

종합항법장치 및 GPS를 이용한 실선시운전 선박조종성능의 계측

이 덕 수*

Measurement of ship's maneuverabilities using Integrated Navigation System and GPS

Deok-Su Lee*

<목 차>

Abstract

1. 서 론

2. 실선 시운전시의 조종성능 계측 방법

2.1 실선 시운전의 항목별 분류

2.2 조종성능 관련 사항의 시운전 실시 방법

2.3 현행 시운전 계측방법의 문제점

3. 종합항법장치에 의한 조종성능의 계측

3.1 종합항법장치(INS) 및 GPS의 개요

3.2 시운전 사용 선박의 명세 및 장비

3.3 실무적인 방법에 의한 계측

3.4 GPS 위치 데이터에 의한 계측

3.5 종합항법장치에 의한 계측

4. 해상 시운전 결과의 비교 분석

5. 결 론

Abstract

On this paper, the traditional methods for the measurement of ship's maneuverabilities during the sea-trial of newly built ship are summarized and new methods for the same measurement using Integrated Navigation System and GPS are introduced. After various sea-trials of training ship "HANNARA" which are equipped with modern INS and GPS system, the results are compared and analysed. The purpose of this paper is to present more accurate methods of measurement of ship's maneuverabilities during sea-trial using INS and GPS which are gradually becoming the basic navigational equipments on many newly constructed vessels.

1. 서 론

한 척의 선박이 건조되어 해상에서의 운송수단으로 쓰이기 위해서는 설계를 시작하여 진수 및 인도에 이르기까지 여러 단계의 공정을 거치게 된다.

선박의 건조 공정이 어떠한 간에 그 결과로서 등장하는 선박은 수명을 다할 때까지 자연현상과 싸우면서 운항자들의 인명과 대량화물의 안전을 항상 확보할 수 있어야 한다. 선박의 안전운항은 운항자의 인적요인에 영향을 받는 경우가 대부분

* 정회원, 한국해양대학교

이나 설계 시부터 이러한 안전운항의 기본적인 요소들을 파악하고 그에 따라 철저한 검토가 병행된 건조가 이루어져야 한다. 특히 선박의 안전운항을 위하여서는 선박의 조종성능이 정확하게 파악되어야 하며 건조된 선박이 설계 시에 계획한 조종성능의 범주 내에 있는지를 확인하는 것이 매우 중요하다. 선박의 조종성능은 이론적인 방법으로 추정할 수도 있으나 조종성능을 결정하는 많은 패러미터들을 정확하게 적용하는 데에는 한계가 있으며 현재까지도 정확한 추정방법이 확립되어 있지는 않다. 따라서 어떠한 경우에도 설계 단계에서 실시한 조종성능 추정법에 의한 조종성능의 예상값들은 해당하는 선박이 건조 및 진수된 다음에 실제로 해상에서 시운전을 실시하고 비교 분석함으로써 그 타당성을 입증 받게 되는 것이다.

실선 시운전은 해당 신조선의 기본적인 안전운항에 필요한 조종성능의 확보뿐만 아니라 선주와의 계약 조건에 따른 선박의 제반 성능을 보장하기 위한 자료로서, 추후 동형 선박의 설계에 필요한 성능 자료의 수집 차원에서, 모델 테스트와 실선 시운전간의 상관 수정값 계산을 위하여, 그리고 해당 선박의 항후의 안전운항을 위한 조종성능 자료 확보의 차원에서도 매우 중요하다. 이러한 조종성능의 표준화는 1994년 7월 1일부터 조종성능 시험의 의무화를 규정한 IMO Res. A601(15)이나 1993년에 채택된 IMO Res. A751(18) 등에 의하여 점차 엄격하게 실시되고 있는 추세이다.

한편 컴퓨터의 급속한 발전과 함께 각종 전자 장비들의 속출은 선박 기자재 부분에서도 예외가 아니며 인력 경감, 안전운항의 확보 및 해양환경을 더욱 효과적으로 보호할 수 있는 선박운항의 자동화 장비들이 날로 등장하고 있다. 이러한 운항자동화 장비들은 소수의 운항자로 하여금 선박을 보다 안전하게 운항할 수 있도록 종합적으로 정보를 처리하면서 항행에 관한 많은 실시간 정보들을 효율적으로 항해사에게 제시하도록 되어 있다. 이 장비들은 서로 연계되어 하나의 종합적인 시스템을 구축하고 있으므로 종합항법장치(Integrated Navigation System 또는 Integrated Bridge System)라고도 부른다. 종합항법장치는

GPS, LORAN 등의 위치 측정기로부터 본선의 위치를 입력받고 Radar, ARPA 등으로부터 주변의 상황 정보를 탐지하면서 ECDIS와 같은 전자해도 상에 본선의 위치 궤적을 남기며 미리 예정해 놓은 항로상으로 선박을 자동으로 항해할 수 있는 기능을 가지고 있다. 특히 GPS와 ECDIS는 종래에 항해사들이 태양, 별 또는 주변 물표를 이용하여 선위를 측정한 후 이를 종이 해도 상에 연필로 기입하였던 작업을 선교에 있는 항해용 콘솔의 컬러 모니터 상에 실시간으로 표시함으로써 선박의 정확한 궤적을 수시로 확인할 수 있는 장비이다.

본 고에서는 시운전시에 선박의 조종성능을 계측하는 방법에 있어서 실무 현장에서 사용하는 방법을 소개하고 또한 1994년도에 인수한 한국해양대학교의 자동화선 실습선인 한나라호를 이용하여 부산과 대마도 사이의 해상에서 실제 시운전을 실시한 결과를 토대로 종합항법장치 및 GPS를 이용한 실선 시운전을 통한 선박조종성능의 계측 방법과 점차적으로 증가하고 있는 자동화 선박들에 탑재된 첨단 자동항법장치들을 이용한 보다 정확한 조종성능 계측 방법의 일면을 제시함을 목적으로 하고 있다.

2. 실선 시운전시의 조종성능 계측 방법

2.1 실선 시운전의 항목별 분류

국내 대부분의 조선소에서 실시하고 있는 신조선 시운전의 내용은 거의 비슷하며 이를 항목별로 정리하면 <표 2-1>과 같다.

2.2 조종성능 관련사항의 시운전 실시 방법

실무에서 사용하는 시운전 항목들 중에서 조종성능에 해당하는 것으로는 선속, 선회권, 지그재그 및 스파이럴 측정이 있으며 이들에 대한 실시방법은 다음과 같다.

(S : 선속, C₀ : 선수 방위각, C₀₁ : 초기 침로)

<표 2-1> 실선 시운전의 항목별 내용

항 목	세 부 내 용	
일반 사항	- Draft reading - Ship's condition check - Weather condition check - Fire & General, CO ₂ alarm - Noise measurement	
갑판기기 관련 사항	- Anchor windlass test - Steering gear test	
항해기기 관련 사항	- Echo sounder confirm - Radio equip. demonstration - Auto pilot test - R.D.F check & test - Magnetic compass adjustment - Speed log adjustment	
기관기기 관련 사항	- M/E performance - M/E inside check - F.W generator capacity - Economizer capacity demonstration - Black out test - Bridge control system test(engine remote) - Inertia stopping test - Torque power meter adjust - M/E starting test - Endurance test - Power measurement - Fuel oil consumption measurement - Torsional vibration measurement - Axial vibration measurement - Crash stop test - U.M.S - M/E low revolution	
조종성능 관련 사항	- Speed test - Turning circle check - Zig zag trial - Spiral trial	
기 타		

1) Speed test

Normal Ballast condition으로 실시하며 Engine load의 조건은 M.C.R 의 50%, 75%, N.C.R (M.C.R 의 85%), M.C.R 로 나누어 실시한다. 측정 방법은 Radio instrument 또는 Mile post의 증시선 계측에 의하여 각 조건별로 2회 이상 실시한다.

- Ship's speed at ballast condition shall be extrapolated to speed at the design draft based on model test results with correction to calm and deep sea condition.

2) Turning circle

- 실시 요령 :

Buoy를 이용하거나 또는 선박에 설치된 speed log 및 gyro를 이용하여 다음과 같은 절차로 실시한다.

