

## 갑판침수를 고려한 화학제품운반선 건현 검토에 관한 연구

박종헌\*

\*동명대학교 조선공학과

### A Study of the Examination of the Freeboard of a Chemical Tanker Considering Deck Wetness

Jong-Heon Park\*

\*Department of Naval Architecture, Tongmyong University, Busan, Korea

**KEY WORDS:** Chemical tanker 화학제품운반선, Freeboard 건현, Deck wetness 갑판침수, Exceeding running time 초과지속시간, Ship response 선체응답, Long-term prediction 장기예측

**ABSTRACT:** This paper deals with the problem of developing a new decision procedure for the freeboard of a coastal chemical tanker going on the coast. The decision procedure is mainly constructed with the algorithm of estimating statistically the time period that deck wetness will last on the deck of the ship. Deck wetness is one of the most important safety factors for sailing of a coaster. It generally means the situation in which the amplitude of the relative motion between the deck and the surface of the wave exceeds the freeboard. Therefore, in this paper, we proposed that the time during which the amplitude remains above the level of the freeboard should be appraised on the basis of statistical theory. A series of numerical calculations were executed for four different coastal chemical tankers (199G/T Type II, III & 499G/T Type II, III). It was demonstrated that the present decision procedure of freeboard is practical for planning the type of coaster sailing in the sea.

#### 1. 서 론

현행의 국제만재흘수선조약(ILLC)은 1966년에 제정된 이후, 비약적인 경제발전으로 선형이 대형화, 고속화, 다양화되었지만 이에 따른 많은 문제점들이 나타나고 있어서 최근 기본적인 재검토가 각 기관에서 이루어지고 있다(Takaki and Takaishi, 1993; (사)일본조선연구협회 제7기준연구부회, 1986~1995; 이현호 등, 2009). 이는 현재 사용하고 있는 건현표를 포함한 전면적인 재검토이고, 그 배경으로서 1966년 이후 1974년 SOLAS 조약을 시작으로 다양한 조약이 채택되어 ILLC(International load line convention)의 정합성을 고려해볼 필요성이 대두되고 있다. 고속선, 오픈탑 컨테이너선(Open top container) 등의 출현과 여러 가지의 기술혁신 및 새로운 지식에 의해 조약의 요건을 보다 합리적인 방법으로 결정해야 하고, 소형선의 안전성에 대한 문제도 고려되고 있다(김용직 등, 2004; 이현호 등, 2009; Watanabe et al., 1997).

한편 대양을 항해하는 선박에 발생하는 갑판침수(Deck wetness)에 관하여 발생지속시간의 추정 관점에서 건현규정의 재검토 결과((사)일본조선연구협회 제7기준연구부회, 1986~1995)에 대한 평가 등이 계속 진행되어왔다. 갑판침수는 선박의 복원성능에 악영향을 미치면서 갑판상의 화물 또는 갑판기계 등에 손상을 주고, 승조원, 승객들에게 불안감과 불쾌감을 불러일으킨다.

대양을 항해하는 선박이 갑판으로 해수를 덮어쓰는 현상인 갑판침수는 선박의 기본적인 안전성에 관련된 내항성능(Seakeeping quality)인자 중의 하나이다. 갑판침수의 발생은 건현에 가장 먼저 지배를 받기 때문에 선박설계의 입장에서는 갑판침수의 특성을 파악하여, 선형계획에서 건현을 결정하는 것이 중요한 문제이다. 따라서 본 논문에서는 ILLC 재검토 배경의 하나로 대두되고 있는 소형선의 안전성 문제를 검토하는 측면에서 특히 내해를 항해하는 화학제품운반선(Chemical tanker)을 대상선박으로, 선박에 발생하는 갑판침수에 관하여 발생지속시간을 추정하고, 화학제품운반선의 건현에 대해 조사 및 검토하고자 한다.

