# 船舶用 反映式 磁氣 Compass 開發品에 관한 評價

이 상 집*

# The Performance of the Deviation Correctors for the Ship's Magnetic Compass

*by Lee Sang-jib*

〈目 次〉

1. 서 언
2. 자차수정장치의 특성시험
2·1 콤파스 카드 자침배열의 정밀성시험
2·2 방위관독기의 자성과 정밀성시험
2·3 Binnacle의 자성과 정밀성시험
3. 수정구의 성능시험
3·1 연철수정구의 영구자성시험
3·2 각 수정구의 수정량시험
4. 실선에 의한 종합성능시험
5. 시험결과 및 평가

## 1. 서 언

우리나라가 세계적인 조선수출국으로 부각된 지 오래되었음에도 불구하고 船舶用 기기는 거의 수입에 의존하고 있어 탑재장비의 국산화가 시급히 요망되고 있다. 최근 과학기술처의 지원으로 한국표준연구소 주관하에 실시된 반영식 자기콤파스 개발사업에 필자가 연구원으로 참여한 바가 있는 바, 새로 개발된 제품의 성능중 자차수정(自差修正)기능에 대한 평과 결과를 소개하기로 한다.

## 2. 자차수정장치의 특성시험

### 2·1 콤파스 카드 자침배열의 정밀성시험

콤파스 카드에 부착된 두 자침의 배열은 같은 두 자극을 pivot에서 볼 때 60°이어야 하는 바 그 정확성이 결여된 경우에는 6분원차 및 8분원차가 생기는 수가 있다. 그것은 주로 D수정구가 bowl에 가까이 접근될 때 자침에 의하여 자화되기 때문이다. 자침배열의 정확성을 검사할 목적으로 다음과 같이 4개의 수정연철구(4 corrector-method of Meldau 방식)를 이용하여 계수 H/D를 조사하였다. 즉, Deviascope에서 정횡방향으로 연철구(지름7″)를 대칭되게 놓고 4우점 침로에 대한 자차를 측정한 결과 아래와 같이

$\delta_{NE}=16.4°W$, $\delta_{SE}=16.1°E$,
$\delta_{SW}=15.9°W$, $\delta_{NW}=16.1°E$

를 얻었고, 이것으로부터 $D=-16.125°$가 산출되었다. 그리고 위의 실험장치에 선수미방향으로 연철구를 대칭되게 추가로 놓고 8주요점 침로에서 자차를 측정한 결과

$\delta_{NNE}=0.2°W$, $\delta_{ENE}=2.0°E$, $\delta_{ESE}=3.5°W$,
$\delta_{SSE}=0.0°$, $\delta_{SSW}=1.5°W$, $\delta_{SWS}=1.0°E$,
$\delta_{WNW}=0.5°W$, $\delta_{NNW}=0.5°E$

를 얻었다. 이것으로부터 $H=-1.1°$가 산출되었고, 이 결과로부터 $H/D=0.068$을 얻었다. 이

* 정회원, 한국해양대학

것은 ISO규정이 정한 허용치(0.08이하)보다 작은 값이다.

### 2·2 방위판독기의 자성과 정밀성시험

자차수정 성능시험에 활용될 방위판독기(Azimuth reading device)로서 Azimuth circle(E.S. Ritchie & Sons, Inc.제)이 사용되었고 그 성능시험은 다음과 같이 실시되었다.

가. 비자성시험

방위판독기는 비자성재료로 구성되어야 하는바 그 검사는 다음과 같이 하였다. 방위판독기에 좌·현·수직방향으로 2mT의 자장을 계속 가한 다음 콤파스에 끼우고 천천히 선회시키면서 카드를 관찰한 결과 움직임이 없음이 확인되었다.

나. 맞물림검사

콤파스에 끼워진 방위판독기는 회전이 자유로와야 하는 반면 측면유동이 작아야 한다. 본 판독기는 회전이 자유로왔고 측면유동으로 인한 오차는 0.1′미만이었다. 이것은 ISO규정이 정한 허용치(0.2°)보다 작은 값이다.

다. Sight-vanes의 평행검사

대물쪽 수직철사와 대안쪽 slit가 서로 평행인 것을 시각적인 관측으로 확인하였다.

라. Sight-vanes의 수직검사

대물쪽 수직철사와 대안쪽 slit로 구성되는 관측면은 bowl 뚜껑유리에 대하여 직각이어야 하며 방위판독기의 회전수직축을 포함하여야 한다. 대안쪽과 대물쪽에서 하나의 연직선을 각각 관측한 결과 연직선은 양쪽 vane과 나란하고 관측면 내에 있음이 확인되었다.

### 2·3 Binnacle의 자성과 정밀성시험

가. Binnacle 자체의 비자성시험

수정용구를 제거한 binnacle은 비자성이어야 하는 바 그 검사는 다음과 같이 하였다.

