
 論 文

大韓造船學會誌
 第27卷 第2號 1990年 6月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 27, No. 2, June 1990

컨테이너선의 불규칙파중 갑판침수에 관한 실험적 고찰

홍사영*, 이판묵*, 공도식*

Experimental Study on the Deck Wetting of a Container Ship in Irregular Head Waves

by

Sa Young Hong*, Pan Mook Lee* and Do Sig Gong*

요 약

불규칙 해상을 항해하는 선박이 겪게되는 갑판침수 현상은 의장품 및 갑판화물의 손상과 승무원의 활동제한 등을 초래하여 선박의 성능을 감소시키는 작용을 하며 거친 해상에서의 잦은 갑판침수는 전복을 야기시킬 수도 있다. 따라서 거친해상에서의 작업이 요구되는 군함이나 갑판에 화물을 적재하게 되는 컨테이너선 등은 설계시 갑판침수 현상을 최소화하기 위한 선수부 현상이 고안되어야 한다. 갑판침수 현상은 현상자체의 비선형성 및 회귀성으로 인해 이론적 추정에 난점이 있으므로 설계 목적의 갑판침수 현상 해석은 주로 모형시험에 의존하고 있다.

본 논문에서는 용량식 파고계의 원리를 이용한 갑판침수계측 시험방법을 소개하였으며, ITTC 내 항성분과 표준모형선인 S-175 고속컨테이너선의 1/43.75 모형으로, 유의파고 7.88m, 평균주기 10.5초의 선수파 해상상태에서 Froude수 0.15와 0.275의 두 조건에 대해 갑판침수계측 시험을 수행하였다. 계측시험 결과를 통계적 관점에서 고찰하였고 Rayleigh 분포의 가정에 따른 Ochi의 갑판침수계산 공식에 의한 계산결과로 비교하였다

Abstract

Deck wetness phenomena has long been considered as one of the factors that degrade the performance of a ship in waves. In rough weather, the frequent shipping of water may give rise to the capsizing of the ship. Therefore an appropriate above water bow design is an important aspect to a ship of which successful performance in rough weather is a prerequisite such as a warship.

In this paper the experimental technique for estimation of deck wetness frequency is presented. The results of the model tests are compared with those of calculation using Ochi's formula. Finally the applicability of Ochi's formula is discussed.

발표: 대한조선학회 1989년도 추계연구발표회('89.11.11)

접수일자: 1989년 12월 1일, 게재수일자: 1990년 3월 16일

* 정회원, 해사기술연구소

1. 서 언

불규칙 해상을 항해하는 선박이 겪게되는 갑판침수 현상은 의장품 및 갑판화물의 손상과 승무원의 활동제한 등을 초래하여 선박의 성능을 감소시키는 작용을 하게 된다. 특히 거친해상상태에서의 잦은 갑판침수는 항해하는 선박의 전복을 야기시킬 수도 있다. 이러한 현상은 화물을 갑판위로 적재하게되는 콘테이너선이나 갑판에서의 승무원의 활동이 중요시 되는 군함의 경우 선박의 성능을 결정하는 매우 중요한 요소이다.

따라서 이러한 선박의 설계시 갑판침수 현상을 최소화하기 위한 선수형상 설계를 위해 정확한 갑판침수의 정량적 추정방법이 요구된다. 갑판침수 현상은 현상 자체의 회귀성과 비선형성으로 말미암아 이론적 예측방법이 확립되어 있지 못하므로 주로 제측실험에 의해 추정되고 있다.

이에 대한 실험적 연구를 Lloyd[1]가 제20차 ATTC에서 그간의 실험적 연구 방법과 결과를 정리하여 발표한 바 있으며, 1986년 RINA에 자신의 실험결과를 발표한 바 있다. 그 내용은 선수부 형상 변화에 따른 갑판침수 변화를 연구한 것이었으며, 그 실험결과에서 일반적으로 인식되어 온 상대파고와 갑판침수의 상관관계가 일관성을 결여한 것으로 보고되었다[2]. 그밖에도 선수형상 변화와 갑판침수와의 관계에 대하여 많은 실험이 있었으며 실험자에 따라 서로 상반되는 결과를 보였다[2]. 이들 연구는 실험자에 따라 실험방법이 동일하지 않고 갑판침수계측을 주로 사람의 관찰에 의존하였으며 제측실험시간이 일반적으로 불규칙파중 운동시험에 적용되어온 제측실험시간(실선시간 30분, 또는 파도의 수 200개)으로 충분인가에 대한 의문도 있다.

