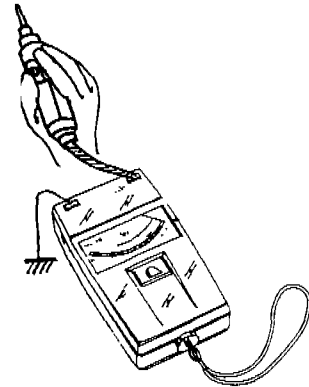
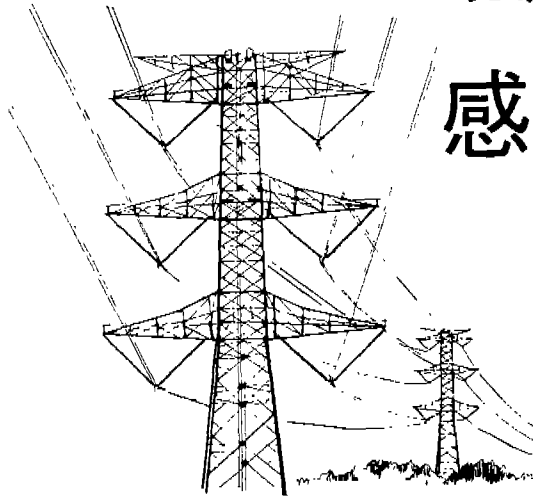


現場技術者を 위한

感電防止技術



[4]

4. 評價의 方法

가. 信賴度의 設定

安全作業은 사람과 대상의 관계에서 발생한다. 災害는 對象(電氣)을 취급하는 단계에서 對象의 이동, 設備 내부에 介在하는 作業 등 여러가지 상태를 생각할 수 있다. 사람이 對象(電氣)에 介在되지 않으면 거의 災害가 발생하지 않는다. 사람과 對象의 어느 쪽에 더 비중이 있는가 보면 다음과 같은 관계에 있다.

사람 > 대상

災害事故의 과정에서 사람의 行動을 관찰해 보면 그 내용으로는 단순한 사람의 意識行動에 의한 것이 대부분을 차지한다. 이른바 安全意識의 결여라고 할 수 있는 不安全行動이다.

感電災害가 발생한 경우에도 이것을 관찰해

보면 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 그 사람이 왜 그러한 일을 하였는지 알 수 없다.
- ② 항상 전달되는 것이 지켜지지 않는다.
- ③ 作業 물이 있는데도 불구하고 실시하지 않고 있다.

이러한 意識行動은 여전히 끊이지 않고 있다. 재해사고를 여하히 하면 防止할 수 있는가 하는 것이 定性的으로 포착되지 않고 있기 때문이다.

여기서는 사람과 대상의 취급 단계에서의 결함요소를 信賴度로 포착하여 종합 信賴性을 설정함으로써 安全作業의 효과를 높이려는 것이다

(1) 사람의 行動 信賴度 「災害는 예정한 行動 중에 예기치 않는 事故가 발생하여 일어난다.

그리고 가혹성은 우연에 의해 支配된다.」災害發生 要因이 있었다고 하여 반드시 災害가 발

생하는 것도 아니다.

하인리히의 300:29:1에서 볼 수 있듯이 발생 확률은 적다. 신뢰도와 동일하게 確率에 의해 지배된다. 豫定된 行動中에 우발사고가 발생하여도 사람 행동과의 재해 사고가 일어나지 않으면 災禍로는 되지 않는다. 이것은 사람의 意識이 작동하여 종이 한장의 차이로 難을 면한 것이다. 이러한 事象을 「오삭 無傷害」라 한다.

이러한 오삭 無傷害가 많은 곳에서는 安全에 대한 의식이 부족하므로 不安全 狀態, 不安全 行動도 많고 재해 건수도 많아진다. 이것은 設備(環境)와 사람의 行動에 대한 信賴性, 그리고 尺度라는 것이 소홀하기 때문이다.

사람의 行動을 관찰해 보면 24시간 중에 意識 狀態가 여러가지 바뀌어 다음과 같은 상태를 나타낸다.

- ① 睡眠 (의식상태는 零)
- ② 覺醒 散漫(의식은 그다지 좋지 않다)
- ③ 普通
- ④ 明敏 (1일에 2~3시간 뿐이다)
- ⑤ 異常 (머리에 갑자기 온다. 의식은 그다지 좋지 않다.)

