

규칙파에 대한 조종운동의 응답함수에 관한 고찰

손 경호, 이 경우, 김 진형

한국해양대학교

1. 서 언

불규칙 파랑중에서 조타(操舵)하면서 항행하는 선박의 조종운동을 해석하기 위해서는, 파랑에 기인하는 외란의 스펙트럼을 구할 필요가 있다. 외란의 스펙트럼을 구하기 위해서는 먼저 규칙파에 대한 조종운동의 응답함수를 필요로 한다. 이러한 배경하에 본 연구에서는 조종운동의 응답함수의 계산법에 관해서 논하고자 한다.

파랑중에서 항행하는 선박의 운동성능을 추정하기 위한 내항성 이론 중 가장 널리 쓰이고 있으며, 유효한 방법으로서 스트립 법(strip method)이 정착되어 있다. 스트립 법은 Korvin-Kroukovsky & Jacobs[1], Watanabe[2] 등에 의해 처음으로 발표되었다. 이들에 의해 개발된 스트립 법은 체계적인 이론에 의해서 유도되었다기 보다는 물리적 직관에 의해 도출되었으며, 이를 Ordinary Strip Method(영문 약칭 OSM)라고 한다. 이 OSM의 이론적 미비점을 일부 개선하여, 보다 체계적인 방법으로 유도된 것을 New Strip Method(영문 약칭 NSM)라고 하며, Tasai & Takaki[3], Salvesen, Tuck & Faltinsen[4] 등에 의해 처음으로 발표되었다.

한편, 상기 스트립 법은 등속 이동 공간좌표계를 기초로 하여 운동방정식이 정의되었는데, 조종성 분야에서는 선체 고정좌표계를 기초로 하여 운동을 기술하고 있다. 파랑중에서의 선박의 횡운동(반대칭 운동이라고도 함) 즉, sway-yaw-roll의 복합 운동을 해석함에 있어서 내항성, 조종성 각각의 분야의 입장에서 연구가 수행되어 왔다.

Fujino[5]는 sway-yaw 운동을 기술하기 위한 상기 양 좌표계에 관해서 고찰한 결과, 선체 자신의 운동에 의해 선체에 발생하는 유체력을 보다 합리적으로 이해하기 위해서는 선체 고정좌표계가 적절하다고 결론짓고 있다. 또한 Fujino[6]

는 내항성 분야의 OSM의 이론 전개 방법을 답습하여 선체 고정좌표계를 사용한 sway-yaw-roll 운동방정식을 유도하였다. 또한 Hamamoto[7]는 파랑중 조종운동을 해석하기 위해서 상기 양 좌표계를 결합한 horizontal body axes system에 관해서 논하였다.

본 연구에서는 등속 이동 공간좌표계를 기초로 한 NSM의 sway-yaw-roll 운동방정식(내항성 운동방정식)을 개략적으로 검토하고, 등속 이동 공간좌표계와 선체 고정좌표계 사이에 성립하는 관계식을 도출하여 내항성 운동방정식을 조종성 운동방정식으로 변환하였다. 그리고 조종성 운동방정식에서 정의하는 sway, yaw의 응답함수를 수치계산하였다. 이에 앞서서 본 연구에서의 NSM의 수치계산법의 타당성을 확인하기 위해서, Takaki & Tasai[8]가 택한 광석운반선 선형에 대해서 내항성 운동방정식에서 정의하는 sway, yaw, roll의 응답함수를 수치계산하여 Takaki & Tasai[8]의 계산 결과와 비교하였다.

이상의 연구 결과로부터 파랑중 조종운동 방정식이 규명되었으며, 규칙파에 대한 조종운동의 응답함수를 구할 수 있었다.

