

人工磁場發生裝置와 磁氣컴퍼스의 性能

安 瑛 化* · 鄭 公 忻* · 安 長 榮* · 辛 亨 鎰**

Helmholtz Coil and Performance of Magnetic Compass

Young-wha AHN*, Kong-heun JEONG*,
Jang-young AHN* and Hyeong-il SIN**

In order to furnish the fundamental data for the domestic production of magnetic compass and the prescription of standardization about it in Korea, authors made the helmholtz coil and investigated the characteristics of them.

Subsequently, the damping curves of T190 and T165 compasses in the helmholtz coil were measured and analyzed the performance of those compass.

The results obtained are as follows;

1. The relation between electric current (I_i) to flow in the helmholtz coils, that the thickness of coil is 1 mm, diameter 1 m, winding number 117, and intensity of magnetic field is presented as follows.

Vertical magnetic force: $Z(\text{Gauss})=0.34+1.506 I_i$

Horizontal magnetic force: $H(\text{Gauss})=0.183+1.506 I_i$

2. Period of T190 compass is longer than T165 compass in all horizontal magnetic force. In the amplitude, the former is larger than the latter above 0.08 Gauss, but this phenomenon is opposed to that below 0.08 Gauss.
3. As the horizontal magnetic force is intensive, period of magnetic compass is short, amplitude is large, and damping degree and damping factor are small.

The time elapsed to the principal points of damping curve is proportional to the -0.65 power of the horizontal magnetic force.

緒 論

磁氣컴퍼스는 자이로컴퍼스가 發達함에 따라 그 重要性이 점차 떨어져 現在는 자이로컴퍼스의 故障에 對備하거나 故障有無를 확인하기 위한 豫備用 또는 非常用으로 裝備하고 있다¹⁾. 그러나 자이로컴퍼스를 裝備하지 않은 小型船舶에서는 아직도 磁氣컴퍼스나 操舵用으로 使用하고 있으며 IMO의 NAV ANNEX-I, II에서도 基準컴퍼스로서 모든 船舶

에 磁氣컴퍼스를 裝備하도록 規定하고 있다.

또한, 磁氣컴퍼스의 規格에 關한 規定으로서는 英國의 BS 1699, 日本의 JIS F9101-1975, 國際標準化 機構의 ISO R 694-1968 등이 있으나 우리나라는 아직까지도 그 規定이 없을 뿐 아니라, 磁氣컴퍼스의 性能을 調查할 수 있는 施設과 裝置 및 技術不足 등으로 製作하지 못하고 있으며 이에 對한 研究도 待 바가 없다.

* 濟州大學校 : Jeju National University
** 釜山水產大學 : National Fisheries University of Busan

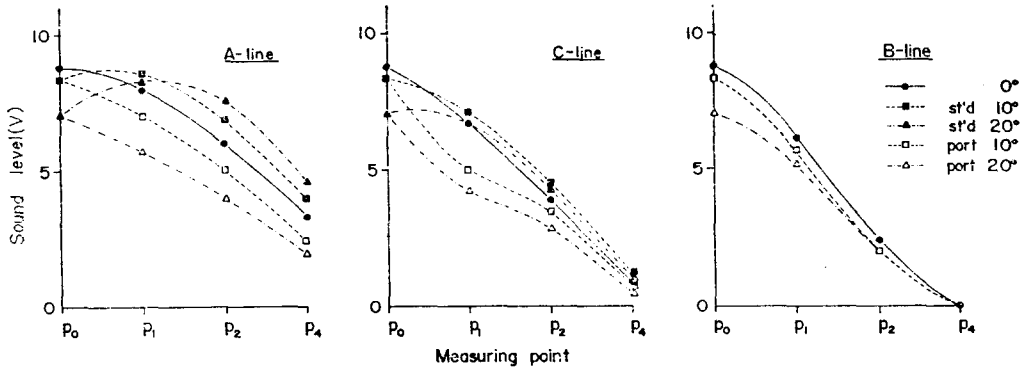


Fig.8. Variations of the sound level of the direct wave according to the roll angle at the respective measuring points on the A, B and C-Lines in Fig. 2.

한편, 左橫搖角 20°일때와 右橫搖角 20°일때의 直接波音壓의 差를 音壓變動幅으로 하고, 橫搖角 0°일때의 直接波音壓과 그 變動幅과의 相對比를 橫搖角 20°에 대한 音壓變動率로 하면, P₁點에 있어서 그 變動率은 左側正橫線上에서 36.3%, 中央線上에서 41.5%였고, 船尾線上에서는 左右側 모두 12.9%였다.

