
 論 文

大韓造船學會論文集
 第29卷 第1號 1992年 3月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 29, No. 1, April 1992

S-175 컨테이너 모형선의 갑판침수현상에 대한 공동 조사연구

배광준*, 홍도천**, 홍석원**, 홍사영**, 염덕준***, 박인규***

Cooperative Experimental Study on Deck Wettings for the S-175 Container Ship Model

by

Kwang-June Bai*, Do-Chun Hong**, Seok Won Hong**,
 Sa-Young Hong**, Deuk-Joon Yum*** and In-Kyu Park***

요 약

국제수조회의(ITTC) 내항성분과에서 희귀현상(rare event)에 대한 시험기법 확립 및 계측기간 결정을 목적으로 19차 ITTC 내항성분과의 공동사업으로 갑판침수 계측시험을 수행한 바 있다.

본 논문에는 공동연구에 참여한 수조시험연구회(KTTC)의 두 회원인 해사기술연구소(KRISO)와 현대선박해양연구소(HMRI)의 실험방법 및 결과를 비교 검토하였다. 선수상대운동과 갑판침수 사이의 상관관계 및 Poisson process에 근거한 계측시간의 추정에 초점을 두어 결과를 고찰하였다.

동일한 특성을 갖는 입사파에 대해 계측된 갑판침수 빈도수는 두 기관 모두 계측시마다 큰 차이를 보였으며 이는 일반적인 선체운동 계측 보다 더 많은 계측시간이 필요한 것을 의미한다. 선수상대운동과 갑판침수 사이의 상관관계는 선수형상, 선속 및 해상상태에 따라 달라지며 본 공동연구의 실험 조건하에서는 (유의파고 7.88m, 선속 22.15노트) 둘 사이의 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 갑판침수 현상의 통계적 특성은 Poisson process로 해석될 수 있음을 보였다.

abstract

The Seakeeping committee of Korea Towing Tank Conference executed the cooperative experimental study on deck wetting phenomena using S-175 container model ships. Two members, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering(KRISO) and Hyundai Maritime Research Institute(HMRI) participated in the study. This study was initiated by the ITTC(International Towing Tank Conference) Seakeeping

접수일자 : 1991년 3월 8일, 재접수일자 : 1991년 9월 24일

* 정회원, 서울대학교

** 정회원, 해사기술연구소

*** 정회원, 현대선박해양연구소

大韓造船學會論文集 第29卷 1號 1992年 3月

Committee as the cooperative study of the 19th ITTC aiming at the establishment of the model test procedure on the deck wetting phenomena. Special emphasis was made on the determination of reliable record length for experimental measurement on rarely occurring events(such as deck wetness, slamming etc).

Comparisons were made on both the test results and the test procedures in this research. The measured frequencies of deck wetting show remarkable deviations between the runs. This fact implies that sufficiently long record length is required in the deck wetness measurement compared to the conventional ship motion tests. Careful considerations were made on the physical interpretation of the deck wetting phenomena, the correlation between the measured relative motion at stemhead and the measured deck wetness, and the estimation of deck wetting frequencies by Poisson process.

1. 서 언

갑판침수는 거친해상을 항해하는 선박이 높은 파도와 선체의 과도한 운동에 의해 해수가 갑판 위로 넘치므로써 겪게 되는 현상으로서 갑판상부 구조물의 손상을 초래하며 소형선의 경우 전복을 야기시키기도 한다. 따라서 갑판침수는 항천시의 우수한 성능이 요구되는 특수선(구남함, 군함)이나 갑판위에 화물을 적재하게 되는 컨테이너선 등의 중요한 내항성능 지표(seakeeping index) 중의 하나이다. 그러나 갑판침수현상은 일반적인 선체운동과는 달리 비주기(non-periodic) 회귀현상(rare event)으로 특징지어진다. 또한 대부분의 선체운동이 선체의 수면 아래 형상에 의해 영향을 받는 것에 반하여 갑판침수는 수면위 선수형상에 의해 많은 영향을 받고 있다. 따라서 이러한 비선형 회귀현상을 해석하기 위한 현실적인 방법으로 모형시험이 제안되어 왔으며 실제로 군함과 같은 선형의 선수형상 설계를 위해 모형시험을 수행하고 있다.

그러나 실험을 통해 얻은 선수형상의 효과가 실험자에 따라 서로 상반된 결과를 보였으며 갑판침수 계측결과도 선수에서의 상대파고와 일관성이 없는 경향을 보였다[1].

ITTC(International Towing Tank Conference) 내항성분과(Seakeeping Committee)에서는 최근 내항성능 분야에서 관심의 대상이 되어온 갑판침수 현상의 실험적 해석기법 확립을 도모하기 위하여 90년도 ITTC 내항성분과의 공동연구사업으로 갑판침수 계측 시험을 제안하였다.

