

厚生労働科学研究費補助金
労働安全衛生総合研究事業

プレス作業を対象とした安全技術の高度化に関する研究

平成19年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 梅崎重夫

平成20（2008）年3月

目次

I. 総括・分担研究報告

プレス作業を対象とした安全技術の高度化に関する研究

1. 研究範囲 (1)
2. プレス機械の労働災害分析と災害防止対策の考察 (2)
3. 二次加工用プレスブレーキの安全システムの高度化 (6)
4. 大型プレス機械の安全システムの高度化 (7)
5. 結論 (7)

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 (11)

III. 研究成果の刊行物・別刷 (12)

厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)
総括・分担研究報告書

プレス作業を対象とした安全技術の高度化に関する研究

主任研究者 梅崎重夫 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 上席研究員
分担研究者 清水尚憲 同 上席研究員
研究協力者 斉藤 剛 同 研究員

研究要旨

平成19年度は、動力プレス機械構造規格等の改正に活用できるプレス災害の分析作業を実施した。また、二次加工用プレスブレーキと大型プレス機械の安全システムの高度化を重点に研究を実施した。

このうち、プレス機械の労働災害分析は、平成15年から17年の間に全国で発生したプレス機械を起因物とする休業4日以上 of 災害を対象に実施した。その結果、災害の大幅な減少を図るには、(1)機械安全規格であるISO12100や欧州安全規格であるEN692、EN693などに記載された保護方策を日本でも取り入れること、(2)現在問題となっているサーボプレス、プレスブレーキ、及び大型プレス機械を対象とした新たな安全システムの開発を進めること、(3)①安全囲いの標準化や安全囲いを取り外したときは機械が動かない可動式ガードの採用、②安全装置を不使用とできるキースイッチや切り替えスイッチの撤去、③両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の採用、④寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手操作でなければ行なえない方式の採用、⑤安全装置の防護高さの確保や側面・下方ガード(光線用)の設置、⑥手払い・手引き・手工具を使用しない作業形態の検討などが必要であることが判明した。

また、平成18年度に開発した二次加工用プレスブレーキと大型プレス機械の安全システムの高度化を図った。このうち、二次加工用プレスブレーキでは安全要件の更なる明確化を図るとともに、曲げられた加工物(金属板など)とスライド(または金型)側面の間には手指が挟まれる災害が全挟まれ災害の4分の1近く発生していることを考慮し、軟接触式バンパーを用いた安全システムを付加した。また、大型プレス機械では、友連れや行程間移動を考慮した安全要件の明確化を図るとともに、これらを考慮した安全システムの高度化を図った。

以上の成果は動力プレス機械構造規格等の改正作業に直ちに活用できるだけでなく、第11次労働災害防止計画でも重要な課題であるプレス災害防止対策に活用できると考えられる。

1. 研究範囲

平成19年度は、動力プレス機械構造規格等の改正に活用できるプレス災害の分析作業を実施した。また、二次加工用プレスブレーキと大型プレス機械の安全システムの高度化を重点に研究を実施した。具体的内容は次のとおりである。

2. プレス機械の労働災害分析と災害防止対策の考察

2.1 分析対象と分析結果

本来、一度経験した災害は再び繰り返すことのないように抜本的な対策を講じるべきである。しかし、プレス機械では、過去に発生した災害と同一または類似の災害が繰り返し発生している。

著者らは、この繰り返し災害の発生状況をプレス機械の種類ごとに調査するため、平成15年から17年の間に全国の製造業で発生したプレス機械による挟まれ・巻き込まれ災害(休業4日以上)の詳細分析を実施した。内訳は、フリクションクラッチ式プレスが460件、ポジティブクラッチ式プレスが201件、プレスブレーキが177件、液圧プレスが74件である。

表1は、この分析によって得られたプレス機械の典型的災害事例である。ここでは、フリクションクラッチ式プレスでの分析結果を例示した。この分析で特に注目すべき結果は次のとおりであった。

1) フリクションクラッチ式プレス

このプレスでは、安全装置の不使用が194件(42.2%)と多かった。この中には、安全装置が使用できるにもかかわらず生産性が阻害されるのを嫌がって安全装

置を使わないのが109件(23.7%)、材料を両手で保持するために安全装置が使えないのが35件(7.6%)、金型交換や試打ちのために安全装置を無効としたのが9件(2.0%)、安全装置を無効にした後に復旧を忘れたのが25件(5.4%)などの事例が認められた。また、安全装置の範囲不足が81件(17.6%)と多かった。この中では、光線式安全装置の下方から手が金型内に進入する事例が48件(10.4%)、光線式安全装置の側面から手が金型内に進入する事例が20件(4.3%)あった。

以上のうち、安全装置の不使用は、①安全装置を不使用とするキースイッチや切り替えスイッチの撤去(これが困難な場合は作業主任者による管理の徹底)、②両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の適用(当研究所の特許第3603084号のブランキングシステム⁽²⁾や特許第3540294号のフローティングシステム⁽³⁾など)、③寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手操作でなければ行なえないようにする方式の採用等が考えられる。

また、安全装置の範囲不足は、④安全装置の防護高さの確保、⑤側面ガードや下方ガード(光線式安全装置の下方からの手指の進入防止用)の設置などの方策が考えられる。

実際、日本では光線式で正面だけを保護しているプレスが大部分であるが、欧州ではプレス機械の正面の手指を入れる部分以外は、側面、背面、上下面を含めた保護が常識となっている。以後、これを便宜上「全周囲防護」と呼ぶ。この

表1 プレス機械の典型的災害事例の分析結果(フリクションクラッチ式プレスの場合) (単位:件)