현재 내항선의 만재흘수선 기준에 대한 재검토도 진행되고 있다(Watanabe et al., 1997). 여기서 재검토 작업으로 근해의 파랑정보 수집과 정리, 내항선의 건현에 관한 실태조사, 건현을 평가하는 방법의 확립 등이 검토항목 중에서 중요하게 대두되고 있지만, 본 논문에서는 건현 평가방법의 확립에 관련하여 중점적으로 검토하려고 한다. 내해를 항해하는 화학제품운반선의 기본적인 안전성에 관한 내항성능인자로서의 갑판침수에 대한 대책을 검토하는 하나의 방법을 제안하는 것이 본 논문의 주된 목적이다. 갑판침수가 발생하는 주된 요인들 중에서 건현높이에 크게 영향을 받는다고 가정하고, 건현높이를 검토하는 문제에 관하여 갑판침수의 발생지속시간 추정계산법을 적용하였다. 또한 여러 척의 화학제품운반선 선형에 관하여 수치계산을 함

으로써 갑판침수의 특성을 명확히 밝히고, 갑판침수 추정계산법의 적용성에 관해서도 결과를 바탕으로 검토하였다.

### 2. 규칙파 중의 응답함수 및 단기불규칙파 중의 스펙트럼 계산

배는 파의 평균진행방향에 대하여 일정한 평균조우각도  $\chi$ 와 일정한 평균속도  $V$ 를 유지하고, Fig. 1에 나타난 바와 같이 상하동요  $\zeta$ , 종동요  $\theta$ , 좌우동요  $\eta$ , 선수동요  $\psi$ , 횡동요  $\phi$ 의 5자유도 연성운동을 하면서 항해하는 것으로 가정한다. 공간고정좌표계 O-XYZ(OX: 배 진행방향)와 O-X<sub>1</sub>Y<sub>1</sub>Z<sub>1</sub>(OX<sub>1</sub>: 파 진행방향) 그리고 선체고정좌표계 o-xyz(ox: 배 길이방향)를 정하였다. 배 중심의 전후방향위치  $x_c$ 에서 선수방향으로  $(x-x_c)$ 의 거리의 전후방향위치  $x$ 와 선체중심선에서 선폭방향으로  $y$ 의 위치  $(x, y)$