대상선형은 ITTC 내항성분과 표준 모형선인 S-175 컨테이너선이었으며 하나의 선수와 조건에 대해 선수 수직운동, 선수상대운동, 갑판침수 빈도수 등을 계측항목으로 정하였다. 모형시험의 주된 목적은 실험의 통해 불규칙파중 갑판침수 빈도수를 결정할 경우 요구되는 최소한의 계측시간을 추정하는 것으로 17차 ITTC 내항성분과에서 공동사업으로 수행한 불규칙파 생성시험의 결과를 가지고 불규칙파중 모형시험의 계측시간을 결정한 것과 맥락을 같이하고 있다.

국내의 선형시험수조 보유 기관중 해사기술연구소(이하 KRISO)와 현대선박해양연구소(이하 HMRI)가 90년도 ITTC 내항성분과 공동연구사업에 참여하였다.

2. ITTC 공동연구 내용 및 실험시설 비교

2.1 공동연구 내용

ITTC 내항성분과에서 제안한 모형선, 시험조건 및 계측항목은 다음과 같이 정리되었다.

◎ 모 형 선 : S-175 컨테이너선(혹은 Frigate)

◎ 파도조건 : ITTC 2-파라미터 스펙트럼

$$H_{1/3}L_{pp}=0.045(H_{1/3}=7.875m)$$

$$T_0\sqrt{g/L_{pp}}=3.5(T_0=14.78초)$$

$H_{1/3}$: 유의파고, T_0 : 모달(modal) 주기

◎ 선 속 : $U/\sqrt{g/L_{pp}}=0.275$

$$(U=22.15knots)$$

◎ 입사파각 : 선수파

◎ 계측항목 : 입사파,

수직운동변위(선수 및 $0.15L_{pp}$ 선
수후방)

상대운동(선수 및 $0.15L_{pp}$ 선수후방)

갑판침수빈도수(선수 및 $0.1L_{pp}$
선수후방)

선속 - Froude 수 0.275 (22.15
knots)

◎ 요구사항 : 최소한 계측 20회 이상, 각 계측시
다른 파도신호

2.2 실험시설 및 조건의 비교

KRISO와 HMRI가 수행한 실험시설 및 조건은
다음과 같다.

3. 실험결과해석 및 정리

3.1 결과해석 방법

계측된 항목의 부호정의는 Fig. 1 및 Table 1과
같으며 각 항목의 물리량은 zero-upcrossing법에
의해 해석되었다. 이때 RMS(Root Mean Square
Value) 값은 평균값을 소거한 후에 구해진 값이며
히스토그램은 평균값이 포함된 값이다.

3.2 실험결과 정리

KRISO와 HMRI가 수행한 실험결과는 Table과
Fig로 다음과 같이 정리하였다. 비교 및 정리는
ITTC 내항성 분과에서 요구한 항목에 중점을 두
었다.

항 목	KRISO	HMRI
수조(길이×폭×깊이)	210×16×7m	210×14×6m
모 형 선	S-175	S-175
축 척 비	1/43.75	1/38.889
선속구현	self-propulsion	towing
Sampling Rate	20Hz	10Hz
Date Acquisition Time /Run(Ship scale)	338.66sec.	205.8sec.
No. of Runs	25	38
Total Record Length	2.35hours	2.17hours
계측항목	위치 및 계측기기	
상하운동(Heave)	선수(포텐시오미터)	무게중심(포텐시오미터)
종운동(Pitch)	무게중심(포텐시오미터)	무게중심(포텐시오미터)
입 사 파 (Incident Wave)	모형선 전방 (resistance type)	모형선 전방 (servo-needle type)
상대운동 (Relative Motion)	선수 $0.039L_{pp}$ 전방 (resistance type) 선수 $0.15L_{pp}$ 후방 (resistance type)	F.P(capacitance type)
갑판침수 (Deck Wetting)	F.P. & $0.1L_{pp}$ 후방 (Video & Capacitance Type Wave Probe)	F.P(Video & Capacitance Type Wave Probe)
슬 래 밍 (Slamming)	St. no.3(Pressure sensor)	St. no.3(Pressure sensor)

Items	Tables or Figures No.	Contents	Remarks
Wave	Table 2	RMS and Modal Period	KRISO/HMRI
	Fig. 2	Crest and Trough	KRISO/HMRI
	Fig. 3	Energy Spectrum	KRISO
	Table 3	Mean and RMS	KRISO/HMRI
	Fig. 4	Amplitude Histogram(Z_s)	KRISO/HMRI
Ship Motions	Fig. 5	Amplitude Histogram(ζ_R)	KRISO
	Table 4	Deck Wetting Frequency	KRISO/HMRI