이와 같이 갑판침수 현상에 대한 실험적 예측에 있어서도 실험방법, 제측실험시간의 결정 등이 확립되어 있지 못할 뿐 아니라, 실제 바다에서 생기는 spray현상의 구현 등의 난제 등이 해결되지 못한 상태이다. 이에 따라 ITTC 내항성분과에서는 제19차 ITTC내항성분과 공동 연구로 '갑판침수 제측시험'을 제안하였다[3].

본 논문에서는 갑판침수계측을 위한 모형시험 기법을 보이고 ITTC내항성분과 표준 모형선인 콘테이너선 S-175에 대한 갑판침수 모형시험을 수행한 결과를 보이고자 한다. 해상조건은 유의파고 $H_{1/3}=7.88m$, 평균주기(Mean Zero-upcrossing Period) $T_z=10.50$ 인,

ITTC 2-파라미터스펙트럼을 택하였으며, 선속은 Froude수, $F_n=0.275, 0.15$ 의 두가지 경우로 하였다. 파고, 상대파고, 선수에서의 수직운동 및 갑판침수 회수 등의 제측결과를 검토하였으며, Rayleigh분포의 가정에 따른 Ochi[4]의 공식에 따른 계산결과와도 비교하였다.

2. 모형시험

2.1. 모형선 및 시험조건

본 실험에서 택한 모형선은 ITTC내항성분과의 표준모형선인 고속콘테이너선 S-175로 상사비는 1 : 43.75 이고, 재질은 FRP이며 주요제원은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Principal characteristics of S-175

Symbol	Items	Ship	Model†
$L_{pp}(m)$	Length	175.0	4.0
$B(m)$	Breadth	25.4	0.5806
$d(m^3)$	Volume	24.119	0.28825
$T(m)$	Draft(trial)	9.5	0.2171
$KG(m)$	Center of gravity	9.52	0.2190
$LCG(m)†$	Longitudinal center of gravity	-2.48	-0.057
$K_y(m)$	Pitch gyradius	42.0	0.96
$GM_T(m)$	Transverse metacentric height	1.0	0.0216

† Defined from Midship (Positive value means forward direction)

‡ Scale Ratio : 43.75

모형선의 흘수는 만재출수 상태이고, 수직구경 중심 위치는 +0.6%, 종동요 관성반경은 -0.7%의 오차로 실선상태를 구현하였다. 선속은 모형선에 동력 모터와 프로펠러를 장착하여 자항으로 구현하였으며 선수부와 중앙부의 중심선에 두 heaving rod를 각각 부착하여 상하동요계측과 함께 선수작을 유지하게끔 하였다. 상대파고는 저항식 파고계를 선수부(stemhead) 중앙 및 F.P에서 $0.15L_{pp}$ 후방 좌현에 설치하여 제측하였으며, 갑판침수는 용량식 파고계를 개조하여 F.P 및 F.P에서 $0.1L_{pp}$ 후방 중앙에 설치하여 제측하도록 하였다. 갑판침수 제측기는 2.3절에서 상세히 다루기로 하겠다. 전체적인 실험배치도를 Fig. 1에 나타내었으며 실험 제조건은 다음과 같다.

선속(F_n) : 0.15, 0.275

입 사 파 : ITTC 2 파라미터 스펙트럼, $H_{1/3}=7.88m$,

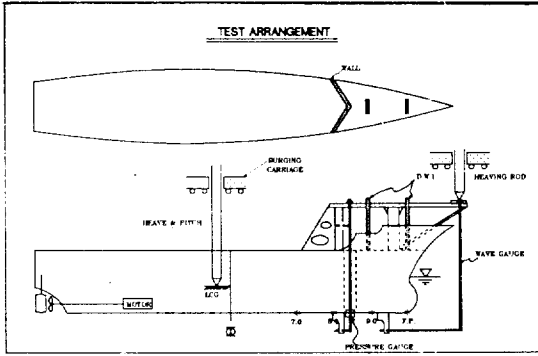


Fig. 1 Test arrangement

$T_z = 10.53s$

계측항목 : 파도, 상대파고($0.15L_{pp}$ abaft FP, Stem-head), 갑판침수(FP, $0.1L_{pp}$ abaft FP), 상하운동(FP)

선 수 작 : 선수파

2.2. 불규칙파

모형시험을 위해 생성된 불규칙파는 ITTC 2-파라미터 스펙트럼[5]으로 실험시 각계측시간마다 다른 시계열 파도를 구현하기 위해 동일한 파라미터($H_{1/3} = 7.88m$ 와 $T_z = 10.53s$)에 대해 6가지의 스펙트럼을 생성하였다. 동일한 파라미터를 가지고 상이한 시계열 파도를 생성하는 것은 각 성분파의 초기위상을 다르게 입력하고 성분파의 주파수 간격을 불규칙하게 함으로써 가능하다[10]. 실험에 사용된 각 파도 스펙트럼의 특

