

C-3-1-2-2 PDAによる作業・安全観測の実施

観測結果からリスク分析を行うにあたり以下の4種の集計表について検討を行った。
集計1のみ表記し、残りは省略する。

- ・集計1：要素作業の安全レベルと不安全状態（表 C-3-1-2-1, 表 C-3-1-2-2, 表 C-3-1-2-3）
要素作業での安全レベルの内訳からどの作業に不安全があるかを表し、同時に不安全状態の内容も表す。また、不安全発見率は各観測項目の件数に対し、安全レベルにおいて不安全と観測された割合を表す。切断工場については良好以外、反転艀装ブロックについては良好・やや不足以外で観測された割合を表す。また、作業比率は各観測項目の総観測件数に対する割合を表している。
- ・集計2：不安全状態の安全レベルと足下の状態
不安全状態と作業者の足下の状態の関連を表す。
- ・集計3：足下の状態の安全レベルと不安全状態
足下の状態と安全レベルまたは不安全状態の関連を表す。
- ・集計4：観測された安全レベルでの重要指摘
安全レベルがルール違反と災害直結の観測値を抽出する。

表 C-3-1-2-1 要素作業の安全レベルと不安全状態（切断工程）

工程名	要素作業	安全レベル										不安全状態								不安全状態なし	入力無し	観測件数	
		良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	入力無し	不安全件数	不安全発見率(%)	観測件数	作業比率(%)	災害の種類											
												墜落・転落	転倒・踏み	歩行板不使用	激突され	挟まれ・巻き込まれ ローラ・チェーン巻き込まれ	高温接触	その他					
工程 NC切断 プラズマ	NC操作	57	4	2				6	10	63	17.5		2	2	1			1			57		63
	書き入れ	25	6	8				14	36	39	10.9			2	10		2				24		39
	グラインダ	22	1					1	4	23	6.4			1						22		23	
	残材切断	11	2	3				5	31	16	4.5					5				11		16	
	NCデータ確認	11	2	2				4	27	15	4.2			3	1					11		15	
	指差確認							0	0	0	0.0												0
	コンベア上移動	30	16	8				24	44	54	15.0		12	10	1						31		54
	コンベア操作	11						0	0	11	3.1										11		11
	機器準備	14	1	2			1	3	17	18	5.0				1		1	1			15		18
	ノロ・手切断	11	5	1				6	35	17	4.7						5				11		17
	機器監視	28	4	13				17	38	45	12.5		1	1	5		9	1			28		45
	運搬補助	11		1				1	8	12	3.3		1								10	1	12
	手待ち・休憩	13	1					1	7	14	3.9				1						11	2	14
	移動	22	1	2				3	12	25	7.0			3							22		25
	清掃	3	2	2				4	57	7	1.9			1	2	1					3		7
小計	289	45	44	0	0	1	89	25	359		0	23	15	25	1	22	2	1	0	267	3	359	
工程 NC切断 レーザー	NC操作	25	4	3				7	22	32	13.6		1	4	1			2		24		32	
	書き入れ	17	7	3				10	37	27	11.4	2	5	1	1					18		27	
	グラインダ	11	6	6				12	52	23	9.7		4	2	1				5	11		23	
	残材切断	2	1	2				3	60	5	2.1					1				3		5	
	NCデータ確認	13	2					2	13	15	6.4				2					13		15	
	指差確認							0	0	0	0.0												0
	コンベア上移動	24	3	3			2	6	19	32	13.6		8							24		32	
	コンベア操作	11	2					2	15	13	5.5					1				12		13	
	機器準備	9						0	0	9	3.8									9		9	
	ノロ・手切断	21	7	4				11	34	32	13.6	2	1	1			4	2		21	1	32	
	機器監視	5						0	0	5	2.1									5		5	
	運搬補助							0	0	0	0.0												0
	手待ち・休憩	1	1					1	50	2	0.8			1						1		2	
	移動	29	5	1			1	6	17	36	15.3			3	3	1				29		36	
	清掃	4	1					1	20	5	2.1				1					4		5	
小計	172	39	22	0	0	3	61	26	236		4	22	9	10	2	5	2	2	5	174	1	236	

表 C-3-1-2-2 要素作業の安全レベルと不安全状態 (運搬工程)

安全レベル		不安安全状態															観測件数	観測件数												
		災害の種類																												
		転倒		飛来・落下			激突され			挟まれ・巻き込まれ		その他		不安安全状態なし	入力無し	観測件数														
転倒・置き	歩行板不使用	稼働中コンベア乗り	45度超過	吊荷の重心ズレ	3枚以上吊り	フック掛け不備	荷振れ	人払い	テレコン誤作動	退避場所確保	手足払い立ち位置	保護具不使用	指差呼称なし																	
工程名	要素作業	良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直轄	入力無し	不安安全件数	不安安全発生率 (%)	観測件数	作業比率 (%)	転倒・置き	歩行板不使用	稼働中コンベア乗り	45度超過	吊荷の重心ズレ	3枚以上吊り	フック掛け不備	荷振れ	人払い	テレコン誤作動	退避場所確保	手足払い立ち位置	保護具不使用	指差呼称なし	不安安全状態なし	入力無し	観測件数		
工程⑧ 運搬 マグチャック	マグチャック吊荷移動	62	14	5	8		4	27	29	93	26				6	2	8		2	2	1			1		5	66		93	
	マグチャック空移動	83	8	2			1	10	11	84	26								1	7	1		1				84		94	
	マグチャック吸着・解放	127	9	5	1			15	11	142	39	1			2	1	1				1	1	1		7	1	126	1	142	
	りん木移動	12		1				1	8	13	4																12		13	
	残材積み込み	5	1					1	17	6	2														1		5		6	
	車輦誘導・指差確認	1						0	0	0	0																	0		0
	手待ち・休憩	2						0	0	2	1																	2		2
	移動	8	1					1	11	9	2	1																8		9
	清掃	3						0	0	3	1																	3		3
	入力無し	2						0	0	2	1																	2		2
小計		304	33	13	9	0	5	55	15	364		2	0	0	8	3	9	0	3	10	2	1	11	1	5	308	1	364		
工程⑨ 運搬 マグポータ	マグポータ吊荷移動	35	51	23	8		3	82	68	120	31	4	2		5	17	5			20	4			4	3	19	37		120	
	マグポータ空移動	57	21	8	2		2	31	34	90	23	2	5	1						7	5				6	5	59		90	
	マグポータ吸着・解放	81	44	14	3	1	4	62	42	147	38	5	4		2	6	3			10	2	3		24	2	3	83		147	
	りん木移動	5		1				1	17	6	2									1							5		6	
	残材積み込み							0	0	0	0																	0		0
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																	0		0
	手待ち・休憩	9	3					3	25	12	3															3		9		12
	移動	9	1					1	10	10	3															1		9		10
	清掃	2						0	0	2	1																	2		2
	入力無し	1						1	100	1	0																	1		1
小計		198	121	46	13	1	9	181	47	388		11	11	1	7	23	8	0	38	11	3	0	28	15	28	204	0	388		
工程⑩ 運搬 ハッカー	ハッカー吊荷移動	12	9	6	1			16	57	28	29	1			2	1			2	4	1		1			3	12	1	28	
	ハッカー空移動	15	7	1				8	35	23	24	2							2	2						2	15		23	
	ハッカー掛け・外し	17	9	4				13	43	30	31	2	2		1				2	2				2		1	17		30	
	りん木移動	5						0	0	5	5																5		5	
	残材積み込み							0	0	0	0																	0		0
	車輦誘導・指差確認							0	0	0	0																	0		0
	手待ち・休憩	8						0	0	8	8																8		8	
移動	2						0	0	2	2																2		2		
清掃							0	0	0	0																	0		0	
小計		59	25	11	1	0	0	37	39	96		5	2	0	2	2	0	3	8	5	0	1	2	0	6	59	1	96		