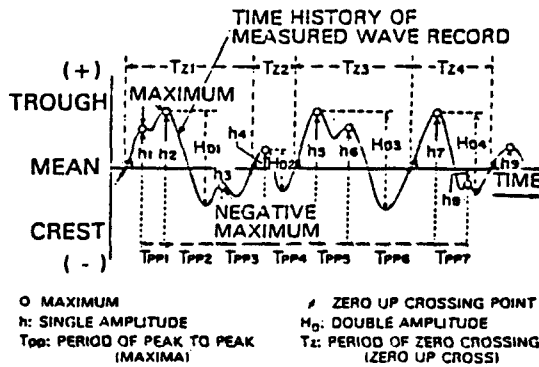


Fig. 1 Sign conventions for data analysis

Table 1 Sign conventions for the measured items

Items	Sign Convension	Symbol
Wave	downward positive	ζ_w
Absolute Motions at F.P.	bow-down positive	Z_s
at 0.15 L_{pp} abaft F. P.		Z_s
Relative Motions at Stem Head	bow-down positive	ζ_{RS}
at 0.15 L_{pp} abaft F. P.		ζ_{RL}

4. 결과고찰

4.1 입사파도

입사파의 rms값과 모달주기의 예측치를 Table 2에 나타내었다. HMRI의 경우 요구되는 값에 비해 rms값은 +10.6%, 모달주기는 -5.3%의 오차를 보여 KRISO의 +0.9%, +1.7%에 비해 다소 큰 차이를 보여주었다. Fig. 2에는 입사파의 파정과 파저의 분포도를 나타내었다. 해상파도의 진폭 및 파고의 분포는 Rayleigh 분포를 따른다고 알려져 있으므로 수조에서 구현하는 불규칙 파도의 분포도 이를 따르는 가가 관심의 대상이다. Hong[3] 등이 실험실에서 구현하는 불규칙파도의 분포가 Rayleigh 분포를 따르는 것을 보인 바가 있다. Fig. 2에서 HMRI의 예측치가 Rayleigh 분포에서 벗어나는 결과를 주었는데, 보다 정밀한 실험결과를

Table 2 Measured wave statistics

Items	Nominal	KRISO	HMRI
σ_w/L_{pp}	0.0113	0.0114	0.0125
$H_{1/3}/L_{pp}$	0.0450	0.0450	0.0504
$T_0\sqrt{g/L_{pp}}$	3.50	3.56	3.315

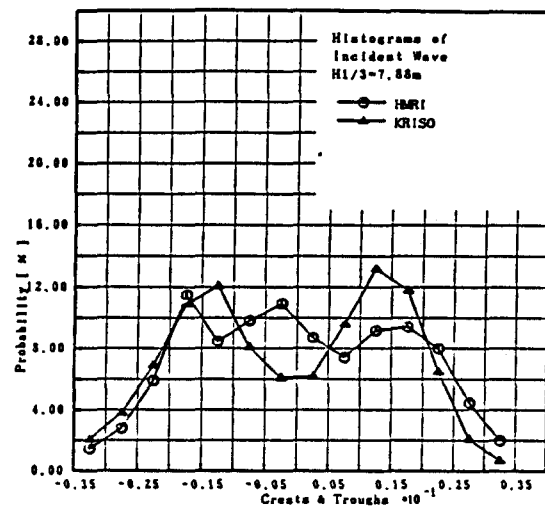


Fig. 2 Crest and trough distributions of incident waves

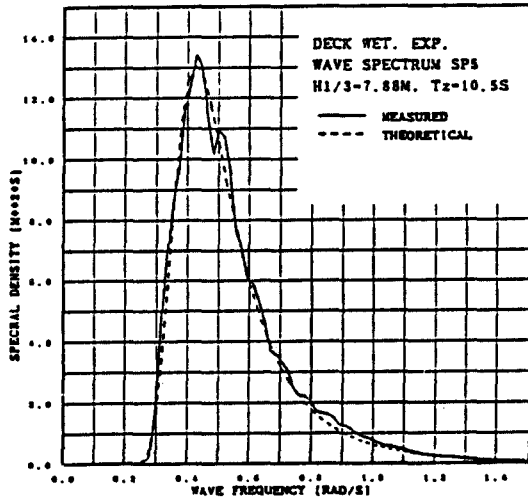


Fig. 3 Wave spectrum(SP5)

위해서는 스펙트럼의 형태는 물론 파고의 분포 특성도 같이 구현하여 주는 것이 바람직한 것으로 생각된다. Fig. 3에는 KRISO에서 생성한 파도 스펙트럼을 나타내었다. 원하는 파도형태에 근접함을 보이고 있다.