콤파스 bowl을 장착한 다음 회전대위에 binnacle을 올려놓고 침로 8주요점에 대하여 물표의

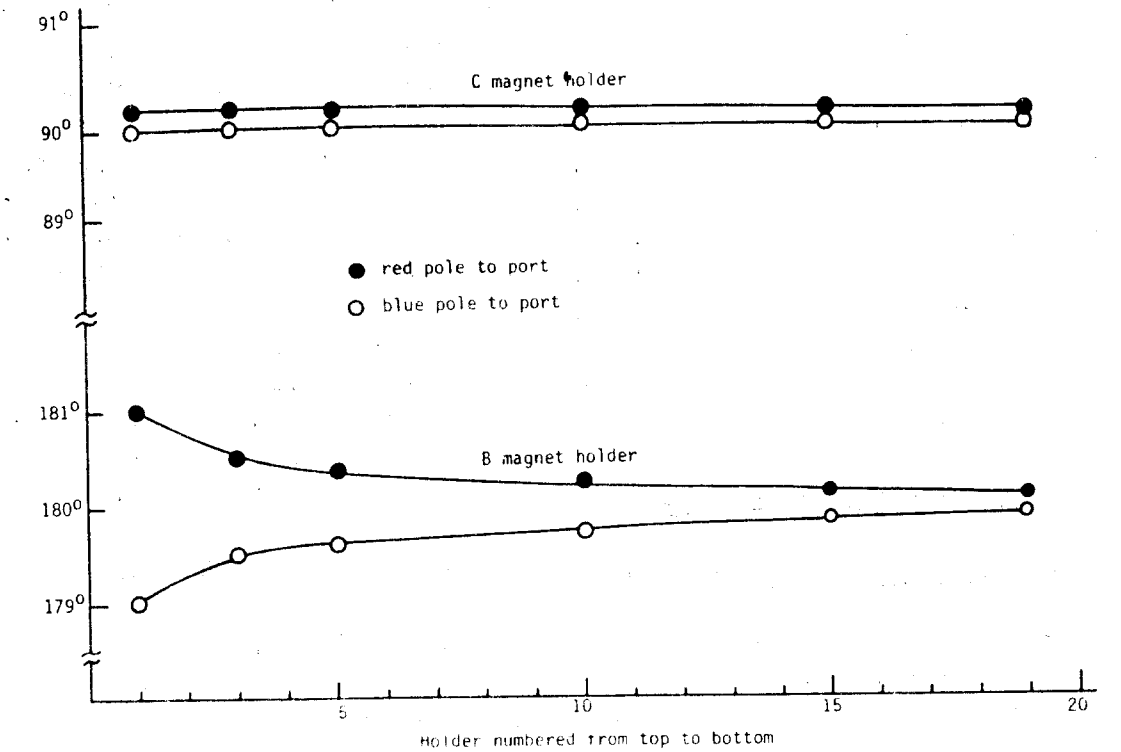


**Fig. 1.** Error of horizontal corrector magnet holder alignment.

방위를 측정한 결과 변함이 없었다. 또한 조명용 전원 AC 100V 와 DC24 가 공급되는 경우에도 물표의 방위는 변함이 없었다. 측정결과 침로 8주요점, 즉 N, NE, E, SE, S, SW, W 및 NW 에 대해 물표의 방위는 모두 271.0°로 같게 측정되었다.

나. 각 수정구 holder 위치의 정확성시험

각 수정구 holder 위치가 부정확하면 불변차 A 가 생길뿐만 아니라 양호한 수정효과를 기대할 수 없다. 정횡 C자석 holder 위치의 정확성을 시험하기 위하여 침로를 90°로 하고 C자석을 상부의 holder 에서부터 차례로 삽입하면서 카드의 편각을 관찰한 결과 Fig. 1의 상반부와 같이 0.5°미만이었다.

한편 선수미 B자석 holder 위치의 정확성을 시험하기 위하여 침로 180°로 하고 B자석을 상부의 holder 로부터 차례로 삽입하면서 카드의 편각을 관찰한 결과 Fig. 1의 하반부와 같이 1° 미만이었다. 이들 편각의 크기는 ISO 규정에 의한 허용치(2°미만)보다 작은 값이었다.

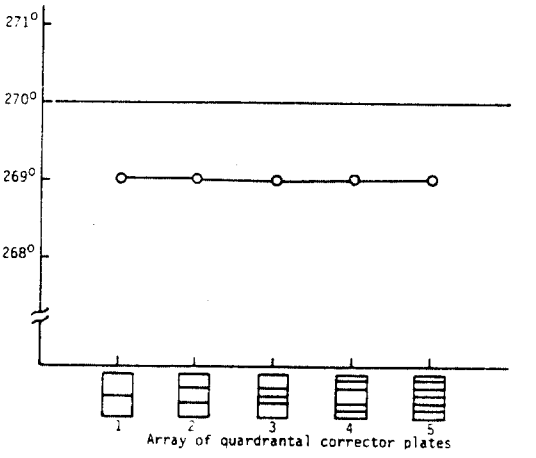


**Fig. 2.** Error of quadrantal corrector holder alignment.

4분원차 수정구 box 및 bracket arm 배치의 정확성을 시험하기 위하여 침로 270°로 하고 5가지 경우로 규소강판을 양쪽 box 에 삽입하면서 카드를 관찰한 결과 Fig. 2와 같이 1°이하의 편각이 일어났다. 한편 Flinders bar box 위치의

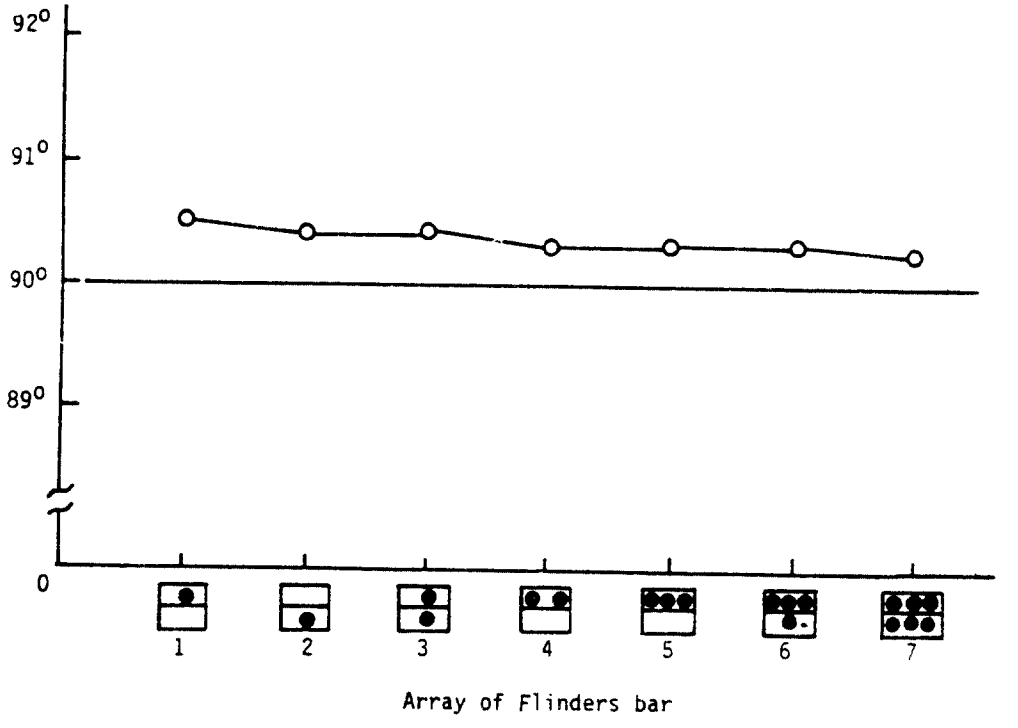


**Fig. 3.** Error of Flinders bar holder alignment.

정확성을 시험하기 위하여 침로를 90°로 하고 bar를 box에 대칭적으로 삽입하면서 카드를 관찰한 결과 Fig.3과 같이 0.5°이하의 편각이 일어났다. 이들은 ISO 규정에 의한 허용치(2°미만)보다 작은 값이었다.