① N.C.R 전속 전진 상태에서 재빨리 starboard 로 35도 전타함.

② 선박이 완전한 원을 그릴 때까지 상태를 유지함.

③ 타를 midship 으로 전타하여 정상적인 속력이 회복될 때까지 기다림.

④ 그후에 다시 재빨리 port 로 35도 전타함.

⑤ 다시 완전한 원을 그릴 때까지 상태를 유지함.

⑥ Midship 으로 전타함.

- 관측 내용 :

Log에 의한 S, Gyro에 의한 C_0 , Shaft R.P.M.을 10초 간격으로 측정하고 테스트 시작 시에 풍향, 풍속, 천기, 해상상태, 수심도 측정하며 측정 절차상의 각 소요 시간을 측정한다.

3) Zig zag test

- 실시 요령 :

① N.C.R 전속 전진 상태에서 starboard 20도 전타함.

② $C_0 = C_{01} + 20^0$ 가 되면 port 20도로 전타함.

③ $C_0 = C_{01} - 20^0$ 가 되면 다시 starboard 20도 전타함.

④ $C_0 = C_{01} + 20^0$ 가 되면 다시 port 20도 전타함.

⑤ $C_0 = C_{01}$ 에 도달하면 테스트 종료.

- 관측 내용 :

Log에 의한 S, Gyro에 의한 C_0 , 각 스윙시의 Max. C. 그리고 Shaft R.P.M.을 10초 간격으로 측정하고 테스트 시작 시에 풍향, 풍속, 천기, 해상상태, 수심도 측정하며 측정 절차상의 각 소요 시간을 측정한다.

4) Spiral test

- 실시 요령 :

N.C.R. 전속전진 상태에서 5-35⁰ 사이의 타각으로 정상선회(ROT 일정)를 실시하다가 타를 midship으로 옮긴다. 선박의 선회율(ROT)이 0 또

는 일정한 값에 도달하면 2분을 더 기다린다. 이러한 방법으로 port 및 starboard 에 대하여 실시한다.

- 관측 내용 :

Log에 의한 S를 10초 간격으로 측정.

Gyro에 의한 C_0 를 10초 간격으로 측정.

Shaft R.P.M. 을 10초 간격으로 측정.

테스트 시작 시에 풍향, 풍속, 천기, 해상상태, 수심을 측정.

각 소요 시간 측정.

2.3 현행 시운전 계측 방법의 문제점

실무에서 사용하고 있는 조종성 계측을 위한 방법들은 나름대로 오랜 세월에 걸쳐 실시되어 온 것들이지만 몇 가지 관점에서 살펴보면 다음과 같은 문제점들을 안고 있다.

1) Turning circle 의 계측은 시간에 따른 선박의 궤적을 구하는 것이 최종 목표로서 Buoy를 이용하는 경우에는 진입 속도를 얻기 위하여 먼 거리에서 접근하여야 하나 Buoy를 쉽게 찾기 어려우며 적절한 거리를 두고 회전을 시작하지 않으면 buoy와의 상대 방위 및 거리의 계측이 어렵다. 그리고 야간의 경우에는 측정이 곤란하다. 또한 조류 등의 외력을 고려할 때 동일한 선수방위로 진입하는 것이 좋으나 실제적으로는 힘들다. Speed log을 이용한 계측은 1980년대부터 시작된 방법으로서 시간에 따라 속도와 선수방위를 계측하며 결과의 분석은 먼저 시간에 따른 계측 결과의 interpolation 과정이며 그 후에는 시간에 따라 적분하는 과정이다. 그러나 계측한 속도는 선수방위 방향이지만 실제의 속도와는 drift angle 만큼의 차이가 있으므로 정확한 값이 아니며 차이값은 적을지 모르나 결과로서 도식화되는 선회권은 실제의 선박 궤적과는 다르다.

2) Spiral test의 경우에는 시간에 따른 yaw rate의 측정이 필요하다. 각속도계가 없는 경우에는 시간에 따른 heading angle을 계측하여 선수방위의 변화가 없는 경우에는 이 값을 시간 간격으로 나누어서 구하게 되므로 엄밀하게는 실제 궤적과

다르다.

3) Stopping test 시에도 시간에 따른 선박의 실제 궤적의 측정이 중요하며 선회권 계측의 경우와 동일한 문제가 있다.

3. 종합항법장치에 의한 조종성능의 계측

3.1 종합항법장치(INS) 및 GPS의 개요

1) 종합항법장치의 개요

종합항법장치(INS, Integrated Navigation System)란 첨단 전자 및 컴퓨터 기술을 이용하여 선박을 자동으로 운항하는 기능을 가진 장치로서 다음과 같은 기능별 기기들이 대부분 하나의 시스템 제어용 콘솔에 집적되어서 선박의 조종실인 선교에 설치된다.

- 선위 측정 장치 ---- GPS, NNSS, LORAN-C 등.
- 충돌, 좌초예방장치 --- Radar, ARPA, Echo sounder 등.
- 기관 제어 장치 ----- Engine remote control, thruster control 등.
- 자동 조타 장치 ----- Auto pilot, route planning & auto sailing 등.
- 전자 해도 시스템 --- ECDIS, Chart plotter 등의 기능을 포함한 전자해도 시스템.

2) GPS(Global Positioning System)의 개요

GPS는 미국 국방성이 1993년부터 개발하여 1992년말에 완료한 인공위성 항법장치로서 원래는 군사적인 목적에서 선박이나 항공기의 정확한 위치를 파악하기 위하여 총 117억불 정도를 투자한 대규모의 프로젝트였으나 현재는 일반에게도 공개되어 있으며 특히 선박의 위치 측정장치로서 그 이용도가 매우 높은 항법장치가 되었다.

GPS는 총 24개의 인공위성을 사용하고 있으며 이들은 지상 약 20,200 km 의 상공에서 경사각이 55도이며 각 궤도면이 60도로 떨어진 6개의 궤도를 따라 운행하고 있다. 각 궤도당 3개의 위성이 배치되어 있으며 3개의 예비위성을 포함하여 총

24개의 위성이 12시간의 공전주기를 가지고 있으므로 지구상의 어느 곳에서도 수평선 5도 이상의 공간에서 최소 4개의 위성을 어느 때라도 관측할 수 있다.

· 시스템의 구성 :

Space segment : NAVSTAR 위성 부분, 내장된 원자시계, oscillator, microprocessor

User segment : 수신기 부분

Control segment : 1 Master control station --- Colorado Spring, 위성위치 계산, 궤도예측, 시간유지/제어, 상태 감독

4 Tracking station -----
위성 추적, 시각보정 등

· 사용 주파수 :

기본 주파수 : $f_0 = 10.23 \text{ MHz}$

송신 주파수 (carrier freq.):

L1 = 1575.42 MHz, 19 cm, P
or Y, C/A, NAV mes Codes

L2 = 1227.60 MHz, 24 cm, P
or Y, NAV mes Codes

· 변조 신호 (modulation code) :

C/A(clear acquisition) 신호 -- 민간
용 신호, 1.023 MHz

P(precision) 신호 ----- 군사
용 신호, 10.23 MHz

Y 신호 ----- 군사용
신호, P와 유사, 코드 산출방식 비공개
NAV message(NAVDATA)

· S/A (Selective Availability):

미국이 자국의 안보를 위하여 C/A 코드의 정확도를 고의적으로 낮추기 위한 것으로 FRP (Federal Radionavigation Plan)에 의하여 예고없이 불규칙적으로 결정하여 실시하고 있으며 이로 인한 위치의 정확도는 100 m 정도이다.

· GPS의 위치 측정 원리

기본적으로 위성과 수신기간의 매우 정확한 전파 도달 시간을 측정하고 이것을 빛의 속도로 곱하여 거리를 계산하는 방법을 사용하고 있으며 3개 이상의 위성으로부터의 거리의 교점이 수신기의

위치가 된다.

· GPS의 측위 오차

위성의 기하학적인 배치에 따른 오차: GDOP (Geometric Dilution of Precision).