4.2 선체운동

Table 3에는 선수 수직운동과 상대운동의 계측치를 rms값으로 나타내었다. HMRI의 계측치중 선수 수직운동은 무게중심으로 부터 계측한 상하운동과 종운동 결과로부터 합성한 결과이다. 또한 HMRI의 선수 상대운동 값이 작게 나온것은 상대파고를 계측한 파고계의 계측범위가 실제 파도의 범위보다 작아서 생긴 결과이다. PAT-86으로 표시된 것은 스트립방법으로 계산한 결과로서 19차 ITTC 보고서에서 발췌한 것이다. 계측결과들과 계산치들이 대체로 일치하고 있으며, 선수에서의 상대운동의 계산치는 dynamic swell-up의 효과를 무시한 것으로 약 20% 정도 작게 추정된 것이다 [4]. Fig. 4에는 선수 수직운동의 진폭분포도를 나타내었다. 두 결과 모두 비슷한 분포 형태를 나타내고 있으며, 대칭점이 0이 아닌것은 선수 수직운동의 평균값이 0이 아닌것을 의미하며 양의 값이 선수 침하를 나타낸다.

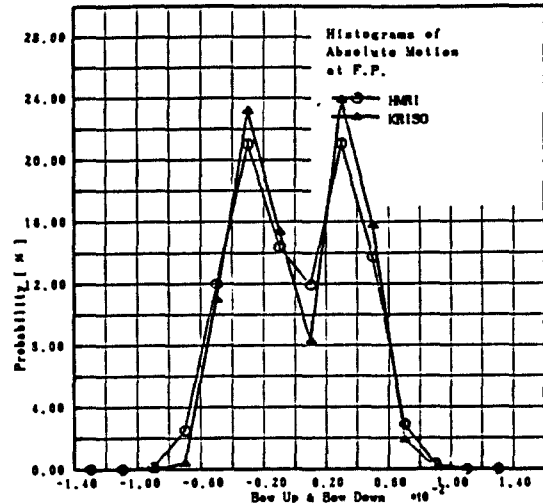


Fig. 4 Amplitude distributions of absolute motion at F.P.

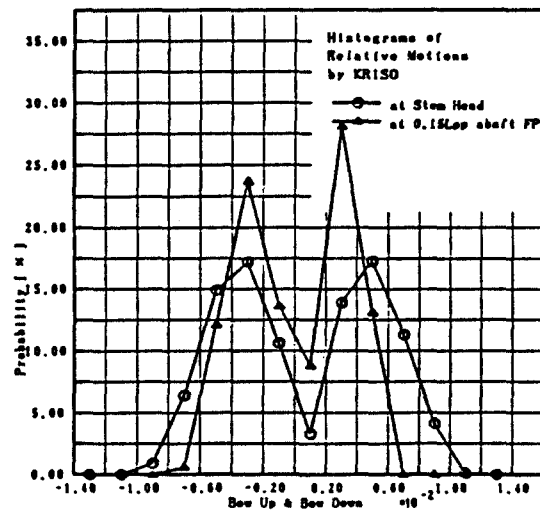


Fig. 5 Amplitude distributions of relative motions

Fig. 5에는 선수 상대운동의 진폭 분포도를 나타내었다. 입사파, 선수 수직운동 및 상대운동의 진폭 분포들이 대체로 Rayleigh 분포를 따르는 것으로 보인다.

Table 3 Measured ship motions

Institute	Absolute Motions		Relative Motions		Remarks
	F.P.	$0.15L_{pp}$	Stem Head	$0.15L_{pp}$	
	σ_z/L_{pp}	σ_z/L_{pp}	σ_R/L_{pp}	σ_R/L_{pp}	
KRISO	0.025	—	0.033	0.023	
HMRI	0.028*	—	0.010	—	
PAT-86	0.027	0.023	0.028	0.023	Cal.[4]

* : generated data from measured heave and pitch at C.G.

4.3 갑판침수 빈도수

HMRI의 경우 갑판침수 빈도수의 계측을 주로 Video로 하였으며 KRISO의 경우 용량식 파고계를 개조하여 갑판침수 계측기로 사용하였다[3].

Tabel 4에 나타난 갑판침수 빈도수는 배가 선체길이 만큼 전진했을 때 겪게 되는 갑판침수 횟수를 나타낸 것이다. HMRI의 결과중 팔호안의 값은 입사파에서의 오차를 수정하여 추정한 것이다. 갑판침수 빈도수의 수정은 HMRI에서 보유한 2차원 스트립 방법의 내항성능 해석프로그램에 의해 이루어졌다. 이 때, 지정된 해상상태 및 계측된 해상상태에 대해 각 위치에서의 갑판침수 빈도수를 구하고, 해상상태 차이에 따른 그 비율을 계측치에 곱하여 수정된 갑판침수빈도수를 얻었다.