2. 운동방정식

2.1 좌표계

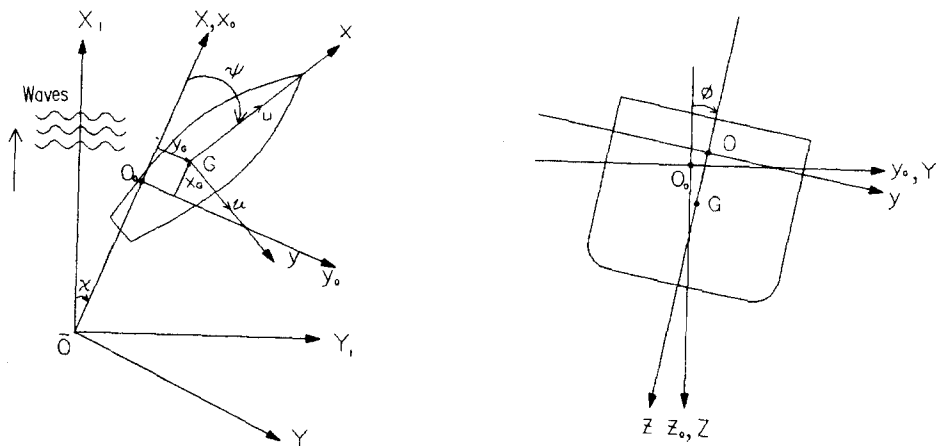


Fig.1 Coordinate system

3. 응답함수의 수치계산 예

시계산용 선형으로서 광석운반선 3m 모형선을 택하였다. Table 1에 모형선의 주요목을 나타낸다. 이 선형을 택한 이유는 제 2장에서 언급한 NSM의 내항성 운동방정식의 해(解)를 Takaki & Tasai[8]가 계산한 결과와 비교함으로써 본 연구에서의 수치 계산법의 타당성을 확인하기 위함이다. 계산시의 선속은 $F_n = 0.1$ 을 택하였다.

Table 1. Principal particulars of model

Items		Model
Length B. P.	L (m)	3.00
Breadth	B (m)	0.493
Mean draft	d (m)	0.194
Displcement	W (kg)	233.2
Block coefficient	C_B	0.8243
Midship section coefficient	C_M	0.9975
Natural period of roll	T_ϕ (sec)	1.405
Radius of gyration about z-axis	k_l	0.2356 L
Radius of gyration about x-axis	k_t	0.2602 B
Metacentric height	\overline{GM} (m)	0.0453
Height of center of gravity form keel	\overline{KG} (m)	0.1537

