

# 消防 安全帽의 安全度 評價에 關한 研究

## A Study on Evaluation to Safety of Fire-proof Safety Helmet

韓	應	教*	嚴	基	元*
E.	G.	Han	K.	W.	Um
朴	俊	緒**	李	成	雨**
J.	S.	Park	S.	U.	Lee

### Abstract

Now a days, according that the occurrence of industrial disaster is on the increase, the necessity of protective goods is increasing.

Specially estimate of safety helmet for protect of head is very important. On this, in this paper, amplification ratio and natural frequencies of fire safety helmet and general safety helmet are estimated by falling impact test and frequency analysis. Also, trend of damping is estimated by using these test results.

And we know that the fire safety helmet is more safe than general safety helmet for protect of head.

### 要旨

本 論文에서는 産業安全 工學의 重要部分의 하나인 産業安全帽와 火災鎮壓時 消防官들이 쓰는 防水帽의 安全도가 어느정도인가를 각종 實驗裝置를 50cm, 100cm, 120cm, 높이의 變化를 주어 가면서 같은 重量으로 落下시켜 物體에 의한 落下時 衝擊에 건디는 힘의 狀態, 周波數 分析機에 의한 強度 및 bend의 應答信號 등을 研究 하였다.

그 結果 安全帽와 스프링常數와 關係, 頭腦部分과 地面사이에서의 衝擊吸收力, 彈性力 등이 어느 정도인 가를 數式 및 實驗을 통해 알아왔을 때 産業現場에서 使用하는 安全帽보다는 防水帽의 彈性力과 強度力이 컸으며 또한 衝擊吸收力도 양호하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 Goldsmith, W.의 "Response of a realistic human head-neck model to impact" Vol.100. 1978. pp.25-52의 實驗研究結果 基準値를 보면 人間頭腦에 衝擊物體로 부터 傳達되는 衝擊波의 吸收力은 腦波의 神經을 破損시키지 않으려면 최소한도의 周波數範圍가 400Hz, 增幅化 0.00310이하이어야 된다고 力說하였다. 그러나 우리 나라의 防水帽 強度의 安全性 및 bend의 衝擊吸收力은 410-810Hz의 周波數値가 나타났다.

高層에서 一定重量의 物體로 衝擊을 받았을 때 어느정도로 吸收力을 防水帽 bend에서 받아들여야만

\* 正會員, 한양대학정밀기계공학과 교수  
\*\* 正會員, ...양대학대학원 정밀기계공학과

頭腦神經에 衝擊的인 影響을 끼치지 않나 하는 우리 실정에맞는 基準值가 설정되어야만 할 것으로 안다.

Goldsmith, W. 博士의 研究結果에 의한다면 國內에서 생산되는 産業安全帽보다는 強度 및 衝擊吸收力이 양호하나 國際水準에는 못미치고 있었다.

이제 우리 防水帽도 強度뿐만 아니라 防水帽 內部の bend 즉, 防水帽과 頭部 사이에 衝擊吸收力 裝置를 좀더 科學的인 實驗方法으로 改善되어 火災鎮壓時 物體落下로 인한 頭部保護에 좀더 努力을 기울일 必要가 있어야 될 것이다.

한편 防熱服을 입은 狀態에서 불길에 뛰어 들었을시 內部の 溫度變化, 人體에 미치는 影響 등은 實驗裝置 不足으로 많은 問題點이 發生, 보다 심층의 研究가 必要할 것을 認識하였으나 뒤로 미룬채 마무리 지었다.

### I. 序論

人間의 身體를 保護하기 위한 保護器具 製作에 있어 製品의 安全性에 대한 檢討가 重要時 되고 있다.

특히 人間의 身體중 가장 重要한 頭部를 保護하는 安全帽에 대한 安全性은 더욱 주목시 된다. 따라서 安全帽에 物體에 의한 衝擊이 가해짐으로서 發生하는 衝擊波가 人間의 頭部에 미치는 影響을 考慮하여 이러한 것들을 解決하기 위해 여러가지 研究가 수행하였다.

頭部를 保護하는 데는 災害發生條件에 따라 크게 4가지로 나눌수 있다.

- 1) 頭部로 物體가 落下할 경우
- 2) 높은 場所로 부터 사람이 墜落時 頭部 保護
- 3) 火災鎮壓時 上部로 부터 物體가 落下할 때
- 4) 二輪車에서 事故로 頭部가 損傷될 때
- 5) 頭部로 감전될 때

위와 같이 上部로 부터 物體가 落下하여 頭部에 衝擊을 가했을 경우 頭部에서 그 衝擊에 의한 Energy를 吸收해야 한다. 그러므로 安全帽은 다음의 條件을 具備할 必要가 있다.

- 1) 安全帽은 適格한 強度를 가져야 한다.
- 2) 耐水性, 耐寒性, 耐熱性, 難燃性, 耐蝕性을 지니고 있어야 한다.
- 3) 衝擊力(落下物이 갖은 運動energy)을 吸收해야 한다.

