

3m Ferry 모형선의 Crabbing 시험

신현경^{†*}, 이형락^{*}

울산대학교 수송시스템공학부^{*}

Crabbing Test of a 3m Ferry Model

H. Shin^{†*} and H.L Lee^{*}

School of Transportation Systems Engineering, University of Ulsan^{*}

Abstract

In this paper, one of the harbour manoeuvring tests is described. Its goal is to investigate the so-called crabbing performance of ships. By crabbing is meant the ability of the vessel to move sideways with the use of her own manoeuvring devices like propellers, rudders, transverse thruster, etc. The crabbing model tests were carried out in the Ocean Engineering Wide Tank, University of Ulsan(UOU) to measure the transverse forces and yawing moments by the transverse thruster alone and the propeller-rudder arrangement in combination with the bow thruster. The comparison between UOU crabbing test results and data measured at one of foreign research institutes showed a little gap due to different rotating conditions of controllable pitch propellers.

※Key words: Crabbing 모형시험(크래빙 모형시험), Bow Thruster(선수 프로펠러), Transverse Forces(횡력), Yawing Moment(요잉 모멘트), CPP(가변피치 프로펠러)

1. 서 언

일반적으로 여객선 등과 같은 고부가가치 선박에 대한 건조나 실험 등은 해외 기관들을 중심으로 추진되고 있다. 배의 거동 중에서 Crabbing은 전진속도 없이 횡 방향으로 움직일 수 있는 선박의 능력을 말하며 주 추진기, 타, Bow Thruster의 병용으로 행하여진다. 주로 여객선이나 Ferry와 같

이 많은 승객을 수용하는 2축2타선에서 사용을 하며 이러한 선박들이 항만에 접안할 경우 Tug선의 사용으로 소모되는 시간과 비용을 줄이고 승객들에게 좀더 편안한 환경을 제공할 수 있다(이석원 등 2000).

Crabbing 실험에서는 접안과 이안 시 모형선에 걸리는 횡 방향 힘과 Yawing Moment를 측정한다.

본 연구에서는 울산대학교 해양공학광복수조에서 3m급 Ferry 모형선을 자체 제작하였고, Scantling Draught 상태에서 이안(leaving quay) 시에 Bow Thruster, 좌현과 우현의 주 추진기, 타

접수일: 2003년 9월 29일, 승인일: 2004년 2월 4일

†주저자, E-mail: hkshin@mail.ulsan.ac.kr

Tel: 052-259-2696

의 Balancing을 이용하여 전진속도가 없는 상황을 만들고 이때의 추력과 타 각, Crabbing이 일어날 때의 횡 방향 힘과 Yawing 모멘트를 측정한다(신현경 등 2002).

Crabbing 시험 측정결과를 해외 유명 타 기관과의 자료와 비교하여 울산대학교 해양공학관폭수조의 2축2타선에 대한 crabbing 모형시험의 신뢰성을 검증하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 모형선 및 실험장비

2.1 모형선

Ferry 모형선의 제원은 Table 1과 같으며 모형선의 크기를 수조 트리밍 탱크 내에서 쉽게 실험할 수 있도록 길이 3m로 정하였다.

1,500 passenger RoPax Ferry를 대상으로 하였으며 Fin Stabilizer나 Bilge Keel은 사용하지 않았다. Fig. 1은 선수 부분의 2 Bow Thrusters를 보여주며, 유체 흐름에 변화를 주어 Thruster의 효율을 높일 수 있는 Anti-Suction Tunnel이 2 Bow Thrusters 사이에 위치해 있다.

2.2 타와 프로펠러

모형선은 2축2타선이다. Fig. 2는 선미 부분의 타와 프로펠러를 보여준다. 쌍축으로 구성된 타들은 각각 Flap 타입으로 이루어져 타와 2:1의 비율로 Flap이 작동된다. 프로펠러는 CPP(Controllable Pitch Propeller)이며, Crabbing 모형시험 수행 시 2축 중 한쪽이 100% 역회전 힘을 낼 수 있도록 조정되어 있고, 음의 피치를 사용하는 해외 기관의 경우와 달리, 정방향 프로펠러는 역방향 프로펠러와 똑같은 회전수에서 반대방향의 같은 추력을 발생할 수 있도록 조정되어 있다.