구조적인 오차 : 위성 시계의 오차, 위성의 궤도 오차, 수신기 오차, 전리층 및 대기권의 전파지연에 의한 오차

S/A에 의한 오차

· DGPS(Differential Global Positioning System)

DGPS란 GPS가 위성으로부터의 위치 정보만을 수신하여 얻어낸 위치를 표시하므로 여러 형태의 오차를 포함하고 있는 측위장치임에 반하여 이러한 오차를 최소로 줄여서 매우 정확한 위치를 측정할 수 있도록 개선된 GPS 장치이다. DGPS의 원리는 매우 간단하다. 즉, 두 대의 GPS를 사용되 하나는 절대위치를 알고 있는 육상에 설치하고 다른 하나는 선박과 같은 이동체에 설치하여 동시에 위치를 측정한다. 이때 육상에 설치한 GPS의 위치 오차값은 매 fix 때마다 측정이 가능하며 이 값을 동일한 오차를 적용할 수 있는 범위내의 이동 GPS 측정국들로 무선 송신하여 이 오차를 수정한 다음에 현재의 정확한 위치를 출력하도록 하는 방법을 사용한다. DGPS의 측위 정도는 불과 1 내지 수 미터 미만으로 평가되고 있다.

3.2 시운전 사용 선박의 명세 및 장비

실선 시운전용으로 사용한 선박은 1994년도에 건조한 한국해양대학교 소속의 실습선 한나라호이다. 이 선박은 3천 7백여 톤의 비교적 규모가 작은 선박으로서 학생 실습용의 special purpose cargo ship으로 분류되지만 선창 및 하역 설비가 없으며 실습생의 거주구역이 상당 부분을 차지하고 있으므로 거의 여객선 형태를 갖추고 있다. 본 연구에서는 시험선의 조종성능 자체의 수치적인 결과보다도 탑재되어 있는 종합항법장치 및 GPS를 이용한 시운전 계측 방법의 수행이 중요하므로 이러한 첨단 장비가 갖추어져 있으며 KR의 자동화 등급인 KRM1-UMA2를 획득한 이 실습선을

선택하였다. 실습선의 기본 명세 및 주요 장비는 다음과 같다.

1) Principal particulars

Ship Name : T/S HANNARA
 Ship Number : SB - 395
 Call Sign : D 9 G V
 Class : KR, KRS1 - Special purpose ship training KRM1 - UMA2

2) Principal dimensions

L.O.A : 102.700 M
 L.B.P : 93.000 M
 B (MLD) : 14.500 M
 D (MLD) : 7.000 M
 Draft (D.L.W.L) : 5.200 M (MLD)
 (S.L.W.L) : 5.213 M (EXT)
 GRT (International): 3,738 Ton
 (National) : 3,640 Ton

3) Main Engine

No. of set : One (1)
 Type : 2-stroke, single acting, direct reversible Cross Head Diesel Engine with Exhaust Turbo-charger
 Model : SSHI-MAN-B&W 6L35MC
 Output (MCR): 4000 PS x 200 RPM
 (NCR) : 3400 PS x 189.5 RPM

4) Propeller

No. of set : One(1)
 Type : Fixed Pitch, Keyless, NACA 66 section
 No. of blade : Four(4)
 Diameter : 3.550 M
 Pitch : 2.843 M (0.7R)
 2.665 M (mean)
 Exp. Area Ratio : 0.620

- 5) INS
- RADAR : STN ATLAS Model 9600 TM
- ARPA : STN ATLAS Model 9600 ARPA, with ARCAP function
- ECDIS : Oceantec, INSTAR with C-MAP electric charts.
- Auto-pilot : C.PLATH linked to INS by selector knob
- Speed Log : STN ATLAS, Doppler Log DOLOG 23
- ROT : NORCONTROL
- ICMS(Integrated Control & Monitoring System for Engine) : NORCONTROL, AutoChief-4
- ISMS(Integrated Ship Management System) : DIGITEC
- Positioning sensors: GPS, LORAN-C
- GMDSS : JRC
- 6) GPS : Trimble Model NavGraphic II

- 1) Condition of sea trial
- Date of trial : Mar 29th, 1995
- Place of trail : 대마도에서 NNW 방향 8.5' off 해역
- Weather : Overcast cloudy weather
- Wind direction : SE - E'ly
- Wind velocity : less than 10 kts
- Sea condition : Slight sea with gentle breeze
- S.G of s. water : 1.0251
- Ship's condition : Displacement --- 4039.15 M/T
- Draft -- F. : 4.25 m
- M. : 4.92 (S)m
- 4.93 (P)m
- A. : 5.47 m
- Q/M : 4.91 m
- Trim by stern : 1.22 m
- Engine Load : keep N.C.R throughout the trial.

2) 계측 방법

Gyro repeater, Steering Wheel, Dolog speed meter, RPM indicator에 각각 2인씩 배치한 다음에 NCR 상태에서 Full speed(15.9 kts)로 전속 전진하다가 먼저 port로 35° 전타 지시를 내린 후 매 5초마다 신호음에 따라 그 순간의 선수방위, 전속(선수미, 정황), RPM을 기재하도록 하였다. 좌현 선회가 끝난 후 선박이 정상 속력을 회복한 다음에 다시 starboard 35° 우현전타 지시를 내리고 동일한 방법으로 계측하였다.

<표 3-1>은 이 방법에 의하여 선회권을 계측한 자료를 정리한 것이다.

Zig zag test도 마찬가지로 인원을 배치하고 앞의 제2.2절의 요령에 따라 실시하였으며 <표 3-2>는 10/10° 및 20/20°의 지그재그 테스트의 계측 자료를 정리한 것이다.

3.3 실무적인 방법에 의한 계측

한나라호에 의한 실선 시운전은, 현행의 실무적인 방법과 INS에 의한 방법 및 GPS의 위치 신호를 별도로 수신하고 나중에 이 자료를 이용하여 궤적을 구하는 세 가지 방법을 사용하였다. 조종성능의 계측을 위하여 선회권 시험, 지그재그 시험, 스파이럴 시험 및 crash stop test 등을 실시하여야 하나 선박 이용의 여건과 일기 관계 및 신조선이 아닌 실제 운항중인 선박을 이용함으로써 야기되는 기관 출력 제어 방법이나 기타 여러 가지 문제들로 인하여 선회권 및 지그재그 시험만을 실시하였다. 이 절에서는 첫 번째 방법에 의한 시운전 계측에 관하여 설명한다.