이러한 사람의 意識 레벨을 페이즈(Phase) 0~1V의 5단계로 등급화하여 각각에 대한 信

賴도를 설정한 것이 발표되고 있다. 표 11을 참조하기 바란다. 이 表의 信賴도는 뇌파 측정에 의해 한 것이다.

보통 사람은 거의 5단계의 상태를 반복하게 되므로 安全作業을 계획할 때는 의식 레벨이 떨어지는 페이즈 0, I, IV에 착안하여야 한다. 그 신뢰도는 0 또는 99% 이하이다.

따라서 安全作業計劃을 수립할 때는 페이즈 II의 상태(信賴度 90% 이하)로 한다. 평범한 감시작업이나 운전작업을 계속할 때는 「感性奪取」에 떨어지기 쉬우므로 페이즈 0을 생각하는 경우가 있다.

사람의 行動은 「레빈의 法則」에 표시된 것처럼 사람과 대상의 관계에 따라서 생긴다.

사람의 行動을 B, 사람의 不安全要素를 P, 環境(設備)의 不安全要素를 E라 하면 다음 식으로 표시된다.

$$B = f(P, E)$$

여기서 抽象的인 사람의 行動을 偏微分해 보면 다음과 같이 된다.

$$\delta B / \delta t = \delta P / \delta B \cdot \delta B / \delta t + \delta E / \delta B \cdot \delta B / \delta t$$

여기서 $K_p = \delta P / \delta B =$ 인간계수, $K_e = \delta E / \delta B =$ 環境係數라 하면 사람의 行動이 하자드(Hazard)에 遭遇하는 確率は K_p 와 K_e 의 신뢰도에

〈표 11〉 사람의 의식수준에 따른 신뢰도 분류

단계	意識의 狀態	注意의 作用	信賴度(%)	作業의 失敗率	生理的 狀態	腦波패턴
0	無意識, 失神, 기타	0	0	-	睡眠, 졸음 기타	δ波 델타
I	意識散漫 기타	不注意되기 쉽다	90% 이하	10회에 1회 이상으로 많다	疲勞, 신체 不調 기타	θ波 시타
II	普通	普通	2~5 nine	적다	普通	α波 알파
III	분명한 意識	前向 意識	six nine以上	극히 적다	대단히 좋다	β波 베타
IV	過緊張 狀態	精神이 1點 에 固執	90% 이하	10회에 1회 이상으로 많다	興奮 狀態 感情的 기타	β波 또는 전간파

(주)

1. 단계 III은 1일을 통해 2~3시간 뿐이다. 오랜 계속된 긴장작업은 금물이다.
2. 사람은 누구나 1일을 통해 단계 0~IV의 상태에 있다. 피로, 不調일 때는 I-II를 低迷
3. 신뢰도 2~5nine이란 99~99,999%, sixnine이란 99,999%를 표시.

좌우된다고 생각되어 다음 식으로 구할 수 있다. K_e 와 K_p 는 다음의 ①과 ②이다.

$$B \propto \Delta B \cdot K_p + \Delta B \cdot K_e$$

많은 災害, 事故는 이러한 사람과 환경의 양자에 좌우되어 발생한다.

① 人間係數에 관계되는 내용 인간특성, 보호, 방호, 조직적인 사람의 행동을 지배하는 요인이 포함되며, 안전작업의 대부분은 이것에 관계되게 된다.

② 環境係數에 관계되는 내용 環境, 設備 등의 不安全에 관계되는 내용으로, 環境-설비의 결합, 保全의 良否 등이 이것에 해당된다.

이러한 것이 時라는 우연에 지배되어 發生한 우발사고, 災害, 事故이다. 우연에 지배되는 確率은 각각의 신뢰성에 관계된다.

(2) 信賴度の 基本

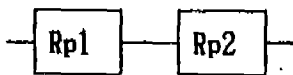
사람의 行動과 環境(設備)에 결부된 信賴度는 直列系 시스템, 並列系 시스템, 直並列系 시스템 등을 想定할 수 있다. 直列, 並列 시스템의 基本式은 다음과 같다.