事故の型	災害の原因	発生件数及び比率			
挟まれ 431 (93.7%)	安全措置なし	自動・専用プレス以外	15 (3.3%)	27 (5.9%)	
		自動・専用プレス	12 (2.6%)		
	安全型の不備(隙間が大きい等)		0		
	安全囲いの不備	取り外し	2 (0.4%)	5 (1.1%)	
		隙間から手を入れる	1 (0.2%)		
		側面から手を入れる	0		
		背面から手を入れる	0		
		上方から手を入れる	0		
		その他・不明	2 (0.4%)		
	安全装置関係の不備	不使用	安全装置が使用できるのに使わない	109 (23.7%)	194 (42.2%)
			材料両手保持のため安全装置が使えない	35 (7.6%)	
			金型交換等のため安全装置を無効とする	13 (2.8%)	
			試打ちのために安全装置を無効とする	9 (2.0%)	
			無効化の後に安全装置の復旧を忘れる	25 (5.4%)	
			その他・不明	3 (0.7%)	
		範囲不足	下方	48 (10.4%)	81 (17.6%)
			上方	1 (0.2%)	
			側面	20 (4.3%)	
			背面	3 (0.7%)	
			前方の補助光軸	2 (0.4%)	
			全体(手払い式の防護範囲不足に限る)	0	
			不明	7 (1.5%)	
			改造による無効化	10 (2.2%)	
		安全距離の不足	15 (3.3%)		
		安全装置の故障	5 (1.1%)		
		不適切な安全装置の選択	0		
	調整不十分	手引き式		0	1 (0.2%)
手払い式			1 (0.2%)		
その他・不明			0		
不適当な行程の選択	連続	15 (3.3%)	26 (5.7%)		
	一行程	7 (1.5%)			
	寸動	4 (0.9%)			
	その他・不明	0			
	故障(安全装置以外)または誤動作によるスライドの二度落ちなど	クラッチ/ブレーキの故障や誤動作		5 (1.1%)	20 (4.3%)
	電磁弁の故障や誤動作	2 (0.4%)			
	制御回路の故障や誤動作	2 (0.4%)			
	配線の断線、短絡	1 (0.2%)			
	その他	1 (0.2%)			
	原因不明	9 (2.0%)			
	周辺装置からの信号によって突然機械が起動	4 (0.9%)			
	他の作業者が誤って機械を起動	8 (1.7%)			
	電源を落とさずに金型交換する(ポジティブクラッチ式に限る)	0			
	手工具の不使用	4 (0.9%)			
	その他・不明	43 (9.3%)			
飛来・落下 28 (6.1%)	金型の破片が飛来	4 (0.9%)			
	材料・加工物の飛来	2 (0.4%)			
	金型が落下	20 (4.3%)			
	その他・不明	2 (0.4%)			
その他・不明	1(0.2%)	1 (0.2%)			
合計		460(100.0%)			

注)原因が重複しているものがあるため、発生件数を加算した件数と合計の件数は一致しない。

表2 プレスブレーキによる挟まれ・巻き込まれ災害の形態 (単位:件)

挟まれ・巻き込まれ災害の形態	発生件数及び比率
上金型と下金型の間	84 (49.4%)
曲げられた加工物(金属板)とスライド側面等の間	42 (24.7%)
上記以外(下型とバックゲージ、バックゲージと加工物の間など)	9 (5.3%)
不明	35 (20.6%)
合計	170(100.0%)

ような全周囲防護の発想が、安全装置の範囲不足に対して有効と考えられる。

2) ポジティブクラッチ式プレス

このプレスでは、安全措置なしが 54 件 (26.9%)、安全装置の不使用が 34 件 (16.9%)、安全囲いの不備が 22 件 (10.9%)と多かった。

このうち、安全装置が使用できるのに使わない事例 28 件 (13.9%) の中では、他のプレスに見られない特徴として、手引き式や手払い式の不使用が 16 件と全体の 57.1%を占めていた。また、安全囲いの不備では、安全囲いを取り外した事例が 9 件 (4.5%)、安全囲いの隙間から手を入れた事例が 4 件 (2.0%)あった。

さらに、他のプレス機械にない特徴として、電源を落とさずに金型交換を行なって被災した事例が 21 件 (10.4%)、手払い式安全装置が付いているにも係わらず防護範囲の不足などから被災した事例が 17 件 (8.4%)あった。また、クラッチピンの破損、その他クラッチ/ブレーキの異常が 10 件 (5.0%)と他のプレス機械と比較して多かった。

以上のうち、安全措置がないプレスには、原則として安全囲いを設置する必要がある。しかし、安全囲いを後から設置すると費用がかさむ。また、安全囲いは作業の都合上取り外されることも多い。したがって、①安全囲いを構成する部材や隙間を標準化して製作コストを削減する、②安全囲いを取り外したときは機械が動かない可動式ガードとするなどの方策を進める必要がある。

さらに、手引き式や手払い式的安全装置は簡単に不使用とできる、防護範囲が

不足する(手払い式)などの理由から、安全装置としては適当でないと考えられる(現実には、欧州では手引き式や手払い式は安全装置として認められていない)。このため、手引き式や手払い式的安全装置に両手起動式の操作装置が併用されることもある。しかし、両手起動式装置を毎分ストローク数の小さい機械に適用したときは安全距離が不足することもある。したがって、ポジティブクラッチ式プレスでハンド・インダイの作業を行なう際は、原則として欧州で使われているガードロック付きインタロックガードを使用すべきである。この装置では、クラッチピンの破損などが生じたときもスライドを停止できるため、クラッチ系の異常に対しても保護効果が高いと考えられる。

3) 液圧プレス

このプレスでは、安全措置なしが 14 件 (18.9%)、安全装置の不使用が 8 件 (10.8%)、安全囲いの不備が 7 件 (9.5%)と多かった。また、事故の型が飛来・落下である事例が 15 件 (20.3%)と他のプレス機械と比較して多かった。この中には、金型が落下した事例が 8 件 (10.8%)、金型の破片が飛来した事例が 2 件 (2.7%)あった。

このうち、飛来・落下に対しては、金型の適切な強度設計(金型、ボルトなど)や事前の作業方法の検討などを行なえば防止できた事例が大半と推察される。したがって、これらの対策を確実に実施する必要がある。

4) プレスブレーキ

このプレスでは、安全装置が設置され

ていないために発生した災害が 152 件と、全挟まれ災害の 89.4%を占めていた。これは、プレスブレーキでは作業者が加工物(金属板など)を両手で持ちながら金型から数cmの位置まで手指を近接させて作業を行う必要があるために、安全装置の使用が困難なためと考えられる。