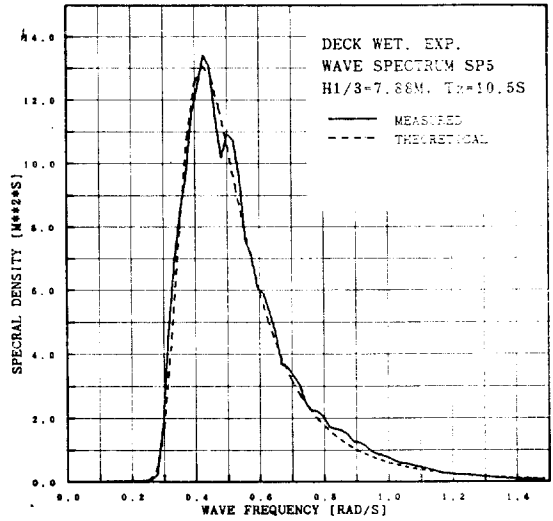


Fig. 2 Wave spectrum(SP5)

성을 Table 2에 나타내었으며, Fig. 2에 도시하였다. 또한 Fig. 5(a)에 계측된 파도의 히스토그램과 Rayleigh 분포 곡선을 비교하여 나타내었다.

2.3. 갑판침수 계측기

지금까지 행하여진 갑판침수 계측시험은 주로 사람의 관측(video camera포함), 압력센서를 이용한 신호 검출, catch tank, 저항식 파고계 등을 이용한 것이다. 사람에 의한 관측은 주관적 판단이 내재할 우려가 있으며 압력센서를 이용한 방법은 정량적 계측이 가능하

Table 2 Measured wave statistics

Wave	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	Average
rms^*	1.99	2.01	1.88	2.05	2.00	2.01	1.99
$H_{1/3}^*$	7.81	7.57	7.35	7.75	7.67	7.67	7.64
T_3^*	11.52	11.52	11.20	11.56	10.88	11.48	11.36
$H_{1/10}^*$	9.49	9.15	9.13	9.27	9.22	9.12	9.23
H_{MAX}^*	10.60	11.25	11.73	10.66	11.81	10.26	11.05
N_z^*	142	141	147	141	181	169	—
$H_{1/3}^+$	7.94	7.88	7.52	8.04	8.01	7.85	7.87
T_z^+	11.20	11.08	10.74	10.81	10.63	10.73	10.87

* : Superscript* means analyzed by 'zero-upcrossing method'.
 + : Superscript+ means analyzed by 'FFT method'.
 rms : Root mean square value in 'm'
 $H_{1/N}$: Wave height, subscript 1/N means average of one-Nth highest values.
 T_z : Mean zero-upcrossing period(sec.) = $2\pi \sqrt{m_0/m_2}$
 m_n : n-th moment of wave spectrum
 N_z : Measured number of waves

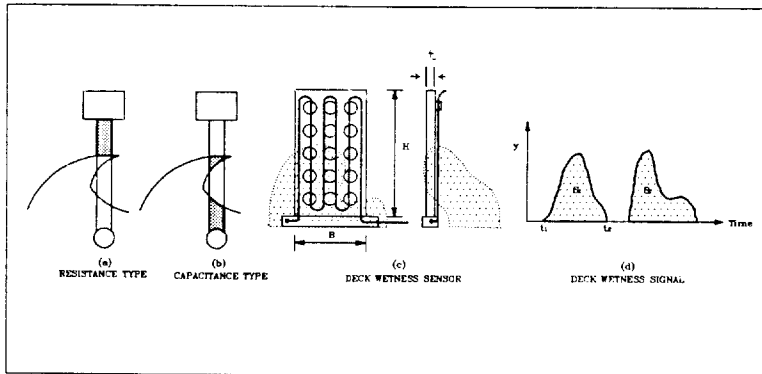


Fig. 3 Deck wetness measuring instrument

나 센서의 선택에 있어 특성 및 민감도에 세심한 주의가 필요하고 가격이 고가이며, catch tank를 이용한 경우는 전체적인 갑판침수량의 측정은 가능하나 모형선의 운동에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[1]. 저항식 파고계의 경우는 갑판침수 회수의 측정은 가능하나 정량적 측정에 난점이 있다.

본 연구에서는 갑판침수 회수 측정에 있어서 민감도와 전체적인 갑판침수량의 측정을 도모하기 위해 Fig. 3에 나타낸 것과 같은 용량식 파고계의 원리를 응용한 용량식 갑판침수계측기를 고안하였다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 저항식 파고계는 굵은선이 표시하는 가장 짧은 경로의 저항선을 통하여 전기가 흐르는 방식으로 신호가 결정되며, 용량식은 물이 접촉하는 선(에나멜선과 같은 절연피막이 입혀진 선)의 길이에 비례해 신호가 나타난다. 따라서 이 방법을 이용하면 Fig. 3의 (d)와 같이 침수 회수 뿐만 아니라 정량적 측정이 가능하다. 본 연구에서는 Fig. 3(c)와 같이 $B=5\text{cm}$, $H=15\text{cm}$, $t=0.3\text{cm}$ 인 알루미늄판과 에나멜선을 이용하여 갑판침수 계측기를 제작하여 갑판침수를 측정하였다.