① 直列 시스템 그림 6으로 표시된다.

$$R_s = 1 - F_s = (1 - F_1)(1 - F_2) \dots (1 - F_n) \\ = R_1 \cdot R_2 \dots R_n$$

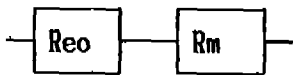
이러한 시스템은 다음과 같을 때 사용된다.

- (a) 2명 이상의 直列的 連携 플레이(줄다리 기 효과)
- (b) 環境(設備)과 그 保全度(保全 레벨)



$$R_p = R_{p1} \times R_{p2}$$

(a) 2명의 連携直列動作



$$R_e = R_{eo} \times R_m$$

(b) 設備와 保全의 直列시스템

〈그림 6〉 2개의 直列시스템

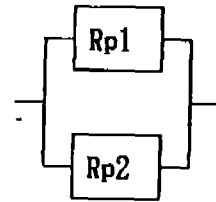
② 並列 시스템 그림 7로 표시된다.

$$R_p = 1 - F_p \\ = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \dots (1 - R_n)$$

여기서 R는 信賴度, F는 失敗率, R_s는 直列 시스템의 신뢰도, R_p는 並列 시스템의 信賴度, 1, 2, …, n부품의 數이다.

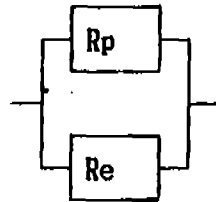
이상의 시스템에서 直列로 주어지는 것은 信賴度の 低下로 연결되고 하나의 신뢰도의 결합이 全体 신뢰도의 低下로 된다. 並列로 주어지는 것은 部品 그 자체의 신뢰도가 全体 信賴度の 향상에 조성되도록 작용하므로 冗長(용장) 시스템이라고도 한다. 중요한 시스템이나 중요한 作業에서는 상당한 冗長이 있어도 並列의 인 백 업을 생각한다.

(3) 設備內容에 의한 信賴度の 設定 環境(設備)의 상태를 어떻게 유지하는가 하는 것은 保全의 方法(保全度)과 밀접하게 관계한다. 保全이란 行爲와 一体 不可分의 관계에 있고 한쪽이 나쁘면 한쪽이 좋아도 상쇄된다. 이것을 環境狀態 信賴度라 하기로 한다.



$$R_p = 1 - (1 - R_{p1})(1 - R_{p2})$$

(a) 2명의 連携並列動作



$$R_t = 1 - (1 - R_p)(1 - R_e)$$

(b) 設備에 사람이 關係하는 作業

〈그림 7〉 2개의 並列시스템

환경상태 신뢰도를 Re 라 하고 환경(설비)에 의한 신뢰도를 Reo , 保全에 따른 信賴度를 Rm 이라 하면 그 相乘積으로 주어진다.

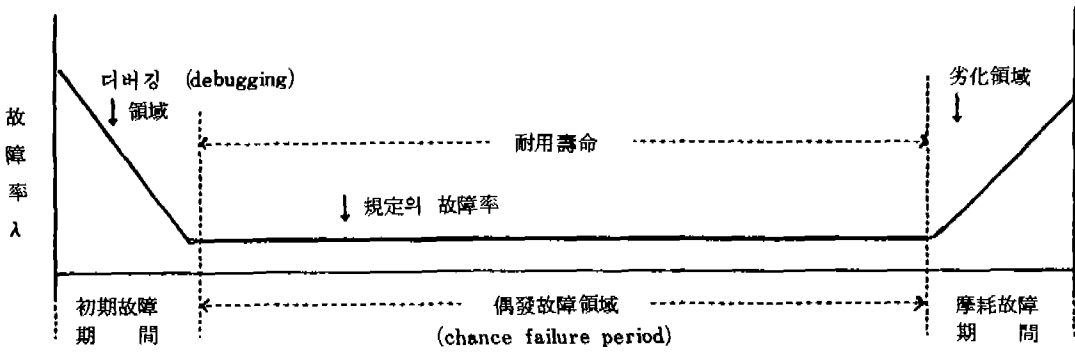
$$Re = Reo \times Rm$$

① 환경(설비)에 따른 信賴度 各種 安全裝置(누전차단기 기타의 安全裝置), 울타리, 덮개 등의 상태, 作業環境 등, 照明-레이아웃의 良否 등 기타의 제한조항이 있다. 環境, 設備 등에 관계되는 故障率(失敗率)은 보통 바드 튜브 커브(Bath tube curve)로 주어져 복잡한 시스템에서는 설치 당초는 고장이 많고, 安定期가 오 래 계속되고 劣化領域에 들어간다. ③ 참조.