HMRI의 수정값과 KRISO의 갑판침수 계측치를 비교해 보면 F.P 및 선수 $0.1L_{pp}$ 후방에서 모두 약 20%의 상대오차를 나타내었다. $0.1L_{pp}$ 후방과 F.P에서 갑판침수 빈도수의 비는 약 2%로 무시할 만한 차이를 보였다. σ_{NWS} 는 각 run마다 계측된 갑판침수 빈도수의 표준편차이며 갑판침수 빈도

수의 평균값에 대한비가 KRISO의 경우 21%, HMRI의 경우 24%로 나타나 갑판침수 계측시 충분한 계측시간이 필요함을 시사하고 있다. 19차 ITTC 내항성 분과 보고서에서는 최소한의 계측 시간을 배가 선체길이의 200배 이상의 거리를 전진한 만큼의 시간이나 실선에서 1시간을 권장하고 있으며, 이는 각 run마다의 갑판침수 빈도수를 임의로 배열하여 평균해 감으로써 수렴하는 값의 $\pm 10\%$ 내의 오차범위로 접근하는데 걸리는 시간에 근거한 것이다. 기관마다의 갑판침수 빈도수 계측치의 차이가 심한 것은 입사파의 분포, 실험방법의 차이, 각 run마다의 계측시간 차이, 현상자체의 비선형성등 여러가지 원인이 있을 것으로 생각되므로 이의 개선을 위하여는 표준화된 모형 시험 및 해석방법, 동일한 특성의 입사파의 구현 등을 통한 세심한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4.4 상대운동과 갑판침수와의 상관 관계

갑판침수에 관한 공동연구가 제안된 배경에는 서언에서도 지적된 바와 같이 계측된 상대운동과 갑판침수 빈도수와의 관계가 일관성이 없다는

Table 4 Deck wetting frequencies

Institutes	N_{ws}	N_{wl}	N_{wl}/N_{ws}	σ_{Nws}/N_{ws}
KRISO	0.408	0.357	0.875	0.21
HMRI	1.07(0.505*)	0.76(0.430*)	0.710(0.851*)	0.24

N_w : deck wetting frequency per unit ship length advance

subscript S for stem head, L for $0.1 L_{pp}$ abaft F.P

* : corrected value for errors in significant wave height and modal period

Lloyd[1]의 지적이 있었다. 또한 19차 ITTC 보고서 (pp 438 Fig. 5 하단)에서도 계측된 운동과 갑판 침수와의 상관관계가 없다는 언급이 있었다.

KRISO에서는 계측된 선수 상대운동과 갑판침수 빈도수로 부터 둘의 상관관계를 고찰하였다. 먼저 ITTC가 요구하는, 각 계측시 중복되지 않는 파도 신호를 구현하기 위하여 같은 통계적 특성을 갖는 6개의 독립적인 파도신호를 생성하여 각 파도 신호마다 4-5회의 계측을 수행하였고 각 계측마다 1분씩 순차적으로 출발시간을 지연시켰다.

Table 5에는 생성된 파도의 통계적 특성을 보였다. 각각의 파도신호가 모두 요구하는 조건을 5% 이내의 상대오차 범위내에서 만족시킴을 나타낸다. 또한 선속에 따른 상관관계를 보기 위해 Froude수 0.15에 대한 시험을 추가로 실시하였다. Table 6에 선속에 따른 실험계측시간을 나타내었다.

이와 같은 실험결과를 가지고 다음의 두가지 방법을 통해 상대운동과 갑판침수와의 상관관계를 규명하고자 했다. 첫째방법은 각 파도신호에 따른 상대운동과 갑판침수와의 상관관계계수(correlation coefficient)를 구하여 판별하는 것이고, 둘째 방법은 계측된 상대파고를 가지고 Ochi공식에 따라 갑판침수 횟수를 구한 후 계측치와 비교해 보는 것이다.

Table 7에는 각 파도신호에 따른 상대운동과 계측된 갑판침수 횟수를 보였다. 이로부터 구한 상관관계 계수는 Froude수 0.275의 경우 0.964로

매우 좋은 상관관계를 내었다. Froude수 0.15의 경우 -0.78로 음의 상관관계를 보이고 있으며 상관도가 떨어지고 있다. Fig. 6에는 계측된 갑판 침수 횟수와 선수에서의 상대파고로부터 구한 갑판침수 횟수를 비교하여 나타내었다. Froude수 0.275의 경우 두 값의 오차범위가 5% 이내로 매우 잘 일치하고 있으며 Froude수 0.15의 경우는 두 값의 차이가 2배 이상 벌어지고 있다.