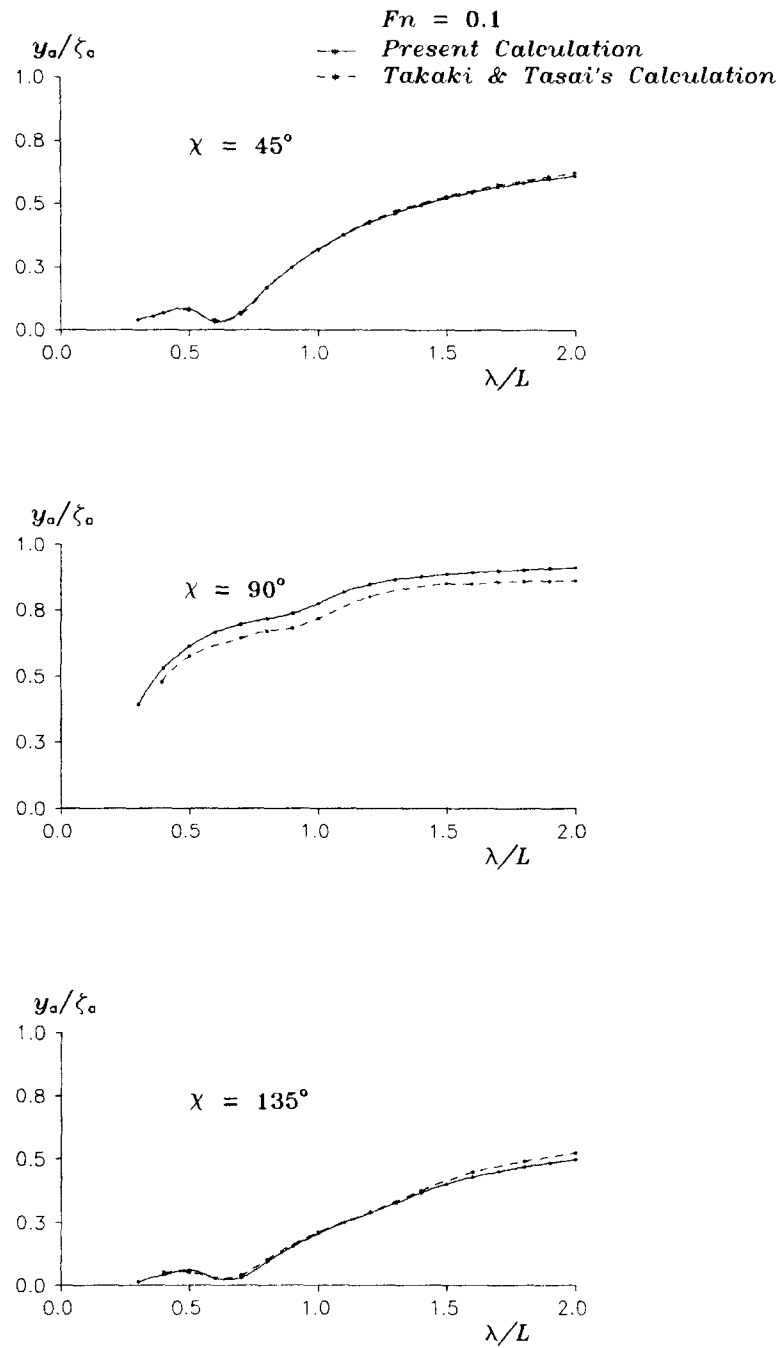


Fig.2 Nondimensional sway amplitude of ship in waves in seakeeping coordinate system