2.3 Crabbing Test System

Crabbing Test System (Fig. 3)은 Fig. 4와 같이 동력 부분과 계측 부분으로 크게 나눌 수 있다. 추진기는 선수 쪽 Bow Thruster 2개와 선미 Propeller 2개로 이루어져 있고 각각의 Thruster들은 AC 서보모터로 구동된다. 모형선에 탑재되어 있는 컴퓨터에는 구동, 계측, 통신을 담당하는 프

Table 1. Principal dimensions of a Ferry Model (scale = 1 : 70.266)

	Model
LOA(m)	3m
L.B.P(m)	2.79m
BREADTH(m)	0.417m
SCANTLING	
DRAUGHT(m)	0.091m

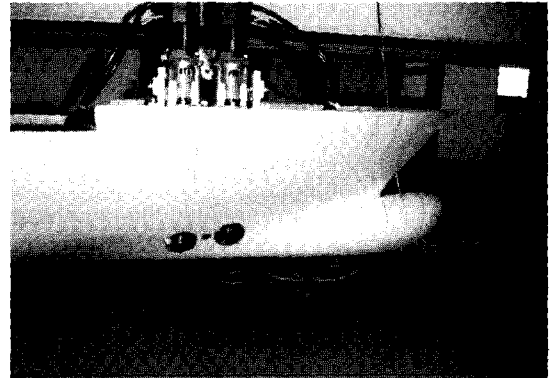


Fig. 1 Forebody of the model

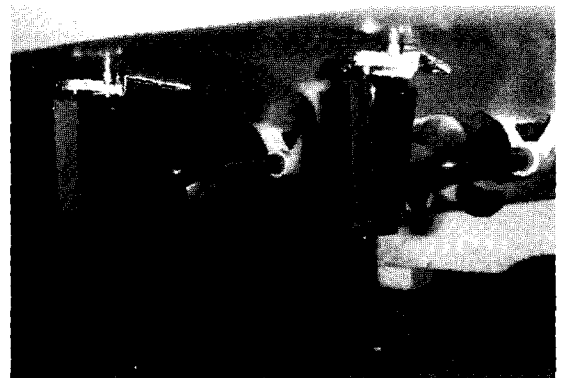


Fig. 2 Aftbody of the model

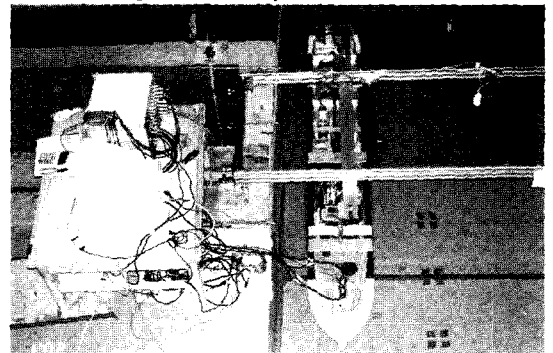


Fig. 3 Overall view of crabbing test system

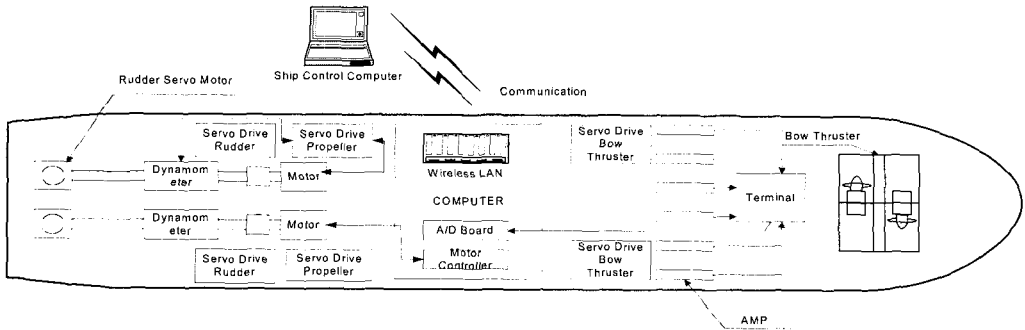


Fig. 4 Crabbing test system

로그램이 설치되어 있다. 컴퓨터 내부에 설치된 응용프로그램은 실험에 필요한 프로펠러 rps, 타각 등의 입력과 추력, Torque, 모멘트 등을 계측할 수 있는 능력을 갖추고 있으나 이번 실험에서는 자유항주가 아닌 구속시험임을 감안해 앰프와 터미널 등의 계측부분을 Fig. 3에서처럼 외부에 설치하였다.