表 C-3-1-2-3 要素作業の安全レベルと不安全状態（反転機装ブロック）

(a) 電装

要素作業	安全レベル						不安全状態																総計
	良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	不安全件数	不安全発見率	作業比率	総計	災害の種類											溶接保護具不使用	不安全状態なし	
										墜落・転落		転倒	高温・低温の物との接触	挟まれ・巻き込まれ	切れ・こすれ	感電	飛来・落下		激突	その他			
良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	不安全件数	不安全発見率	作業比率	総計	墜落・転落	安全帯不使用	安全帯の不適切使用	転倒・踏み	火傷	挟まれ	切れ・擦れる	感電	飛来・落下	眼内異物	激突	溶接保護具不使用	不安全状態なし	総計	
ブロック受取		8	3	1		4	33.3	1.7	12		1		2		5	1			1	2			12
移動	13	111	40	5		45	26.6	23.5	169	40	6		67	2	7	9	2	5	8	19		4	169
架台取付	3	1	3			3	42.9	1.0	7				1	1	1	3							7
架台取付準備		2				2	50.0	0.6	4	1			2		1								4
金物取付	10	67	17	4		21	21.4	13.6	98	8	3		8	27	6	7	7	3	17	8		4	98
金物取付準備	3	65	24			24	26.1	12.8	92	11			20	2	17	5	6	17	4	10			92
手持ち	4	11	7	7		14	48.3	4.0	29	8	7		1	2	1	2				3		4	29
電線布設・バンド掛け	4	134	57	10		67	32.7	28.6	205	19	14	2	44	11	13	41		2	23	35		1	205
電線布設準備	10	46	7			7	11.1	8.8	63	12			21	4	8	9		1	1	2		5	63
連絡・確認	9	25	5			5	12.8	5.4	39	5			14	1	1	4				4		8	39
総計	56	470	165	27	0	192	26.7	100.0	718	104	31	2	180	50	59	82	16	29	56	83	0	26	718

(b) 機装

要素作業	安全レベル						不安全状態																総計
	良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	不安全件数	不安全発見率	作業比率	総計	災害の種類											溶接保護具不使用	不安全状態なし	
										墜落・転落		転倒	高温・低温の物との接触	挟まれ・巻き込まれ	切れ・こすれ	感電	飛来・落下		激突	その他			
良好	やや不足	不足	ルール違反	災害直結	不安全件数	不安全発見率	作業比率	総計	墜落・転落	安全帯不使用	安全帯の不適切使用	転倒・踏み	火傷	挟まれ	切れ・擦れる	感電	飛来・落下	眼内異物	激突	溶接保護具不使用	不安全状態なし	総計	
ブロック受取		15	2			2	11.8	2.3	17	2			4		5	2			1	1	2		17
移動	12	88	24	4		28	21.9	17.5	128	39	1		68		4	3				5		8	128
架台取付	24	79	20	4	1	25	19.5	17.5	128	27	2	1	9	36	13	6	6	7	12	6		3	128
架台取付準備	11	30	9			9	18.0	6.8	50	12			8	1	10	5		5		6		3	50
管取付	27	130	29	5		34	17.8	26.1	191	37	4		26	19	42	17	2	7	13	20	1	3	191
管取付準備	46	77	22	2		24	16.3	20.1	147	20	1	2	39	9	21	12	3	12	11	7		10	147
機器準備	18	12	1			1	3.2	4.2	31	8			8		1	5		1	2	1		5	31
手持ち	4	3				0	0.0	1.0	7				2		1				2	1		2	7
連絡・確認	24	7	3			3	8.8	4.6	34	1			8							1		24	34
総計	166	441	110	15	1	126	17.2	100.0	733	146	8	3	172	65	96	50	11	35	40	48	1	58	733

C-3-1-3 ビデオ画像による作業観測

作業者の不安全状態と足下の状態の関連を調べるために、作業者の足下の状態として、作業現場を撮影したビデオ画像から観測した。ここでは、動画を目視により、作業者の足下の状態について観測した。

(1) 切断工場への適用

運搬工程の作業者を対象に瞬間観測法で観測した。切断工場は NC 切断機とスラットコンベアのあるエリア I と鋼材置き場などがあるエリア II に分かれており、2つのエリアは隣接しているが、エリア I はエリア II に比べて若干高い位置にあるため、両者は階段で結ばれている。ここでは、足下の状態を次の7種類に分類して観測した。

(エリア I)

- ・コンベア鋼板上 (大物板)
- ・コンベア上 (プラズマ切断機)
- ・平坦路
- ・コンベア鋼板上 (小物板)
- ・コンベア上 (レーザー切断機)
- ・階段

(エリア II)

- ・二次加工定盤
- ・平坦路

ここでは、運搬作業者を観測対象とし、約 5 時間半のビデオ画像から瞬間観測法を用いて観測した例を示す。図 C-3-1-3-1 は各歩行路環境の頻度 (件数) の比較を示す。さらに、歩行路環境をコンベア上、平坦路、階段の 3 種類に分類したときの頻度 (割合) の比較を図 C-3-1-3-2 に示す。この図より、運搬作業者は作業の 25% をコンベア上で行っている。コンベア上に大物鋼板がない場合にはスラットに直接乗って作業を行うため、不安定な足下となり転倒・躓きなどが危惧される。次に、歩行路環境の推移図を図 C-3-1-3-3 に示す。この図より、2つのエリアを階段を使って頻繁に行き来していることが分かる。約 4 分間に 1 回の割合で階段を使用している。