위와 같은 條件에 따라 製作된 安全帽의 安全性을 檢討하기 위하여 本論文에서는 消防官들이 火災鎮壓 作業時 使用하는 防火帽과 一般産業用 安全帽에 對하여 각각 衝擊試驗과 周波數 分析機

를 통하여 얻어진 傳達函數의 스펙트럼을 利用하여 減衰比를 概略的 方法으로 비교함으로써 人頭部에 미치는 影響을 檢討하여 각 試驗品의 固有周波數를 비교했다. 그러나 앞에서 얻어진 結果를 理論을 통하여 얻어진 結果와 비교하여 실제 作業中 頭部에 衝擊이 加해졌을 때 人體에 미치는 影響이 試驗品에 따라 어느정도의 차이가 있나를 비교, 검토 産業安全帽 및 防水帽 強度의 安全性, bend에서 衝擊을 吸收하여 人頭部를 保護하는데 있어서 그 妥當性을 檢討하는 것을 本 研究의 目的으로 한다.

### II. 理論解析

衝擊을 받게되는 安全帽과 人頭部 關係를 Fig. 1과 같이 모델화할 수 있다. 즉, 質量  $m_1$ 은 人體의 頭部로 생각할 수 있고 質量  $m_2$ 는 安全帽의 質量으로 생각할 수 있다.  $k_1$ 은 人體에 있어서의 스프링常數이며  $k_2$ 는 安全帽 內部の 밴드에 대한 스프링常數이다.

또한  $C_2$ 는 모발에 의한 減衰係數로서 試驗質量과 같이 人頭部에 作用한다고 볼수 있다. 여기서 減衰係數  $C_2$ 가 작다고 假定한다면 다음과 같이 運動方程式을 誘導할 수 있다.

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + k_2 (x_2 - x_1) = 0 \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) = 0 \quad (2)$$

(1) 式을 다시쓰면

$$\ddot{x}_1 + \frac{k_1}{m_1} x_1 + \frac{k_2}{m_1} (x_2 - x_1) = 0 \quad (3)$$

여기서  $k_1 \gg k_2$ 이고  $m_1 \gg m_2$ 인 관계를 적용하면 따라서  $k_2/m_1 \ll k_1/m_2$ 이고  $k_2/m_1 \ll k_2/m_2$ 이다. 그러므로 (1)식과 (2)식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\ddot{x}_1 + w_1^2 x_1 = 0 \quad (0 \leq t \leq \frac{\pi}{w}) \quad (4)$$

$$\dot{x}_1 = 0, \quad t \leq \frac{\pi}{w} \quad (5)$$

여기서  $w_1^2 = \frac{k_1}{m_1}$ ,  $w_2^2 = \frac{k_2}{m_2}$  이다.

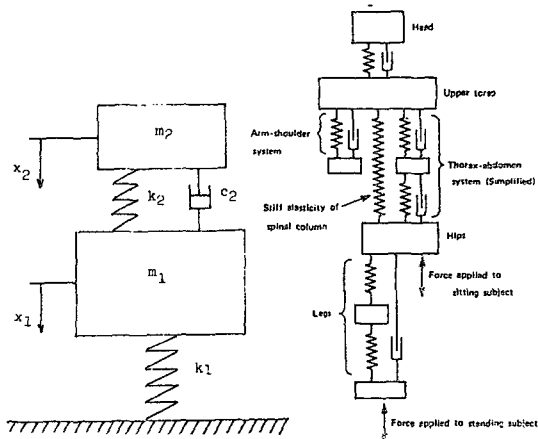


Fig. 1 Two degree of freedom system to shock excitation

(단,  $w_1, w_2$ 는 비감쇠 고유진동수)

初期條件을 考慮해 보면

$$t=0 \text{에서 } x_1 = 0$$

$$\dot{x}_1 = v_1 = \sqrt{2gh} \quad (6)$$

따라서

$$x_1(t) = \frac{v_1}{w_1} \sin w_1 t \quad (0 \leq t \leq \frac{\pi}{w}) \quad (7)$$

質量  $m_1$ 과  $m_2$ 의 狀態變位를  $x$ 라 하면

$$x = x_2 - x_1 \quad (8)$$

또한 여기서 (2)식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\ddot{x} = w_2^2 x = -\ddot{x}_1 \quad (9)$$

그러므로

$$\ddot{x} + w_2^2 x = v_1 w_1 \sin w_1 t \quad (0 \leq t \leq \frac{\pi}{w_1}) \quad (10)$$

$$\ddot{x} + w_2^2 x = 0 \quad (t > \frac{\pi}{w_1}) \quad (11)$$

初期條件을 考慮하면

$$t=0 \text{에서 } x = \dot{x} = 0$$

따라서 (8)식과 (9)식에 대한 풀이는 다음과 같다.

$$x = \frac{v_1 w_2}{w_1^2 - w_2^2} \left( \frac{w_1}{w_2} \sin w_2 t - \sin w_1 t \right),$$

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{w_1} \quad (12)$$

$$x = \frac{v_1 w_1^2 \cos(\pi w_2^2 / 2w_1)}{w_2(w_1^2 - w_2^2)} \sin w_2$$

$$\left( t - \frac{\pi}{2w_1} \right), \quad t \geq \frac{\pi}{w_1} \quad (13)$$

이때 衝擊에 의한 最大變位는 다음과 같다.