또, P₂點의 경우 左側正橫線, 船尾線, 中央線上에 있어서 그 變動率은 각각 59%, 13%, 42%였고, P₄點의 경우는 左側正橫線, 中央線上에 있어서 각각 78.1%, 27%을 나타내어, 左側正橫線上 P₄點에서 가장 큰 變動率을 보였다.

이와같이 橫搖角에 따라 各 測定點의 音壓變動率이 서로 다른 것은 各 測定點에 대한 送受波指向角이 橫搖角에 따라 각각 다르게 變하기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 8은 各 測定點에 있어서 左右橫搖角 10°와 20°에 대한 直接入射波音壓의 變動을 各 線上別로 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 各 線上別 橫搖角에 따른 直接波音壓은 左側正橫線上에서 가장 큰 變動을 나타내었고, 船尾線上에서 가장 적은 變動을 나타내었다.

橫搖角이 0°일 때 直接入射波의 音壓分布가 船尾線上에서 가장 急激했음에도 불구하고, 左右橫搖角 20°範圍에 대한 그 音壓變動이 左側正橫線上에서 가장 크게 나타난 것은 模型船이 橫搖할 때 音束軸의 角變位經路가 模型船의 正橫線과 일치함으로써, 左側正橫線上 各 測定點이 中央線 및 船尾線上의 各 測定點보다 送受波指向角이 크게 되어 指向性係數가 적어졌기 때문이라 생각된다.

要 約

船體의 橫搖에 따른 物標入射音壓의 變動限界를 調査하기 위하여, 船尾式 트롤漁船인 새바다호의 縮尺 1/50 FRP 模型船의 船底에 75KHz用 超音波 振動子를 附着시켜 音束軸의 角變位에 따른 直接入射波音壓의 變動을 理論적으로 考察하고, 實驗을 행한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 船體의 橫搖가 없을 때 船尾線上에 대한 直接入射波音壓의 分布는 左側正橫線上 및 中央線上의 그 分布보다 急激히 減少하는 現象을 나타내었다.
2. 船體의 橫搖에 따른 直接入射波音壓은 船尾線上 및 中央線上에서 보다 左側正橫線上에서 더 큰 變動을 나타내었다.
3. 音束軸으로 부터 左側正橫線上으로 60cm되는 測定點에서의 音壓變動率은 78.1%로서 다른 測定點에서의 그 變動率보다 매우 컸으며, 各 測定點에 대한 直接波音壓의 測定値와 計算値는 거의 一致하는 경향을 나타내었다.

參 考 文 獻

1. Bergmann, P.G. and Yaspan, A.(1968): Physics of Sound in the sea. Gordon and Breach Science Publishers, 167~168.
2. 宮野鼻洋一·石井憲·古澤昌彦(1982): 魚體反射率測定における同時較正法. 水工研報告(3), 187~192.
3. 朴仲熙·辛亨鎰·李昊在(1983): 船體의 橫搖와 魚群探知機의 探知可能範圍에 關하여. 漁業技術學會誌 19(2), 93~98.

人工磁場發生裝置와 磁氣컴퍼스의 性能

地磁氣의 水平磁場(H_0) 및 人工水平磁場(H_i)을 計算하였다⁴⁾.

또한, 컴퍼스의 制振特性試驗은 水平磁場을 變化시킨 後 小型 永久磁石으로 컴퍼스카드를 45° 偏角시켜 磁石을 순간적으로 떼었을 때 카아의 움직임을 Video Camera로 撮影하고, 여기에 連結된 V. T. R의 모니터를 보면서 周期, 過行角 및 時間에 따른 偏角을 測定, 分析하였다.

結果 및 考察

人工磁場發生裝置 内部의 垂直磁場(Z_i) 및 水平磁場(H_i)의 세기는²⁾

$$Z_i, H_i = \frac{N r^2 I_i}{2(r^2 + x^2)^{3/2}} = k_1 I_i \text{ (AT/m)}$$

$$= k_2 I_i \text{ (Gauss)}$$

- 但, I_i : 電流의 세기
- r : 코일의 半徑
- x : 코일의 中心과 컴퍼스 中心과의 距離
- N : 코일의 감은 回數
- k_1, k_2 : 人工磁場發生係數

과 같이 나타낼 수 있으며, 本 實驗에 使用한 人工磁場發生裝置의 경우 $k_1=119.808$, $k_2=1.506$ 이었다.