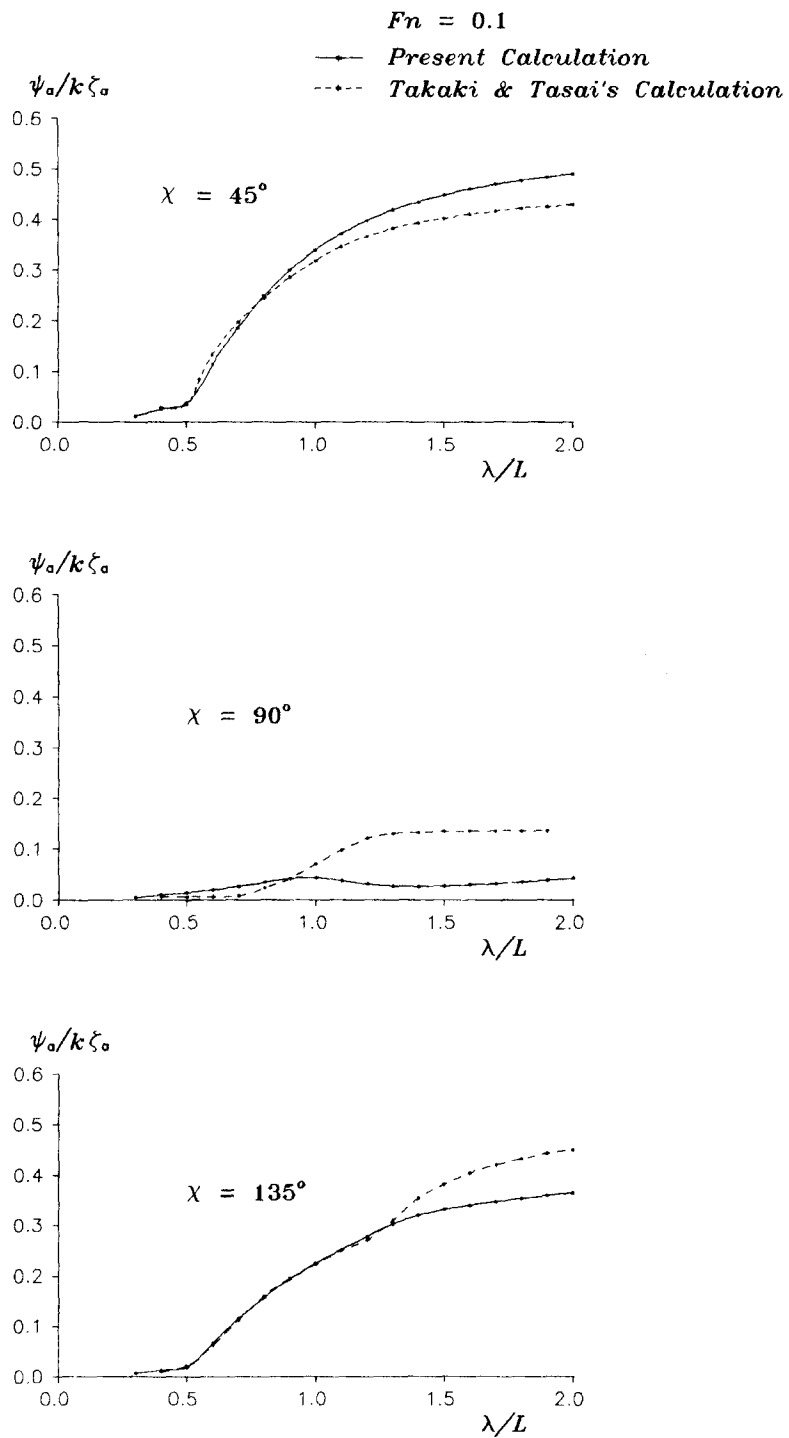


Fig.3 Nondimensional yaw amplitude of ship in waves
 in seakeeping coordinate system