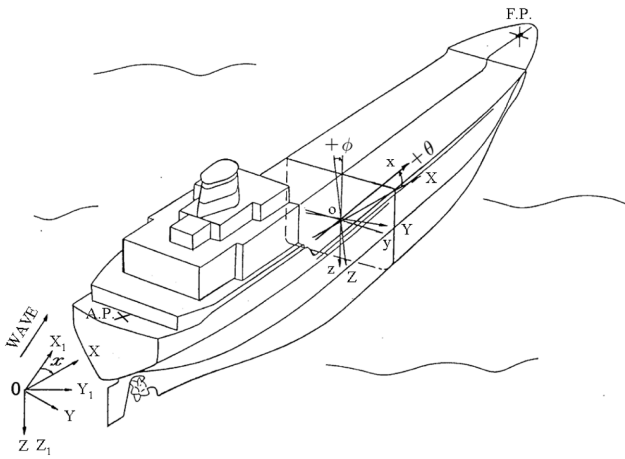


Fig. 1 Coordinate systems of ship's motions in regular waves

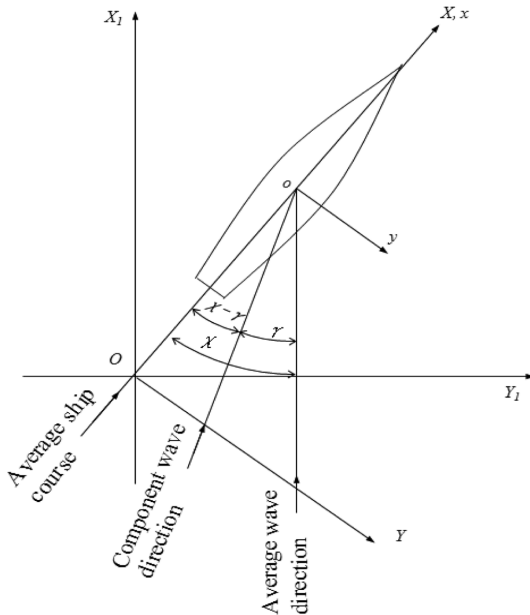


Fig. 2 Coordinate systems in irregular waves

에서 수직방향 상대변위  $Z_r$ 은  $Z_r = \zeta - (x - x_c)\theta + y\phi - h$ 으로 계산된다. 파의 변위  $h$ 는  $h = h_0 \cos(\kappa x \cos \chi - \kappa y \sin \chi - \omega t)$ 으로 정의하였으며,  $h_0$ 는 파변위(Wave elevation)의 진폭,  $\kappa$ 는 파수( $= \omega^2/g$ ,  $\omega$ : 파의 원주파수,  $g$ : 중력가속도),  $\omega = \omega - \kappa V \cos \chi$ ,  $t$ 는 시간을 의미한다. 수직방향 상대변위  $Z_r$ 의 크기가 견현  $f$ 를 초과하는 상태를 갑판침수의 발생으로 판정하는 것이 일반적이므로 본 논문에서는 이를 채택하였다(Fukuda, 1968).

또한 갑판침수의 확률통계학적 특성을 기술하기 위한 모든 수식을 간략화하기 위해서  $r = r(t) = Z_r(t)$ 로 나타내고,  $r(t)$ 은 정상정규불규칙함수(Stationary normal random function)로 가정하며, 시간  $t$ 에 관한 일계미분을  $\dot{Z}_r = dZ_r(t)/dt = dr(t)/dt = \dot{r}$ 로 나타낸다. 단기불규칙파 중의 좌표계를 Fig. 2와 같이 정하면 선체응답(Ship response), 즉 수직방향 상대변위  $r$ , 시간  $t$ 에 대한 일계미분  $\dot{r}$  등의 분산  $\sigma^2$  ( $\sigma_r^2$ ,  $\sigma_{\dot{r}}^2$  등)은 선형중첩원리에 근거한 선체응답 스펙트럼(Spectrum) 계산에 의하여 다음의 식 (1)로 구할 수 있다.

$$\sigma^2 = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_0^{\infty} [f(\omega)]^2 [A(\omega, \chi - \gamma)]^2 \cos^2 \gamma d\omega d\gamma \quad (1)$$

여기서  $\sigma$ 는 단기불규칙파 중에서 배와 파의 평균진행방향에 대하여 일정한 평균조우각도  $\chi$ 에 대한 선체응답의 표준편차(Standard deviation)이고,  $[A(\omega, \chi - \gamma)]$ 는 파의 원주파수  $\omega$  및 배 진행방향과 성분파(Component wave) 방향이 이루는 각도  $(\chi - \gamma)$ 의 함수로서 표현되는 규칙파 중의 선체응답 진폭이다. 그리고 파의 원주파수 확률밀도함수(Probability density function)  $f(\omega)$ 는  $[f(\omega)]^2 = 0.11H^2 \omega_r^{-1} (\omega/\omega_r)^{-5} \exp[-0.44(\omega/\omega_r)^4]$ 으로 정의되며,  $H$ 는 유의파고(Significant wave height),  $\omega_r = 2\pi/T$ ,  $T$ 는 평균파주기이다.

### 3. 갑판침수에 대한 통계학적 표현

갑판침수의 발생지속시간이란 Fig. 3에 나타난 바와 같이 파에 대한 수직방향의 선체상대운동  $r$ 이 배의 견현  $f$ 를 시간  $t_1$ 에서 시간  $t_2$ 까지 지속적으로 초과한 시간(Exceeding time)을 의미한다.