## 3. 수정구의 성능시험

### 3·1 연철수정구의 영구자성시험

자차수정구중 연철수정구는 지구자장에 따라 즉시 자화되는 것이어야 한다. 따라서 보자력이 작을수록 양질의 연철구라 할 수 있다. 이 검사는 수평자장 19.9A/m(0.25 Oe), 수직자장 27.9 A/m(0.35 Oe)인 실험실에서 다음과 같이 실시하였다. ISO 규정에는 연철수정구의 보자력은 160 A/m(2 Oe)이하로 규정하고 있다.

Flinders bar의 영구자성을 시험하기 위하여 침로 90° 또는 270°로 하고 Flinders bar box 하나를 선택하여 Flinders bar를 바로 넣은 경우와 뒤집어서 넣은 경우에 있어서 카드의 운동을 관찰한 결과 편각은 0.5°~1.5°로 일어났다. 이것은 ISO 규정의 허용치(2°미만)보다 작은 값이었다.

4분원차 수정구의 영구자성을 시험하기 위하여 침로 45° 또는 135°로 하고 규소강판을 1매씩 box에 넣은 상태와 180°로 방향을 바꾸어 넣은 상태에서 카드의 운동을 관찰한 결과 편각이 0.3°~1.0°로 일어났다. 이것은 ISO 규정의 허용치(2°미만)보다 작은 값이었다.

### 3·2 각 수정구의 수정량시험

각 수정구는 ISO 규정 또는 JIS 규정이 정한 최대수정량과 최소수정량 및 각 단계의 증분수정량을 충족하여야 한다. 그 성능시험은 다음과 같이 각 수정구가 일으킬 수 있는 자차의 크기로서 결정하였다.

가. 선수미 B자석의 수정량

침로 90° 또는 270°로 하고 양측이 B자석 box에 자석을 4개, 3개, 2개 및 1개씩 위쪽으로부터 아래로 위치를 바꾸어 삽입하고 자차를 측정한 결과 Fig.4와 같이 측정되었다.

Alnico 자석 8개를 사용하면 최대수정량 47.5°

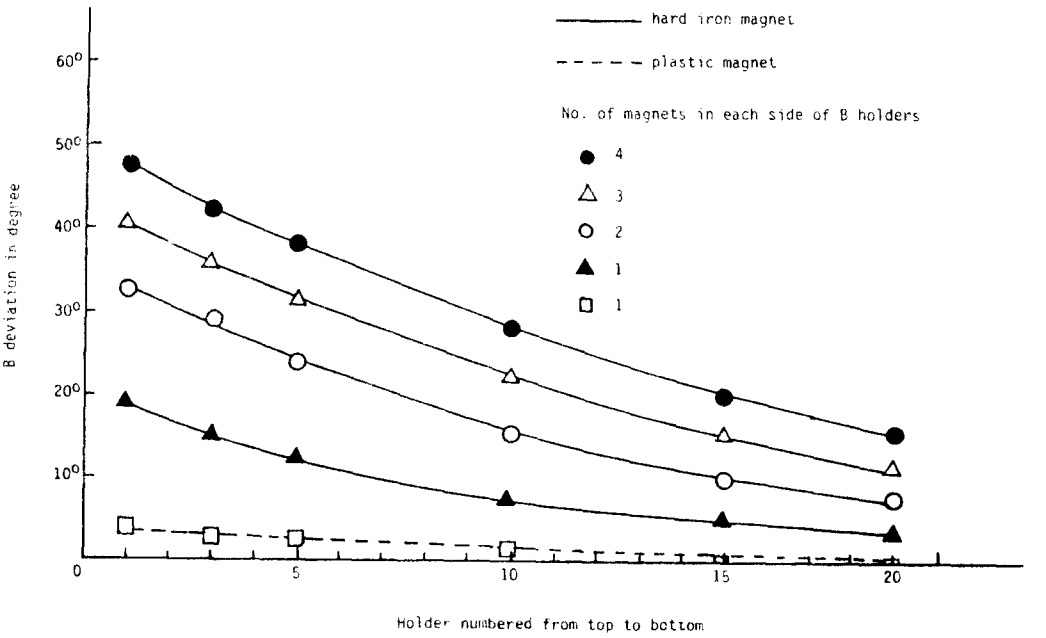


**Fig. 4.** Deviation due to *B* magnet.

가 확보되고 plastic 자석 2개를 사용하면 최소 수정량 0.5°를 유지할 수 있다. 또한 각 단계의 수정량 증분치도 두가지 자석을 혼용하면 쉽게 얻을 수 있음을 보여주고 있다. B자석 및 C자석의 수정량에 관한 규정을 살펴보면 다음과 같다. JIS규정에는 최대수정량 0.5°이하로 규정되어 있다. 한편 ISO 규정에는 최대수정량(720/H)° 이상으로, 수정자석 한개의 세기는 11,200A/m (141 Oe)이상으로 정하고 있다. 또한 JISF 9101 규정에 의하면 반원차 수정구 1조는 최대유효량을 얻는데 필요한 수량의 1.6배로 하며 그 이외의 수정구는 최대유효량을 얻는데 필요한 수량을 1조로 한다고 규정하고 있다. 따라서 선박에 비치하여야 할 B수정구는 최소수정량 확보에 필요한 수정구의 1.6배로 보면 Alnico 자석 13개, plastic 자석 4개로 구성될 수 있다.