2.4. 계측 및 결과 해석

갑판침수 계측을 위해 한국해사기술연구소의 침수대형수조($L \times B \times D=200 \times 16 \times 7\text{m}$)에서 각 선속 및 파도 스펙트럼에 대해 다음과 같은 일련의 실험을 수행하였다.

수조길이의 선속에 의해 1회 계측시간이 결정되었으며, 계측시 각 파도스펙트럼이 반복되지 않는 시계열 입력을 주기 위해 파도 생성후 모형선 출발 시간 간격을 같은 파도조건에 대해 1분씩 증가시켜 실험을 수행하였다. 이때 데이터 취득시간 간격은 0.05초(실선시간 0.33초)로 하였다. 계측신호는 A/D변환기를 거쳐

Wave	No. of Runs (No. of waves encountered)	
	$F_n=0.275$	$F_n=0.15$
SP1	4(200)	1.5(119)
SP2	5(243)	2 (141)
SP3	4(207)	2 (150)
SP4	4(191)	2 (155)
SP5	4(196)	2 (166)
SP6	4(212)	—
Time/Each RUN (ship scale)	5.64min.	11.29min.
Total RUN Time	141.1min.	107.3min.

P/C에 디지털 데이터로 저장되며 저장된 데이터는 즉시 해석이 가능하다.

실험결과는 SP1-SP6인 6개의 파도스펙트럼에 대해 정리하였다. 파도, 상대파고 및 선수수직운동 해석은 스펙트럼 해석법과 double amplitude(zero-upcrossing method)법[6]을 병행하여 사용하였으며 해석결과에 해석방법을 명기하였다.

2.5. 실험결과 및 토론

Fig. 2에서 파도스펙트럼의 계측치와 이론치를 나타내었으며 Table 2에는 각 파도스펙트럼의 통계치를 나타내었다. Fig. 5(a)에는 계측된 파도의 분포도를 Rayleigh분포곡선과 비교하여 표시하였다. 이 결과로부터 실험을 위해 수조에서 생성된 파도가 실제 해상 파도와 같이 Rayleigh분포의 가정에 따른다는 사실을 확인할 수 있었으며 각 파도의 특성이 평균치로부터 5%이내의 표준편차를 보이는 것을 확인하였다. Table 3에는 stemhead(F.P.에서 선수방향으로 6.88m 전방)와 F.P.후방 0.15 L_{pp} 지점에서 계측된 상대운동(상대

Table 3 Statistics of relative motions and vertical motion

F_n	Items	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	Average
0.275	ζ_{r1}/s^*	24.47	24.19	22.75	23.16	21.75	23.21	23.26(21.56)†
	T_{zr1}^*	7.58	7.52	7.41	7.46	7.46	7.46	7.48 (7.50)
	$\bar{\zeta}_{r1}^*$	0.803	0.691	0.783	0.856	0.846	0.795	0.796
	ζ_{r2}/s^+	18.22	17.97	16.89	16.97	15.90	16.90	17.14(17.78)
	T_{zr2}^+	6.93	6.89	6.71	6.68	6.58	6.68	6.75 (7.13)
	$\bar{\zeta}_{r2}^*$	0.466	0.126	0.086	0.038	-0.01	-0.046	0.11
	Z_1^*	-0.386	-0.476	-0.444	-0.450	-0.548	-0.528	-0.472
	Z_{1rms}^*	4.53	4.52	4.17	4.28	4.11	4.24	4.32
0.150	ζ_{r1}/s^+	20.66	20.73	20.41	20.71	20.19	—	20.54(19.43)
	T_{zr1}^+	8.66	8.54	8.38	8.28	8.36	—	8.44 (8.44)
	ζ_{r2}/s^*	12.83	13.09	13.27	14.23	13.34	—	13.35(15.41)
	T_{zr2}^*	7.31	7.23	7.16	7.05	7.07	—	7.16 (7.95)
	Z_1^*	-0.199	-0.168	-0.159	-0.114	-0.164	—	-0.161
	Z_{1rms}^*	4.01	4.01	3.90	4.02	3.91	—	3.96

* : A superscript * means analyzed by 'zero-upcrossing method'.

+ : A superscript + means analyzed by 'FFT method'.

† : A letter in the paranthesis means calculated value by strip theory without considering the dynamic swell-up[7].