また、挟まれ災害の中では、他のプレス機械にない特徴として、①上金型と下金型の中に手指が挟まれる災害(84件、全挟まれ災害の 49.4%)だけでなく、②曲げられた加工物(金属板など)とスライド(または金型)側面の中に手指が挟まれる災害(42件、全挟まれ災害の 24.7%)も認められる(表2参照)。

このうち、①に対しては、上金型の直下をレーザービームで監視するレーザー式安全装置の適用などが考えられる。しかし、この装置は②の災害に対しては効果的でない。このため、著者らは、以上の問題を総合的に解決できる新たな安全システムの開発を進めている。これについては第3章に概説した。

5) 大型プレス機械

このプレスでは、平成5年から平成14年までに発生した大型プレス機械(圧力能力500トン以上)による死亡労働災害事例4件を対象とした。ただし、対象業種は製造業に限定し、事故の型は「挟まれ・巻き込まれ」に限定した。

この中には、作業者が金型内に入っているときに、他の作業者が誤って起動ボタンを押してスライドを起動させたために死亡災害が発生している事例があった。また、光線式安全装置が設置されていたにもかかわらず、作業者が光軸とボ

ルスタの間に入り込んだために検知できなかった事例、複数の作業者が一緒になって広大な危険区域に進入したときに一部の作業者が取り残される事例、作業者が前後の工程間に移動して作業を行ったために災害に至った事例も認められた。

これらの災害に対しては、レーザー式装置によって金型内を直接監視する方法が効果的である。しかし、直接監視は金型や機械の形状によっては適用が困難である。このため、著者らは、以上の問題を総合的に解決できる新たな安全システムとして直接監視と間接監視の両方に対応できる新たな安全システムの開発を進めている。これについては第4章に概説した。

2.2 考察

現在、プレス機械では、ISO12100 や EN692, EN693 にしたがって保護方策を行なうのが一般的となりつつある。この方策の中心となるのが、ISO12100に定める本質的安全設計方策(ステップ1)と安全防護物の適用(ステップ2)である。

このうち、ステップ1は、遮蔽式工具(日本では「安全金型」と呼んでいる)の適用や自動化によるノーハンド・イン・ダイの実現が該当する。これに対し、ステップ2では、著者らが全周囲防護と呼ぶ方策が基本となる。これは、危険区域の全周囲を想定ガードで囲み、この中で手指の進入が必要な最小部分だけを開口部として光線式安全装置などを適用するとともに、危険区域の側面・背面・上下面にはすべて固定式ガードを設けて作業者以外の第三者を含む手指の進入を防

止する方策である。

実際の固定式ガードは、日本では安全囲いと呼ばれている。しかし、日本の安全囲いは容易に取り外しができるものや隙間から簡単に手指を入れられるものも多く、これがプレス災害の原因になっている。また、一般に安全囲いを後から設置すると費用がかさむ。したがって、①安全囲いを構成する部材を標準化して製作の容易化を図りコストを削減するとともに、②安全囲いを取り外したときは機械が動かない可動式ガードとする、③手指が隙間から容易に進入できない寸法とするなどの標準化を進める必要がある。また、日本のプレス機械では全周囲防護の発想がないために光線式安全装置の下側やプレス機械の側面などから危険区域に容易に手指が入り得る。この問題に対しては、④安全装置の防護高さを十分なものとする、⑤側面ガードや下方ガード(光線式安全装置の下方からの手指の進入を防止するガード)を設置することなどの対策が考えられる。

さらに、日本ではプレス機械用の安全装置として、ガード式、光線式、両手操作式、手引き式、手払い式などが認められている。しかし、日本のプレス機械では、安全装置を無効とできるキースイッチや切り替えスイッチを備えているものも多い。このため、作業者の安易な無効化操作によって次のようなときに安全装置を不使用とすることがあり、これがプレス災害の原因になっている。

- (a) 安全装置の使用によって生産性が低下するときや作業性が阻害されるとき

- (b) 長尺物や板状の材料を両手で保持して作業を行なうために安全装置が使えないとき

- (c) 金型の交換作業や試打ちの作業のために安全装置を無効化する必要があるとき

これらの問題に対しては、⑥安全装置を不使用とできるキースイッチや切り替えスイッチの撤去(これが困難な場合は作業主任者による管理の徹底)、⑦両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の適用(文献(2)、(3)参照)、⑧寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手操作でなければ行なえないなどの対策が考えられる。なお、手引き・手払い・手工具は確実性に劣るため出来るだけ使用しない作業方法の検討が必要である。

また、実際のプレス機械では、制御システムの安全関連部(安全装置や安全制御回路が該当する)の故障によってスライドが異常動作(二度落ちなど)を起こすことがある。このため、ISO13849 では故障発生時にスライドを停止できるフェールセーフ特性を実現するために、カテゴリ4の要件を規定している。しかし、日本ではカテゴリに関する規定がないために、危険側故障の発生のおそれがある。したがって、⑨カテゴリ4の要件を満足できる制御システムの安全関連部の構築が必要である。

特に、今後の日本の製造現場ではサーボプレスの急速な普及が見込まれるが、このプレスでは制御システムの安全関連部の故障が直ちにスライドの異常動作を発生させるおそれがある。したがっ

て、この点を考慮したサーボプレス用安全システムの構築が必要である。これについては、第5章に概説した。

2.3 まとめ

プレス災害の多くは、過去に発生した災害と同一・類似の繰り返し災害である。本来、一度経験した災害は再び繰り返すことのないように抜本的な方策を講じるべきである。このため、著者らはこの問題に対して次の方策を提案する。

- 1) 機械安全規格である ISO12100 や欧州安全規格である EN692、EN693 などに記載された保護方策を日本でも取り入れること。
- 2) 現在問題となっているプレスブレーキ、大型プレス機械及びサーボプレスを対象とした新たな安全システムの開発を進めること。
- 3) 過去に発生した災害と同一・類似の繰り返し災害に対して、次の方策を講じること。
 - (a) 安全囲いの標準化や安全囲いを取り外したときは機械が動かない可動式ガードの採用
 - (b) 安全装置を不使用とできるキースイッチや切り替えスイッチの撤去(これが困難な場合は作業主任者による管理の徹底)
 - (c) 両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の採用
 - (d) 寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手操作でなければ行なえない方式の採用
 - (e) 安全装置の防護高さの確保や側面・下方ガード(光線用)の設置
 - (f) 手払い・手引き・手工具を使用しない