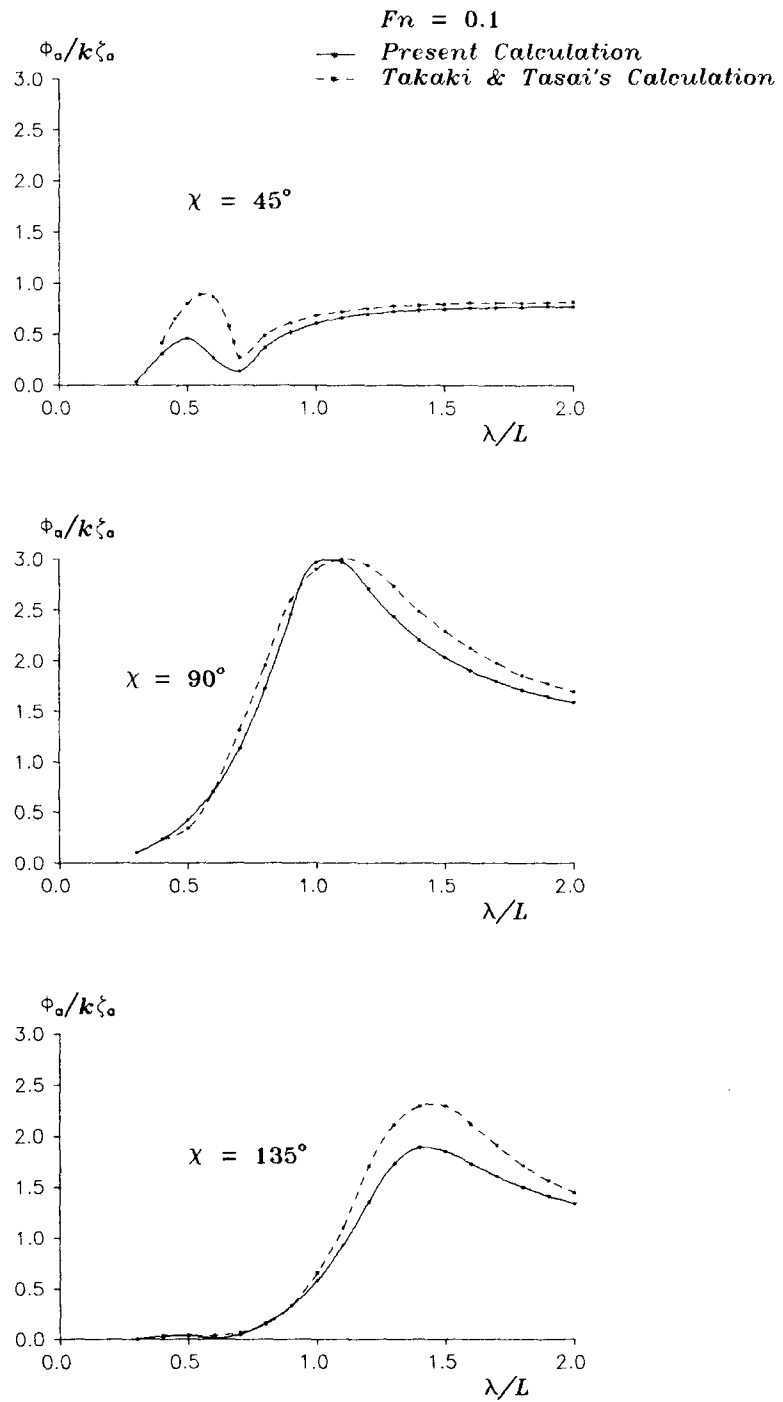


Fig.4 Nondimensional roll amplitude of ship in waves in seakeeping coordinate system