ζ_{r1} : Relative motion at stemhead in 'm'

ζ_{r2} : Relative motion at $0.15L_{pp}$ abaft F.P. in 'm'

Z_1 : Vertical motion at F.P. in 'm'

: Upper bar '-' represents temporal mean value.

파고) 및 F.P.에서의 수직운동을 나타내었다. $F_n=0.275$ 와 $F_n=0.15$ 에서 선수수직운동의 평균값이 음의 값을 보이는 것은 항주중 선수부분이 침하하고 있음을 나타낸다. $F_n=0.275$ 조건에서 예측된 상대운동의 평균값이 양의 값을 갖는 것은 배가 항주중 전현이 상대적 감소함을 보여준다. 이는 배의 선수부분이 침하한 것과 배가 전진함으로써 생성되는 파도의 영향으로 생각된다.

Table 3에 나타난 상대운동의 유의값은 strip이론을

적용하고 입사파의 산란효과를 고려하지 않은 계산치와 비교할때 F_n 에 관계없이 stemhead에서의 예측치가 크게 나타나고 있으나, F.P.후방 $0.15L_{pp}$ 지점에서는 계산치가 큰 값을 보이고 있다. 평균주기의 경우는 stemhead에서는 계산치와 예측치가 좋은 일치를 보이거나 F.P.후방 $0.15L_{pp}$ 지점에서는 예측치가 계산치보다 짧은 주기를 보이고 있다. 이러한 차이는 계산방법이 배가 전진하면서 발생시키는 파와 배의 운동으로 인해 산란되는 파의 효과를 고려하지 못한 결과로 생각된다.

Table 4 Deckwetting frequencies

F_n	Items	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	Average	
0.275	\bar{N}_{w1}	42	52	31	37	30	34	37.7	
	N_{w1}	111.6	110.6	82.4	98.3	79.7	90.4	95.5	
	$N_{w1(o)}$	88.9	86.2	69.9	74.3	57.8	74.9	75.3	
	$N_{w1(s)}$	99.6	99.4	81.3	88.8	70.8	88.9	88.1	
	$N_{w1(r)}$	112.0	105.8	90.8	97.8	78.7	96.7	97.0	
	$N_{w1(c)}$	—	—	—	—	—	—	—	55.5
	\bar{N}_{w2}	36	44	28	32	26	31	32.8	
	N_{w2}	95.7	93.5	74.4	85.0	69.1	82.4	83.4	
	$N_{w2(c)}$	—	—	—	—	—	—	—	64.9

0.15	\bar{N}_{w1}	9	12	13	10	15	—	11.8
	N_{w1}	29.2	31.9	34.5	26.6	39.9	—	32.4
	$N_{w1(o)}$	39.6	40.8	38.6	41.9	36.7	—	39.5
	$N_{w1(s)}$	43.0	43.7	41.3	43.9	39.4	—	42.3
	$N_{w1(c)}$	—	—	—	—	—	—	29.9
	\bar{N}_{w2}	7	9	11	10	12	—	9.8
	N_{w2}	23.9	23.9	29.2	26.6	31.9	—	27.1
	$N_{w2(c)}$	—	—	—	—	—	—	29.6

where,

N_{w1} : Measured no. of deckwetnesses per hour at F.P.

N_{w2} : Measured no. of deckwetnesses per hour at $0.1L_{pp}$ abft F.P.

: Superscript ‘—’ presents measured no. of deckwetnesses.

: Subscript ‘(o)’ presents calculated no. of deckwetnesses per hour with measured relative wave.

: Subscript ‘(s)’ presents calculated no. of deckwetnesses per hour with measured relative wave with considering sinkage of the ship.

: Subscript ‘(r)’ presents calculated no. of deckwetnesses per hour with measured relative wave with considering sinkage of the ship and dynamic swell-up.

: Subscript ‘(c)’ presents calculated no. of deckwetnesses per hour using strip theory.

Fig. 5(b)와 (c)에는 stemhead에서 측정된 상대파고의 분포도를 나타내었다. 막대는 측정된 상대파고분포를 나타내며 실선은 측정치의 rms(root mean square) 값으로부터 가정한 Rayleigh분포[8]를 표시한다. 이로부터 Rayleigh분포를 갖는 파도를 입력으로 한 모형선의 상대파고도 Rayleigh분포를 따르는 것으로 가정할 수 있다.

Table 4에는 F.P.와 F.P.로부터 $0.1L_{pp}$ 후방에서 측정된 갑판침수 회수를 나타내었다. Fig. 4에 대표적인 갑판침수 측정 데이터의 시계열 기록을 보였으며 이때 DECK 1과 DECK 2로 표시한 항목이 각각 F.P.의 $0.1L_{pp}$ 후방과 F.P.에서의 갑판침수 상태를 나타낸다.