나. 정횡 C자석의 수정량

침로 0° 또는 180°로 하고 C자석 box에 자석을 10개, 9개, 2개 및 1개씩 위로부터 아래로 위치를 바꾸어 삽입하고 자차를 측정한 결과 Fig. 5와 같이 측정되었다. Alnico 자석 10개를 사용하면 최대수정량 47.3°가 확보되고 plastic 자석 1개를 사용하면 최소수정량 0.5°를 얻을 수 있다. 또한 Alnico자석 10개와 plastic 자석 1개를 혼용하면 각 단계의 수정량 증분치도 JIS 규정이 정한 값을 충족한다는 것을 알 수 있다. 따라서 C수정구의 1조는 Alnico 자석 16개, plastic 자석 2개로 구성될 수 있다.

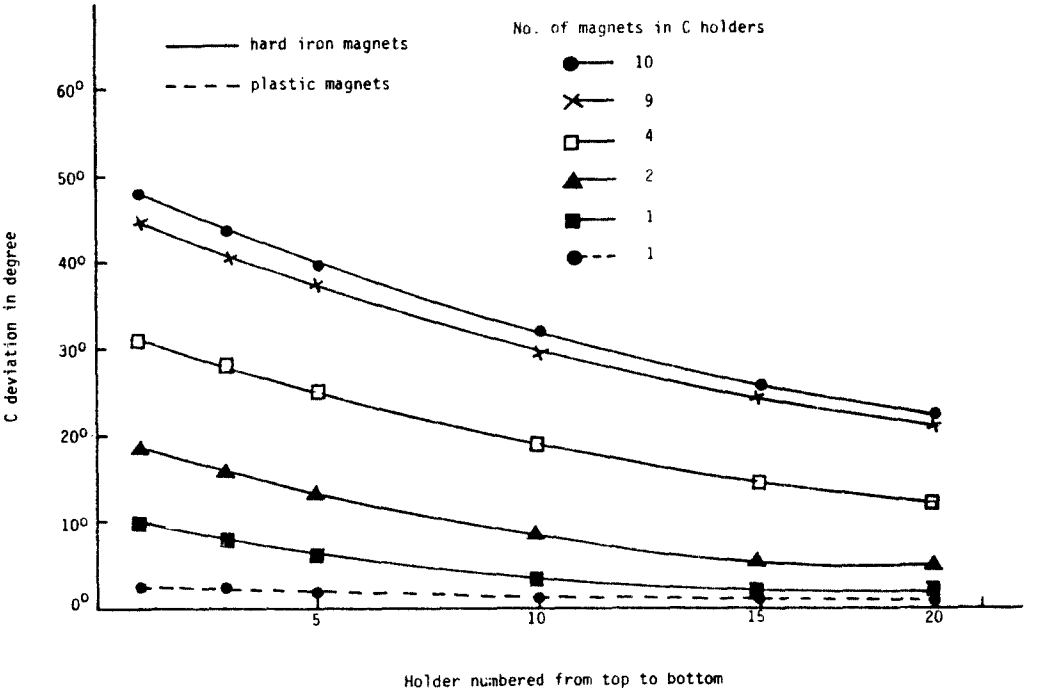


**Fig. 5.** Deviation due to C magnets.

다. Flinders bar의 수정량

침로 90° 또는 270°로 하고 Flinders bar box에 순철봉 full length와 half length인 두 종류의 bar를 다양하게 대칭적으로 삽입하고 자차를 측정한 결과 Fig. 6과 같았다. Full length인 bar 6개를 삽입하면 수정량 1°를 얻을 수 있다. 또한 각 규격의 bar를 1개씩 삽입할 때 수정량 증분치는 1°미만임을 보여주고 있다. 이것은 JIS 규정치를 충족하고 있는데 JIS규정은 Flinders bar 수정량 최대치는 8°이상, 수정량 최소차와

수정량 증분치는 1° 미만으로 규정하고 있다.

라. D수정구의 수정량

침로 45°, 135° 등과 같이 4우점으로 하고 규소강판으로 제작된 D수정용 철판(이하 *D* plate로 하기로 함)을 1/8 size, 1/4 size, 1/2 size, full size, 1½ size(정횡방향으로 펼친 경우), 2 full size (2매를 포갠 경우) 및 3 full size(3매를 포갠 경우) 등으로 구분하고 각 경우마다 D plate box