作業形態の検討など

以上の方策によって、現在下げ止まりとなっているプレス機械による労働災害の大幅な減少が図れると考える。

3. 二次加工用プレスブレーキの安全システムの高度化

プレスブレーキによる労働災害は、作業者が薄板などの加工材を両手で保持しながら、プレス加工を行うときに多発している。このときの保護装置として、複数光軸遮光型の光線式安全装置(光軸を1本だけ遮光したときは許可信号をオンとし、光軸を2本以上遮光したときは許可信号をオフとする光線式安全装置。薄板の存在時は遮光される光軸を1本とし、手指の存在時は遮光される光軸を2本以上とすることで薄板と手指の進入を区別する)が推奨されている。しかし、箱物などの二次加工では、作業者の手が常に光線式安全装置の光軸を遮光してしまうために、複数光軸遮光型の光線式安全装置などの使用は困難と考えられる。

また、最近ではプレス加工の高付加価値化を目的として、サーボ機構を備えたプレスブレーキが普及しつつある。しかし、サーボ機構を備えたプレスではサーボ制御系の故障や電磁ノイズの影響などによってスライドが予想もしない異常な動作をする可能性がある。さらに、プレスブレーキでは、上金型と下金型の間には手指が挟まれる災害だけでなく、曲げられた加工物(板など)とスライド(または金型)側面の間には手指が挟まれる災害も認められる。

そこで、以上の問題に対応できる二次加工用プレスブレーキの安全システムとして、次の特徴を備えた安全システムの開発を進めた⁽⁴⁾、⁽⁵⁾(図1, 写真1参照)。

- 1) 作業者の手指が上金型の直下に進入していないかをレーザービームを利用して常時監視し、手指の進入時は直ちにスライドを停止させる。
- 2) スライドの運動が正常であることをロータリーエンコーダによって常時監視し、異常のときは直ちにスライドを停止させる。
- 3) プレスブレーキのスライドの側面に軟接触式の検知装置(バンパー)を設置し、板が作業者の手指を挟んだときはバンパーが検知して直ちにスライドを停止させる。

以上のうち、平成 19 年度は3)の機能の開発を重点に研究を実施した。

4. 大型プレス機械用安全システムの高度化

大型プレス機械では、作業者がトラブル処理などのためにスライドを停止させてライン内に進入することがある。このときに他の作業者が誤って再起動操作を行なうと、スライドが不意に起動して重大な災害を発生させかねない。

そこで、このような場合の災害防止対策として、レーザースキャニング技術を使って金型内を直接監視する方式の開発を進めた。しかし、この方式は金型の形状によっては死角が生じるために、すべてのプレス作業に適用できるわけではない。

このため、RFIDを使った指名者以外

の進入禁止システム(フォールト・トレラントシステム)と、カウンタゲートを使った指名者に対する入退出管理システム(インタロックシステム)の階層化構成による間接監視システムの構築を併せて進めた⁽⁶⁾。このシステムは次の特徴を備えている(図2, 写真2参照)。

- 1) 作業者が所定のタグを提示しない限り、ゲートはロックされてライン内に進入できない。
- 2) 作業者が所定のタグを提示すると、ゲートのロックが解除される。このとき、作業者がゲートを通過してライン内に進入すると、ゲートが回転したときにカウント数が1だけ増加する。一方、作業者がライン内から退出するときは、ゲートは逆回転してカウント数が1だけ減少する。このカウント数が0となったときに限り、機械の運転を許可する。
- 3) 作業者が前後の工程に移動したときは光線式安全装置などによって検出した後、警報を発報し機械の運転を許可しない。
- 4) 大規模で複雑な安全制御システムを容易に構築するために、非対称誤り特性を備えた安全フィールドバスを利用する。

以上のうち、平成 19 年度は友連れ(複数の作業者が同時にライン内に進入すること)や行程間移動に対する保護方策を重点に安全システムの高度化を図った。

5. 結論

平成19年度は、動力プレス機械構造規格等の改正に活用できるプレス

災害の分析作業を実施した。また、二次加工用プレスブレーキと大型プレス機械の安全システムの高度化を重点に研究を実施した。

このうち、プレス機械の労働災害分析は、平成15年から17年の間に全国で発生したプレス機械を起因物とする休業4日以上 of 災害を対象に実施した。その結果、災害の大幅な減少を図るには、(1)機械安全規格であるISO12100や欧州安全規格であるEN692、EN693などに記載された保護方策を日本でも取り入れること、(2)現在問題となっているサーボプレス、プレスブレーキ、及び大型プレス機械を対象とした新たな安全システムの開発を進めること、(3)①安全囲いの標準化や安全囲いを取り外したときは機械が動かない可動式ガードの採用、②安全装置を不使用とできるキースイッチや切り替えスイッチの撤去(これが困難な場合は作業主任者による管理の徹底)、③両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の採用、④寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手操作でなければ行なえない方式の採用、⑤安全装置の防護高さの確保や側面・下方ガード(光線用)の設置、⑥手払い・手引き・手工具を使用しない作業形態の検討などが必要であることが判明した。

また、平成18年度に開発した二次加工用プレスブレーキと大型プレス機械の安全システムの高度化を図った。このうち、二次加工用プレスブレーキでは安全要件の更なる明確化を図るとともに、曲げられた加工物(金属板など)とスライド(または金型)側面の間に手指が挟まれる災害が全挟まれ災害

の4分の1近く発生していることを考慮し、軟接触式バンパーを用いた安全システムを付加した。また、大型プレス機械では、友連れや行程間移動を考慮した安全要件の明確化を図るとともに、これらを考慮した安全システムの高度化を図った。さらに、今後の災害発生が懸念されているサーボプレスを対象に、安全ドライブシステムの実証モデルの整備を進めた。

以上の成果は動力プレス機械構造規格等の改正作業に直ちに活用できるだけでなく、第11次労働災害防止計画でも重要な課題であるプレス災害防止対策に活用できると考えられる。