Fig. 4에서 갑판침수 현상을 살펴보면 $F_n=0.15$ 와 $F_n=0.275$ 두 조건 모두 F.P. $0.1L_{pp}$ 후방에서의 갑판침수 발생은 F.P.에서의 갑판침수 발생에 좌우되는 것을 보여주고 있다. 이는 보통 Strip이론을 이용하여 상대파고를 구하고 Ochi의 공식을 적용하여 선수끝이 아닌 선수부의 어떤 위치에 대해 갑판침수 회수를 예측할 때 관심있는 위치에서의 전현을 입력하는 것이 잘못된 결과를 줄 수 있는 것을 보여준다. Table 4에 나타낸 갑판침수 회수는 다음과 같이 정의된다.

\bar{N}_{w1} : F.P.에서 측정된 갑판침수 회수

N_{w1} : F.P.에서 측정된 시간당 갑판침수 회수

$N_{w1(c)}$: Strip 방법으로 계산된 상대파고와 정수상

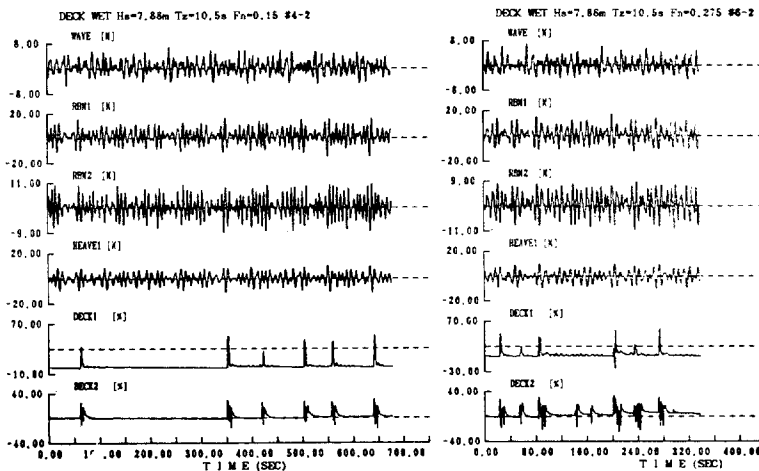


Fig. 4 Time history of measured data

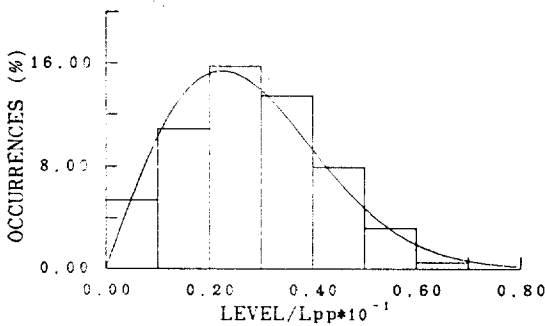
태의 건현을 입력하여 Ochi의 공식으로 계산한 F.P.에서의 시간당 갑판침수 회수

$N_{w1}(0)$: Stemhead에서 측정된 상대파고와 경수상태의 건현을 입력하여 Ochi의 공식으로 계산한 F.P.에서의 시간당 갑판침수 회수

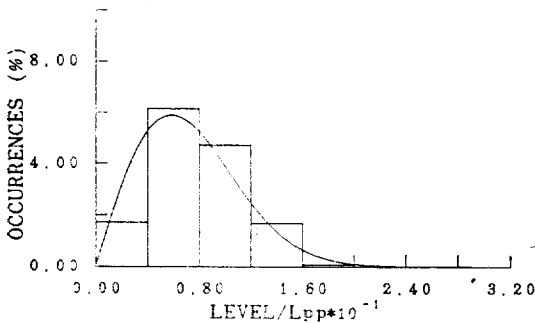
$N_{w1}(s)$: $N_{w1}(0)$ 와 동일하나 선수의 침하를 고려하여 계산한 회수

$N_{w1}(r)$: $N_{w1}(0)$ 와 동일하나 상대파고의 평균값을 고려하여 계산한 회수

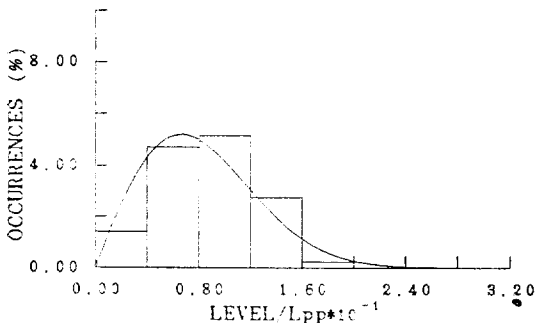
밀침자 $w2$ 는 F.P.후방 $0.1L_{pp}$ 에서의 갑판침수 회수이며 침자된 밀침자는 N_{w1} 의 경우와 같다.



