンのペンダントスイッチゴムケーブルを新品に交換し、その上に補強の被覆をつける！</li> <li>リケンコントローラ電源にUPSを取り付ける！</li> <li>旧ペンダントスイッチゴムケーブルのリーク箇所を調査し原因を確定する！</li> </ol>			

<p>トラブル名 PC鋼棒取外し時の転倒</p>			
<p>トラブル発生日 H24年8月1日 13時30分頃</p>	<p>発生場所 or 個所 1F 北側コンクリート基礎付近</p>	<p>被災者 鈴木博</p>	<p>報告者 鈴木博</p>
<p>トラブル内容 (出来るだけ詳しくまた図示等を交え解り易く記入)</p> <p>PC鋼棒のナットを締めたり緩めたりするのは、通常油圧機械を使うが、コンクリート基礎部横の孔は機械が寄せられないため、スパナを使い手締めをしている。今回実験が終了し設備を取り外すため、コンクリート基礎横のナットをスパナで緩めていた所、力を入れた瞬間にスパナの先が外れバランスを崩してよろけ、近くにあった遊休設備に体が当たり怪我を負ってしまった。</p> 			
<p>被害状況 腰と腕に軽い打撲と擦過傷を負った</p>			
<p>原因</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 口径65mmのスパナに2m程のパイプを付けてナットを回すため、手より先の部分が重いのでバランスが悪く、力を抜くとスパナ先端がすぐ外れてしまう。</li> <li>2. 作業周り近くに設備があった。</li> </ol>			
<p>対策</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCのナットを手作業で締めたり緩めたりする場合は必ず2人以上で作業し、1人はスパナ部の先が落下しないように保持する！</li> <li>2. できるだけ作業周りの設備はどかして作業スペースを確保し安全を図る！</li> </ol>			