1. 人工磁場發生裝置內의 垂直磁場

傾針儀의 눈금(n_i)과 電流와의 關係를 最少自乘法³⁾으로 구한 結果는 다음과 같다.

$$n_i = 10.507 + 46.359 I_i \dots\dots\dots(1)$$

또한, Z_0, Z_i, n_i, n_0 간에는 (2)式과 같은 關係가 있으며

$$\frac{Z_0 + Z_i}{Z_0} = \frac{n_i}{n_0} \dots\dots\dots(2)$$

但, n_0 : 電流가 0일 때의 傾針儀의 눈금

(1), (2)式에서 $Z_0=0.341$ Gauss이었다. 이것은 地磁氣의 垂直磁力線圖⁵⁾의 0.34Gauss와 同一한 값이다.

電流의 變化에 따른 傾針儀의 눈금으로 (2)式에 의하여 垂直磁場을 구한 結果는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 人工磁場發生裝置內의 全垂直磁場(Z)과 電流와의 關係,

$$Z = 0.340 + 1.506 I_i \text{ 이었다.}$$

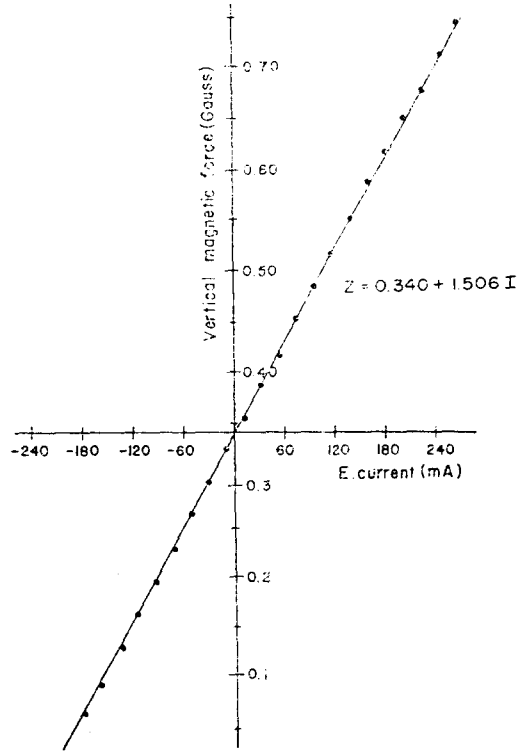


Fig. 2. Distribution of the vertical magnetic force in the Helmholtz coils by the variation of electric current.

2. 人工磁場發生裝置內의 水平磁場

偏針儀의 水平磁場(F)과 地磁氣의 水平磁場 사이에는(3)式과 같은 關係가 있으며

$$H_0 = \frac{\sin(\varphi - \theta)}{\sin \theta} F \dots\dots\dots(3)$$

- 但, φ : 磁氣子午線과 偏針儀의 方向과의 交角
- θ : 磁氣子午線에서부터 컴퍼스카드의 偏向角

地磁氣의 水平磁場下에서 偏針儀의 눈금을 0으로 하고 指針을 135°에 놓았을 때 컴퍼스카드는 磁氣子午線에서 부터 9.3°偏向하였다.

따라서, $F=0.199H_0$ 이었다.

또한, 電流에 따른 컴퍼스카드의 直角偏回時의 偏針儀의 눈금(n_j)과 電流와의 關係는 (4)式과 같다.

$$n_j = 18.138 + 186.087 I_i \dots\dots\dots(4)$$

H_0, H_i, F, n_j, n_0 간에는 (5)式과 같은 關係가 있으며

Table 1. Specifications of the directional system

Compass	Clearance (mm)	Diameter of card (mm)	Magnetic moment (C. G. S. E. M. U.)	Viscosity (g·sec/cm ²)
T 190	12	190	2,530	1.5 × 10 ⁻²
T 165	17	165	1,680	1.0 × 10 ⁻²

Table 2. Specifications of the manufactured Helmholtz coil

Diameter (mm)	Interval (mm)	Width (mm)	Thickness of Wire (mm)	Winding number
1,000	750	50	1	117

本 研究는 國産 磁氣컴퍼스의 製作에 必要한 基礎 資料를 提供하기 위하여 人工磁場發生裝置를 製作하여 그 性能을 調査하였고, 人工磁場內에서의 磁氣 컴퍼스의 制振特性을 測定하여 磁氣컴퍼스의 性能을 分析, 檢討하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

本 實驗에 使用된 磁氣컴퍼스는 現在 中小型 船舶에서 많이 使用되고 있는 日本 Saura製 T190型和 T165型으로서 그 性能諸元은 Table 1과 같다.