<표 3-1> 선수방위 및 선속 측정에 의한 turning circle 계측 자료

Turning circle date									
번호	시간	Port (11:22:00)				Starboard (11:35:00)			
		Hangle	Speed		RPM	Hangle	Speed		RPM
			Ahead	(p't)			Ahead	(stbd)	
0	0	0	15.6	0	192	270	16.4	-0.1	192
1	5	359	15.9	0	190	271	16.1	0	189
2	10	356	15.9	0.1	193	274	16.3	0.1	181
3	15	351	15.8	0.5	192	281	16.1	0.4	186
4	20	342	15.5	0.6	189	289	15.8	0.3	186
5	25	332	15.2	0.5	187	298	15.2	0.5	187
6	30	321	14.3	0.8	185	308	14.8	0.5	187
7	35	311	14	0.7	182	318	14.1	0.5	187
8	40	301	13.5	0.7	183	329	13.5	0.6	186
9	45	291	13	0.5	183	338	13	0.6	184
10	50	282	12.2	0.6	185	347	12.6	0.2	182
11	55	272	11.59	0.5	186	357	12.1	0.5	180
12	0	262	11.6	0.6	183	1	11.4	0.3	179
13	5	253	11	0.4	182	14	11.1	0.2	182
14	10	243	10.4	0.4	179	22	10.6	0.2	176
15	15	234	10.1	0.5	182	32	10.2	0.3	175
16	20	225	9.81	0.35	179	41	9.8	0.55	174
17	25	216	9.57	0.55	176	47	9.59	0.47	170
18	30	207	9.06	0.53	180	57	9.42	0.59	172
19	35	199	8.96	0.65	172	65	9.07	0.55	172
20	40	190	8.74	0.67	176	73	8.88	0.53	171
21	45	181	8.66	0.54	173	81	8.91	0.46	167
22	50	172	8.34	0.59	173	90	8.73	0.43	170
23	55	164	8.17	0.51	174	97	8.59	0.54	170
24	0	156	7.92	0.42	173	105	8.77	0.52	167
25	5	148	7.79	0.38	173	113	8.58	0.41	171
26	10	139	7.62	0.22	172	121	8.36	0.32	171
27	15	131	7.96	0.23	174	130	8.28	0.37	171
28	20	122	7.81	0.11	170	137	8.3	0.31	167
29	25	114	7.5	0.14	172	145	8.23	0.53	164
30	30	106	7.38	0.23	174	154	8.41	0.48	167
31	35	99	7.26	0.16	174	161	8.18	0.54	173
32	40	91	7	0.35	172	169	7.82	0.5	170
33	45	82	7.03	0.5	168	177	7.91	0.54	167
34	50	74	7.06	0.58	172	184	7.96	0.38	166
35	55	67	6.88	0.47	172	192	7.96	0.38	165
36	0	59	7	0.52	173	201	8.02	0.56	167
37	5	51	6.86	0.43	173	209	7.96	0.59	169
38	10	43	6.84	0.4	173	217	7.74	0.48	172
39	15	35	6.83	0.49	173	224	7.92	0.48	172
40	20	27	6.76	0.47	170	232	7.65	0.46	166
41	25	19	6.89	0.42	173	235	7.76	0.47	167
42	30	11	6.79	0.55	173	247	7.77	0.51	166
43	35	3	6.79	0.7	171	256	7.7	0.43	169
44	40	354	6.88	0.72	172	264	8.03	0.39	165
45	45	345	6.86	0.63	165	271	8	0.21	171
46	50	337	6.68	0.79	173	279	7.92	0.38	164
47	55	330	6.89	0.55	172	287	7.97	0.38	171
48	0	321	6.91	0.6	169	295	7.89	0.49	168
49	5	313	6.88	0.7	171	303	7.93	0.24	171
50	10	305	6.8	0.72	172	311	7.87	0.14	165

<표 3-2> 선수방위 및 선속 측정에 의한 zig-zag test 계측 자료

z-trial data (Mar. 29th, 1995)									
번호	시간	10/10 deg. (14:27:00)				20/20 deg. (14:37:00)			
		Hangle	Speed		RPM	Hangle	Speed		RPM
			Ahead	stbd: +			Ahead	stbd: +	
0	0	359	15.4	0.5	192	0	14.9	0.8	192
1	5	359	15.6	0.7	190	359	15.3	0.9	189
2	10	0	15.5	0.6	192	1	15.5	0.9	191
3	15	3	15.6	0.7	193	5	15.4	1.1	189
4	20	6	15.7	0.9	193	10	15.3	1.2	192
5	25	8	15.5	0.8	192	16	15.3	1.2	191
6	30	12	15.4	0.7	193	22	15.1	1.1	189
7	35	14	15.3	0.6	192	28	15	1.1	190
8	40	14	15.4	0.5	190	31	14.8	0.9	196
9	45	12	15.4	0.4	189	30	14.6	0.5	193
10	50	9	15.6	0.4	191	27	14.6	0.3	193
11	55	7	15.6	0.4	190	22	14.5	0	192
12	0	2	15.1	0.6	190	16	14.5	0	192
13	5	358	15.2	0.5	192	9	14.2	-0.1	191
14	10	353	15.3	0.5	192	1	14.1	-0.1	191
15	15	347	15.1	0.5	190	353	13.7	0.1	187
16	20	342	14.9	0.6	191	346	13.5	0	193
17	25	340	14.7	0.7	191	337	13	0	190
18	30	339	14.7	0.8	193	330	12.9	0.2	192
19	35	338	14.6	1	189	326	12.7	0.4	194
20	40	338	14.5	1	190	325	12.4	0.8	190
21	45	340	14.4	0.9	191	326	12.3	1	187
22	50	342	14.7	1.1	192	328	12.4	1.3	187
23	55	344	14.7	1.1	191	331	12.5	1.4	181
24	0	346	14.7	1.2	191	336	12.6	1.5	185
25	5	349	14.7	1	190	340	12.6	1.4	185
26	10	353	14.8	0.9	190	347	12.7	1.5	186
27	15	356	14.9	0.7	190	352	12.6	1.4	185
28	20	359	15	0.6	193	359	12.8	1.4	185
29	25	3	15.1	0.6	191	5	12.9	1.5	185
30	30	7	15.3	0.5	192	11	12.9	1.5	187
31	35	12	15.3	0.2	192	17	13	1.3	188
32	40	15	15.2	0.4	192	24	13	1.1	186
33	45	16	15.3	0.5	192	29	13.3	0.8	186
34	50	15	15.3	0.3	194	30	13.3	0.6	189
35	55	13	15.2	0.4	191	28	13.2	0.5	192
36	0	10	15.2	0.3	192	24	13.3	0.3	191
37	5	5	15.2	-0.1	191	19	13.3	0	192
38	10	360	15.1	0	191	11	13.3	-0.1	190
39	15					4	13.2	0	194
40	20					358	13.1	-0.1	191

<표 3-1>의 데이터를 이용하여 선회권을 작도하기 위해서 이 데이터를 다음과 같은 계산으로 좌표값을 얻었다.

PORT TURN

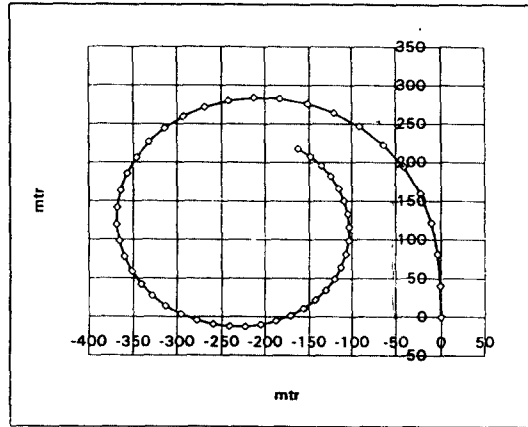
T.	H.	Speed	Adv.	X(dH)	Y(dV)	X'(H)	Y'(V)
angle	kt	m	sin()	cos()			
0	0	15.6	0				
5	359	15.9	40.895	-0.714	40.889	-0.714	40.889
10	356	15.9	40.895	-2.853	40.795	-3.566	81.684
15	351	15.8	40.638	-6.357	40.137	-9.924	121.82
20	342	15.5	39.866	-12.32	37.915	-22.24	159.74
25	332	15.2	39.094	-18.35	34.518	-40.6	194.25

STARBOARD TURN

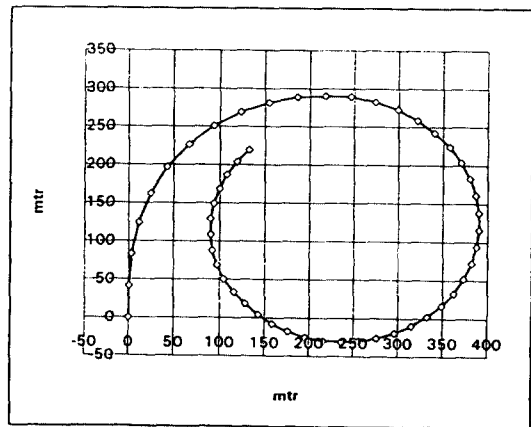
T.	H.	Speed	Adv.	X(dH)	Y(dV)	X'(H)	Y'(V)	-X'(H)
angle	kt	m	sin()	cos()				
0	270	16.4	0					
5	271	16.1	41.409	-41.4	0.7227	-41.4	0.7227	41.403
10	274	16.3	41.924	-41.82	2.9244	-83.22	3.6471	83.224
15	281	16.1	41.409	-40.65	7.9012	-123.9	11.548	123.87
20	289	15.8	40.638	-38.42	13.23	-162.3	24.779	162.3
25	298	15.2	39.094	-34.52	18.354	-196.8	43.132	196.81

- 여기서, T : 전타 지시 발령 후 5초 간격의 누진시간
 H.angle : 선수 방위각(H.A)
 Speed (kt) : 도플러 로그에 의한 선속(S)
 Adv. (m) : 5초간의 전진거리, Speed x 1,852m/3600sec x 5sec.
 X(dH) : 수평방향의 변위량, Adv. x sin(H.A)
 Y(dV) : 수직방향의 변위량, Adv. x cos(H.A)
 X'(dH) : 수평방향의 누진변위량, X(dH) + Adv. x sin(H.A)
 Y'(dV) : 수직방향의 누진변위량, Y(dH) + Adv. x cos(H.A)
 -X'(dH) : 우현선회시 선수방위(270°)를 000°로 변환

X'(dH), Y'(dV) 및 -X'(dH)의 좌표값으로 선회권을 작도하여 다음 그림과 같은 선회궤적을 작도하였다.