갑판침수의 확률통계학적 특성을 기술하기 위해서 필요한  $r, \dot{r}$  등의 정상정규불규칙함수(Stationary normal random

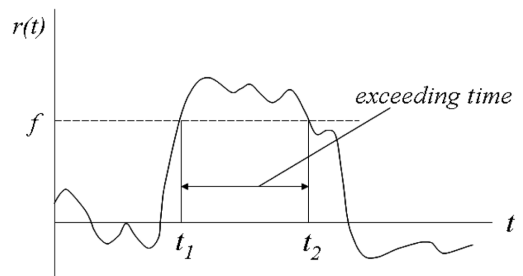


Fig. 3 The behavior of exceeding running time for relative motion to exceeding  $f$

function)의 성질을 이용하였으며 갑판침수에 관련된 모든 수식은 다음과 같다(박종현, 2007a; 2007b).

관측기간  $D$ 내에서 레벨(Level)  $r$ 을 초과하는 회수의 기대치는 다음의 식 (2)로 구할 수 있다.

$$\bar{n}_r = D \int_0^\infty p(r, \dot{r}) \dot{r} dr = D \bar{\nu}_r^+ = \left( \frac{\sigma_r}{2\pi\sigma_r} \right) \exp\left( -\frac{r^2}{2\sigma_r^2} \right) \times D \quad (2)$$

여기서  $p(r, \dot{r})$ 는  $r$ 과  $\dot{r}$ 의 결합확률밀도함수(Joint probability density function)이고,  $\bar{\nu}_r^+$ 는  $\bar{\nu}_r^+ = f_+(r|t_j)$ 으로 단위시간당 레벨  $r$ 을 초과할 확률이다. 또한 관측기간  $D$ 내에서 레벨  $r$ 보다 초월할 때의 평균합계 초과지속시간은  $r$ 의 확률밀도함수  $p(r)$ 을 이용하여 다음의 식 (3)으로 얻을 수 있다.

$$\bar{t}_r = D \int_0^\infty p(r) dr = D \int_0^\infty \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_r} \right) \exp\left( -\frac{r^2}{2\sigma_r^2} \right) dr \quad (3)$$

따라서 관측기간  $D$ 내에서 평균단위(초과회수 1회당) 초과지속시간은 식 (2)와 (3)을 이용하여 다음의 식 (4)로 구할 수 있다.

$$\bar{\tau}_r = \pi \left( \frac{\sigma_r}{\sigma_r} \right) \exp\left( -\frac{r^2}{2\sigma_r^2} \right) \left[ 1 - \text{erf}\left( \frac{r}{\sqrt{2}\sigma_r} \right) \right] \quad (4)$$

이상의 모든 수식으로부터 갑판침수의 발생지속시간율(발생 비율)은 1회당 갑판침수의 발생지속시간의 대표치를  $t^*$ 이라면 다음의 식 (5)로 구할 수 있다.

$$\bar{dw} = \bar{n}_r \times \left( \frac{t^*}{D} \right) \times 100(\%) = t^* \left( \frac{\sigma_r}{2\pi\sigma_r} \right) \exp\left( -\frac{f^2}{2\sigma_r^2} \right) \times 100(\%) \quad (5)$$

여기서 식 (5)에서의  $t^*$ 는 배와 파가 만나는 각도  $\chi$  평균파주기  $T$ , 유의파고  $H$ , 건현  $f$ , 선속  $V$  등의 함수이며,  $t^* = \bar{\tau}_r |_{r=f}$ 이다.

#### 4. 갑판침수의 장기예측

배가 어떤 해역을 장기간에 걸쳐 항상 일정한 속도를 유지하면서 파의 평균진행방향에 대해 항상 일정한 각도를 유지하며 항해하고 있다고 가정하면, 그 해역의 장기파랑발현확률  $p(H, T)dHdT$ 를 이용하여 갑판침수의 장기발생시간비율(평균지속시간의 비율: 갑판침수율)은 다음의 식 (6)으로 구할 수 있다.

$$\overline{DW} \equiv \overline{DW}(H) = \int_0^\infty \overline{dw}(T) p(T|H) dT \quad (6)$$

여기서  $p(T|H)$ 는 유의파고  $H$ 가 주어졌을 때 파주기의 조건확률밀도함수(Conditional probability density function)이다.