Host Controller가 외부 입력명령을 받아들이면 각 추진기의 서보드라이브로 전달되게 되고 이에 따라 각각의 움직임을 제어하게 된다(김현조 등 1999). 이때 각 추진기의 축에 연결되어진 Dynamometer가 힘을 계측하여 앰프를 통해 실험 데이터가 A/D Board를 통해 컴퓨터에 저장되게 된다(신현경 등 2002).

Fig. 4에 표시된 화살표 부분은 명령과 데이터의 이동경로를 보여준다. 또한 Fig. 3과 같이 실험이 행하여질 때 탑재 컴퓨터의 직접적인 사용으로 인한 진동과 조작의 어려움 등을 고려해 무선LAN을 통해 모든 구동명령과 데이터의 교환이 트리밍탱크 외부에서 이루어지도록 구성하였다. Fig. 5는 실험장면을 보여주는 것으로서 연직으로 내려온 수직막대기를 확대하여 나타낸 것이 Fig. 6이 된다. 수직막대기는 각 선수, 선미에 한 개 씩 외부 프레임에 고정되어 있으며(Fig. 3), 선수 부분에는 전진 방향과 횡 방향 힘을 측정할 수

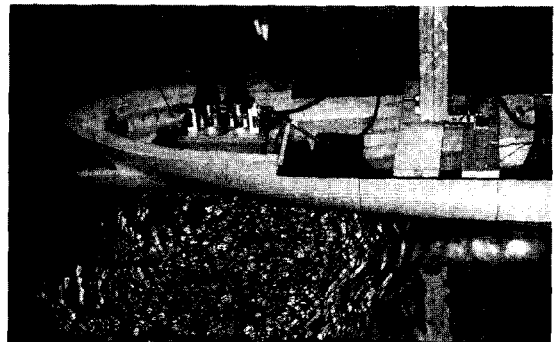


Fig. 5 Tests setup in basin

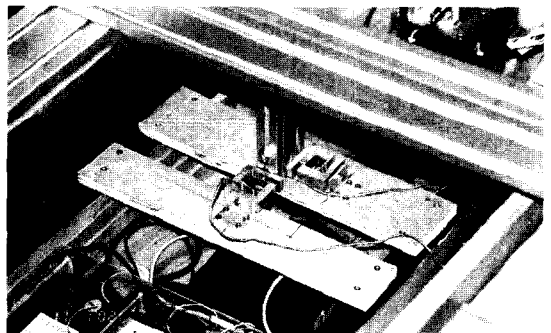


Fig. 6 Force measuring equipment(loadcell)

있는 로드셀 두개가 Fig. 6과 같이 부착되어 있고 선미 부분은 횡 방향 힘만을 측정할 수 있는 로드셀이 부착되어 있다.

횡 방향 힘을 선수, 선미 두 부분에서 측정하는 이유는 Yawing Moment를 구하기 위함이다.

3. 모형시험

3.1 시험준비 및 조건

Crabbing Model Tests 수행절차는 아래와 같다

1. 트리밍탱크 외부에 가이드를 설치하고 로드셀을 모형선 무게중심 위치에서 선수, 선미 방향으로 일정한 거리만큼 띄우고 부착(부두와의 거리는 선폭의 50%로 한다).
2. 천수 조건을 만족시키기 위해 테이블을 설치하여 수심을 조절(모형선에서 0.107m).
3. 외부 노트북 컴퓨터에서 타, 메인프로펠러와 Bow Thrusters의 입력준비.
4. 우현 타(balance 부분)를 원하는 각으로 설정.
5. Bow Thrusters들이 100% Power를 낼 수 있는 rpm으로 설정.
6. 좌현의 Backing 프로펠러는 최대 역 추진 힘의 60%, 90%, 120%로 각각 시험 상황에 맞게 rpm을 설정(Fig. 7).
7. 모형에 작용하는 전진방향의 힘이 0이 되도록 우현의 Balancing 프로펠러의 rpm을 조종.
8. 그때의 Transverse Forces와 Yawing Moments를 계측하여 분석(Oosterveld/Tan 1998).