(a) wave



(b) relative wave at F.P. $F_n=0.15$



(c) relative wave at F.P. $F_n=0.275$

Fig. 5 Histograms of wave and relative waves at stemhead

계산에 사용된 Ochi의 공식은 다음과 같다[4].

$$N_w = \frac{3,600}{T_{zz}} \exp\left(-\frac{F^2}{2m_{r0}}\right)$$

식에서 F 는 건현을 나타내며 m_{r0} 는 상대파고의 스펙트럼 면적이다.

$F_n=0.275$ 일때 F.P.에서 측정된 시간당 갑판침수 회수는 각 파도조건에 대해 최고 30%의 차이를 나타내고 있으며 평균값으로 부터 약 13%의 표준편차를 나타내고 있다. 입사파의 표준편차가 5%이내인 것에 비하여 다소 큰 차이를 보이고 있으나 Table 3의 stemhead에서의 상대파고측정치와 좋은 상관관계를 보이는 것을 알 수 있다. F.P.후방 $0.1L_{pp}$ 지점에서의 갑판침수 회수는 평균값에 대해 약 11.2%의 표준편차를 나타내었으며 stemhead 및 F.P.후방 $0.15L_{pp}$ 지점에서의 상대파고와 좋은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

$F_n=0.15$ 인 경우 F.P.에서 시간당 갑판침수 회수는 파도조건에 따라 최고 60%의 차이를 보였으며 $0.1L_{pp}$ 지점에서의 갑판침수 회수는 평균값에 대해 약 11.4%의 표준편차를 나타내었다. 이러한 값들은, 파도조건에 따른 분산도는 $F_n=0.275$ 와 비슷하나, Table 3에 보여진 $F_n=0.15$ 에서의 상대파고 측정치가 대체로 균일한 값을 보이는 것과 비교하면 $F_n=0.15$ 에서의 갑판침수 회수는 상대파고와의 상관관계가 $F_n=0.275$ 인 경우에 비하여 상대적으로 낮음을 나타낸다. 이러한 경향은 Table 4의 측정된 갑판침수 회수와 측정된 상대파고로부터 계산한 갑판침수 회수로 부터 확인할 수 있다.

Fig. 6은 $F_n=0.275$ 인 경우 F.P.에서의 갑판침수 회수를 나타낸 것이다. Strip 이론에 의한 계산치는 측정치보다 훨씬 작은 값을 나타내고 있으나 측정된 상대파고로부터 추정된 침수회수가 측정된 침수회수와 매우 좋은 상관관계를 보이며 측정된 상대파고의 평균상승값을 고려한 추정치는 정량적으로 5% 이내의 좋은 일치도를 보였다. 이는 $F_n=0.275$ 상태에서는 Ochi의 갑판침수 계산 공식이 의미하는 상대파고가 건현을 초과하는 경우가 갑판침수와 동일한 의미를 갖는 것으로 생각할 수 있으며 이 경우 계산결과만으로 갑판침수를 추정할 경우 달리는 선박의 선수부 침하와 선박에 의해 산란되는 파의 효과를 고려하면 좋은 예측치를 줄 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 Table 4에서 $F_n=0.15$ 의 경우 F.P.에서의 갑판침수 회수가 차이를 보이고 있으나 측정된 상대파고로부터 추정된 값은 최고 9%, 평균값에 대한 표준편차가 4%로 큰 변화를 보이고 있지 않으며 측정치 보다 약 30%이상 큰 값을 나타내었다. 이런 결과는 $F_n=0.275$ 의 경우와는 달리 상