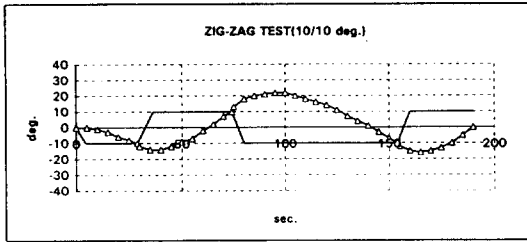


<그림 3-1> 선수방위 및 선속 측정에 의한 turning circle 작도(port)

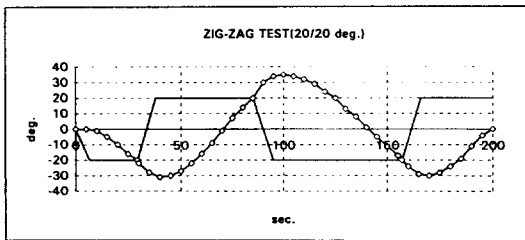


<그림 3-2> 선수방위 및 선속 측정에 의한 turning circle 작도(starboard)

선회권과 비슷한 방법으로 Zig-zag test의 결과를 작도하면 다음 그림과 같다.



<그림 3-3> 선수방위 및 선속 측정에 의한 zig-zag test (10/10⁰)



<그림 3-4> 선수방위 및 선속 측정에 의한 zig-zag test (20/20⁰)

3.4 GPS 위치 데이터에 의한 계측

GPS는 거의 매초 간격으로 INS에 선위 정보를 제공해 주고 있는데 이 위치 정보는 NMEA-0183을 포함하여 국제 표준의 인터페이스들을 통한 외부 출력이 가능하므로 필요한 데이터를 별도로 수신할 수 있다.

본 연구에서는 GPS의 위치 정확도를 올리기 위하여 두 대의 GPS를 사용하되 하나는 육상의 고정위치에 설치하고 다른 하나는 시운전 선박에 탑재하였으며 각 GPS의 출력단자에 노트북 컴퓨터의 통신단자를 연결하고 시운전 동안에 양쪽 모두 필요한 위치 관련 정보들을 수신하여 적당한 크기의 파일로 저장하였다. 항해 중의 선위측정과 같이 정확하게 수정된 위치 정보가 실시간으로 제공되어야 할 필요가 없으므로 DGPS와 같이 고정위치의 오차수정값을 무선으로 수신하지 않아도 되었다. 시운전의 정확한 궤적을 구하기 위한 자료 정리에 동일한 시각에 대한 자료들을 서로 비교하

고 오차에 해당하는 값을 상쇄하여 GPS에 의한 위치값으로 이용하였다.

NMEA 코드의 종류는 <표 3-3>과 같으며 이중에서 필요한 위치 정보로 선택하여 수신한 정보는 *표로 표시한 4 가지 코드였으며 NMEA output interval은 1초로 지정하였다.

<표 3-3> NMEA 0183의 국제 표준 코드 및 내용

APA	: Autopilot Data
BOD	: Bearing to destination waypoint from origin waypoint
BWC	: Great circle bearing and distance to destination
BWR	: Rhumb Line bearing and distance to destination
GLL *	: Present position fix (LAT/LON)
GLP	: LORAN-C position fix with time of fix
GTD	: LORAN-C TDs
SNR	: Signal-to-noise ratio of GPS satellites
GSS	: GPS mode, PDOP and satellites used for positioning
GXP	: Present position fix, with time of fix
GGA *	: GPS position with time of fix
HVD	: Derived magnetic variation
HVM	: Manually set magnetic variation
IOM	: Present I/O mode
SGR	: LORAN-C GRI
SLC	: Navigation status of LORAN-C
SNC	: Type of navigation (Rhumb, Line of Great Circle)
TGA	: Antenna height and geoidal height
VDR	: Set and Drift
VHW	: Heading and water speed
VTG*	: COG/SOG
VTI	: Intended track VMG/DMG
WCV	: Waypoint closure velocity (VMG)
WPL	: Waypoint location of selected destination (output only)
XTE	: Cross-track error
ZDA *	: Present time (UTC), date, month and year
ZLZ	: Present local time and UTC
ZTA	: Estimated time of arrival (ETA) at destination
ZTG	: Time to go to destination

GPS로부터 수신한 정보는 다음과 같은 형태로 텍스트 파일에 저장된다.

```

$GPGGA,021757,3449.071,N,12925.741,E,1,3,002,*74
$GPGLL,3449.07,N,12925.75,E,*45
$GPVTG,057,T,063,M,15.2,N,28.2,K,*6B
$GPZDA,021800,29,03,1995,*63
$GPGGA,021800,3449.077,N,12925.753,E,1,3,002,*7C
$GPGLL,3449.09,N,12925.77,E,*49
    
```

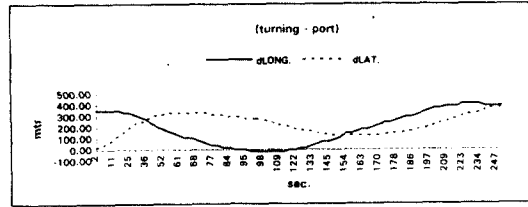
\$GPVTG,057,T,063,M,15.4,N,28.5,K,*6A
 \$GPZDA,021804,29,03,1995,*67
 \$GPGGA,021804,3449.089,N,12925.773,E,1,3,002,*7B

<표 3-4>는 선회권 테스트를 실시하는 동안에 GPS로부터 수신한 선박의 위치 정보를 일부분 정리한 것이다. 이 표에서 GMT는 초단위까지 나타나 있으며 파일의 크기를 줄이기 위하여 매 3초마다 위치 정보를 기록하도록 하였다. dLong. 및 dLat.는 위도 34°, 경도 129°의 분단위 위치를 미터 거리로 환산한 것이며 Origin(0,0)은 이 값을 다시 원점을 기점으로 쉽게 도식화하기 위하여 처리한 결과이다.

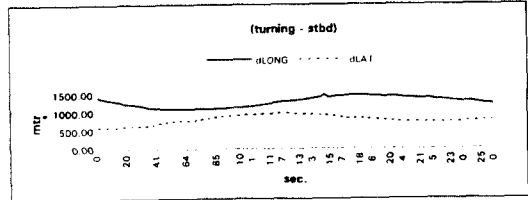
<표 3-4>의 결과를 이용하여 선박의 선회 궤적을 살펴보면 아래의 그림과 같다. 즉, <그림 3-5>와 <그림 3-6>은 시간 축에 따른 선회 궤적의 X, Y 방향의 변위량을 나타낸 것이다. 곡선이 매끄럽지 못한 것은 GPS로부터 수신한 경위도 값이 0.01' 단위로 표시되며 이것은 18.5 meter에 해당하기 때문에 단속적으로 변하는 것처럼 보인다. 원점을 전타 구령의 시작점으로 하여 선위정보를 X, Y 방향으로 기점하면 <그림 3-7> 및 <그림 3-8>과 같은 궤적을 얻게 된다. 이 궤적은 선회 중인 선박의 대지항행에 의한 절대 위치를 나타내고 있으며 선회 해석의 조류 방향 및 세기만큼 실제로 표류한 결과이므로 선회권이 일그러져 나타난다. 좌현선회시에는 초기선수방향이 000° 였으나 우현선회시에는 초기선수방향이 270° 였으므로 X, Y 변위량을 각각 Y, -X로 바꾸어 도식하였다.