3.2 계측기기의 부착과 측정

외부 지지프레임으로부터 선수와 선미에 한개씩 수직으로 알루미늄 Bar가 내려오고, 선체 무게중심선을 기준으로 일정한 거리를 두고 로드셀이 선수에 종과 횡 방향으로 각각 부착되었고, 선미에는 횡 방향으로 하나가 부착된다.

기본적으로 다음과 같은 신호들이 측정된다.

- 추력 T and 토크 Q
- 각 프로펠러의 회전수 N
- 설치된 선수·선미 쪽의 로드셀에서 측정된 횡 방향 힘 F_{y1} and F_{y2}

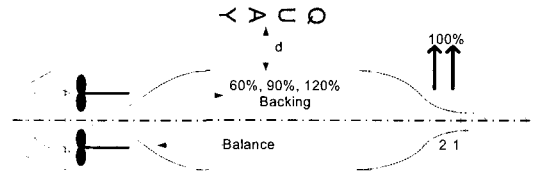


Fig. 7 Condition of model for crabbing test

- 선수 쪽 수평막대기에 설치된 로드셀에서 측. 정되는 종 방향 힘 F_x

3.3 Data 해석

측정된 Transverses Forces F_{y1} 과 F_{y2} 를 이용하여 식(1)과 식(2)에 의해 무게중심G를 기준으로 각각 F_y 와 Yawing Moment N이 계산된다.

$$F_y = F_{y1} + F_{y2} \tag{1}$$

$$N = F_{y1} \times a + F_{y2} \times b \tag{2}$$

여기에서, a와 b는 무게중심 G에서 선수, 선미에 각각 설치된 로드셀까지의 수평거리이다.

모형시험은 Froude의 상사법칙에 바탕을 두고 있으며, 시험수행 후 Full Scale로 변환하여 데이터를 정리하기 위해 다음과 같이 Scaling Factor를 적용하였다(Newman 1980).

force	: $Scale^3$
moment	: $Scale^4$
power	: $Scale^{3.5}$
rate of rotation	: $Scale^{-0.5}$

4. 시험결과 및 고찰

Table 2 는 power에 대응하는 입력 값인 rpm 을 보여 준다.

Fig. 8은 Fig. 7에서처럼 부두에서 이안 시 5가지 각도에 대한 Transverse Forces의 결과를 나타내었고 이것을 다시 Backing Power의 크기 별로 구분하여 나타내었다.

Table 2 RPM setting for leaving the quay

Propeller	Power	60%	90%	100%	120%
Backing	rpm	122.0	140.0	145.1	154.3
balancing		Variable			
Bow Truisters		216.9	248.8	257.8	274.2

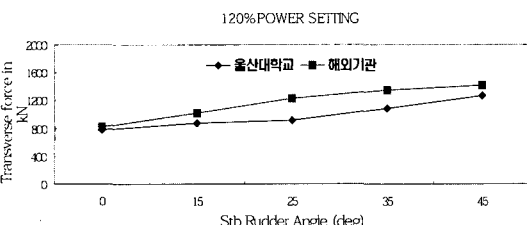
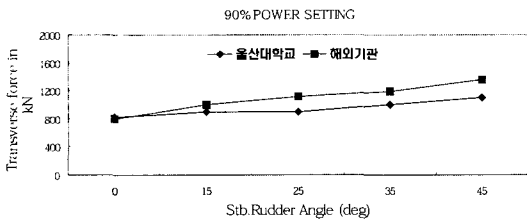
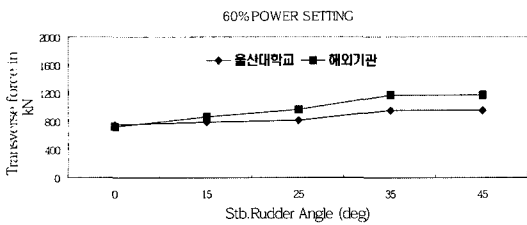


Fig. 8 Transverse forces in leaving the quay

Fig. 9는 Fig. 8과 같은 조건에서의 Yawing Moments를 나타내었다.