参考文献

- (1) 安全衛生年鑑(昭和30年代から現在まで)、中央労働災害防止協会
- (2) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土伸彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・川戸真二・田上憲一・石坂文二・松井龍二・鈴木常夫、フェールセーフな教示機能を備えたブランキングシステムの開発、日本機械学会論文集、68-670, C(2002), 1755-1783
- (3) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土伸彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・鷺崎一郎、フローティング機能を備えたロール機用安全システムの開発、日本機械学会論文集、68-672, C(2003), 2316-2323
- (4) S. SHIMIZU and S. UMEZAKI, Development of Safety System of Press Brake, 5th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Japan (2007) 340-345

- (5) 清水尚憲・梅崎重夫, プレスブレーキ用安全システムの開発—サーボ機構を備えた二次加工用プレスブレーキの安全要件の解明—, 日本機械学会関東支部第13期大会 (2007) 185-186
- (6) 梅崎重夫・清水尚憲, 大型プレス機械用安全システムの開発—RFIDとカウンタゲートの階層化構成による間接監視方式の提案—, 日本機械学会関東支部第13期大会 (2007) 187-188

以上

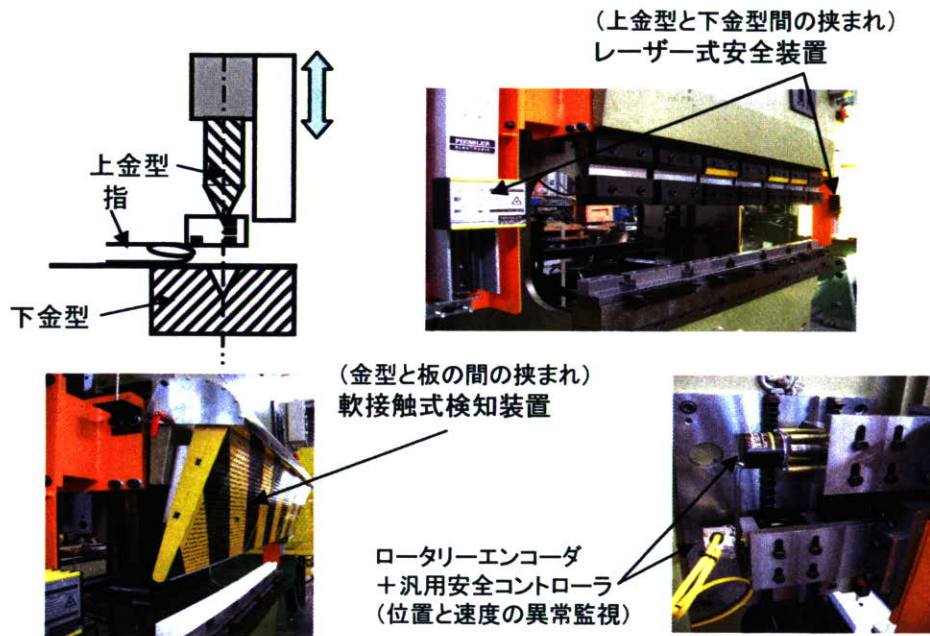


図1、写真1 二次加工用プレスブレーキの安全システム

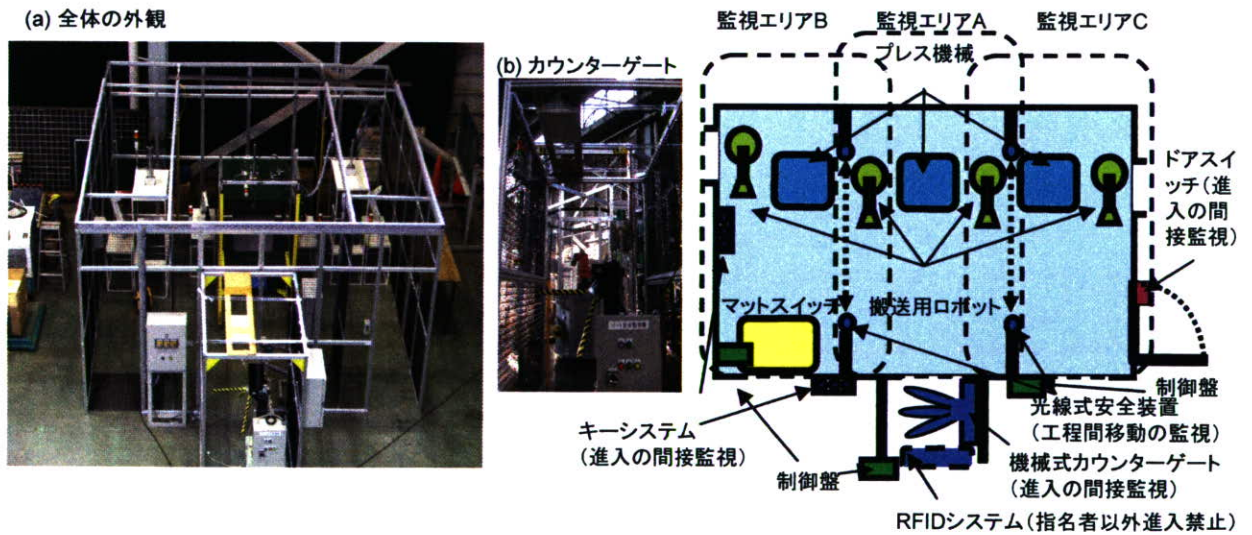


図2、写真2 大型プレス機械用安全システムの原理モデル

研究成果の刊行に関する一覧表

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	番号	ページ	出版年
梅崎重夫、清水尚憲	プレス作業—安全技術の高度化	平成 19 年度労働安全衛生重点研究推進シンポジウム(2007.12.13)		11-14	2007
S.SHIMIZU and S.UMEZAKI	Development of safety system for press brake	SIAS 2007(2007.11.13)	5th	340-345	2007
清水尚憲、梅崎重夫	プレスブレーキを対象とした安全システムの開発	電子情報通信学会 安全性研究会 (2008.3.27) で発表予定		5-8	2008
梅崎重夫、清水尚憲	プレス機械の労働災害分析と災害防止対策の考察	電子情報通信学会 安全性研究会 (2008.3.27) で発表予定		9-12	2008
梅崎重夫、清水尚憲、齋藤剛	プレス作業における安全技術の高度化	労働安全衛生研究誌 (独立行政法人労働安全衛生総合研究所編) に投稿予定			2008
清水尚憲、梅崎重夫	サーボ機構を備えた二次加工用プレスブレーキの保護システムの開発	日本機械学会誌に投稿予定			
清水尚憲、梅崎重夫	複数の大型プレス機械の連動ラインにおける共連れと工程間移動を考慮した階層化安全制御システムの開発	日本機械学会誌に投稿予定			