② 保全에 따른 信賴度 日常點檢, 定期點檢, 試驗整備, 整頓清掃, 環境整理 등의 良否를 들

수 있다. 통상 保全이 좋고 나쁘다는 평가는 대단히 어렵다. 그림 8에 표시된 故障率에 관련하여 保全의 周期 등은 設定되어야 하지만 효율적인 保全方法을 파악하는 것은 쉽지 않다. 이것 때문에 사람의 行動이 소박한 「간결화」에 지 배되어 소홀히 되기 쉽다.

③ 바드 튜브 커브 그림 8에 표시된 것과 같은데 사용 당초의 故障를 찾아내는 것을 디버깅이라고 한다. 새 시스템, 新機器 등에서는 문제가 많다. 科學技術이 앞서 진행되고 있는 것은 반드시라 할 정도로 테크놀로지-어세스먼트가 요구된다. 우발 故障領域은 日常點檢, 定期點檢試驗이 요구되는 영역에서 故障率 그 자체는 시스템, 機器에 따라 大폭 다르다. 또 그 良否는 保



〈그림 8〉 故障率曲線 (Bath tube curve)

〈표 12〉 環境狀態 信賴度

타입	環境에 의한 信賴度 (Reo , %)	保全에 의한 信賴度 (Rm , %)	環境狀態信賴度 (Re , %)	作業場의 環境에 의한 狀態 (좋다, 나쁘다)	備 考
0	0	0	0	모든 狀態나쁘다, 非定 常作業은 많다.	사람의 신뢰가 전부이다.
I	50	50	25	設備, 環境나쁘고, 保 守는 若干	떨어진다.
II	80	80	64	조금 나쁘다	약간 떨어진 다
III	90	90	81	設備, 環境좋고, 保守 도 좋다	좋다
IV	99	99	98	設備, 環境, 保守모두 非常이 좋다	대단히 좋다

全度에 의해 좌우된다. 保全作業의 省略으로 생 각치 않던 災害, 事故가 발생하는 것도 이 領域 이다. 保安管理의 適切化가 요구된다.

劣化領域은 通常機器 등의 수명 末期에 나타 나는데 수명 그 自体가 각종 환경에 지배되어 파악하기가 쉽지 않다. 進相 콘벤서 등의 수명 파악이 쉽지 않은 것과 동일하다.

이상의 「環境狀態 信賴度」의 想定信賴度を 표 시한 것이 표 12이다. 이 信賴度は 어디까지나 想定한 것이므로 실태에 맞추어 修正하는 것이 바람직 하다. 이하의 信賴度도 같다.

(4) 사람의 行動信賴度 設定 사람의 行動信賴 度는 표 11과 같지만 어떤 環境에서 作業을 하 는 경우에는 環境狀態 信賴度와의 並列的 信賴 度の 向상이 요망된다.

사람의 행동신뢰도를 Rp라 하고, 環境狀態信 賴度を Re라 하면 종합신뢰도 Rt는 다음과 같 다.

$$R_t = 1 - (1 - R_p)(1 - R_e)$$

希 望하는 신뢰도에 달하지 않을 때는 다시 자 종 並列的 백 업 方法을 생각한다. 이 경우의 신뢰도의 補正은 다음에 의한다.

$$R_t = 1 - (1 - R_p)(1 - R_e)(1 - R_b) \dots (1 - R_{nb})$$

여기에서 Rb는 백 업에 의한 신뢰도, nb는복 수의 백 업을 표시한다.

백 업에 의한 신뢰도의 補正은 다음과 같다.

① 保護具의 信賴度 保護具, 防護具, 防具등 의 사용은 作業內容에 따라 대폭 다르고 그 효 果도 千差萬別이다. 1種類의 사용, 2種類 以上의 사용 등이 있다. 2차는 危險性에 좌우된 다. 현실에 맞지 않는 면이 있지만 일단 등급을 매긴 것이 표14이다.