2. 實驗裝置

磁氣컴퍼스의 性能을 調査하기 위하여 製作한 人工磁場發生裝置의 系統圖 Fig.1과 같고, 그 諸元은 Table 2와 같다.

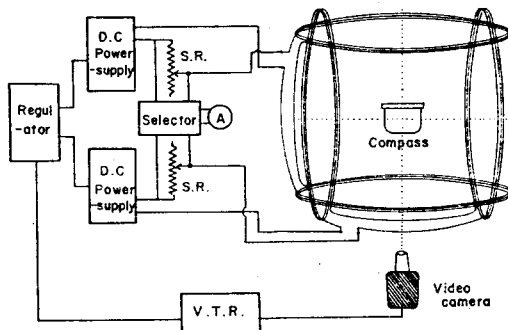


Fig.1. Block diagram of the apparatus for generation of artificial magnetic force.

Fig.1에서 電壓變動에 의한 裝置內 磁場의 變化를 防止하기 위하여 定電壓機를 使用하였으며, 電流의

變化에 따른 磁場의 세기는 슬라이드 抵抗의 調節에 의해서만 變化시킬 수 있도록 하였다.

人工磁場發生裝置의 設置方向은, 水平磁場發生裝置의 中心線이 磁氣子午線과 一致하도록 하였으며, 그 磁氣子午線의 方向은 자이로컴퍼스에 의한 指北 方向과 地磁氣의 地域偏差에 의하여 구하였다.

또한, 垂直磁場發生裝置의 中心線은 地面에 垂直이 되도록 하였으며, 이 兩 中心線의 交點은 컴퍼스 카아드의 아래에 附着된 磁石의 中心과 一致하도록 하였다.

그리고, 주위의 磁性體에 의한 磁氣의 影響을 除去하기 위하여 附近의 鐵材類는 2m 이상 떨어지게 하였다.

人工磁場發生裝置內에서의 垂直磁場 및 水平磁場은 傾針儀와 偏針儀를 각각 使用하여 測定하였으며, 컴퍼스카아드의 制振特性은 그 裝置의 外部에 V. T. R 이 連結된 Video Camera를 設置하여 撮影, 記錄 하였다.

3. 實驗方法

垂直磁場은 人工磁場發生裝置의 中心에 傾針儀를 水平으로 設置한 후 傾針儀 内部의 軸의 눈금을 0에서 25까지 차례로 옮기면서 슬라이드 抵抗을 調節하여 磁針이 平衡을 이루었을 때의 電流를 測定하여 구하였다.

水平磁場은 裝置의 中央에 컴퍼스를 놓고 그 위에 偏針儀의 指針이 135°에 가도록 固定한 후, 電流를 -100mA에서 +140mA까지 10mA 간격으로 變化시키면서, 컴퍼스카아드의 指北端이 磁氣子午線과 90°의 交角을 이루도록 偏針儀의 눈금을 調節하여 測定 하였다.

이렇게 測定한 電流와 傾針儀 및 偏針儀의 눈금으로서 地磁氣의 垂直磁場(Z_0) 및 人工垂直磁場(Z_i)과

Table 3. The comparison of the period and the damping factor by the types of compass and the horizontal magnetic fields

Type of Compass <i>H</i> (Gauss)	T 190			T 165		
	Period (sec)	Damping degree	Damping factor	Period (sec)	Damping degree	Damping factor
0.39	16.0	28.2	0.627	13.0	27.0	0.600
0.33	17.7	28.4	0.613	14.0	27.6	0.613
0.29	19.6	28.8	0.640	15.5	27.9	0.620
0.23	23.1	29.7	0.660	18.0	28.5	0.633
0.18	26.2	30.0	0.667	21.1	29.2	0.649
0.14	32.0	31.2	0.693	25.2	30.0	0.667
0.08	43.8	32.7	0.727	32.6	32.8	0.727
0.03	76.0	34.8	0.773	60.0	37.5	0.883

比해 指北力이 큰 때문이며, Fig.4 및 Table 3에서 T 190型이 T 165型에 비해 周期는 길고, 振幅이 작은 것은 T 190型이 T 165型보다 카야드面積이 커서 粘性摩擦力이 T 165型보다 더 큰 때문이라 생각된다.