平成19年度労働安全衛生重点研究推進シンポジウム プログラム

○開会挨拶 労働安全衛生総合研究所理事長 荒記俊一 (10:00～10:10)

○来賓挨拶 厚生労働省安全衛生部長 鶴田憲一 (10:10～10:20)

○ 第1部：労働衛生の新しい健康問題と管理方策(10:20～11:50)

<座長> 小木和孝 (財団法人労働科学研究所主管研究員)

原谷隆史 (安衛研作業条件適応研究グループ上席研究員)

(1) 精神障害者の一般就労と職場適応の支援—モデルプログラムの開発

(10:20～10:40)

東北福祉大学教授 西尾雅明

(2) 労働者のメンタルヘルス対策—地域保健・医療との連携のあり方 (10:40～11:00)

三重大学大学院医学系研究科教授 横山和仁

(3) 労働安全衛生マネジメントシステム—労働衛生上のリスク対応に必要なアセスメントツール等の開発 (11:00～11:20)

産業医科大学産業医実務研修センター 梶木繁之

(4) 討論 (11:20～11:50)

○ 第2部：産業安全の課題から(13:00～14:30)

<座長> 浅野和俊 (山形大学名誉教授)

安藤隆之 (安衛研化学安全研究グループ部長)

(1) 非石綿ガスカート—高温密封性能の評価と試験方法の開発 (13:00～13:20)

東京電機大学教授 辻 裕一

(2) プレス作業—安全技術の高度化 (13:20～13:40)

安衛研機械システム安全研究グループ上席研究員 梅崎重夫

(3) 建設業における中小企業の安全意識向上に資する労働災害損失の計測手法の構築

(13:40～14:00)

安衛研人間工学・リスク管理研究グループ主任研究員 高木元也

(4) 討論 (14:00～14:30)

○ 第3部：有害性機序の解明(14:40～15:40)

<座長> 池田正之 (財団法人京都工場保健会理事 東北大学名誉教授 京都大学名誉教授)

甲田茂樹 (安衛研有害性評価研究グループ上席研究員)

(1) 高気圧作業に伴う標準減圧表の安全性評価 (14:40～15:00)

東京医科歯科大学教授 眞野喜洋

(2) 中皮腫発生に関わる職業性石綿曝露 (15:00～15:20)

岡山労災病院副院長 岸本卓巳

(3) 討論 (15:20～15:40)

○ パネルディスカッション：安全衛生の新しい課題にいかに対応するか (15:40～17:00)

座長 : 平野敏右 (千葉科学大学学長 東京大学名誉教授)

行政側 : 平野良雄 (厚生労働省安全衛生部安全課長)

使用者側 : 福光保典 ((社)日本化学工業協会 日本レスポンシブル・ケア協議会部長)

労働者側 : 漆原 肇 (日本労働組合総連合会総合労働局雇用法制対策局部長)

研究者側 : 杉本 旭 (長岡技術科学大学教授), 久永直見 (愛知教育大学教授)

○ 閉会 労働安全衛生総合研究所研究企画調整部長 小川 康恭

プレス作業—安全技術の高度化

独立行政法人労働安全衛生総合研究所

機械システム安全研究グループ 梅崎重夫、清水尚憲

1. はじめに

プレス機械による労働災害は、労働安全衛生法施行直後の昭和49年に5,450件であったものが平成16年には1,121件と大幅に減少した。しかし、災害の減少の多くは、図1に示すように⁽¹⁾、①旧式のポジティブクラッチ式プレスの廃棄などによるものと考えられ、②フリクションクラッチ式の機械プレス、③液圧プレス、④プレスブレーキなどによる災害は、過去20年間横ばい状況にある。また、最近では、⑤サーボプレスの急速な普及や、⑥大型プレス機械で頻発している死亡災害など、新たな安全技術を必要とする問題も認められる。

このため、本研究では、上記②～⑥のプレス機械を対象に、最近の技術進歩を考慮した安全技術の高度化に関する研究を行っている。具体的には、サーボプレスの安全要件の解明、大型プレス機械や二次加工用プレスブレーキの安全システムの高度化などを重点に研究を実施している。本報では、これらの研究の概要を述べる。

2. プレス災害の分析結果

本研究では、まず、平成11年から16年までに首都圏の製造業で発生したプレス機械による挟まれ災害(死亡又は休業4日以上)約1,400件の分析を行った。その結果、手指などが切断や座滅に至ったプレス災害の割合は、図2に示すように、平成11年には47%、平成13年には45%であったものが、平成15年は56%、平成16年は59%に達しており、災害の重篤化が推察された。

また、本研究では、プレス機械の種類ごとに、平成15年から17年の間に発生した災害(死亡又は休業4日以上)の分析を行った。内訳は、フリクションクラッチ式プレスが約460件、ポジティブクラッチ式プレスが約200件、プレスブレーキが約180件、液圧プレスが約70件である。

この分析で特に注目すべき結果は次のとおりであった。

1) フリクションクラッチ式プレス

このプレスでは、安全装置の不使用方法に関連する災害が全災害のうち43%と多かった。この中には、安全装置が使用できるにも関わらず生産性が阻害されるのを嫌がって安全装置を使わない、材料を両手で保持するために安全装置が使えない、金型交換や試打ちのために安全装置を無効とする、安全装置を無効にした後に復旧を忘れるなどのケースが認められた。また、安全装置の範囲不足が18%あった。この中では、光線式安全装置の下方や側面から手が金型内に進入するケースが多かった。

以上のうち、安全装置の不使用方法に関しては、①安全装置を不使用方法とできるキースイッチや切り替えスイッチの作業主任者による管理の徹底やスイッチの撤去、②両手保持が必要な作業にも利用できる安全装置の開発(当研究所の特許第3603084号のプランキングシステム⁽²⁾や特許第3540294号のフローティングシステム⁽³⁾など)、③寸動時でも安全装置を有効とするか寸動は両手