또한 갑판침수의 장기누적발생시간비율(장기갑판침수율)은 다음의 식 (7)로 얻어진다.

$$Q_{\overline{DW}} = \int_{H=0}^\infty \overline{DW}(H) p(H) dH \quad (7)$$

여기서  $p(H)$ 는 유의파고의 주변확률밀도함수(Marginal probability

density function)이다.

#### 5. 결과 및 고찰

내해를 항해하는 화학제품운반선 4척을 대상선박으로서 갑판침수의 장기발생시간비율, 장기누적발생시간비율 등을 계산하여 건현을 검토하였다. 각 적용선형은 (사)일본조선연구협회 제7기준연구부회(1984)에서 설계 대상선박으로서 선정된 것으로 199G/T Type II(일반 화학물질 적재, 선체길이 44.0m), 199G/T Type III(무기산 적재, 선체길이 43.0m), 499G/T Type II(일반 화학물질 적재, 선체길이 60.0m), 499G/T Type III(무기산 적재, 선체길이 60.0m)의 4척이다. 각 선형의 주요치수를 Table 1에 나타내었다. Type II는 항해 시 불특정화물을 적재하고, Type III은 특정화물(무기산)을 특정항로에 따라 수송하는 것이다. 항로는 각 선형 모두 국내연안 또는 내해항로로 상정하고, 항해해역은 연해구역으로서 설계된 것이다. 모든 선형은 선수미루가 있는 평갑판선이고, 양쪽 선루높이는 2.1m이다. 수치계산에 적용한 주요치수는 (사)일본조선연구협회 제7기준연구부회(1984)에 나타나 있는 설계도의 데이터를 참고한 것으로 본 논문의 목적에 맞도록 설정한 것이다. 갑판침수를 검토한 선체의 각 위치는 선체길이방향 20등분(A.P., SS $\frac{1}{2}$ , SS1, SS1 $\frac{1}{2}$ , SS2, ..., SS9,

Table 1 Principal particulars

Type of ship	199G/T		499G/T	
	Type II	Type III	Type II	Type III
$L_{pp}$ (m)	44.000	43.000	60.000	60.000
$B$ (m)	7.800	7.800	10.000	10.000
$D$ (m)	2.950	3.380	4.750	4.750
$d$ (m)	2.500	2.900	3.500	4.000
Sheer at F.P. (m)	0.458	0.380	0.595	0.595
Sheer at A.P. (m)	0.694	0.680	0.211	0.211
$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	612.51	680.29	1434.97	1680.11
$L_{pp}/B$	5.641	5.513	6.000	6.000
$B/d$	3.120	2.690	2.857	2.500
$lcb$ (% $L_{pp}$ )	-0.01932	-0.01302	-0.00567	-0.00317
$C_b$	0.692	0.678	0.663	0.680
$C_m$	0.950	0.957	0.967	0.971
$V_k$ (knot)	10.00	10.00	11.00	11.00
$F_n$	0.24764	0.25058	0.23327	0.23327