$$x_{max} = \frac{w_1}{w_2[(w_2/w_1) - 1]} \sin \frac{2\pi w_1}{(w_2/w_1) + 1},$$

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{w_1} \quad (14)$$

그리고

$$x_{max} = \frac{2v_1 w_1^2 \cos(\pi w_2 / 2w_1)}{w_2(w_1^2 - w_2^2)} \quad t \geq \frac{\pi}{w_1} \quad (15)$$

여기  $n$ 은 양의 定數이고 可能한한 큰 값의 定數項을 만들 수 있도록 選擇한다.

$$\frac{2n}{(w_2/w_1) + 1} < 1$$

여기서 2次振動은 생각하지 않는 것으로 보고 이런 狀態에서 靜的同一變位  $x_{st}$ 는 時間중속의 項을 생각하지 않으면 (8)식은

$$x_{st} = \frac{v_1 w_1}{w_2^2} \quad (16)$$

Mind Lim, Stuber, Cooper 등은  $(x_{max}/x_{st})$ 를 增幅化  $A$ 라고 명명했다.  $A$ 에 대하여 풀면

$$A = \frac{w_2/w_1}{(w_2/w_1)-1} \sin\left[\frac{2\pi t}{(w_2/w_1)-1}\right]$$

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{w_1} \quad (17)$$

그리고

$$A = \frac{2(w_2/w_1) \cos(\pi w_2/2w_1)}{1-(w_2/w_1)^2}, \quad t \geq \frac{\pi}{w_1} \quad (18)$$

여기서 增幅比  $A$ 는  $w_2/w_1$ 의 비에만 依存한다는 것을 알 수 있다. 따라서 (11)式을 圖示함으로 Fig.2의 上部曲線을 얻을 수 있다. 減衰比  $\beta_1 = C/2\sqrt{m_2k_2}$ 는 Fig.2에서 처럼 增幅比의 크기를 감소시킨다. 衝擊時間에 대해 序述한 理論的 考察은 매우 간단한 Pulse 동을 假定하고 간단한 단일자 誘導試驗狀態를 考慮한다는 見知에서 볼 때 대단히 基本的인 것이다. 이 분야에서 衝擊試驗機器가 使用될 때 대부분의 맥동 Pulse 또는 교란변위의 相異한 振幅의 많은 振動成分을 包含하는 複雜한 加速度↔時間關係로 되어 있고 그 試驗對象物은 보통 많은 自由度를 가지고 있으며 이 自由度로부터 여러가지 振動狀態가 생긴다. 그러나 一般적으로 理論的인 結果는 豫想되는 最大制限量에 關한 情報를 提供하는데 아주 유용하다.

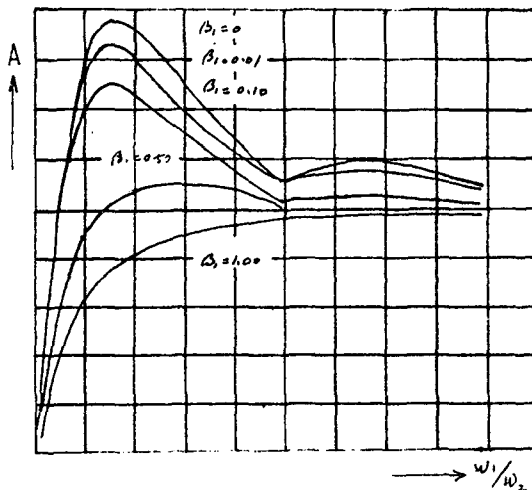


Fig. 2 Amplification factors for linear undamped cushioning with perfect rebound.

### III. 實驗裝置 및 實驗方法

#### 1. 實驗裝置

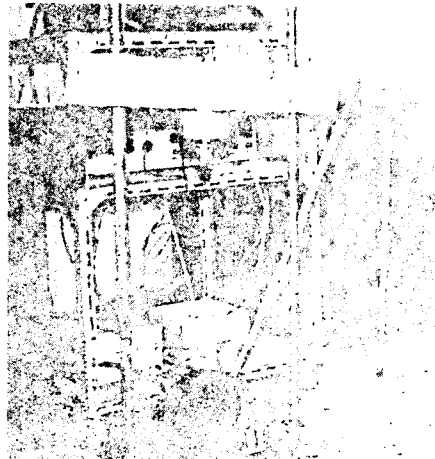
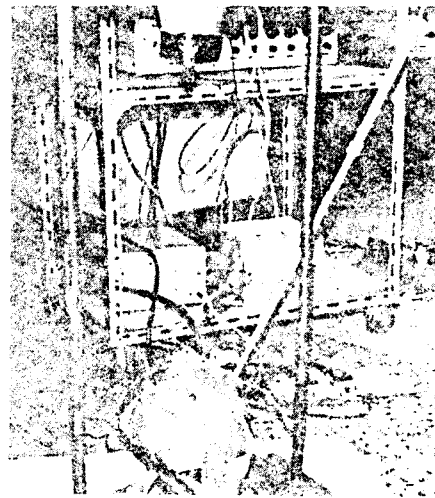


photo 1. Experimental set-up and measuring system

安全帽의 安全性 檢討를 위한 衝擊落下 試驗機는 Photo.1과 같이 裝置를 設置했다.