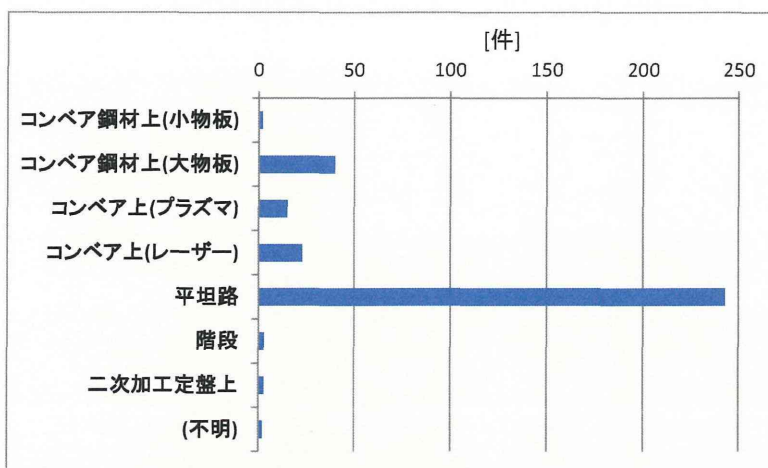


図 C-3-1-3-1 切断工場における歩行路環境の頻度の比較 (運搬作業者)

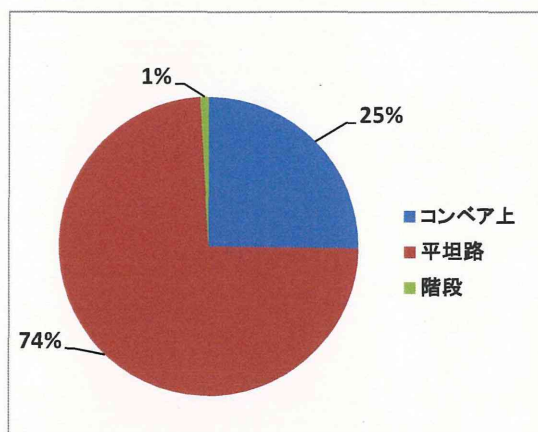


図 C-3-1-3-2 切断工場における歩行路環境の割合 (運搬作業者)

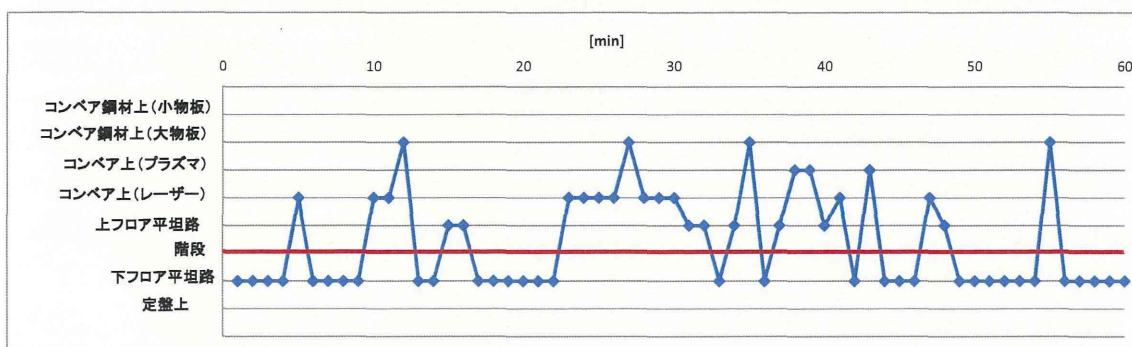
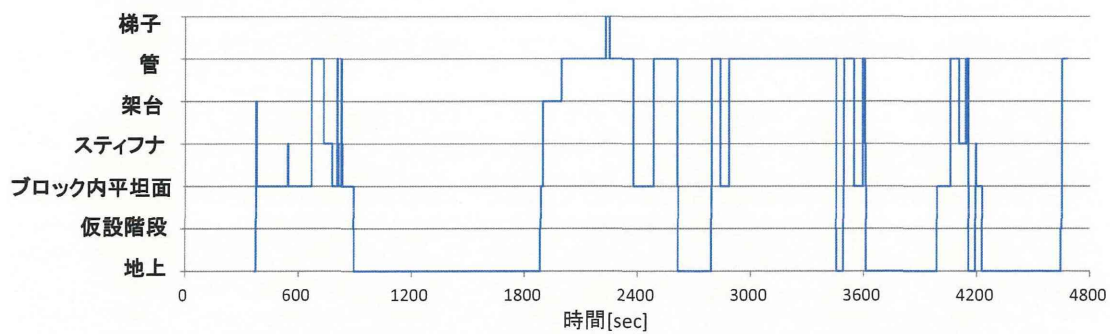


図 C-3-1-3-3 切断工場における歩行路環境の推移図 (運搬作業者)

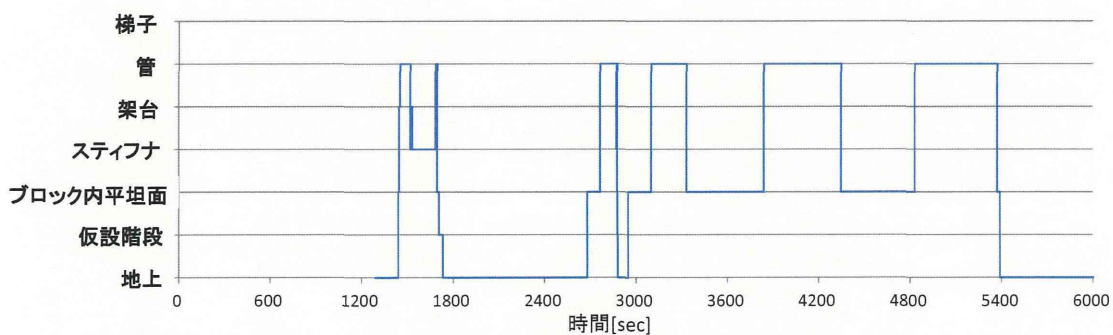
(2) 反転艤装ブロック現場への適用

ここでは、連続観測法を用いて観測した例を示す。

歩行路環境の推移図の例を図 C-3-1-3-4 に示す。



作業者 A



作業者 B

図 C-3-1-3-4 反転艤装ブロックにおける歩行路環境の推移図

C-3-1-4 災害ポテンシャルによるリスク解析

これまでの検討では PDA 作業・安全観測の結果から不安全状態の発見率が高い要素作業を抽出し、災害の潜在的危険度が高いものについて、優先的に対策の検討を行ってきた。ここでは、要素作業／足下の状態の不安全状態によって起きる災害の潜在的な危険度の大きさの期待値としての災害ポテンシャルを提案・検討した。

災害ポテンシャルは次式に示すように、災害の発生頻度と被害の大きさの積として求める。ここで、災害の発生頻度は、不安全状態の発見率と不安全状態が起きた要素作業／足下の状態の観測比率と災害の発生件数の積で表し、被害の大きさは、災害の休業日数とした。実際の計算では、不安全発見率、観測比率、災害の発生件数、災害の休業日数を表 C-3-1-4-1 に示す 5 段階にレベル分けして定量化した。

$$\text{災害ポテンシャル} = \text{災害の発生頻度} \times \text{被害の大きさ} \\ = \text{不安全発見率} \times \text{観測比率} \times \text{災害の発生件数} \times \text{災害の休業日数}$$