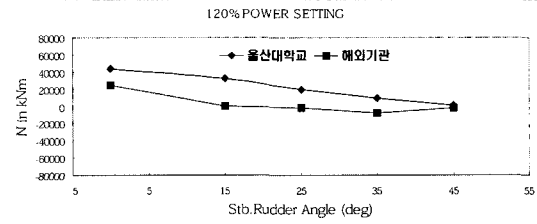
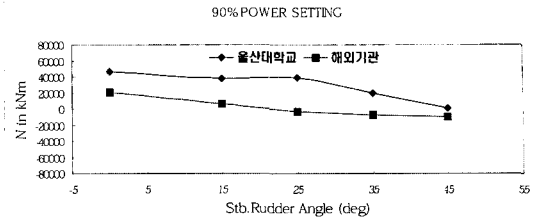
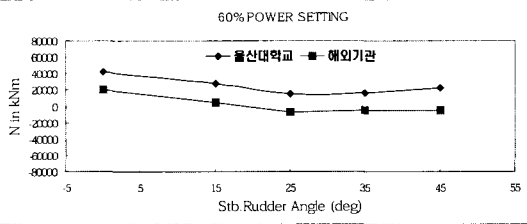


Fig. 9 Yawing moment in leaving the quay

Fig. 10은 3가지 Power에서의 Yawing Moments와 Transverse Forces에 대해 분석하여 해외기관의 자료와 비교하였다.

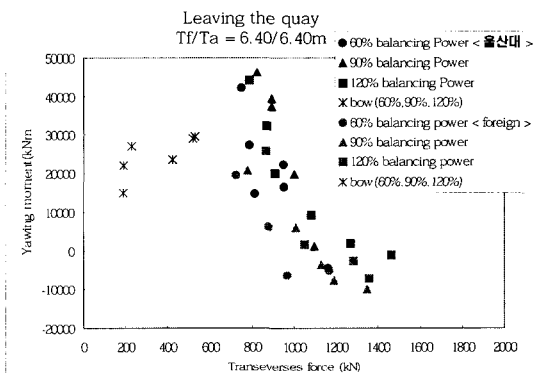
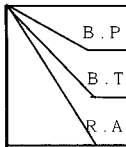


Fig. 10 Comparison of yawing moments and transverse forces measured at UOU and a foreign research institute

Table 3과 Fig. 11은 각 Transverse Force와 Yawing Moment 관계에서 Crabbing 가능한 최대 풍속을 결정하는 버터플라이 다이어그램(Butterfly Diagram)을 나타내고 있다. 그림에서 곡선으로 이어진 부분은 바람이 부는 풍속 범위를 나타내고,

Table 3 Marks for butterfly diagram

	B.P			60%					90%					120%				
	0%			100%					100%					100%				
	60%	90%	120%	0°	15°	25°	35°	45°	0°	15°	25°	35°	45°	0°	15°	25°	35°	45°
U O U	●	▲	■	●	▲	■	◆	★	●	▲	■	◆	★	●	▲	■	◆	★
a foreign research institute	○	△	□	○	△	□	◇	☆	○	△	□	◇	☆	○	△	□	◇	☆

- * B.P : Backing propeller power
- B.T : Bow thruster power
- R.A : Rudder angle