<표 3-4> GPS에서 수신한 선회시의 선위 정보

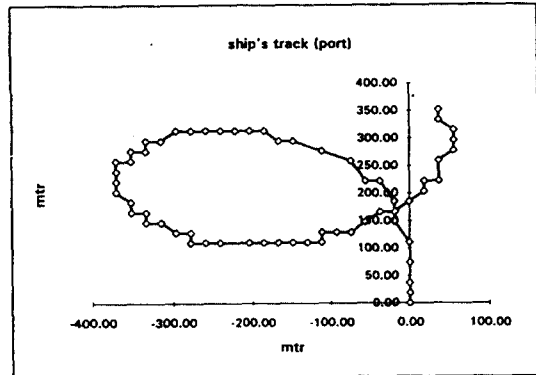
GMT	T	Lat.	Long.	dLong.	dLat.	Origin(0,0)	dV(m)
		d(m)	d(m)	d(m)	d(m)	d(m)	d(m)
222	2	34 50 N	129 26.2 E	*42	2	351.88 18.52	0.00 0.00
222	4	34 50 N	129 26.2 E	*41	4	351.88 37.04	0.00 18.52
222	7	34 50 N	129 26.2 E	*40	7	351.88 55.56	0.00 37.04
222	11	34 50.1 N	129 26.2 E	*46	11	351.88 93.60	0.00 74.08
222	15	34 50.1 N	129 26.2 E	*44	15	351.88 129.64	0.00 111.12
222	20	34 50.1 N	129 26.2 E	*48	20	333.36 166.68	-18.52 148.16
222	25	34 50.1 N	129 26.2 E	*42	25	333.36 203.72	-18.52 185.20
222	30	34 50.1 N	129 26.2 E	*4F	30	314.84 240.76	-37.04 222.24
222	33	34 50.1 N	129 26.2 E	*4E	33	296.32 240.76	-55.56 222.24
222	36	34 50.2 N	129 26.2 E	*48	36	277.80 277.80	-74.08 258.28
222	42	34 50.2 N	129 26.1 E	*4E	42	240.76 296.32	-111.12 277.80
222	46	34 50.2 N	129 26.1 E	*4D	46	203.72 314.84	-148.16 296.32
222	52	34 50.2 N	129 26.1 E	*4C	52	185.20 314.84	-185.68 296.32
222	55	34 50.2 N	129 26.1 E	*4B	55	166.68 333.36	-185.20 314.84
222	59	34 50.2 N	129 26.1 E	*4A	59	148.16 333.36	-203.72 314.84
223	1	34 50.2 N	129 26.1 E	*45	61	129.64 333.36	-222.24 314.84
223	4	34 50.2 N	129 26.1 E	*44	64	111.12 333.36	-240.76 314.84
223	6	34 50.2 N	129 26.1 E	*44	66	111.12 333.36	-240.76 314.84
223	8	34 50.2 N	129 26.1 E	*47	68	92.60 333.36	-258.28 314.84
223	10	34 50.2 N	129 26 E	*46	70	74.08 333.36	-277.80 314.84



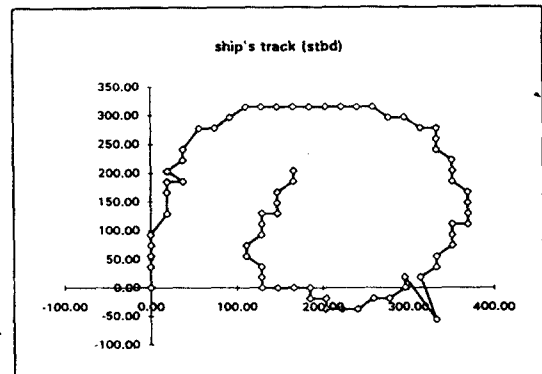
<그림 3-5> 시간에 따른 수평 수직 방향의 변위량 (좌현 선회)



<그림 3-6> 시간에 따른 수평 수직 방향의 변위량 (우현 선회)

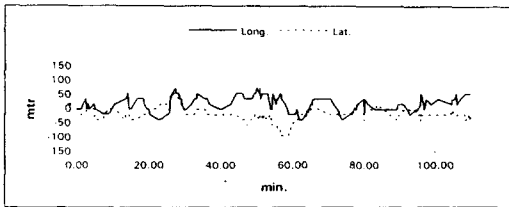


<그림 3-7> GPS의 위치 정보를 이용한 선회 궤적 (Port)

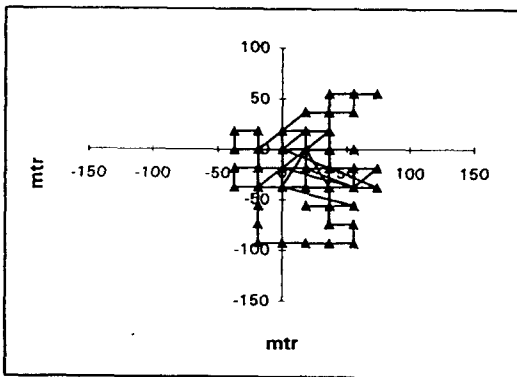


<그림 3-8> GPS의 위치 정보를 이용한 선회 궤적 (Starboard)

한편, 시운전을 실시하는 동안에 육상의 고정 위치에서 동일한 모델의 GPS를 사용하여 지속적으로 위치 정보를 수신하였다. 수신된 GPS 신호는 매우 불규칙적으로 변하고 있었으며 GPS의 구조적인 오차를 배제할 경우 이것은 순수하게 S/A에 의한 오차 때문이었다. GPS의 측위오차의 변동 경향을 살펴보기 위하여 3초 간격으로 1시간 50분 동안에 수신한 고정 위치값을 분석하여 보았다. 그 결과 측정 기간 중의 평균 위치를 기준으로 하여 위도 상으로는 약 ± 64.8 m 경도 상으로는 약 ± 46.3 m의 변위 폭으로 불규칙하게 변하였으나 변화 기간이 수초 내지는 수십 초에 달하여 지속적인 추적이 가능하였으며 고정위치의 변위량을 선박 이동 위치에 상쇄시키면 어느 정도는 정확한 선위의 측정이 가능한 것으로 판단되었다. <그림 3-9>는 육상의 고정위치에서 110분 동안에 측정된 GPS 위치 신호의 변화 형태를 시간에 따라 나타낸 것이며 <그림 3-10>은 측정 시작점을 원점으로 하여 경위도 방향의 고정위치의 편위를 표시하였다.