이상의 두 방법에 의한 상관관계 해석으로부터 Froude수 0.275의 경우 상대운동과 갑판침수와의 상관관계가 매우 높으며 Froude수 0.15의 경우 상관관계가 별로 없는 것으로 나타났다.

상대운동 크기의 증가에 따라 갑판침수 빈도수가 증가할 때, 상대운동과 갑판침수가 양의 상관

Table 6 Record length versus wave signal

Wave	No. of Runs	
	$F_N=0.275$	$F_N=0.150$
SP1	4	1.5
SP2	5	2
SP3	4	2
SP4	4	2
SP5	4	2
SP6	4	2
Time/Run	5.65min.	11.29min.
Total Time	141 min.	107 min.

(Ship Scale)

Table 5 Measured wave statistics

Wave	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	Average	Nominal
RMS	1.99	2.01	1.88	2.05	2.00	2.01	1.99	1.97
$H_{1/3}^*$	7.81	7.57	7.35	7.75	7.67	7.67	7.64	—
T_z^*	11.52	11.52	11.20	11.56	10.88	11.48	11.36	—
$H_{1/3}^{**}$	7.94	7.88	7.52	8.04	8.01	7.85	7.87	7.88
T_z^{**}	11.20	11.08	10.74	10.81	10.63	10.73	10.87	10.50

* : analysis by zero-upcrossing method

** : analysis by FFT method

T_z : zero-upcrossing period

Table 7 Measured relative motion at stemhead versus deck wetness

F_N	Items	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	Average
0.275	σ_{RS}	6.14	6.09	5.67	5.79	5.53	5.77	5.83
	N_W	111.6	110.6	82.4	98.3	79.7	90.4	95.5
0.150	σ_{RS}	5.15	5.15	5.12	5.33	5.08	—	5.17
	N_W	29.2	31.9	34.5	26.6	39.9	—	32.42

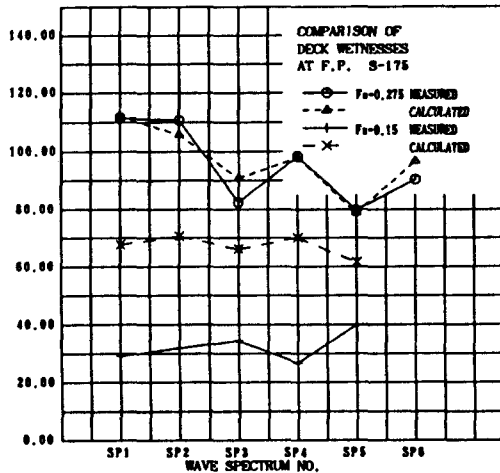


Fig. 6 Comparison of the measured deck wetness and the estimated deck wetness at F.P.

관계를 갖는 것으로 판단할 수 있으며, 이 경우 상대운동이 건현을 초과하면 갑판침수가 일어나는 것을 뜻한다. 만일 선수형상이 잘 설계되었다면 상대운동의 건현을 초과해도 갑판침수가 일어나지 않을 것이다. 이러한 경우 상대운동과 갑판침수의 상관관계는 떨어지는 것을 의미한다.

선수상대운동과 갑판침수가 상관관계를 갖기 위해서는 먼저 일정 수준이상의 상대운동 응답이 나타나야 하며 이는 다음의 두가지 경우를 상정할 수 있다. 선박이 일정한 선속으로 항해하는 경우, 해상상태가 거칠어 질수록 선수상대운동의 크기가 증가할 것이며 이에 따라 갑판침수도 빈번해질 것이다. 거친 해상상태에서는 선속이 증가할수록 선수상대운동과 갑판침수 빈도수가 증가할 것이다.

위의 두 경우로 부터 주어진 선수형상에 대해 임계선속(threshold speed)(해상상태가 정해진 경우)과 임계해상상태(threshold sea state)(선속이 주어진 경우)의 개념을 이끌어 낼 수 있다. 선속의 차이에 따라 상관관계가 달리 나타나는 것은 동일한 파도조건일 경우 선수형상의 효과가 유효한 임계선속이 있는 것을 의미하며, S-175선의 경우 Froude수 0.275는 그 임계선속 이상임을 보여주는 것이다. 선속이 일정하고 파도조건이 바뀌는 경우도 같은 상황을 유추할 수 있다.

따라서 상대운동과 갑판침수와이 상관관계는 선수형상, 해상상태 및 선속에 따라 변동적이며 주어진 선수형상 및 해상상태에 대해 임계선속이 존재하고, 주어진 선속에 대해서는 임계해상상태가 존재함을 추론할 수 있으며 실험을 통하여 이의 정량적 추정이 가능할 것으로 생각된다.