Photo에서 보는 바와 같이 落下物體를 一定한 方向으로 落下시킬수 있도록 두개의 프레임을 設置하고 安全帽를 착용수 있는 模形人頭部로 구성하였다.

落下物體의 質量은 1.8kg의 鋼體로 하였으며 落下後 接觸부위는 볼트헤드로 연결하였다. 사람의 頭部에 해당되는 부분은 가죽공의 內部에 모래를 넣고 목부분에 해당되는 基礎위에 固定시킨 다음 모발에 해당되는 섬유를 固定시켰다.

落下物體가 安全帽에 衝擊을 가할때 加速度를 測定하기 위하여 50g의 振動加速度計를 부착하였으며 落下物體의 衝擊으로 인한 模形人頭部가 받는 振動加速度를 測定하기 위해 2g의 加速度計를 가죽공 밑에 부착했다.

實驗에서 産業用 安全帽와 防水帽는 韓國工業規格 KSE4901에 準한 安全帽 測定에 의한 管洞試驗을 거친 製品을 각각 2개씩 使用하였으며 材質은 産業用 安全帽는 폴리에틸렌 (P.E) 사출성형품, 防水帽는 폴리카보네이트(Polycarbonate)사출성형품으로 된 것을 內部의 밴드는 PVC(合成수지)및 천등으로 된 것을 선택했다.

2. 實驗方法

一般産業用 安全帽와 防水帽는 安全帽 試驗品 A와B로 각각 分類하여 落下높이H를 50cm, 100cm, 120cm로 變化시켜 가며 衝擊落下試驗을 하였다. 여기에서 얻어진 加速度信號를 앰프로 增幅시킨 다음 오실로스코프(DSS6521)를 통하여 각각 나타내었다.

또한 産業用 安全帽와 防水帽의 同特性을 把握하기 위해 周波數分析機(SA-375)를 利用하여 實驗하였다.

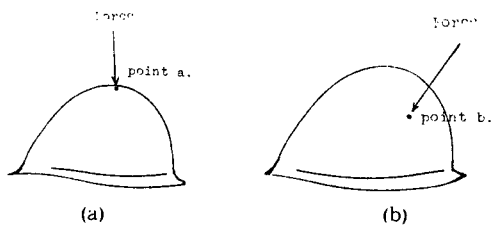


Fig. 3 Excitation Point of force on helmet

實驗은 對象物이 근사적인 내충물이라 假定할 수 있고 실제의 경우에 있어서 衝擊을 받게되는 부분이 Fig.3와 같은 부분이라고 할 수 있다. 그래서 加速度計를 對象物의 中央 부위에 附着시키고 임팩트 햄머를 利用하여 Photo.2,3에 나타나 있는 두 부분을 加擊하였다.



photo 2. and photo 3. Excitaion point of helmet

3. 落下衝擊 試驗의 解析方法

衝擊落下試驗機를 다음과 같이 모델화하여 運動方程式을 誘導할 수 있다.

1) 落下衝擊試驗機의 解析

a) 衝擊瞬間에 있어서의 安全帽의 速度

우선  $V_0$ 를 구하면

$$V_0 = \sqrt{2gh} \tag{1}$$

質量  $M_0, M_1$ 은 衝擊前後에 있어 運動量이 不變하므로

$$M_0V_0 = M_0V' + M_1V' \tag{2}$$

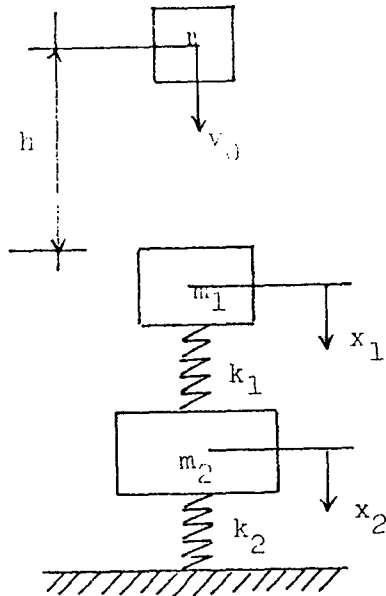


Fig. 3 Two degree of sysetm to shock excitation

지금 反撥係數는

$$E = \frac{V_0 - V'}{V_0} \quad (3)$$

이것을 이용하면 試驗品의 速度는

$$V = \frac{M_0}{V_0 + M_1} (1 + E)V_0 \quad (4)$$

b) 安全帽가 받는 衝擊에 의한 加速度計算

安全帽와 사람의 머리부분에 해당되는 것을 Fig.3과 같은 모델화할 수 있다. 여기서  $k_1$ 은 安全帽의 밴드에 해당되는 스프링 常數,  $k_2$ 는 人體의 스프링 常數 또한 停止位置에서  $x_1, x_2$ 를 각각  $m_1, m_2$ 의 變位量으로 했을때 다음의 運動方程式을 誘導할 수 있다.