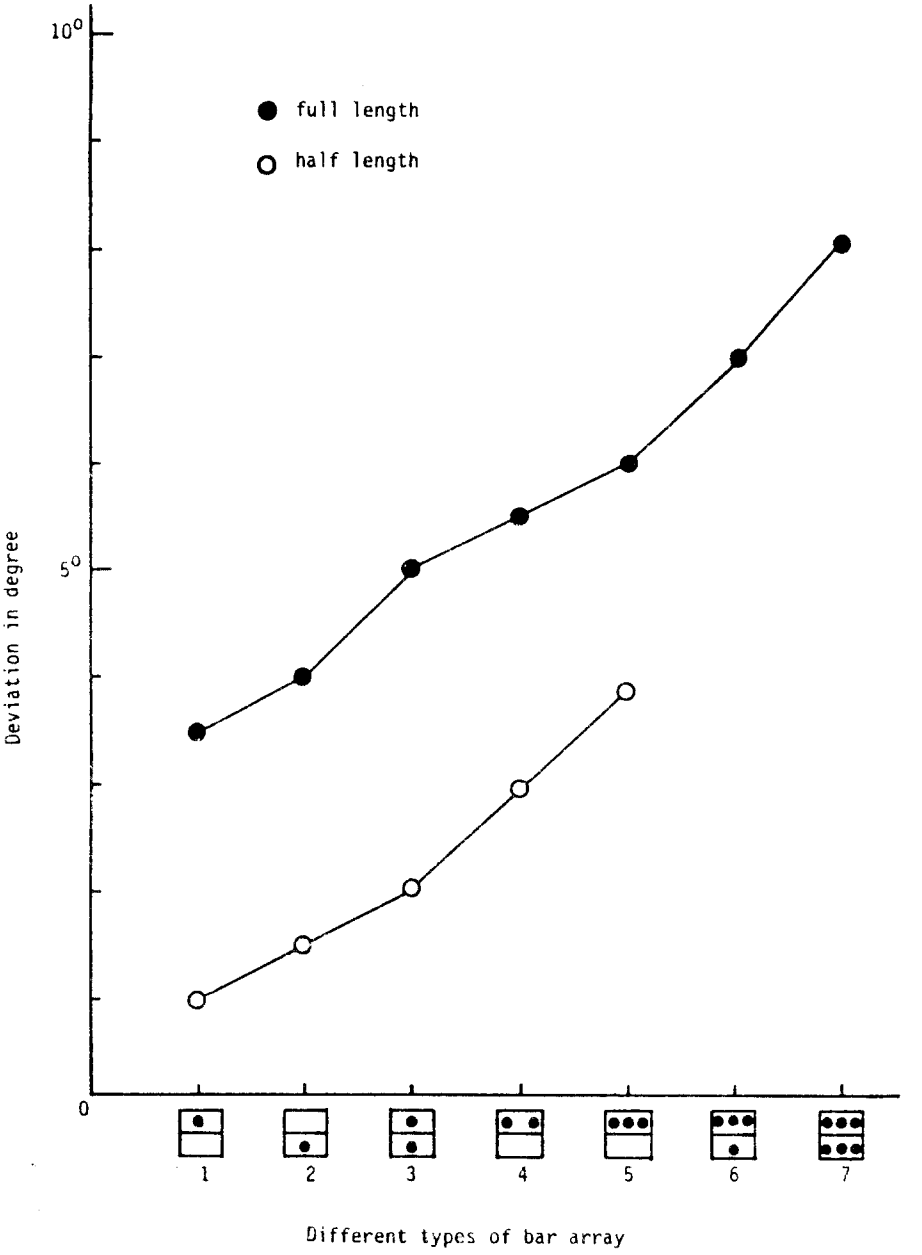


**Fig. 6.** Deviation due to Flinders bar (vertical component of magnetic field: 27.9 A/m(0.35 Oe).

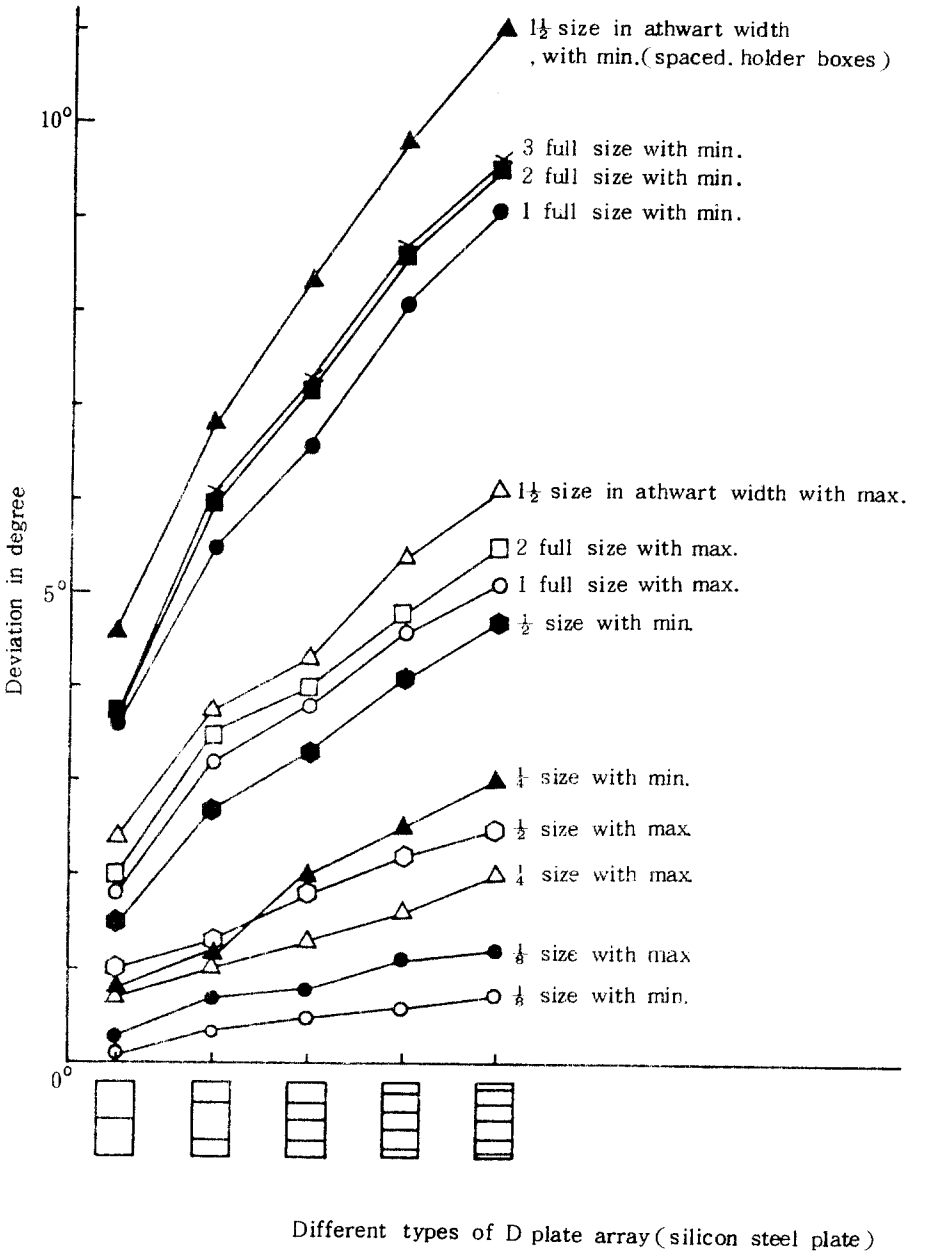


**Fig. 7.** Deviation due to *D* plates(silicon steel plate).

의 위치를 bracket arm 상에서 중앙에서부터 최단거리에서 최장거리로 이동하면서 자차를 관측한 결과는 Fig. 7 과 같았다. 1½ size로 *D* plate 를 넓게 제작하면 최대수정량은 11°까지 확보할 수 있음을 알 수 있다.