<그림 3-9> 고정 위치의 시간측에 대한 GPS 위치 변위 상태

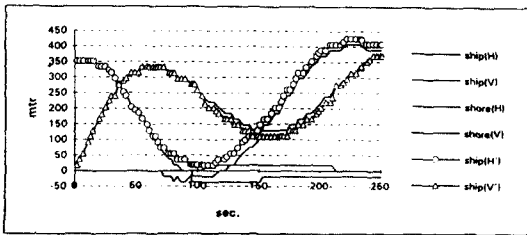


<그림 3-10> 경위도 방향의 GPS 편위 상태

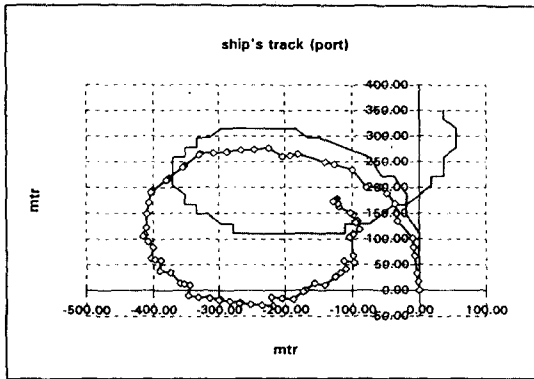
선회권 측정 실선 시운전 시의 GPS 선위값에 동일한 시간의 고정 위치에서의 GPS 오차를 상쇄시켜서 수정된 선회권을 그려보면 다음 그림과 같다. 먼저 <그림 3-11>은 선박에서 취한 GPS 위치(ship(H)(V))에 같은 시각의 육지 고정위치 측정에 의한 오차값(shore(H)(V))을 상쇄시켜서 얻은 시간대별 선회선박의 수평 수직 위치 변화값(ship(H')(V'))을 나타내고 있다. 또한 측정시의 외력의 영향으로 바람과 조류를 고려할 수 있는데 시험선이 비교적 풍압면적이 넓은 선박이었으나 당시의 풍력이 5.1m/sec 이하였으므로 그 영향은 무시할 수 있었으며 조류에 의한 선체의 표류만을 고려하였다. 해상에서의 조류는 시간 및 장소에 따라 다르나 1 회전에 불과 3~8 분 정도 소요되는 선회의 경우에는 선회 중에 측정된 조류값을 1~5초마다의 측정 위치에 동일하게 적용하여도 무방하다. 선회시의 정확한 조류값의 계측은 조류계에 의한 방법, Dolog와 같이 정확한 선속계를 사용하여 set, drift를 계측하는 방법, INS에 의하여 GPS 위치와 gyro 및 log에 의한 추측위치간의 차이로서 화면에 표시하는 set, drift를 계측하는 방법 등이 있다. 이번 선회시에는 정도가 높은 두 번째의 방법을 택하였으며 그 값은 다음과 같았다.

Port turning : current direction --- NE,
45.7° speed --- 1.0315 m/s
Starboard turning : current direction --- NNE,
10° speed --- 0.30 m/s

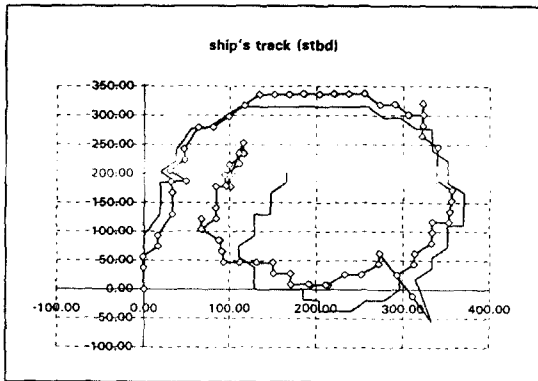
이 측정값을 시간에 따라 환산하여 선회 궤적에 적용한 결과가 <그림 3-12>와 <그림 3-13>이다. 이들은 GPS 오차를 수정한 선회궤적에 다시 선회 시각에 측정된 조류의 방향 및 세기를 가감하여 조류에 의한 외력이 없는 것과 동일한 상태인 대수항행시의 선회 궤적을 도식화한 그림이다.



<그림 3-11> GPS의 S/A 오차를 수정한 선회 궤적의 편위량



<그림 3-12> GPS 위치 오차 및 조류 영향을 수정한 선회 궤적 (port)



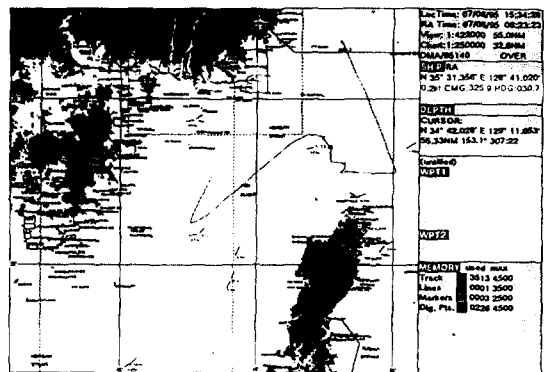
<그림 3-13> GPS 위치 오차 및 조류 영향을 수정한 선회 궤적 (starboard)

3.5 종합항법장치에 의한 계측

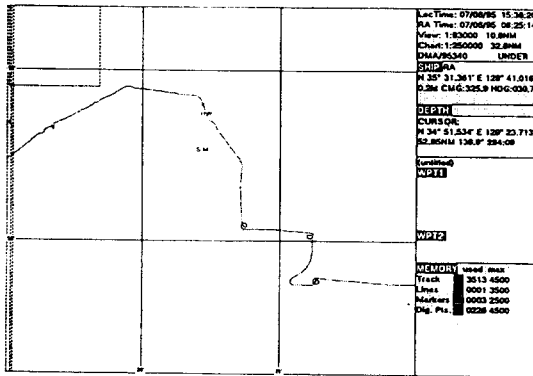
INS에는 항해 중인 선박의 주변상황을 CRT에 화상으로 표시하는 레이다, 상대 물표들의 본선과의

충돌 가능성을 탐지하면서 이동물표들을 자동으로 추적하는 ARPA, 예정 항로를 따라 자동으로 조타를 제어하는 Auto-pilot 장치 등 많은 항법장치들이 포함되어 있다. INS는 궁극적으로, 자동조타 또는 수동항해시에는 다양한 항해 정보를 가능한 한 쉽고 빠른 방법으로 항해사에게 전달하며 자동항행시에는 필요시 항해사의 확인을 받아 가면서 최적의 항로를 따라 자동으로 안전하게 항행하는 것을 목적으로 한다. 이러한 종합적인 정보는 NID(항해정보 표시 화면)나 ECDIS에 딸린 일부 화면을 통하여 지속적으로 표시된다. 그리고 INS에는 항해의 기록을 남기기 위하여 화면상의 항적, 예정항로 및 벡터표시에 의한 수분 후의 예정통과지점 표시뿐만 아니라 각종 데이터의 저장 기능도 포함되어 있다. 따라서 실선 시운전 기간 동안의 모든 항적은 어느 때라도 다시 살펴볼 수 있으며 이를 확대, 축소하거나 파일을 이송 또는 프린터로 인쇄할 수도 있다. INS에 의한 시운전 계측은 결국 GPS에 의한 satellite fix position을 이용한다는 점은 동일하며 모든 계산이 자동으로 이루어지며 궤적도 항해사가 원하는 간격으로(5초에서 1시간 간격까지 다양함) 화면상에 출력함으로써 매우 간단하게 결과를 얻을 수 있다.

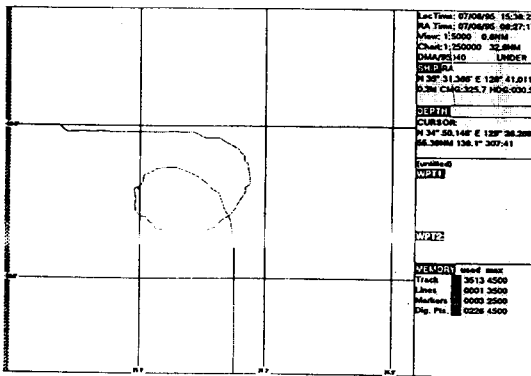
<그림 3-14>는 INS의 ECDIS 화면상에 표시된 부산-대마도 부근의 전자해도화면의 내용을 인쇄한 것으로서 시운전 선박의 항적이 그대로 나타나 있다. 이 항적 중에서 선회 궤적만을 확대하여 인쇄한 것이 <그림 3-15>, <3-16> 및 <3-17>이다.