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2 x_2 &= 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 + k_2 x_2 - k_2 x_1 &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

調化運動을 한다고 假定하면

$$\begin{aligned} x_1 &= A \cos(W_1 t + \beta) \\ x_2 &= B \cos(W_1 t + \beta) \end{aligned} \quad (6)$$

(6) 式을 (5)式에 代入하면

$$\begin{aligned} (-W^2 m_1 + k_1 + k_2)A - k_2 B &= 0 \\ -k_2 A + (-W^2 m_2 + k_2)B &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

따라서 振動數方程式은

$$(-W^2 m_1 + k_1 + k_2)(-W^2 m_2 + k_2) - k_2^2 = 0 \quad (8)$$

여기서

$$\begin{aligned} W_{11}^2 &= (k_1 + k_2)/m_1 \\ W_{22}^2 &= k_2/m_2 \\ W_{12}^2 &= k_2/\sqrt{m_1 m_2} \end{aligned}$$

이며 (7)式에 代入하면

$$(-W^2 + W_{11}^2)(-W^2 + W_{22}^2) - W_{12}^4 = 0$$

그러므로

$$W^4 - W^2(W_{11}^2 + W_{22}^2) + (W_{11}^2 W_{22}^2 - W_{12}^4) = 0$$

따라서

$$W^2 = \frac{1}{2} \{ (W_{11}^2 + W_{22}^2) \pm \sqrt{(W_{11}^2 + W_{22}^2)^2 - 4 W_{12}^4} \} \quad (9)$$

여기서 얻어지는 두개의 連成固有振動數,  $W_I, W_{II}$ 에 대한 振幅을 각각  $A_I, A_{II}$  및  $B_I, B_{II}$ 로 하고 位相角을  $\beta_I, \beta_{II}$ 로 하면 (5)式의 풀이는

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= A_I \cos(W_I t + \beta) + A_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II}) \\ X_2 &= B_I \cos(W_I t + \beta_I) + B_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II}) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

와 같이 된다. 또한 (7)式에 의해

$$\frac{B}{A} = \frac{-W^2 m_1 + k_1 + k_2}{k_2} = \frac{k_2}{-W^2 m_2 + k_2}$$

그러므로

$$\begin{aligned} \frac{B_I}{A_I} &= \frac{-W_I^2 m_1 + k_1 + k_2}{k_2} = \frac{-W_I^2 + W_{11}^2}{k_2/m_1} \\ &= k_1 > 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{B_{II}}{A_{II}} &= \frac{W_{II}^2 m_1 + k_1 + k_2}{k_2} = \frac{-W_{II}^2 + W_{11}^2}{k_2/m_1} \\ &= k_2 < 0 \end{aligned}$$

또한 (6)식은

$$\begin{aligned} X_1 &= A_1 \cos(W_1 t + \beta_1) + A_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II}) \\ X_2 &= k_1 A_1 \cos(W_1 t + \beta_1) + k_2 A_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II}) \end{aligned} \quad (11)$$

初期條件을 考慮하면

$$\begin{aligned} T=0 \text{에서 } X_1 &= 0, & \dot{X}_1 &= 0 \\ X_2 &= 0, & \dot{X}_2 &= 0 \end{aligned}$$

이를 適用하여  $A_1$  과  $A_{II}$  를 구하면

$$A_1 = \frac{k_2 v}{(k_2 - k_1) W_1}, \quad A_{II} = \frac{k_1 v}{(k_1 - k_2) W_{II}}$$

그러므로  $m_1$  과  $m_2$  에 대한 加速度는

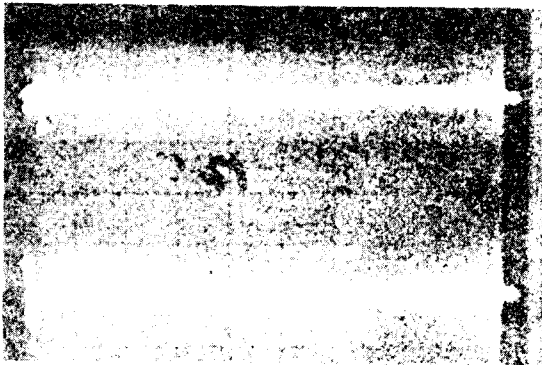
$$\begin{aligned} \ddot{X}_1 &= -\{W_1^2 A_1 \cos(W_1 t + \beta_1) + W_{II}^2 A_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II})\} \\ \ddot{x}_2 &= -\{W_1^2 k_1 A_1 \cos(W_1 t + \beta_1) + W_{II}^2 k_2 A_{II} \cos(W_{II} t + \beta_{II})\} \end{aligned} \quad (12)$$

를 얻는다.