4.5 Poisson 분포를 이용한 갑판침수 빈도수의 추정

선박유체역학 분야에서 슬래밍과 갑판침수 현상은, 기진원 및 응답의 강약과 narrow bandedness에 좌우되는 발생빈도수가 그룹핑효과(grouping effect)를 보임에도 불구하고, 대표적인 Poisson process로 알려져 왔다. 이러한 관점을 확인하기 위해 HMRI에서는 19차 ITTC 내항성 분과의 갑판침수에 관한 공동연구의 실험결과중 참가기관 3(China Ship Scientific Research Center)의 결과를 Poisson 확률밀도 함수를 이용한 예측과 비교하였다.

$$\begin{aligned}
 P\{N(t)=k\} &= \text{Exp}\{-vT\} \frac{(vT)^k}{k!} \\
 &= \text{Exp}\{-\lambda\} \frac{\lambda^k}{k!}
 \end{aligned}$$

k : integer

v : mean rate of occurrence of the events per unit time

λ : expected number of occurrences of the events in time T

T : time duration

그 결과를 분포함수의 형태로 Fig. 7에 나타내었으며 계측치와 예측치가 좋은 일치를 보이는 것을 알 수 있다. 이때 예측에 사용된 1회 계측당 갑판침수 회수의 평균값은 8.8로 참고문헌[4]의 Table 3.6에서 구한 값이다.

Poisson process의 특성으로 부터 k 번째 갑판침수까지의 계측시간은 다음과 같은 Gamma 분포를 갖는다[5]

$$P(tk) = \frac{v^k}{\Gamma(k)} t^{k-1} \text{Exp}\{-vt\} \quad 0 \leq t \leq \infty$$

Fig. 8에 보인 예는 $v=0.222, k=200$ 에 대한 $P(tk)$ 값이다. Fig. 8에서 계측시간의 95% 신뢰구간은 $t|_{0.025}$ 와 $t|_{0.975}$ 로 설계되었다. Fig. 9에는 평균 값 판침수 빈도수 0.2413, 0.482와 0.9652에 대한 계측시간의 95% 신뢰구간을 나타내었다. 무차원시간($N_R \cdot L_R/L_{pp}$)으로 300까지는 이론 추정치와 계

측치가 잘 일치하고 있으며 그 이후의 불일치는 계측시간의 제한에 의한 것으로 생각된다. 그림에서 점선은 추정치의 $\pm 10\%$ 내의 오차에 수렴하

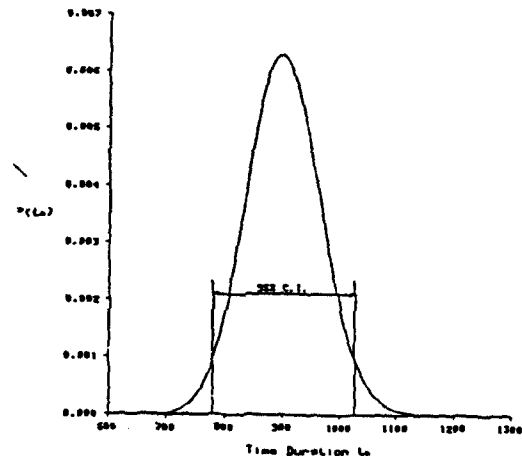


Fig. 8 Gamma distribution function $P(t_k)$ and 95% confidence interval

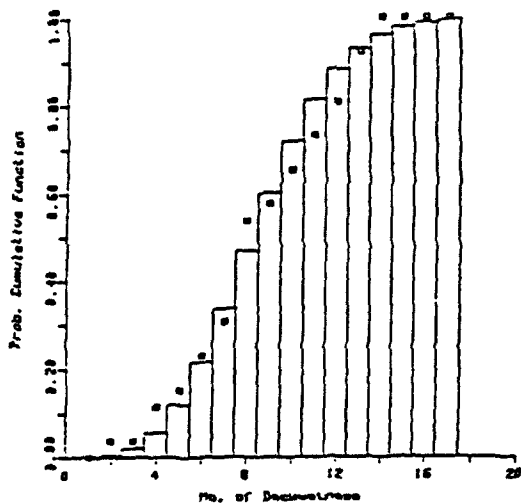


Fig. 7 Probability cumulative function of deck wetness in 40 seconds(ITTC Participant No. 3)