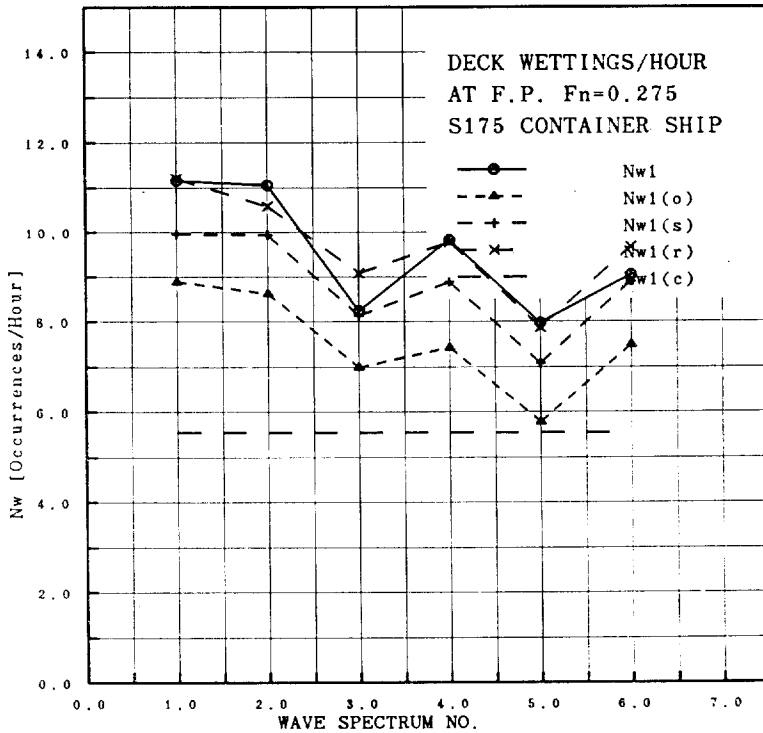


Fig. 6 Deckwetness per hour at F.P.

대파고가 건현을 초과하더라도 갑판을 침수시키지 않음을 의미하며 이는 선수의 수면위 형상의 특성으로 설명되어야 할 것이다. 이상의 실험과 계산결과는 실제 해상에서 격계되는 spray 현상에 의한 갑판침수는 고려하지 않은 것으로 모형시험에서 실제해상과 같은 spray 효과를 줄 수 있는 기법의 개발이 이루어져야 할 것이다.

3. 결 론

본 연구를 통한 결론은 다음과 같다.

1. 용량식 파고계의 원리를 응용한 갑판침수 계측기를 고안하여 갑판침수 계측시험을 수행하였으며, 실험결과 그 유용성을 확인하였다.
2. 수조에서 생성하는 불규칙파와 그로 인해 발생하는 선체의 운동은 실제 해상에서의 상태와 같이 Rayleigh 분포를 따르는 것으로 가정할 수 있다.
3. 유의파고 7.88m, 평균주기 10.5초의 불규칙 선수와 상태에서 S-175의 모형시험결과 $F_n=0.275$ 의 경우 F.P.에서의 갑판침수현상은 선수끝단(Stemhead)에서 계측된 상대파고와 매우 좋은 상관관계를 보였으나

$F_n=0.15$ 의 경우 상관관계가 떨어지는 것으로 나타났다. 이로부터 동일한 해상상태에서 선박의 속도에 따라 수면위 선수부 형상의 효과가 달라지며, 선속이 증가할 때 그 효과가 감소하는 것으로 생각된다.

4. 수면위 선수형상의 효과가 무시될 수 있을때, Strip 이론을 적용하고 Ochi의 공식에 의해 갑판침수를 추정하는 경우 선수부의 침하와 선체로 인한 파의 산란을 고려하여야 하며, 건현은 선수 끝단(Stemhead)을 기준으로 하여야 한다. 선수형상의 효과를 무시할 수 없는 경우 이 방법에 의한 예측은 과대한 값을 줄 수 있다.

4. 후 기

본 논문은 한국해사기술연구소에서 과학기술처의 1989년 일반출연연구사업의 일환으로 수행된 “선체파대운동 계측시험법 개발” 연구과제의 결과임을 밝히둔다.

참 고 문 헌

- [1] Lloyd, A.R.J.M., "Deck Wetness Experiment", 20th ATTC, 1983.
- [2] Lloyd, A.R.J.M. et. al, "The Effect of Bow Shape on Deck Wetness in Head Seas", *Transaction of RINA*, Vol. 128, 1986.
- [3] "19th ITTC Seakeeping Committee-Minutes of the First Meeting", ESPOO, Finland, 1988.
- [4] Ochi, M.K. and Mottor, L.E., "Prediction of Extreme Ship Responses in Rough Seas on the North Atlantic", Symposium on the Dynamics of Marine Vehicles and Structures in Waves, London, April, 1972.
- [5] "Report of the Seakeeping Committee", *Proceedings of the 16th ITTC*, Vol. 1, 1981.
- [6] 홍사영, 이상무, 홍도천, "콘테이너선의 불규칙파중 운동응답에 대한 실험적 고찰", 대한조선학회, 제24권, 제2호, 1987.
- [7] 양승일, 윤길수, 홍석원, 강창구, "선체 운동성능 추정을 위한 전산프로그램 개발에 관한 연구", 한국선박연구소 보고서, UCE37-55.79, 1979.
- [8] Battacharyya, Rameswar, "Dynamics of Marine Vehicles", John Wiley & Sons, 1978.
- [9] "Report of the Seakeeping Committee", *Proceedings of the 18th ITTC*, Vol. 1, 1987.
- [10] 홍도천, 이상무, 홍사영, "불규칙파중 운동시험법 개발", 한국기계연구소 보고서, UCE280-887.D, 1986.