#### 4. 衝擊試驗에 의한 應答信號

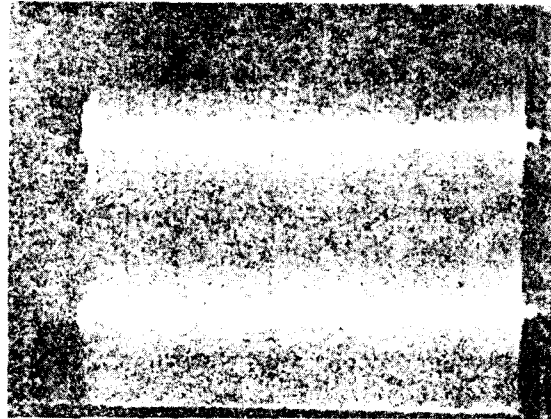
落下높이 50cm, 100cm, 120cm, 높이에서 一般産業用 安全帽의 落下衝擊을 Oscilloscope을 利用試驗한 結果 다음과 같은 應答信號를 얻었다.

photo 4. Response signal of shock excitation on oscilloscope

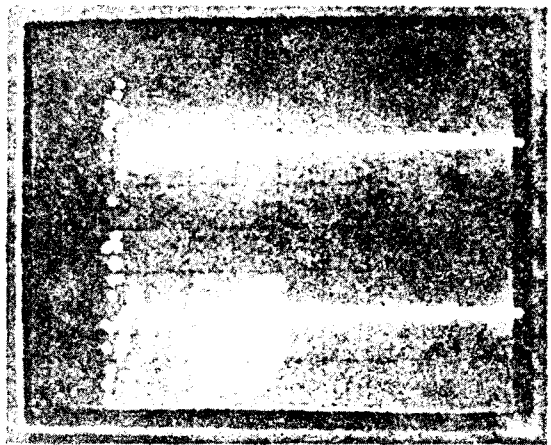


上: 충격에 의한 가속도 신호의 크기  
下: 충격으로 받은 가속도 신호

(a) Response signal of helmet A by impact at 50 cm height.

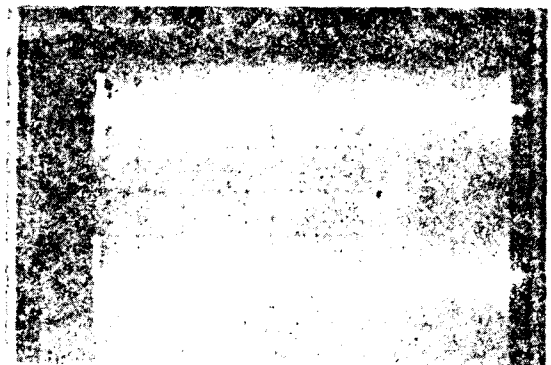


(b) Response signal of helmet A by impact at 100 cm height.

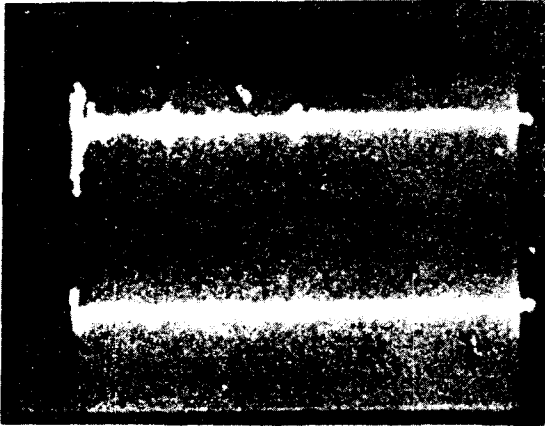


(c) Response signal helmet A by impact at 120 cm height.

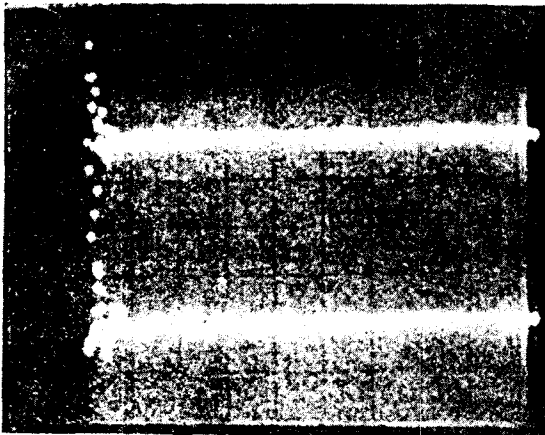
Photo. 5 Response signal of shock excitation on oscilloscope



(a) Response signal of helmet B by impact at 50 cm height.



(b) Response signal of helmet B by impact at 100 cm height.



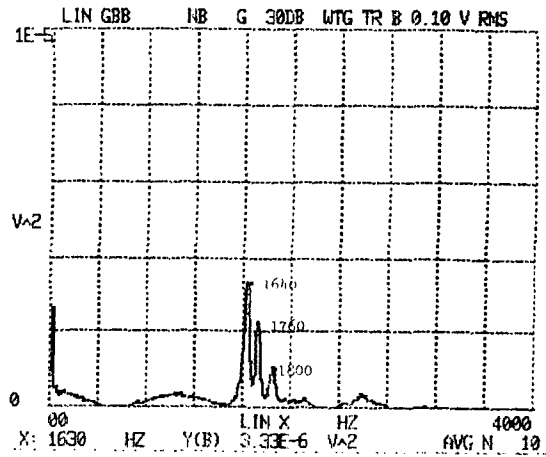
(c) Response signal of helmet B by impact at 120 cm height

同一한 條件과 位置 높이에서 防水帽에 對한 落下 衝擊試驗을 한 結果 다음과 같은 應答信號를 얻었다. photo 5에서 처럼 火災鎮壓時 使用되는 防水帽가 一般産業用 安全帽보다 減衰現狀이 현저함을 각각 (a), (b), (c)를 比較·分析해 볼 때 알 수 있었다.