表 C-3-1-4-1 災害ポテンシャルの要素のレベル分け

不安全発見率 (%)	観測比率 (%)	災害の発生件数 (件)	災害の休業日数 (日)	レベル
0～10	0～5	0～1	0	1
11～20	6～10	2～5	1～10	2
21～30	11～15	6～10	11～20	3
31～40	16～20	11～15	21～30	4
41～	21～	16～	31～	5

C-3-1-4-1 切断工程への適用

切断工程における過去の災害事例について要素作業、足元の状態、不安全状態を定め、それぞれについて災害ポテンシャルを求めた。なお、災害事例において、発生場所の足下がプラズマ切断機かレーザー切断機どちらのスラットコンベアか判断できないものについては両方で算出した。個別の災害事例の記載は省略する。

次に、要素作業、足下の状態毎に、災害ポテンシャルを集計し、比較したものを図 C-3-1-4-1、C-3-1-4-2 に示す。ただし、同一項目で災害が 2 件以上発生し、災害ポテンシャルを 2 通り以上計算できるものについては、最小値と、最大値を記している。

図 C-3-1-4-1 より、要素作業については、「コンベア上移動」がともに高い。次に、図 C-3-1-4-2 より、足下の状態については、プラズマ切断機の「コンベア上 (プラズマ)」が他に比べ極めて高い。一方、レーザー切断機では「コンベア上 (レーザー)」は低く評価された。これより、足下の状態として、「コンベア上 (プラズマ)」に対して対策の優先度が高い。

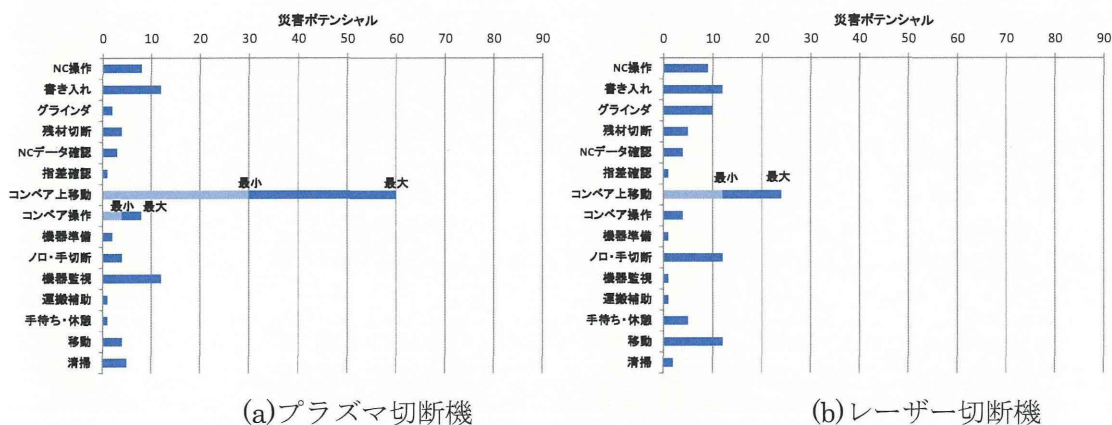


図 C-3-1-4-1 要素作業の災害ポテンシャル

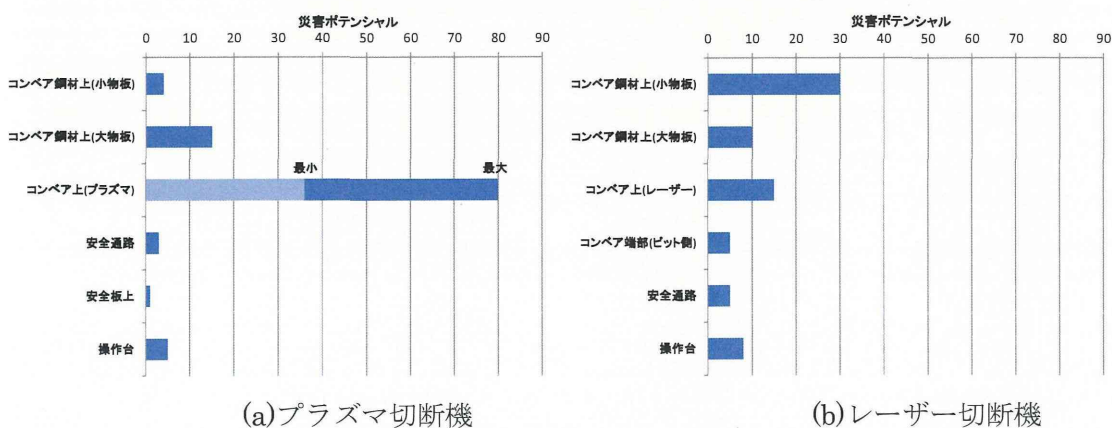


図 C-3-1-4-2 足下の状態の災害ポテンシャル

C-3-1-4-2 反転機装ブロック現場への適用

機装ブロックの作業現場における過去の災害事例について要素作業，不安全状態を定め，それぞれについて災害ポテンシャルを求めた。

要素作業，足下の状態毎に災害ポテンシャルを集計し，比較したものを図 C-3-1-4-3，C-3-1-4-4 に示す。

図 C-3-1-4-3 より，PDA 作業・安全観測で，不安全発見率と観測比率が高く観測された，「移動」と主作業である「電線敷設・バンド掛け」と「管取付」が高い。ここで「移動」に注目して，図 C-3-1-4-4 の足下の状態についての災害ポテンシャルを比較すると，管が高く，特に機装作業ではブロック内平坦面と管が他に比べて極めて高くなっている。これより，足下の状態として，ブロック内平坦面と管に対して対策の優先度が高いと考えられる。