操作でなければ行なえないようにするなどの対策が考えられる。また、安全装置の範囲不足に関しては、④安全装置の防護高さを十分なものとすること、⑤側面ガードを設置することなどの対策が考えられる。

2) プレスブレーキ

このプレスでは、安全装置が設置されていないために発生した災害が全挟まれ災害の91%と圧倒的に多かった。これは、このプレスでは作業者が金型に近接する必要があるために、安全装置の使用が困難なためと考えられる。また、このプレスでは、上金型と下金型の間に手指が挟まれる災害(全挟まれ災害の49%)だけでなく、曲げられた加工物(板など)とスライド(または金型)側面の間に手指が挟まれる災害(全挟まれ災害の25%)も認められる。このため、本研究では、以上の問題を総合的に解決できる新たな安全システムの開発を進めている。この詳細は第3章で述べる。

5) 大型プレス機械

このプレスでは、作業者が金型内に入っているときに、他の作業者が誤って起動ボタンを押してスライドを起動させたために死亡災害が発生している事例が多かった。また、光線式安全装置が設置されていたにもかかわらず、作業者が光軸とボルスタの間に入り込んだために検知できなかった事例や、作業者が前後の工程間に移動して作業を行なったために災害に至ったケースも認められた。このため、本研究では、以上の問題を総合的に解決できる新たな安全システムの開発を進めている。この詳細は第4章で述べる。

3. 二次加工用プレスブレーキの安全システムの高度化

プレスブレーキによる労働災害は、作業者が薄板などの加工材を両手で保持しながら、プレス加工を行うときに多発している。このときの保護装置として、複数光軸遮光型の光線式安全装置(光軸を1本だけ遮光したときは許可信号をオンとし、光軸を2本以上遮光したときは許可信号をオフとする光線式安全装置。薄板の存在時は遮光される光軸を1本とし、手指の存在時は遮光される光軸を2本以上とすることで薄板と手指の進入を区別する)が推奨されている。しかし、箱物などの二次加工では、作業者の手が常に光線式安全装置の光軸を遮光してしまうために、複数光軸遮光型の光線式安全装置などの使用は困難と考えられる。

また、最近ではプレス加工の高付加価値化を目的として、サーボ機構を備えたプレスブレーキが普及しつつある。しかし、サーボ機構を備えたプレスではサーボ制御系の故障や電磁ノイズの影響などによってスライドが予想もしない異常な動作をする可能性がある。さらに、プレスブレーキでは、上金型と下金型の間に手指が挟まれる災害だけでなく、曲げられた加工物(板など)とスライド(または金型)側面の間に手指が挟まれる災害も認められる。

そこで、以上の問題に対応できる二次加工用プレスブレーキの安全システムとして、次の特徴を備えた安全システムの開発を進めている^{(4),(5)}(図3、写真1参照)。

- 1) 作業者の手指が上金型の直下に進入していないかをレーザービームを利用して常時監視し、手指の進入時は直ちにスライドを停止させる。
- 2) スライドの運動が正常であるかをロータリーエンコーダによって常時監視し、異常のときは直ちに

スライドを停止させる。

3) プレスブレーキのスライドの側面に軟接触式の検知装置(バンパー)を設置し、板が作業者の手指を挟んだときはバンパーが検知して直ちにスライドを停止させる。

4. 大型プレス機械用安全システムの高度化

大型プレス機械では、作業者がトラブル処理などのためにスライドを停止させてライン内に進入することがある。このときに他の作業者が誤って再起動操作を行なうと、スライドが不意に起動して重大な災害を発生させかねない。そこで、このような場合の災害防止対策として、レーザースキャニング技術を使って金型内を直接監視する方式の開発を進めている。しかし、この方式は金型の形状によっては死角が生じるために、すべてのプレス作業に適用できるわけではない。

このため、RFIDを使った指名者以外の進入禁止システム(フォールト・トレラントシステム)と、カウンタゲートを使った指名者に対する入退出管理システム(インタロックシステム)の階層化構成による間接監視システムの構築を併せて進めている⁽⁶⁾。このシステムは次の特徴を備えている(図4、写真2参照)。

- 1) 作業者が所定のタグを提示しない限り、ゲートはロックされてライン内に進入できない。
- 2) 作業者が所定のタグを提示すると、ゲートのロックが解除される。このとき、作業者がゲートを通過してライン内に進入すると、ゲートが回転したときにカウント数が1だけ増加する。一方、作業者がライン内から退出するときは、ゲートは逆回転してカウント数が1だけ減少する。このカウント数が0となったときに限り、機械の運転を許可する。
- 3) 作業者が前後の工程に移動したときは光線式安全装置などによって検出した後、警報を発報し機械の運転を許可しない。
- 4) 大規模で複雑な安全制御システムを容易に構築するために、非対称誤り特性を備えた安全フィールドバスを利用する。

5. サーボプレスの安全要件の解明

サーボプレスの安全要件は、きわめて単純であることが判明した。具体的には、①手指が危険限界内に進入していないか、またはスライドが下降していないことの常時監視、②サーボ制御系のフェールセーフ性の保証、及び③機械式ブレーキの停止性能の保証だけに集約できる。ただし、「スライドが下降していないこと」の常時監視がないと、安全要件は複雑になる。

また、②では、機能安全に基づく確率的なリスク低減策が必要である。そこで、サーボプレスの主要構成要素であるサーボドライバを対象に、ISO13849-1 で述べられている安全制御カテゴリ(Cat.)と IEC61508 で述べられている安全完全性レベル(SIL)の両指標を両立できる安全性評価指標を検討している。具体的には、危険側故障の平均時間間隔(MTTFd)、診断有効度(DC)、共通原因故障(CCF)や系統的故障などを考慮したものとする。また、この指標に基づいて実証実験を行なうための装置として、サーボプレス用安全ドライブシステムの実証モデルの整備を進めている。

6. おわりに

今後、プレス作業における安全技術の高度化を図るには、レーザー計測を利用した環境認識などの最新の光電子技術、RFIDを利用した作業者識別技術、非対称誤り特性を備えた安全フィールドバスなどの最新のIT関連技術の活用などが必要と考えられる。これらの技術が災害の多発している中小零細企業まで広く普及することによって、労働災害の大幅な減少が期待できる。