이상 産業 安全帽(photo.4)와 防水帽(photo.5)를 각각 同一한 條件과 位置 및 높이에서 落下物體를 利用 試驗해 본 結果 火災鎮壓時 使用되는 防水帽가 安全帽보다 動特性의 效果 및 減衰現狀이 현저함을 알 수 있었다.

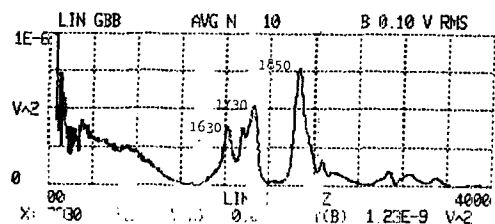
5. 周波數 分析機에 의한 應答信號

一般産業用 安全帽와 防水帽에 對해 周波數 分析機를 통한 임팩트햄머로 각각 加擊하였을시 Fig.5와 같은 應答信號를 얻을 수 있는데 (a) (b)는 産業安全帽의 中央과 뒷면부분(中央部分에서 約 30°뒤로 치우친 點)을 각각 加擊했을때의 傳達函數이다. 또한 (c), (d)는 photo.1의 防水帽 B에 해당되는 것으로서 中央과 뒷면부분을 각각 加擊했을 때의 傳達函數變化이며 (e), (f)는 photo.1에서 C에 해당되는 防水帽의 中央과 뒷면 部分을 加擊했을 때의 狀態變化를 傳達函數로 표시된 것이다.



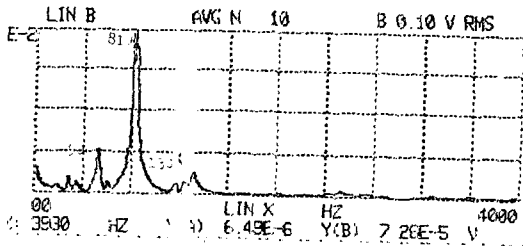
(a) Autospectrum of response signal of helmet A excited at point a.

Fig.5(a,b)(c,d,e,f)의 試驗結果 graph를 分析해 볼때 同一한 材質로 만든 安全帽와 防水帽(本試驗에서 使用된 5개) 모두가 檢定基準에 合格品이지만 實質的으로는 各部分마다 材質의 強度差가 조금씩 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다.

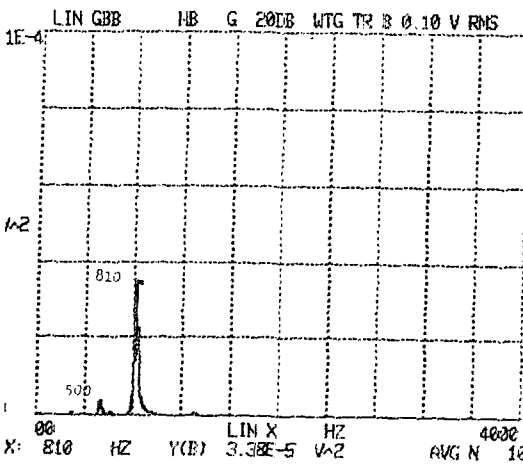


(b) Autospectrum of response signal of helmet A excited at point b.

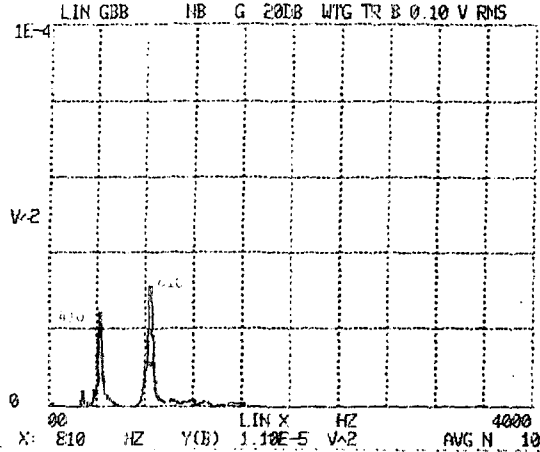




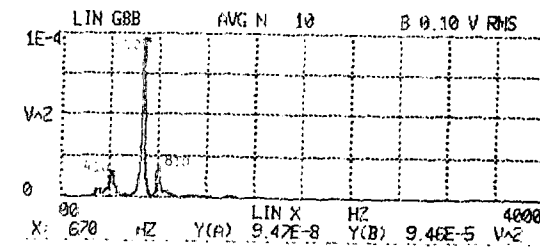
c) Autospectrum of response signal of helmet B excited at point a.



d) Autospectrum of response signal of helmet B excited at point b.



(e) Autospectrum of response signal of helmet C excited at point a.