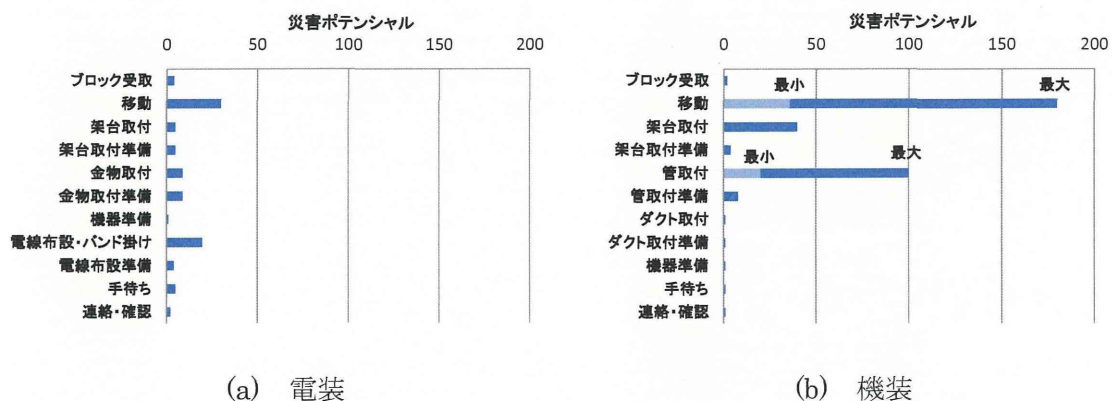


図 C-3-1-4-3 要素作業の災害ポテンシャル

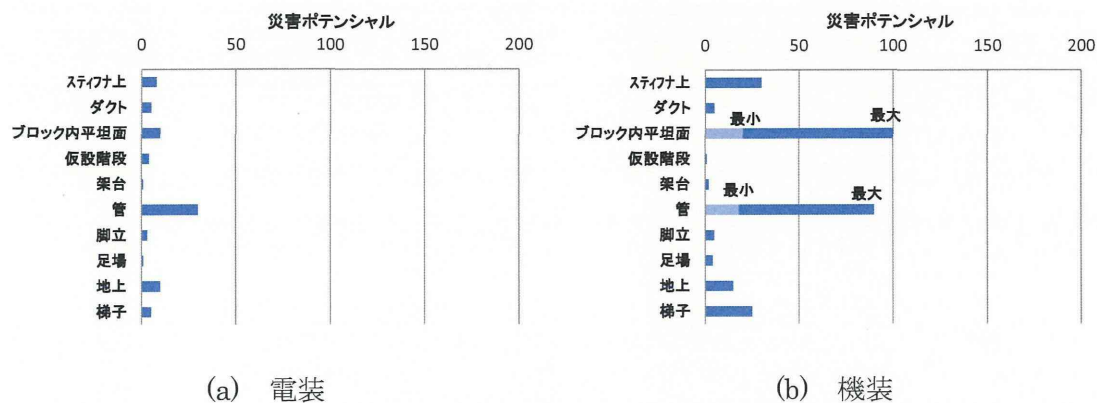


図 C-3-1-4-4 足下の状態の災害ポテンシャル

C-3-1-5 ハザード指数によるリスク解析の検討

ここでは、はじめに、作業中の足下の状態に対して転倒・躓きなどの不安全状態へのつながりやすさを表す“転倒・躓き指数”を表 C-3-1-5-1 のように定義した。安定して歩行できる平坦路を基準の 1 として、後述の歩行実験の結果を比較して設定した。

表 C-3-1-5-1 各歩行路環境における転倒・躓き指数の定義

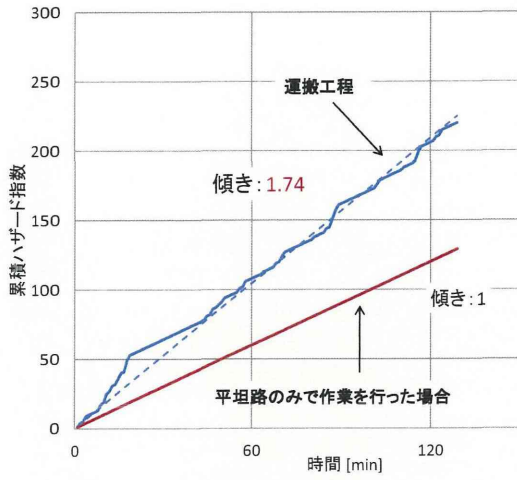
(a) 切断工場

歩行路環境	転倒・躓き指数
スラットコンベア (スラット間隔 100mm)	4
スラットコンベア (スラット間隔 150mm)	6
コンベア鋼材上	2
階段上り	2
階段下り	3
平坦路	1

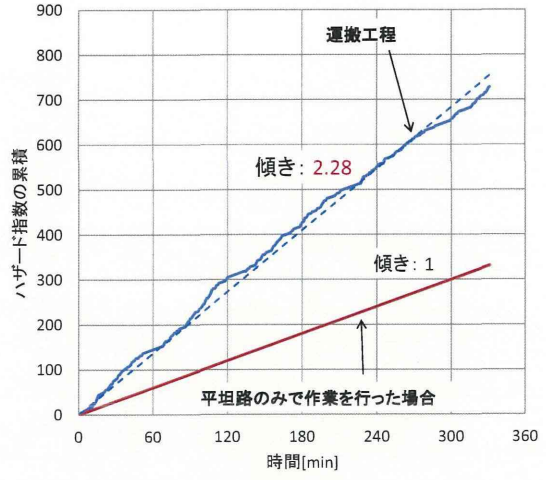
(b) 反転艀装ブロック現場

歩行路環境	転倒・躓き指数
梯子	3
管	6
スティフナ	2
架台	2
ブロック内平坦面	2
階段上り	2
階段下り	3
平坦路 (地上)	1

次に、C-3-1-3 においてビデオ画像から得られた歩行路環境の推移図において、歩行路環境の暴露時間と転倒・躓き指数の積を求め、その積算を累積ハザード指数と定義し、切断工程と反転艀装ブロックについて求めた例を図 C-3-1-5-1、C-3-1-5-2 に示す。図中の点線は、累積ハザード指数の平均の傾きを表す平均ハザード指数を示している。また、全ての作業を地上の平坦面で行った場合の累積ハザード指数も基準として示す。この図により、切断工場の運搬工程は、作業をすべて平坦路で行った場合と比較すると、転倒・躓きに関する危惧が約 2 倍になる。また、反転艀装ブロックでは約 2.5 倍以上になることがわかる。

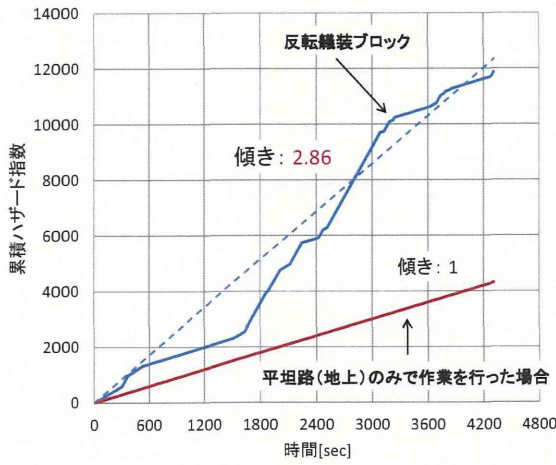


(a)例 1

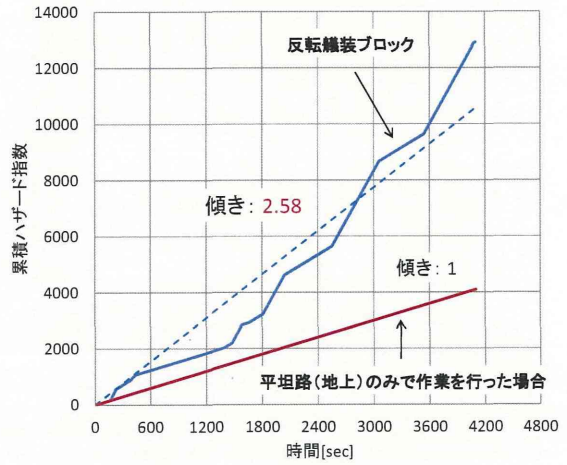


(b)例 2

図 C-3-1-5-1 累積ハザード指数の例 (切断工程・運搬作業者)