4. 水平磁場과 主要點의 變化

永久磁石으로 컴퍼스카야드를 45° 偏角시킨 후 이것을 1분 순간부터 最初로 磁北을 通過하는 時機, 그 후 反對側으로 過行角이 最大에 達한 時機, 다시 磁北을 通過하는 時機, 다음에 過行角이 最大에 達한 時機 등의 主要點까지 경과된 時間 t_i 및 過行角 β_i 를 水平磁場에 對하여 兩對數 그래프에 表示하면 Fig.5와 같다.

Fig.5에서 t_i 및 β_i 는 水平磁場에 對하여 거의 直線狀으로 變化하였으며, 두 컴퍼스의 t_i 는 水平磁場에 對하여 약 -0.65乘에 比例하고, β_i 는 0.18乘에 比例하였다.

要 約

國產 磁氣컴퍼스의 製作에 必要한 基礎資料를 提供하기 위하여 人工磁場發生裝置를 製作하여 그 特性을 調査하였고, 人工磁場內에서의 磁氣컴퍼스의 制振特性을 試驗하여 磁氣컴퍼스의 性能을 分析, 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 코일의 굵기 1mm, 直徑 1m, 捲回數 117回인 人工磁場發生裝置의 電流(I_i)와 磁場의 세기와의 사이에는

$$\text{垂直磁場: } Z(\text{Gauss}) = 0.34 + 1.506 \cdot I_i$$

$$\text{水平磁場: } H(\text{Gauss}) = 0.1834 + 1.506 \cdot I_i$$

의 關係가 있었다.

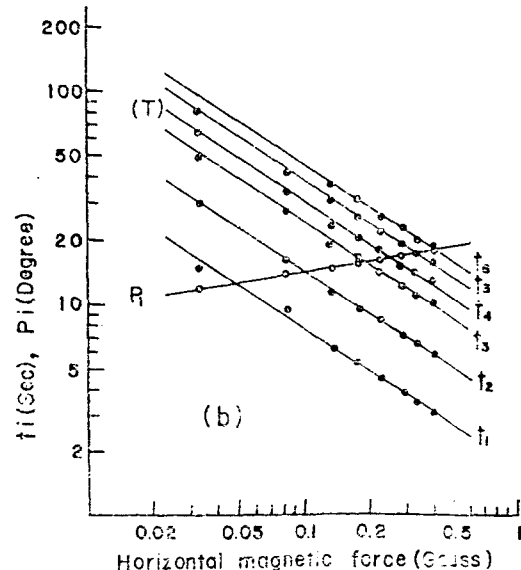
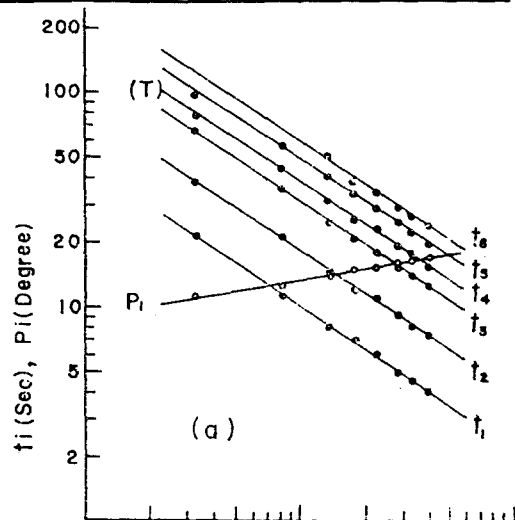


Fig.5. Variation of the main points in the damping curves of T190(a) and T165(b) compasses according to horizontal intensity of magnetic field.

$$\frac{H_0 - F + H_i}{H_0 - F} = \frac{n_i}{n_0} \dots \dots \dots (5)$$

但, n_0 : 電流가 0일 때의 偏針儀의 눈금

(4), (5)式에서 $H_0 = 0.183 \text{ Gauss}$ 이었다.

電流의 變化에 따른 偏針儀의 눈금으로 (5)式에 의해 水平磁場을 구한 結果는 Fig. 3과 같다.