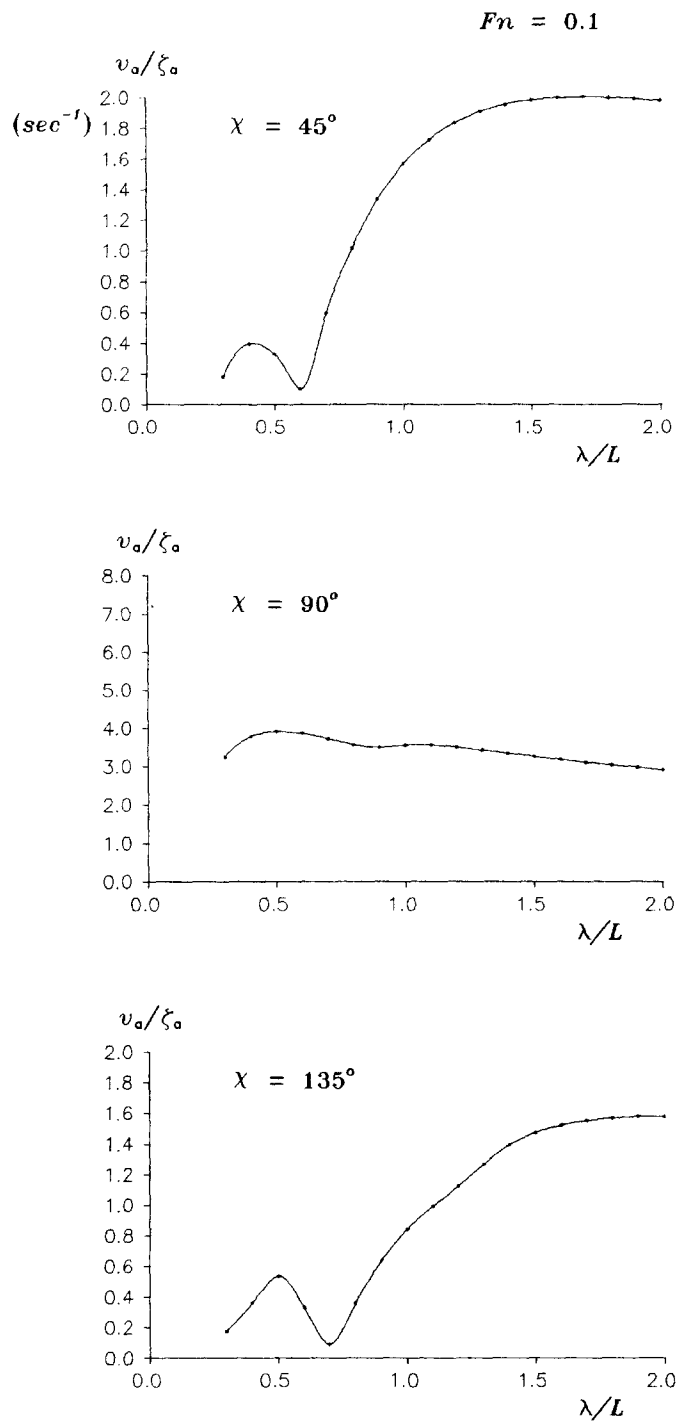


Fig.5 Sway response function of ship in waves
in manoeuvring coordinate system

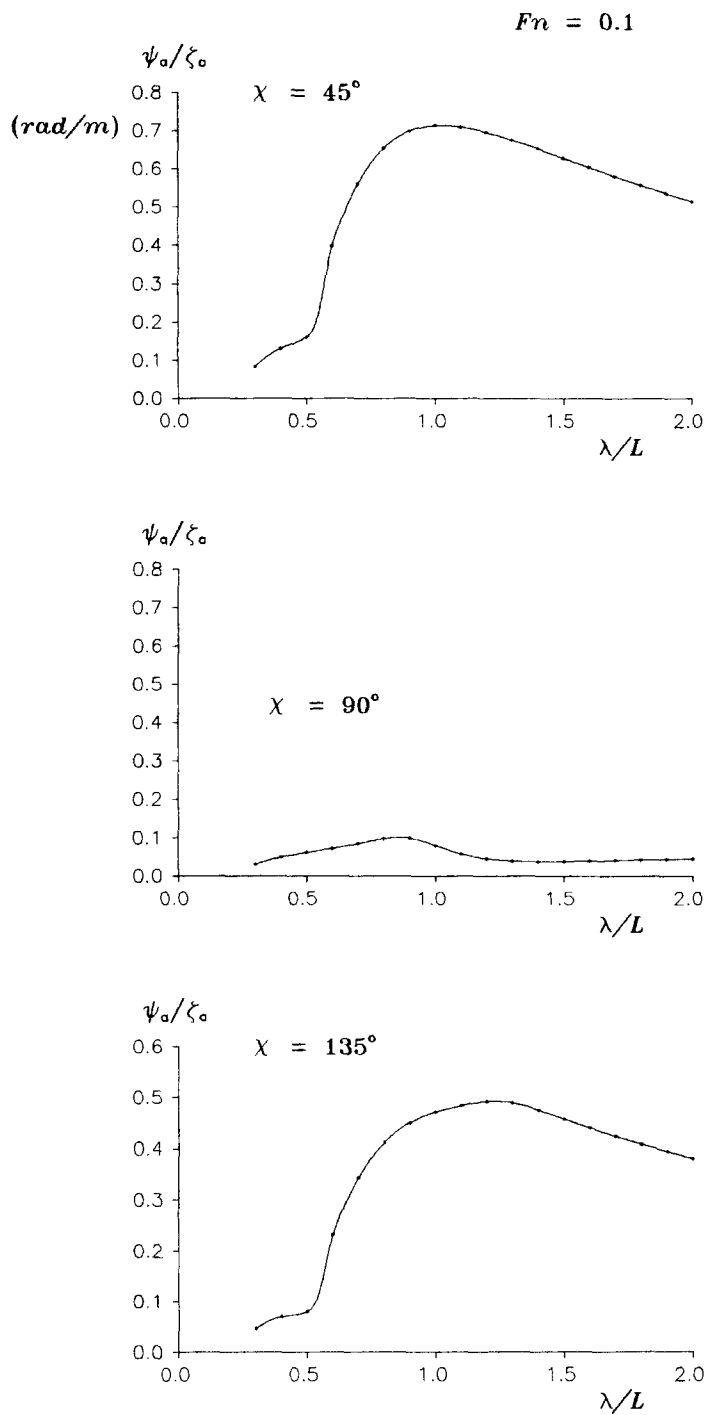


Fig.6 Yaw response function of ship in waves
in manoeuvring coordinate system

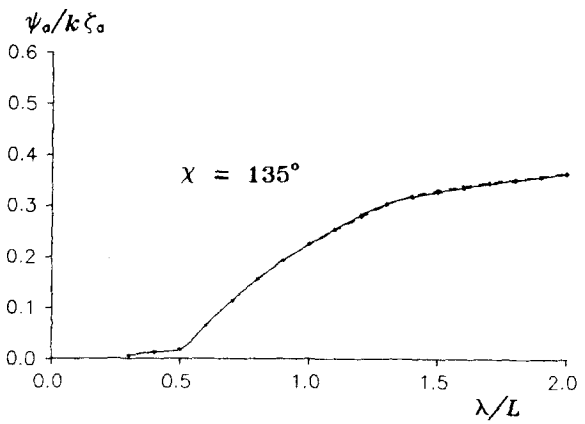
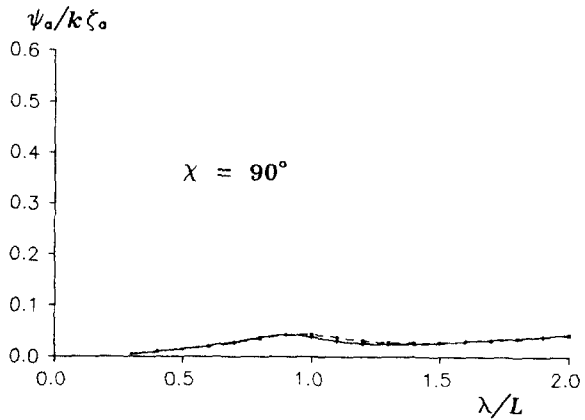
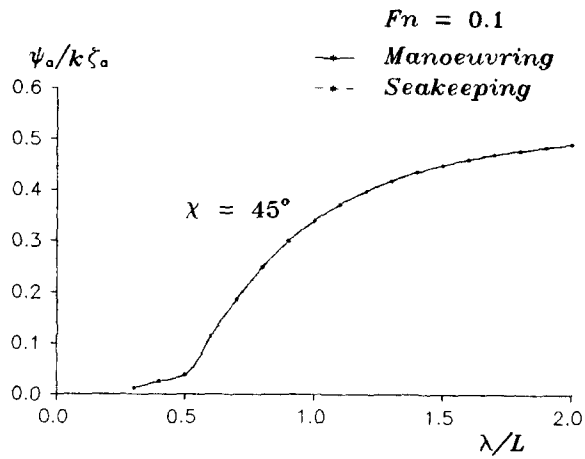


Fig.7 Comparison of nondimensional yaw amplitudes of ship in waves between manoeuvring & seakeeping coordinate systems

4. 결 언

이상의 검토 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 등속 이동 공간좌표계에서의 내항성 운동방정식을 선체 고정좌표계에서의 조종성 운동방정식으로 변환하기 위해서는 다음의 관계식을 대입하면 모순 없이 해결될 수 있다.

$$\dot{y}_G = V\psi + v$$

- (2) 횡경사를 고려한 파랑중 조종운동 방정식에서 조파 감쇠력 성분을 고려하는 방법이 명확해졌다.
- (3) 파랑중 조종운동의 응답함수를 NSM을 이용하여 구할 수 있었다.
- (4) 파랑중 조종운동의 yaw 응답함수는 내항성 운동방정식으로부터 직접 구하여도 유의한 오차가 발생되지 아니하지만, 엄밀한 의미에서 조종운동의 응답함수는 본 연구에서 제안한 조종성 운동방정식으로부터 구하는 것이 타당하다고 생각한다.