(a)例 1



(b)例 2

図 C-3-1-5-2 累積ハザード指数の例 (反転積装ブロック現場)

C-3-1-6 切断工場と反転艤装ブロックにおける不安全状態の特徴

ここでは、PDA 作業・安全観測の結果とビデオ画像による観測およびインタビューから不安全状態の特徴を整理する。不安全状態の例についてビデオ画像から抽出した。

(1) 切断工程

(a) NC 切断機のオペレーター

プラズマ切断機においてコンベア上の移動は不安全状態が多く観測された。また、両切断機において、書き入れ作業で不安全発見率が高く、特にプラズマ切断機においては機器接触の不安全発見率が高い。この作業は主にコンベア上で行われており、NC 切断機を背にしたまま作業を行っている。NC 切断機は大型かつ機器自体が移動するため機器接触に限らず、巻き込まれや切断部での火傷等の危険も懸念される。

(b) 運搬作業

運搬工程では、安全レベルにおいてルール違反と災害直結が観測された。

マグチャックとマグポーターは一度の運搬で鋼板 2 枚までの吸着がルールとされているが、捜査では重量制限を過大視した 3 枚以上吊りが多く観測された。ここでは、運搬中の鋼板の落下が危惧されるが、実際に落下が観測された。マグポーターでは吊荷の重心ズレと荷振れが多く観測された。マグポーターは磁石の吸着面積が小さいため鋼板が縦長な場合に重心がとりづらく荷振れが起きやすい。また、マグポーターでは吊荷の鋼板に乗ったり、位置調整のために足を掛けるのが見られた。鋼板が外れた場合に鋼板がはねて転倒や激突が危惧される。さらに、運搬中の監視不良や不十分な人払いも多く見られ、鋼板の上に小物板を乗せて運搬する危険行為も観測された。

クレーン操作をしながらの階段の昇降や歩行も見られた。階段の場合、バランスを崩した際に手すりを掴めない、階段の踏み外しによる転倒が危惧される。さらに、走行中のクレーンの追越しや、運転者がクレーンと非常に離れている場面も見られた。この場合ではクレーンの挙動が分かりにくい。人などへの吊荷の激突などの二次災害も危惧される。

(2) 反転艤装ブロック

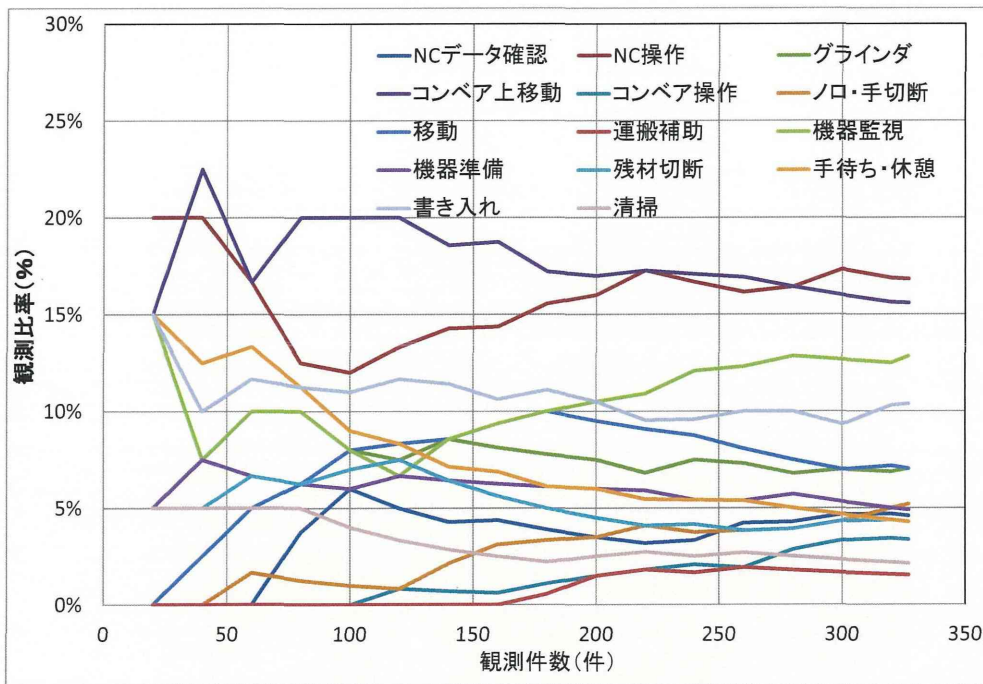
安全带に関するルール違反、墜落・転落、転倒に関する不安全状態が多く観測された。

ここでは高所での作業が多いため、安全带が必要な場面が多いが、安全带の不使用や不適切な使用が多く見られた。

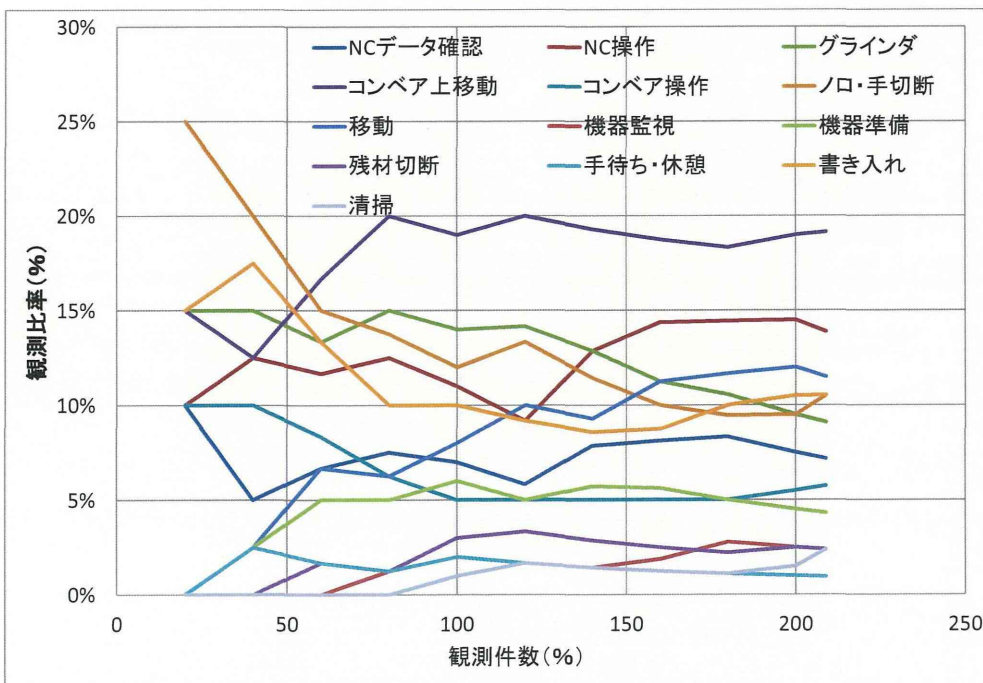
ブロックは受台の上に置かれているため、ブロックには仮設階段が架けられているが、高所に対する慣れから階段を使用せずに直接昇降することが多い。また、ブロック内の区画から区画への移動には一度地上に降りず、区画を隔てるブロック側面の隔壁に手を掛けて乗り移ることも多い。背中を地上側に向けて渡っているときに転落した場合、被害が大きくなる可能性がある。さらに、ブロック上部と平坦面の間昇降や配管の乗り越えの際に、管の径に関わらず配管を踏み台にすることが多く、踏み外しによる墜落・転落や転倒が危惧される。実際に、管に乗った際のよろめきも観測された。