한편 *D* plat는 그 폭을 1.5 배로 늘인경우에는 수정량이 크게 증가하나 2~3 배로 포갠 경우에는 증가율이 크지 않다. 자차계수 D는 a 및 e 로 구성되어 있어 폭을 늘인 경우에는 e가 증가하나 몇개를 포갠경우에는 D와 무관한 k만 증가한다라

는 9 rods의 이론과 거의 일치함을 보여주고 있다. 여러 곡선의 특성을 종합해 보면 1/8 size 4매, 1/4 size 6매, 1/2 size 8매 및 full size 10매가 1조로 구성되면 최소수정량 0.1°, 각 단계의 수정량 0.3°이하, 최대수정량 9°등이 확보될 것으로 보인다. JIS 규정에는 D수정구의 수정량 최대치는 8°이상, 최소치 및 각 단계별 수정량 증분치는 0.5°이하로 규정하고 있다. 그러나 ISO 규정에

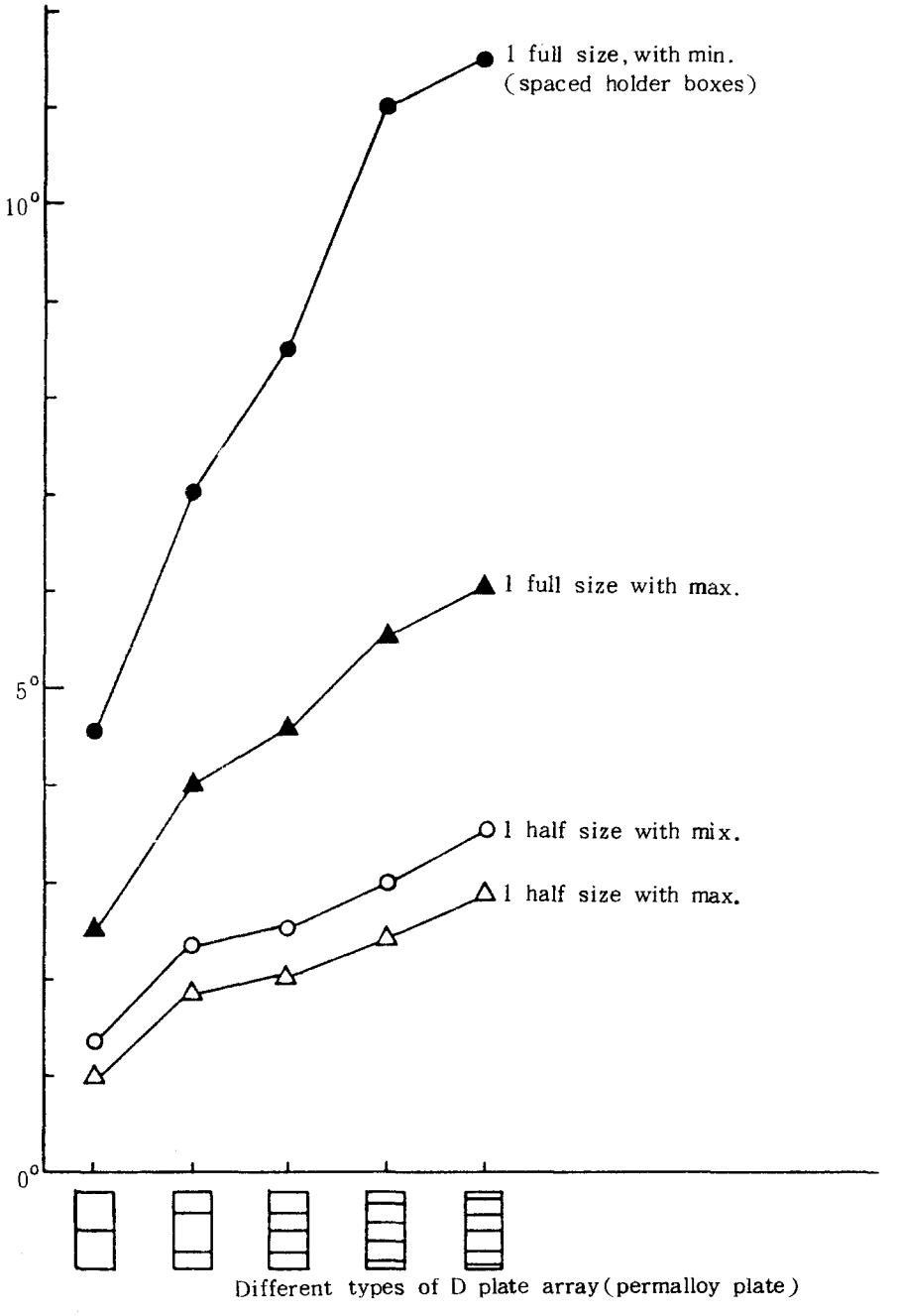


**Fig. 8.** Deviation due to *D* plates(permalloy plate).

는 최대치를 10°이상으로 규정하고 있는 바, 이 결과는 JIS규정을 충족하고 있다. 한편 permalloy판을 이용하여 D수정구의 수정량을 시험한 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

마. 경선차 수정구의 수정량

경선차 수정구는 7개의 영구자석을 장착할 수 있는 가동 holder로 되어 있는 바, 그 수정량은 Fig. 9과 같이 14가지 경우로 나누어 측정하였다. 즉 콤파스 binnacle의 bowl chamber의 수직자장(19.9 A/m(0.25 Oe))을 확인한 다음, 자석의 청색극이 위로 향하게 하고 한개씩 증가시키면서 자석 holder가 상하로 이동할 때 수직자장의 세기를 측정한 다음 자석의 적색극이 위로 향하게 하고 같은 방법으로 측정하였다.