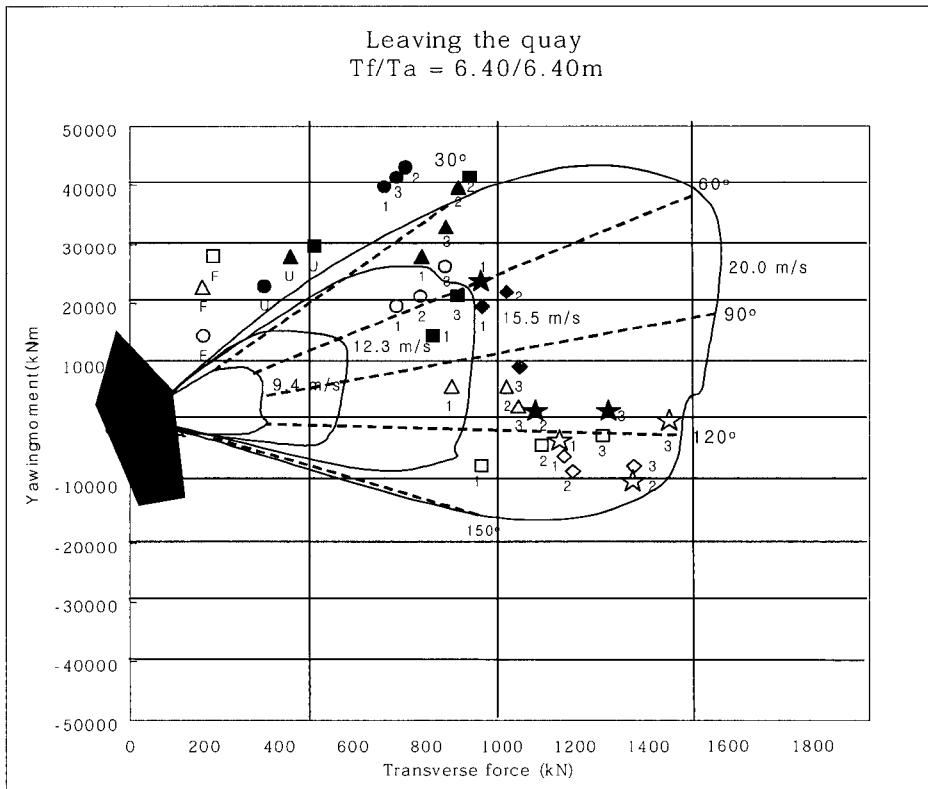


Fig. 11 Butterfly diagram of crabbing model test

점선은 바람이 불어오는 각도를 나타낸다. 울산대학교에서 실험한 자료를 예로 들자면, 약 15 m/s 이하의 풍속에서는 거의 대부분의 각도에서 Crabbing 능력을 발휘할 수 있음을 알 수 있으며,

90% Backing Power Rudder각이 25도 이하 일 경우, 풍향 30도의 20.0 m/s 풍속에서도 Crabbing이 가능함을 Fig. 11에서 알 수 있다. 만약 바람에 대해 견디는 Crabbing의 능력을 개선

하고자 할 때에는 주 추진기와 Bow Thruster의 Power를 크게 해주면 된다.

Figs. 8의 Transverse Force 비교에서는 해외 기관의 결과와 경향이 거의 같으며, Fig. 9의 Yawing Moment부분은 60% Power에서 경향이 같으나 Power가 커질수록 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 울산대학교 해양공학광복수조에서는 Balancing과 Backing Propeller의 피치를 같게 하고 역회전을 사용한 반면, 해외기관은 음의 피치를 사용하여 나타난 결과로 생각된다. 하지만 두 실험결과를 비교해보면 공통적으로 120% Backing Power와 이때의 타 각 45도에서 Yawing Moment가 거의 없는 최적의 횡 방향 운동을 할 수 있다.

3. 결 론

3m급 RoPax Ferry의 모형선을 직접 제작하고 Crabbing 시험장비 시스템을 구축하여 이안 시의 모형시험을 성공적으로 수행하였으며, 그 측정 결과를 유명 해외 기관의 시험결과와 비교하였다. 비교로부터 시험결과의 경향은 일치하였고, 피치 프로펠러 회전조건의 상이함에 의해 비교적 작은 값 차이가 나타나는 것으로 보여졌다.

향후 연구계획은 접안 시험의 수행과 바람이 있을 경우에서의 상태에서 실험하여 비교할 예정이다.

후 기

본 논문은 울산대학교에서 지원한 2002 연구과제 “3m급 모형 여객선 제작 및 수조시험”에 의해 수행된 연구결과의 일부분임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- 김현조, 최윤락, 홍사영, 이종무, 1999, “자유항 주 선체운동 모형시험 기법 개발,” 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp. 222-225.
- 신현경, 이형락, 양창섭, 김태무, 2002, “여객선의 Crabbing 모형시험,” 대한조선학회 추계학술대회 논문집, pp.127-130.
- 이석원, 황윤식, 김용수, 2000, “2축 2타선의 Crabbing Simulation,” 대한조선학회 춘계학술대회 논문집.
- Newman, J.N., 1980, “Marin Hydrodynamics,” The M.I.T. Press, Cambridge, M.A., pp.3-7.
- Oosterveld, M.W.C. and Tan, S.G., 1998, “Prediction of crabbing in the early design stage,” MARIN.



< 신현경 >



< 이형락 >