C-3-1-7 観測件数の検討

観測件数に対する要素作業の観測比率の変化の例を図 C-3-1-7-1 と図 C-3-1-7-2 に示す。切断工程では収束に向かうとそのまま収束するが、反転艀装ブロックでは、収束を始めた後でも、それまでほとんど観測されていなかった作業が増え始め、その後、改めて収束している。これは、切断工程では同じ内容の作業を毎日繰り返すのに対して、反転艀装ブロックでは、作業の周期が長いため、作業観測の日時によって観測される作業内容に偏りがあるためである。以上から、作業観測においては、観測件数だけでなく、対象の工程の進捗と観測比率の収束状況を比べる必要があることがわかった。

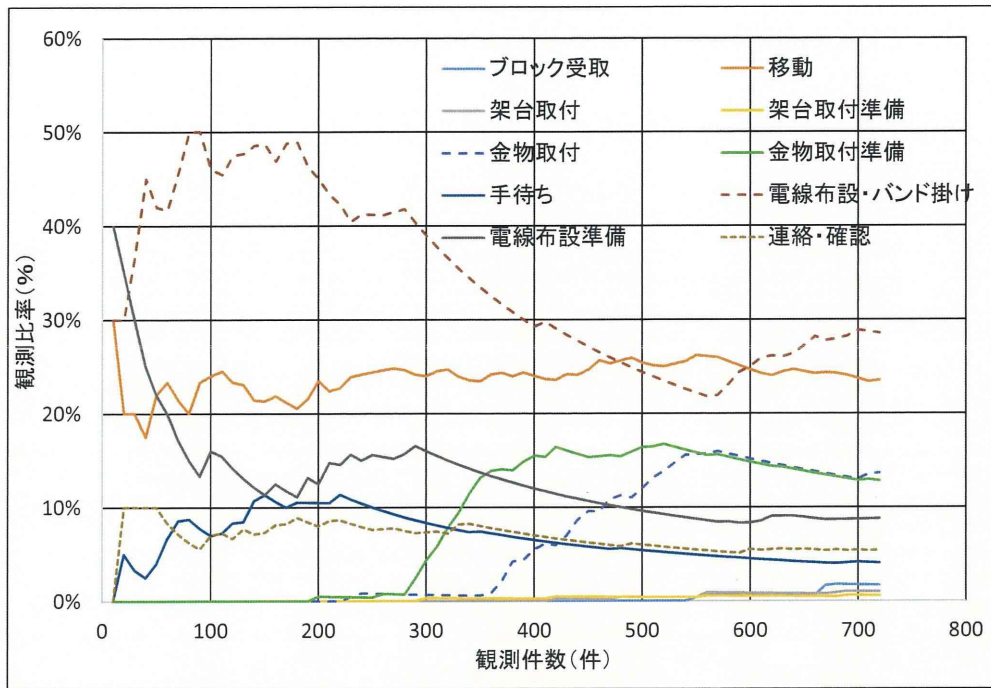


(a) プラズマ切断機オペレータ

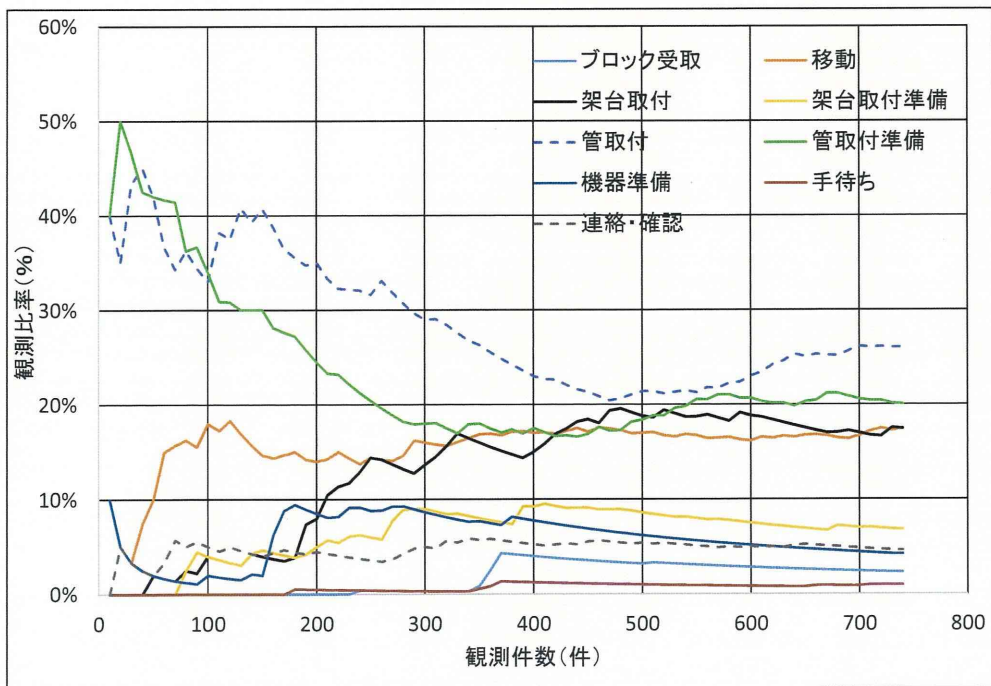


(b) レーザー切断機オペレータ

図 C-3-1-7-1 観測件数に対する要素作業の観測比率の変化 (切断工程)



(a) 電装作業者



(b) 機装作業者

図 C-3-1-7-2 観測件数に対する要素作業の観測比率の変化 (反転艀装ブロック)

C-3-1-8 対策マトリックス

ハザードの潜在的危害要因として5つのハザード要因に展開し、それぞれについて現状と3つの視点からなるマトリックスに対策を展開する。例として、切断工程におけるコンベア上移動については表 C-3-1-8-1, 反転艀装ブロックにおける管上の移動については表 C-3-1-8-2 に示す。