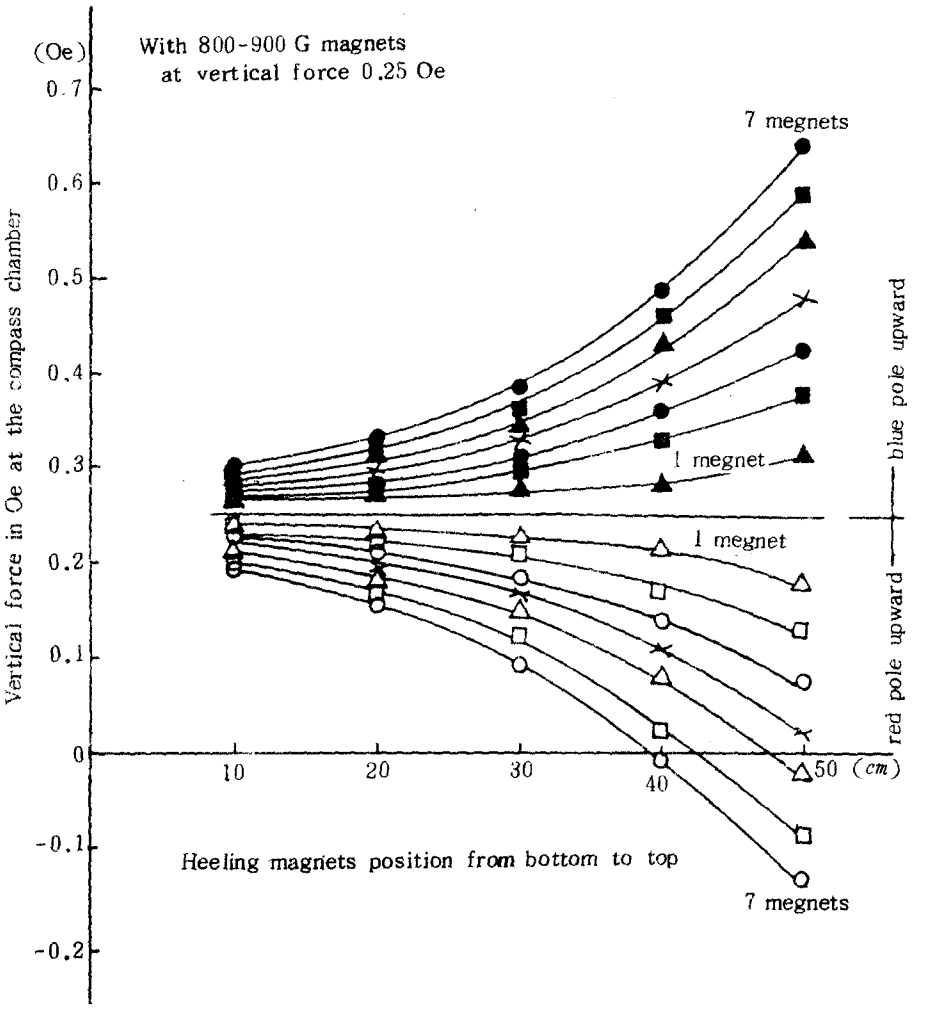


**Fig. 9.** Vertical force due to heeling magnets.

Fig. 9에서 알 수 있듯이 최대수정량은 31.8 A/m(0.4 Oe), 최소수정량 및 각 단계별 수정량 증분치는 3.58 A/m(0.045 Oe)로서 JIS규정이 정한 최대수정량은 23.9 A/m(0.3 Oe)이상, 최소수정량 및 단계별 수정량 증분치는 3.98 A/m(0.09 Oe)의 요건을 충족하고 있다.

## 4. 실선에 의한 종합성능시험

본 시제품의 자차수정성능에 관한 종합적인 시험은 원표방위법(distant object bearing method)으로 실시되었다(실험일시 : 1987.6.17, 13:00~17:00, 실험수역 : 위도 35°04′30″N, 경도 159°05′09″E, 관측물표 : 영도 고갈산 중턱 TV 안테나, 실험선 : 한국해양대학소속 한바다 통선, 16톤, 길이 13.7m, 폭 3.36m, 디젤기관 220마력). 실험선 후미 중앙부에 본 시제품을 설치한 다음 다음과 같이 예비단계의 점검 및 조정을 실시하였다.

경침의(Tokyo keiki 제)를 사용하여 방해자장이 없는 곳의 지자기수직력과 콤파스 bowl 위치에서의 선내자기수직력이 거의 일치하도록 조정하여 경선차를 수정하였다. 이 목적으로 Alnico 자석 2개를 N극이 위로 향하게 하여, 좌우로 대칭이 되도록 heeling magnet holder에 삽입하고 그 위치를 최하위에 두었다. 한편, 일시자기에 의한 Flinders bar(full length) 1개를 중앙 바깥쪽에 삽입하였다.

선박으로부터 약 1,500m 떨어져 있는 TV 안테나 탑을 물표로 하여 8주요 선수방위에 대하여 방위를 측정하였다. 이때 선박의 기관을 전진 및 후진으로 번갈아 가면서 선회반경을 최소로 줄였다.

**Table 1.** Initial compass bearing of deviation.

| Heading | 000 | 045 | 090 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bearing | 306 | 283 | 277 | 282 | 290 | 304 | 320 | 322 |
| Deviation | 8W | 15E | 21E | 16E | 8E | 6W | 22W | 24W |

(mean bearing : 298°)

**Table 2.** Initial coefficient of deviation.

| coefficient | calculation | deviation |
|---|---|---|
| B | 1/2(21+22) | 21.5 |
| C | 1/2(−8−8) | −8 |
| D | 1/4{(15−6)−(16−24)} | 4.25 |
| E | 1/4{(−8+8)−(21−22)} | 0.25 |

물표에 대한 측정방위, 자차 및 자차계수는 Table 1과 Table 2와 같다. 계수 A는 무시할 수 있는 값이 되도록 나침의를 선체 중앙선위에 설치하고, 좌우로 철물배치가 평형이 되도록 주변에 있는 이동물을 정돈하였다.