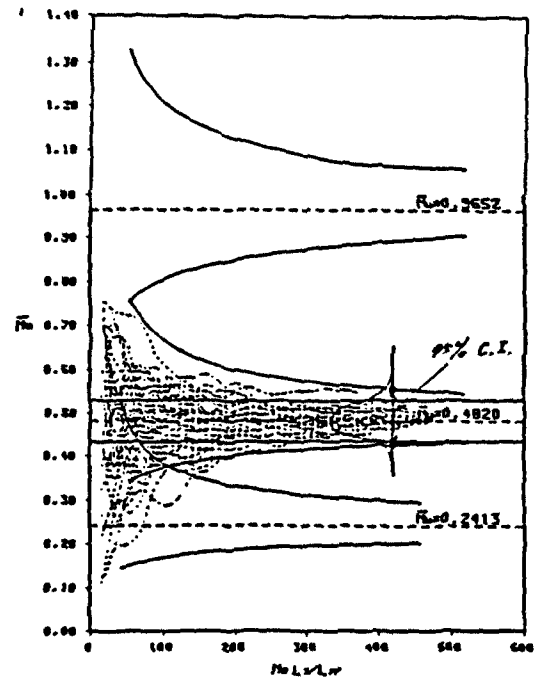


Fig. 9 Mean nondimensional deck wetness frequencies and 95% confidence interval

는 것으로 나타났으며 이는 19차 ITTC 내항성 분과에서 권장한 무차원 계측시간 200이 신빙성 있는 데이터를 얻기에는 부족하며 계측시간이 500 이상 되어야 하는 것으로 해석할 수 있다.

이상의 고찰로 부터 다음의 두 가지 사실을 확인할 수 있었다. 첫째 갑판침수 현상은 Poisson process를 이용하여 추정할 수 있으며, 둘째 19차 ITTC 내항성 분과에서 권장한 갑판침수 계측에 필요한 최소한의 무차원 계측시간의 재고가 필요하다는 것이다.

5. 결 언

제 19차 ITTC 내항성 분과의 공동연구 “갑판 침수 계측 모형시험”에 참가한 국내의 연구소 KRISO와 HMRI의 실험결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 실험을 통해 계측된 선체운동(상대운동, 상하운동)은 스트립 방법에 의한 계산치와 대체로 좋은 일치를 보인 것으로 나타났다.

(2) KRISO와 HMRI에서 계측한 갑판침수 빈도수는 각 계측시마다 전체 평균값에 비해 20% 이상의 큰 표준편차에 보였으며, 따라서 신빙성 있는 실험결과를 위해 충분한 계측시간이 필요할 것으로 생각된다.

(3) 선수상대운동과 갑판침수와의 상관관계는 선수형상, 해상상태 및 선속에 따라 변동적이다. S-175의 경우 유의파고 7.88m, 모달주기 14.78초의 해상상태에서 선속 22.15노트($F_n=0.275$)로 항해하는 경우 선수상대운동과 갑판침수와의 상관관계는 매우 높은 것으로 나타났다.

(4) 갑판침수 현상은 Poisson process로 간주할 수 있으며 이를 토대로 추정평균치로부터 $\pm 10\%$ 이내의 갑판침수 빈도수를 얻으려면 무차원 계측시간($N_R \cdot L_R/L_{pp}$)이 500이상으로 되어야 하며 이는 19차 ITTC 내항성 분과에서 권장한 무차원 계측

시간 200보다 크게 추정된 것이다. 앞으로 이에 대해 보다 세심한 검토가 요구된다.

후 기

본 연구는 수조시험연구회(KTTC)의 '90년도 공동연구사업으로 수행된 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] Lloyd, A.R.J.M et al., "The Effect of Bow Shape on Deck Wetness in Head Seas", *Transaction of RINA*, Vol. 128, 1986.
- [2] "19th ITTC Seakeeping Committee-Minutes of the First Meeting", ESPOO, Finland, 1988.
- [3] 홍사영 외, "컨테이너선의 불규칙파중 갑판 침수에 관한 실험적 고찰", 대한 조선학회지 제27권 제2호, 1990.
- [4] "Report of Seakeeping Committee", *Proceedings of 19th ITTC*, Vol. 1, 1990.
- [5] Ochi, M. K. and Bolton, W.E., "Statistics for Prediction of ship performance in a Seaway", *International Shipbuilding Progress*, 1973.
- [6] 홍사영, 이판목, 공도식, "선체과대운동 계측 시험법 개발", UCE428-1279. D, 해사기술연구소 보고서, 1989.
- [7] "Repot No, (HD) 89025", Internal Report of HMRI, 1989.
- [8] Hong, S.W. and Hong, S.Y., "On the Correlation between the Measured Deck wetness and the Measured Relative Motion," Written Discussion of the 19th ITTC Seakeeping Committee, Madrid, Spain, 1990.
- [9] Yum, D.J. and Choi, Y.R., "On the Estimation of Deckwetness Frequencies from Experiment", Written Discussion of the 19th ITTC Seakeeping Committee, Madrid, Spain, 1990.