スラットコンベア上の移動については、作業環境の現状は、切断機の種類（プラズマ、レーザー）によって工作上的理由のみでスラット間隔が異なる寸法に決められている。間隔がコンベア上での歩行の身体バランスに影響を及ぼすと考えられ、歩行実験によりコンベア上の歩行路環境の安全性を検討した。

管上の移動については、ブロック

を反転させることで作業効率と安全性の向上を図っているが、作業が進むにつれて足下は管が多く走る状態となり、ブロック内の移動の際には管に乗ることが多いため、歩行実験により管上の歩行路環境の安全性を検討した。

表 C-3-1-8-1 ハザード対策マトリックス (スラットコンベア上の移動)

ハザード検討対象:コンベア上の移動 危険項目:躓き・転倒の恐れ			人間	危険回避・防護 (Risk Avoidance)		危険源	
			人間・作業従事者 (Man) 身体状況、健康状況、 心理・精神状況、 技量、知識、 コミュニケーション	リスク回避・ハード (Hardware) 防護具、防護施設	管理 (Management) 組織、管理規定、 工程計画、 教育・訓練方法、 手順書、マニュアル、 チェックリスト、表示	作業基準 (Machine) 設備、機械、器具、 機能、配置、強度、 品質	作業環境 (Environment) 施設、設備、 歩行路環境、 足下状況、 労働時間、勤務時間、 工程余裕
対策	現状 (Event)		・スラット上でクレーン操作を行う。 ・スラット上での歩行方法に問題がある。 ・靴底がスラットのバリに噛み、躓き転倒する恐れがある。		安全・作業改善活動の効率が十分でない。	・スラットへの躓きや甲フロの引っ掛かりによる躓き転倒が心配である。 ・歩行板(ベニヤ板、エキスパンドメタル)を使っていない。	スラットの歯の幅が150mmと中途半端な幅である。
	教育的対策 (Education)	知識教育 意識教育 実技教育 危険体験センター	歩行方法を確認する。 定期的な安全靴の交換が必要である。		定点カメラの動画の作業・安全分析をチーム内で定期的に行い、発表会を行う。		
	工学的対策 (Engineering)	安全改善 作業環境改善 表示・警報 多重化 仕様変更 工程変更・削除 フェールセーフ	安全な歩行方法を人間工学的検知で検討する。(歩行実験)	スラットの適正幅を人間工学的検知で検討する。(歩行実験)		スラットを定期的に交換する。 歩行板を軽くする(アルミ製)。	・スラットの形状を検討する。(例)レール型のスラットにする。 ・天板がグレーチング形状のエスカレーター方式のコンベアにする。
	確実に実施するための対策 (Enforcement)	規定化 手順の設定 注意喚起 事例の表示 模範の提示	相互忠告による注意喚起を行う。	人間工学的に検討した内容を作業員へ周知する。	作業・安全分析を週に一度就業時間内に業務として設定する。		スラットの交換基準を策定する。

表 C-3-1-8-2 ハザード対策マトリックス (管上の移動)

		ハザード検討対象: 管上の移動 危惧項目: 墜落・転落, 転倒					
		人間	危険回避・防護 (Risk Avoidance)	危険源			
		人間・作業従事者 (Man) 身体状況、健康状況、 心理・精神状況、 技量、知識、 コミュニケーション	リスク回避・ハード (Hardware) 防護具、防護施設	管理 (Management) 組織、管理規定、 工程計画、 教育・訓練方法、 手順書、マニュアル、 チェックリスト、表示	作業基準 (Machine) 設備、機械、器具、 機能、配置、強度、 品質	作業環境 (Environment) 施設、設備、 歩行路環境、 足下状況、 労働時間、勤務時間、 工程余裕	
対策	現状 (Event)		・管上を伝って移動したり、管上で作業を行ったりすることが習慣化している。	・安全帯を使っていない。適切に使われていない。	・安全・作業改善活動の効率が十分でない。 ・作業中の管へ乗ることに対するルールが決められていない。		・作業が進むにつれて作業足下に管が多く走る環境となる。
	教育的対策 (Education)	知識教育 意識教育 実技教育 危険体験センター	・歩行方法を確認する。	・安全帯の使用ルールの再教育。	・定点カメラの動画の作業・安全分析をチーム内で定期的に行い、発表会を行う。		
	工学的対策 (Engineering)	安全改善 作業環境改善 表示・警報 多重化 仕様変更 工程変更・削除 フェールセーフ	・管上に乗ることの不安要素を人間工学的検知で検討する。(実験)		・作業の工程管理が適切か検討する。		
	確実に実施するための対策 (Enforcement)	規定化 手順の設定 注意喚起 事例の表示 模範の提示	・相互忠告による注意喚起を行う。 ・人間工学的に検討した内容を作業員へ周知する。	・相互忠告による注意喚起を行う。	作業・安全分析を定期的に就業時間内に業務として設定する。	・管に乗ることに対するルールを作る。(禁止、または管径)	

C-3-2 足圧力分布を用いた歩行の安全性評価

C-3-2-1 歩行実験の目的

ここでは、安全対策の検討として、切断工程および反転機装ブロックでよく現れる歩行路環境の安全性について検討した。歩行路環境としては、スラットコンベア上の歩行、管上の歩行、階段の昇降、傾斜路について実験を行い、これらの環境における歩行のリスクコントロールオプションの検討を行った。

C-3-2-2 歩行実験の概要

C-3-2-2-1 使用機器の概要

被験者の安全靴の中敷きにセンサーシートを入れ、歩行時の身体バランスとして歩行中の足底の圧力分布の時系列データを取得する。ここでは、足裏が床面から受ける反力を計測できるF-スキャン(足圧力分布測定システム)を用いて実験を行った。10秒間に1000フレームの計測が可能である。システムの概観を図C-3-2-2-1に示す。また、歩行中の時系列の圧力分布の時間変化の例を図C-3-2-2-2に示す。



図 C-3-2-2-1 F-スキャン(足圧力分布測定システム)

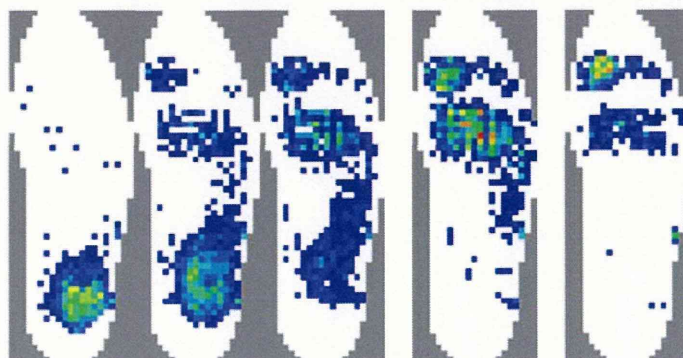


図 C-3-2-2-2 歩行中の足圧力分布の時間変化の例