계수 B의 값이 지나치게 크므로 제일 먼저 수정하여 수정작업 단계를 간소화하였다. 계수 B의 부호는 양(+)이므로 B자석 N단이 선수로, 계수 C의 부호는 음(−)이므로 C자석의 N단이 좌현으로, 계수 D의 부호는 양(+)이므로 D수정구는 정횡방향으로 놓아야 함을 알 수 있었다.

E의 값이 무시할 수 있을 정도로 미소하였으므로 나침의 위치가 적합하다는 것이 입증되었다.

**Table 3.** Residual compass bearing and deviation.

| Heading | 000 | 045 | 090 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bearing | 294 | 293 | 292.5 | 293 | 294 | 295 | 295.5 | 295 |
| Deviation | 0.0 | 1.0E | 1.5E | 1.0E | 0.0 | 1.0W | 1.5W | 1.0W |

(mean bearing : 294°)

**Table 4.** Residual coeffcient of deviation.

| coefficients | calculation | deviation |
|---|---|---|
| B | 1/2(1.5+1.5) | 1.5 |
| C | 1/2(0−0) | 0 |
| D | 1/4{(1.0−1.0) −(1.0−1.0)} | 0 |
| E | 1/4{(0+0)−(1.5−1.5)} | 0 |

수정 이후의 물표방위, 잔존자차 및 자차계수는 Table 3과 Table 4와 같다.

이때 각 수정구의 위치는 다음과 같다.

B수정구 : Alnico 자석 4개를 N단이 선수로 오게 하였으며 그 위치는 양쪽 7번 및 8번 holder(위로부터 아래로 정한 순서)에 삽입하였다.

C수정구 : Alnico 자석 1개를 3번 holder(위로부터 아래로 정한 순서)에 삽입하였다.

D수정구 : 규소강판 full size 3매를 box의 하

단에서부터 2번, 3번 및 4번 홈에 끼웠다.

경선차 수정구 및 Flinders bar의 조정은 예비단계에서 실시된 것을 변동시키지 않았다.

한편 초기의 자차곡선과 잔존 자차곡선을 대비한 결과는 Fig. 10과 같다. 이 그림은 초기의 자차곡선은 다같이 N—S 축을 기준으로 대칭이며, 잔존자차의 크기는 1.5° 미만임을 보여주고 있다.

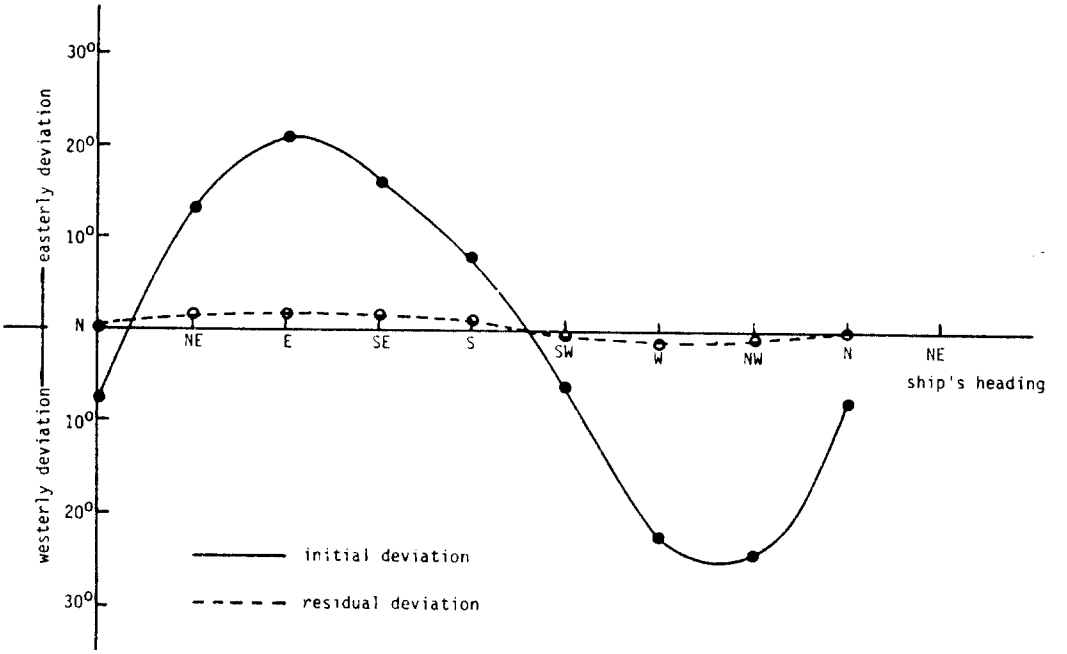


**Fig. 10.** Comparision of initial deviation with residual one.

## 5. 시험결과 및 평가

본 연구에서 개발된 선박용반영식 자기콤파스의 자차수정 성능시험은 자차수정에 쓰이는 기구, 콤파스, 수정장치 및 수정구 등에 대하여 독립적으로 시험한 다음, 실선을 이용하여 통합적으로 실행하였다. 즉, 콤파스 카드 자침배열의 정밀성, 방위판독기의 자성과 그 정밀성 등을 검사하였고 수정구 자체의 특성과 수정량에 관한 시험은 선수미 B자석, 정횡 C자석, Flinders bar, D수정구로 구분하여 실시하였다. 관측된 성능은 ISO 규정과 JIS 규정이 정한 기준치를 충족하였다. 또한 실제 선박에 비치하여야 할 1조의 수정구는 다음과 같다.

- 선수미 B자석 수정구 1조 : Alnico 자석 13개, plastic 자석 4개
- 정횡 C자석 수정구 1조 : Alnico 자석 16개, plastic 자석 2개
- Flinders bar 수정구 1조 : half length 3개, full length 7개
- D수정구 1조 : full size 10매, 1/2 size 8매, 1/4 size 6매, 1/8 size 4매
- 경선차 수정용 자석 1조 : Alnico 자석 7개

한편 실선에 의한 통합적인 자차수정 성능시험을 실시하였던 바 초기의 최대자차가 21°이상이였던 것을 수정 이후의 잔존자차 최대치는 1.5°이내로 수정되는 결과를 얻었다. 이것은 일반적으로 허용되는 잔존자차 2°~3°보다 훨씬 작은 값이다.