(f) Autospectrum of response signal of helmet C excited at point b.

Fig. 5 Autospectrum of response signal of helmets.

#### IV. 結果 및 考察

一般産業用 安全帽와 防水帽의 固有周波數는 1波數分析試驗으로부터 각각 1630HZ와 410HZ 이고 모래의 固有周波數가 약4HZ 이므로

式(18) $A = \frac{2(\omega_2/\omega_1)\cos(\pi\omega_2/2\omega_1)}{1-(\omega_2/W_1)_2}$  로 부터 安全帽와 防水帽에 대하여 増幅比 A값을 각각 0.013708과 0.00347을 얻었다. 따라서 防水帽가 一般産業用 安全帽에 비해 衝擊에 보다 安全하다. 아래의 표는 위의 結果를 整理한 것이다.

Table.1 Amplification factor of helmet A and B

구분	$\omega_1$	$\omega_2/\omega_1$	A
A	1630(Hz)	407.5	0.00347
B	410(Hz)	102.5	0.01380

周波數 分析試驗에 結果인 Fig.1-Fig.6으로부터 産業安全帽와 防水帽의 3次까지의 固有周波數를 아래의 표와 같이 얻었다.

Table.2 Natural frequency of helmets

No	1st	1nd	3rd
A1	1640 Hz	1760 Hz	1800 Hz
A2	1630 Hz	1730 Hz	1850 Hz
B1	500Hz	810 Hz	1300 Hz
B2	500 Hz	810 Hz	1300 Hz
C1	410 Hz	670 Hz	810 Hz
C2	410 Hz	670 Hz	810 Hz

#### V. 結論

一般産業用 安全帽와 防水帽의 安全性을 動的 試驗을 통해서 보다 安全한 製品을 生産하는데

參考가 되기 위하여 여러개 각종 産業安全帽 및 防水帽에 대해 衝擊荷重을 加하여 模型 人頭部의 振動 加速度 및 衝擊에너지의 減衰率을 測定하여 安全度에 對한 評價을 한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 一般産業用 安全帽와 防水帽의 3次까지 固有 周波數를 구한결과 1630Hz와 410Hz였다.

2. 防水帽의 減衰比가 産業安全帽의 減衰比보다 크다는 것이 스펙트럼分析和 加速度 應答信號의 減衰傾向에서 알 수 있었다.

3. 式  $A = \frac{2(W_2/W_1)\cos(\pi W_2/2W_1)}{1-(W_2/W_1)^2}$  을 利用하여檢討한 結果는 防水帽가 一般産業用 安全帽에 비해 強度力이나 bend의 衝擊吸收力이 양호함을 알 수 있었다.

4. 이상 實驗 1.2.3을 통해 본 結果 國內에서 生産보급되고 있는 一般産業用 安全帽 및 防水帽의 減衰係數와 衝擊力이 外國의 基準值(허용한도)보다 높다는 것이 本 論文에서 問題로 지적할 수 있으며 우리 實情에 맞는 制度的인 基準設定이 必要하다고 생각된다.

#### Reference

- Francis S. Tse, Ivan E. Morse, Rolland T. Hinkele, "Mechanical vibrations theory and applications." 2nd Ed.
- Julius S. Bendat, Allan G. Piersol, "Engineering applications of correlation and spectral analysis" Wiley-Interscience, New York, 1980.
- D.E. Newland, "An introduction to random vibrations and spectral analysis", 2nd Ed Longman, New York, 1984.
- D.J. Ewins, "Modal testing: Theory and practice", Research studies press, England, 1984.
- Landkof, B., Goldsmith, W. and Sackman, J. "Impact on a head-neck structure." *Jourr of Biomechanics*, Vol.9 1976, pp.141-152.
- Goldsmith, W., Sackman, J.L., Ouligian, C. and Kabo, M., "Response of a realistic human head-neck model to impact." *ASME Jourr of Biomechanical Engineering*, Vol.100, 1978 pp.25-33.
- Marangoni, R.D., Saez, C.A., Weyel, D.A., and Polosky, R.A., "Impact stresses in human head-neck model." *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, 1978, pp.153-166.
- J.M. Kabo, W. Goldsmith, and N.M. Harri "In-Vitro head and neck response to impact" *ASME Journal of Biomechanical Engineering*, Vol.105, 1983 pp.316-320.
- 南村振大邦, 横山恭: 振動加工の研究(第1報), *精密機械* 30.2. (1964) 171.
- 横山恭男, 小泉邦推: 衝突振動の研究(第5報), *精密學會 秋季大會學術講演前刷*. (1970) 241.

1) ○ Gold Smith, W. "Response of a realistic human head-model to impact" Vol.100, 1978, p.25-60(防水帽의 外皮固有波數 허용치 400HZ, 內部 bend 減衰比 0.00310 이하일때 가장 이상적이라고 B.S.I에서 規定)  
○ Marangon, R.D "Impact stresses in human head-neck model" ASCE, 1978, p.153-200. Germany. (防水帽外皮固有周波數(허용치) 405HZ. 內部 bend 減衰比 0.00312 이하를 적용토록 A.N.S.I에서 規定)