また、現在、機械安全分野ではISO12100に定めたリスク低減戦略に基づいて機械の災害防止対策を行なうのが常識となりつつある。このため、厚生労働省でもこの戦略と実質同一の「機械の包括的安全基準に関する指針」の改定を本年7月に公表した。以上の技術は、これらの規格や指針が対象とする機械設備にも広く適用できると考えられる。本研究の成果が、プレス機械だけでなく災害発生のおそれのある様々な機械設備に広く応用されることを期待する。

参考文献

- (1) 安全衛生年鑑(昭和30年代から現在まで)、中央労働災害防止協会
- (2) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土伸彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・川戸真二・田上憲一・石坂文二・松井龍二・鈴木常夫、フェールセーフな教示機能を備えたブランキングシステムの開発、日本機械学会論文集、68-670、C(2002)、1755-1783
- (3) 梅崎重夫・清水尚憲・小林茂信・井土伸彦・中村英夫・三平律雄・山下昌弘・鷺崎一郎、フローティング機能を備えたロール機用安全システムの開発、日本機械学会論文集、68-672、C(2003)、2316-2323
- (4) S. SHIMIZU and S. UMEZAKI, Development of Safety System of Press Brake, 5th International Conference Safety of Industrial Automated Systems, Japan (2007) 340-345
- (5) 清水尚憲・梅崎重夫、プレスブレーキ用安全システムの開発—サーボ機構を備えた二次加工用プレスブレーキの安全要件の解明—、日本機械学会関東支部第13期大会 (2007) 185-186
- (6) 梅崎重夫・清水尚憲、大型プレス機械用安全システムの開発—RFIDとカウンタゲートの階層化構成による間接監視方式の提案—、日本機械学会関東支部第13期大会 (2007) 187-188

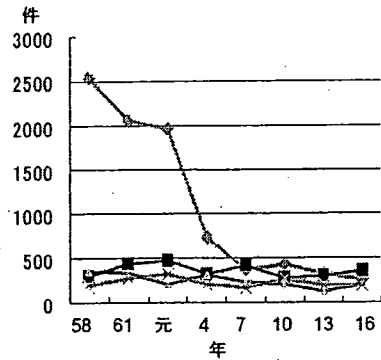


図1 プレス機械の種類ごとの労働災害発生件数

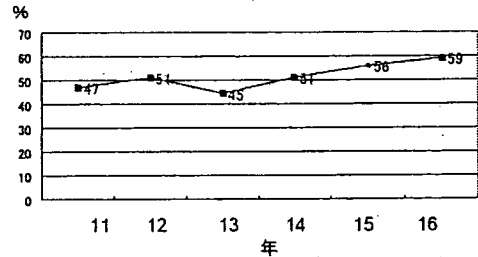


図2 傷害部位が座減や切断に至ったプレス災害の割合

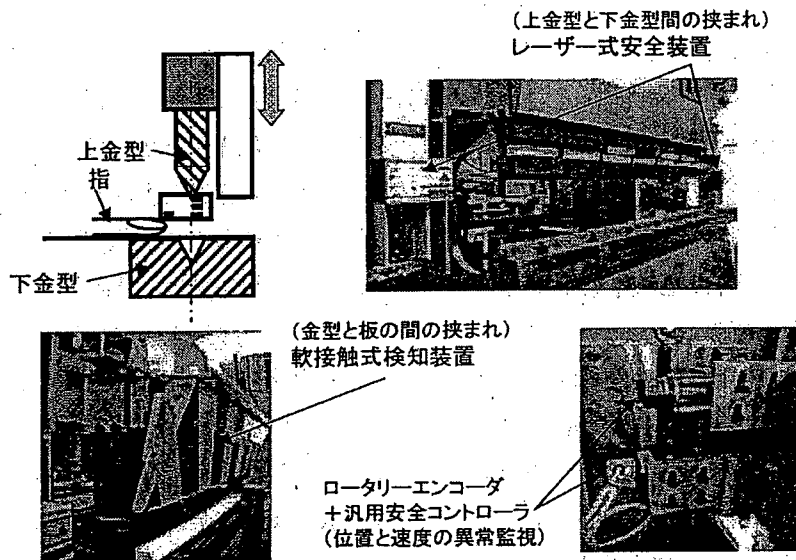


図3、写真1 開発中の二次加工用プレスブレーキの安全システム

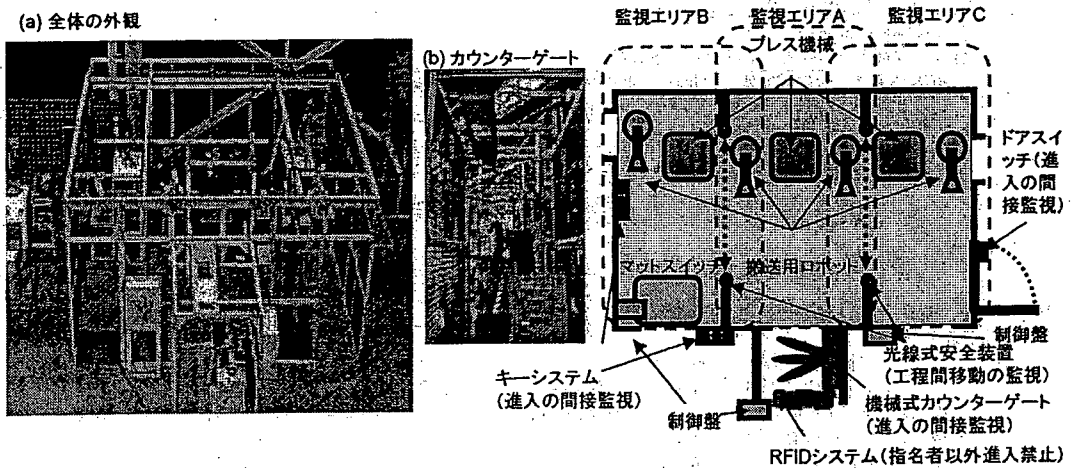


図4、写真2 開発中の大型プレス機械用安全システムの原理モデル