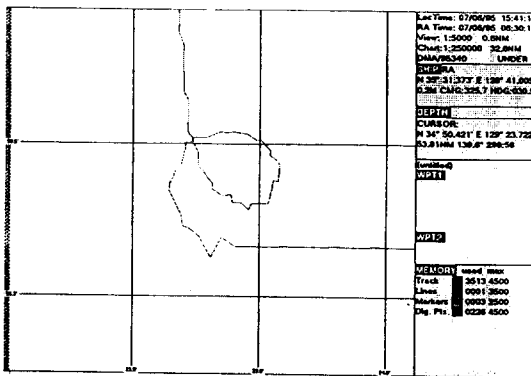
<그림 3-14> ECDIS 화면에 표시된 시운전 해역의 전자해도



<그림 3-15> 전자해도 상의 선박 항행 궤적



<그림 3-16> ECDIS 상에서 확대한 선회 궤적(port)



<그림 3-17> ECDIS 상에서 확대한 선회 궤적(starboard)

4. 시운전 계측 결과의 비교 분석

앞 장에서 제시한 선회권 계측의 3 가지 방법의 결과를 비교함에 있어서 GPS와 INS에 의한 것은 동일하게 여길 수 있으므로 크게 두 가지 방법에 의한 경우로 나누어 비교하기로 한다. 먼저 실무에서 사용하고 있는 첫 번째 방법에서는 동일한 계측 데이터를 이용하되 계측시간 간격의 선택과 어느 순간의 침로값을 계측점 사이의 진행 침로로 설정하는가에 따라 선회 조종 성능의 결과값들이 차이가 난다. 그러나 GPS에 의한 계측은 절대위치를 기준하기 때문에 계산상의 차이는 생기지 않는다. <표 3-5>에서는 선회 시험의 결과를 조종성능 요소별로 나누어 비교하고 있다. 이 표에서 ①은 매 5초마다 측정된 선수방위 및 선속을 기준한 경우의 결과 값이며 ②는 매 10초마다의 측정치를 기준하되 선수방위는 두 측정점의 방위를 평균하여 적용한 것이며 ③은 측정점의 방위를 10초 동안에 동일하게 적용한 경우이다. ④는 GPS의 측정위치를 기준한 것으로 매 3초마다의 선박의 절대위치에 조류의 영향을 고려한 결과값들이다.

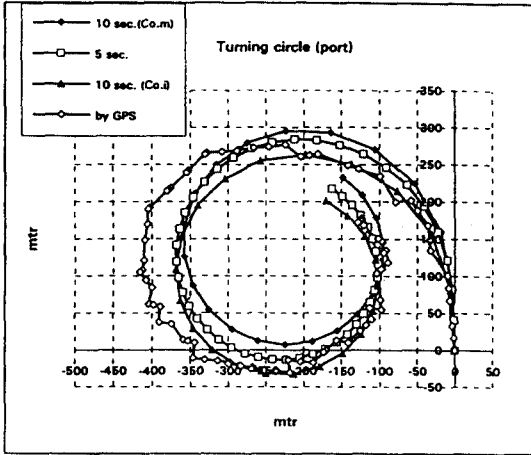
<표 3-5> 조종성능별 결과 값의 비교

계측 방법 (port)		Transfer	Advance	Tactical dia.
Co & speed	① 5 sec.	218.3 m	283.06 m	368.5 m
	② 10 sec. (Co,m)	199.8 m	294.46 m	357.6 m
	③ 10 sec. (Co,i)	232.96 m	263.4 m	372.0 m
GPS	④ 1~3 sec.	228.63 m	276.68 m	409.64 m

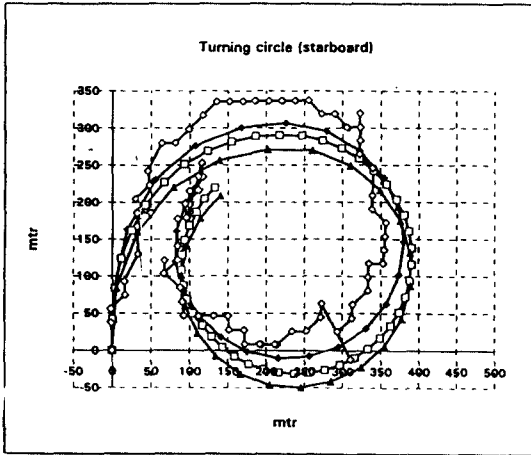
계측 방법 (starboard)		Transfer	Advance	Tactical dia.
Co & speed	① 5 sec.	240.39 m	290.4 m	390.64 m
	② 10 sec. (Co,m)	220.07 m	306.8 m	380.0 m
	③ 10 sec. (Co,i)	254.5 m	270.8 m	388.8 m
GPS	④ 1~3 sec.	186.36 m	336.4 m	356.50 m

<그림 3-18> 및 <그림 3-19>는 계측 방법의 계산 결과에 따라 동일한 좌표에 그린 선회권으로서 그 차이를 쉽게 알 수 있다. 앞 장에서도 언급한 바와 같이 GPS에 의한 선회권은 최소 변위 단

위가 18 m 로 계산되었기 때문에 단속적인 궤적으로 나타나지만 이를 평활화하면 가장 실제적인 선회권이 그려진다.



<그림 3-18> 계측 방법에 따른 turning circles (port)



<그림 3-19> 계측 방법에 따른 turning circles (starboard)

5. 결 론

선박의 조종성능을 파악하기 위한 실선 시운전

시의 선박 궤적을 계측하는 방법에 있어서 현행 방법과 종합항법장치에 의한 방법을 비교하여 보았다. 즉, 실제의 선박을 이용하여 Gyro에 의한 선수 방위와 Log의 속도를 측정하는 방법과 INS 및 GPS를 이용한 계측방법을 실시하고 그 결과를 비교 분석하였으며 다음과 같은 사항들을 알 수 있었다.

- INS에 의한 실선 시운전의 계측 방법은 매우 간단하고 정확하며 계측시 시간 제한을 받지 아니하고 또한 계측 인원도 최소한의 항해요원이면 가능하다.
- 모든 선박의 항행자료가 INS에 의하여 자동으로 저장되므로 계측 후에도 시간 제한을 받지 아니하고 선박의 조종성능을 분석할 수 있다.
- 선박의 궤적을 대지속력에 근거한 절대위치 또는 대수속력에 근거한 상대위치로 임의로 표시할 수 있으며 위성신호에 의한 절대위치를 거의 매 초 단위로 추적할 수 있으므로 매우 실제적인 선박의 조종성능을 파악할 수 있다.
- 선박조종성능의 계측을 위한 시운전시 동일한 위성의 사용이 가능한 범위 내에서 위성 선택 기능이 있는 GPS 수신기를 사용할 경우에는 실시간의 DGPS가 아니더라도 어느 정도 정확한 선위를 확보할 수 있다.
- 그러나 현재까지 상용화된 INS는 시운전을 위하여 제작된 것이 아니며 모델에 따라 기능이 다르고 특히 항적의 기록을 남기기 위한 블랙박스 기능은 있으나 메모리 문제로 인하여 거의 매 초 단위의 위치 정보를 저장하는 제품은 그리 많지 않으므로 이용에 한계가 있다.
- 또한 GPS의 신호 오차가 매우 불규칙하며 S/A 뿐만 아니라 수신기의 내부 연산 과정에서 포함되는 오차 및 대기권의 전파 전달 상의 오차도 포함되므로 고정 위치에서 측정된 오차를 상쇄시키더라도 starboard 선회권 궤적처럼 수정하여야 할 오차가 남아 있다.
- 그러나 앞으로는 더욱 정확한 선위 측정장치

인 DGPS가 등장할 것이며 선박의 자동화는 매우 빠른 속도로 진행될 것은 자명한 사실로서 INS 및 GPS는 향후 조종성능 시운전시에 매우 중요한 계측 장비가 될 것이다.

따라서 이에 대한 심도 있는 연구가 지속되어야 하며 특히 INS의 제반 기능을 효과적으로 이용할 수 있으면서 보다 정확한 선박조종성능의 계측이 가능하도록 INS를 이용하는 시운전 전용의 소프트웨어 개발이 시급하다고 여겨진다.

參 考 文 獻

- [1] "SOLAS Consolidated Edition, 1992 & 1994 Amendments", International Maritime Organization, 1992.
- [2] 徳田迪夫, 上田一郎, 超自動化船とコンピュータ, 海文堂.
- [3] TrimbleNavigation, U.S.A, "NavGraphic II Operator's Manual", 1994.
- [4] G. J. Sonnenberg, "Radar and Electronic Navigation", Butterworth & Co. Ltd, 1988.
- [5] 허일 외, "실습선 한나라", 1994.10.
- [6] NMEA, U.S.A, "NMEA 0183 ver. 2.0", 1992.
- [7] RTCM meeting, "Evaluation of remote vessel tracking and control", 1992.
- [8] Norcontrol, "Integrated Ship Control, System Description and Functional Specification", 1991.