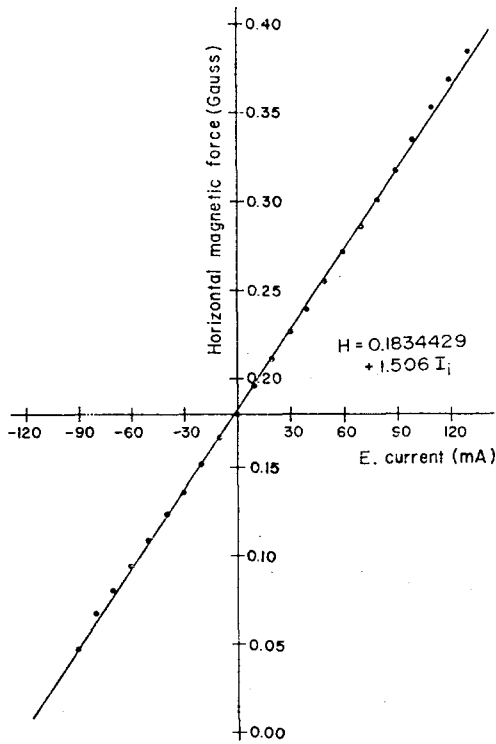


Fig. 3. Distribution of the horizontal magnetic force in the Helmholtz coils by the variation of electric current.

Fig. 3에서 人工磁場發生裝置內에서의 全水平磁場 (H)과 電流와의 關係는

$$H = 0.183 + 1.506 I_i \text{ 이었다.}$$

여기서, 地磁氣의 水平磁場의 測定値는 0.183 Gauss이고 地磁氣의 水平磁力線圖의 값은 0.30 Gauss로써 다소 差異가 있으나, 이것은 本實驗을 行한 場所가 鐵筋콘크리트로 된 建物이었으며, 또한 가까운 附近에 製鋼工場이 있었기 때문인 것으로 생각된다.

3. 制振特性

Table 1의 컴퍼스에 대하여 45° 初期位相角을 준

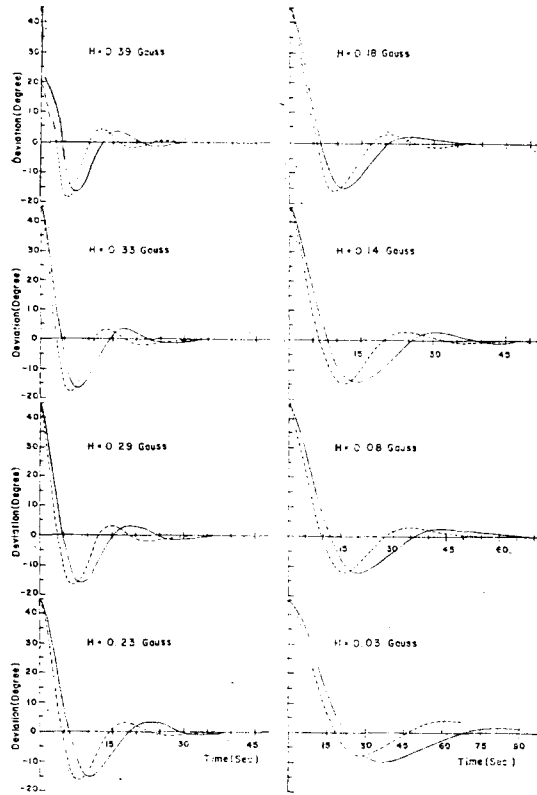


Fig. 4. Comparison of the damping curves between T190 (solid line) and T165 (dotted line) compasses by the variation of horizontal magnetic force.

후 振動試驗을 한 結果를 水平磁場의 세기별로 나타내면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 水平磁場이 커짐에 따라 磁北으로 復歸하는 時間이 짧아져, 水平磁場이 0.08, 0.14, 0.18, 0.23, 0.29, 0.33, 0.39 Gauss일 때, T190型 컴퍼스는 69, 50, 44, 40, 36, 32, 30초 였으며, T165型 컴퍼스는 54, 45, 39, 36, 33, 30, 28초 였다.

또한, 水平磁場이 0.03 Gauss에서는 두 컴퍼스 모두 磁北으로 復歸하지 않았는데, 이것은 水平磁場이 약하므로 磁針의 指北力이 컴퍼스액의 粘性摩擦力에 비해 相對적으로 약해졌기 때문이라 생각된다.

두 컴퍼스의 水平磁場에 따른 制振曲線의 周期, 制動角, 制動率은 Table 3과 같다.

Table 3에서 水平磁場이 增加함에 따라서 두 컴퍼스의 周期와 制動角 및 制動率은 減小하였다. 이러한 現象은 水平磁場이 增加함에 따라 粘性摩擦力에