安全하게 구할 수 있는 최종적 수단이 保護具 등의 着用이다. 이것을 省略하는 것은 전혀 위 험에 몸을 노출시키는 것이다. 安全用 保護具 등에는 다음과 같은 것이 있다.

〈표 13〉 백 업의 補正에 따른 信賴度

랭크	信賴度補正의 方法	補正의 內容	信賴度(%)	備 考
I	TBM 및 KYT 등 (作業員의 意識을 期待)	作業前에 TBM을 한다. 미리 KYT를 탄다.	50	信賴度는 낮다.
II	作業指揮者의 指揮 (그 1)	指揮者의 技術, 技能이 不足하 고 충분치 않다	50	指揮者의 欠陷
III	作業指揮者의 指揮 (그 2)	指揮者의 技術, 技能은 좋다. 補正으로 良好.	90	
IV	安全作業手順의 實施 指差呼稱	1명, 2명 作業 등이 있고, 어느 것이나 作業의 確認工程이다.	90	完全은 期待할 수 없다
V	保護用 具 등의 完全着用 着用的 內容에 따라 效果	危險度에 따라 防護의 方法이 다르다.	-	표14 참조

〈표 14〉 保護具 등에 따른 信賴度

랭크	保護具使用의 狀態	保護具 등의 管理狀態	信賴度(%)	備 考
0	無防備	保護無, 指示無, 1명 行動, 管理無	0	본인에게 맡긴다.
I	安全帽, 安全靴 등	다른 必要保護具 등 無	20~50	
II	安全帽 등 + α	安全措置中 一部를 省略하고 있다	90	一部 不安全
III	安全帽 등 + α + α	大略 完全하지만, 管理 不十分	99	若干 不備
IV	保護 完璧	完全 裝備, 完全 管理	99.9	나무랄 데 없다

원 고 모 집

회원들의 원고를 기다리고 있습니다.
 회원 여러분은 누구나
 협회지의 집필자가 될 수 있습니다.
 회원들과 함께 호흡하는 협회지가
 되기 위해 회원들의 원고를 기다리는
 창구를 활짝 열어놓고 있습니다.
 직장에서, 가정에서 보고 느낀 것을
 글로 옮겨 훌륭한 협회지의 필자가
 되어 보시지 않겠습니까?

원고송부처: 서울 중구 수표동 11-4 전기회관 대한전기협회 출판부

※채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지불하여 드립니다.

투고 내용

- 현장 체험담
 - 근무중 느낀점
 - 사고경험
 - 업무추진 성공사례
 - 수필·풍트·여행기·취미생활
 - 자격시험 합격담 ○기술해설 기타
- 회원 여러분의 글을 마감일 없이 받고있으니 원고가 마련되시는 대로 아래 주소로 우송하시거나 직접 전해 주십시오.

〈표 15〉 포즈別 信賴度の 設定

포즈	期待되는 信賴度(%)	作業場所等の 例示項目	備 考
0	90.0	平常은 輕作業으로, 危險性은 거의 없다. 環境이 좋은 곳이다.	
I	99.0	輕作業이지만 날붙이등, 물건의 運搬, 機械등에 끼어서 감겨 들어가는등 輕度の 危險作業場所	
II	99.9	약간의 미스가 重大災害(死亡事故), 相當한 補正이 필요한 危險作業場所	電氣, 危險物等
III	99.99	하나의 作業에 2개 이상의 補正이 필요해지는 作業場所, 重大災害, 백 업 効果期待	柱上電氣酸欠等
IV	99.999 以上	複數의 作業이 들어닥쳐 重大한 災害危險性이 豫想되는 것, 強力한 백 업을 期待	異常反應炭鏽等

安全帽, 安全帶, 防護具, 防具, 安全靴, 耐電장갑, 耐電 장화, 防塵 마스크, 防毒 마스크, 衛生用 保護具 등

② 각종 백 업 방법 사람의 行動에는 직접 백 업하는 方法과 간접 백 업하는 方法이 있다.

(a) 直接方法: 작업 지휘자의 지휘등, 補助者

의 보조, 安全作業 순서의 실시, 지시 호칭 등.

(b) 間接方法: 톨 박스 미팅(TBM), 危險豫知訓練(KYT) 등

이러한 作業을 적절히 하면 사람의 行動도 확실성이 증가한다. 그 信賴度 設定을 표시하면 표 15와 같다.