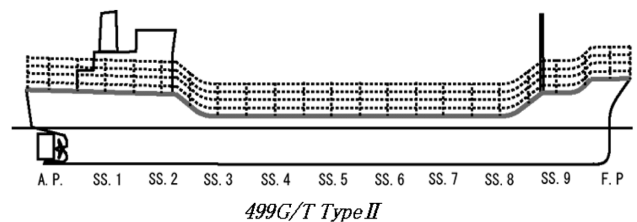


Fig. 4 Calculation points of deck wetness

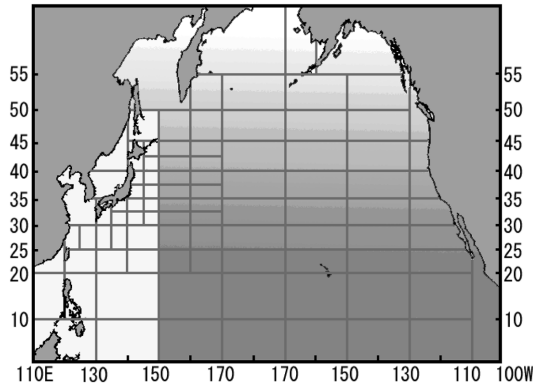


Fig. 5 Map of coasting area subdivisions

SS9½, F.P.)에서의 갑판 양 현측부분이다. Fig. 4에 499G/T Type II의 계산위치를 개략적인 선체측면도에 굵은 실선으로 나타내었다. 그림에는 계산위치로서 설계치의 건현(Freeboard)에서 0.5m씩 2m 높이까지 올린 판의 건현을 기준으로 한 선체길이 방향의 설계점을 점선으로 나타내고 있다.

대상선형의 취항해역인 연해구역은 Watanabe et al.(1992)의 파랑통계도표의 선박통보데이터에서 연해구역을 커버하는 소해역 데이터를 이용하였다. 계산에 이용한 파랑발현빈도에 대응하는 해역을 그물망 형태로 Fig. 5에 나타내었다. 유의파고와 평균파주기에 근거한 장기파랑발현확률의 데이터는 Table 2에 나타내었다. 주요한 장기누적발생시간비율(장기갑판침수율)의 계산결과는 Figs. 6~9에 나타난 바와 같다.

Fig. 6은 선형 199G/T Type II에 대한 갑판침수의 장기누적

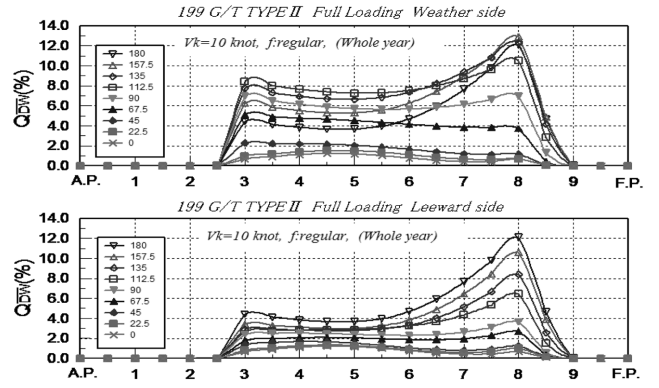


Fig 6 Long-term accumulate time rate of deck wetness (199 G/T Type II)

발생시간비율(장기갑판침수율) 계산결과를 나타내고 있다. 그림에서는 설계치의 건현, 선속  $F_n = 0.2476$ 의 경우에 풍상현(Weather side)과 풍하현(Leeward side)의 양 현측위치에서의 장기갑판침수율의 선체길이방향 분포를 파와 만나는 각도를 매개변수로 하여 나타내고 있다. 선수루와 선미루가 갑판침수를 방지하는데 효과적이라는 것을 잘 보여주고 있다. 갑판침수는 선박의 특정부분 특히, 노천갑판 부분이 물을 덮어쓰는 현상으로서, 정면향파(Head sea)상태에서 횡파(Beam sea)상태까지의 장기갑판침수율은 일반적으로 선수루 직후에서 가장 큰 값을 나타내고, SS5부근까지 점차적으로 감소하다가 그 후방의 위치에서는 선미루 직전까지 약간 증가하게 된다. 풍상현에서는 전사파(Bow sea)와 횡파상태에서의 장기갑판침수율이 향파상태보다도 선체

Table 2 Scatter diagram for coasting area subdivisions (Whole year & All directions)

Significant wave height (m)	Zero crossing period (sec)											Total
	<5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14 <	
0~0.75	77.5006	11.4289	2.3333	1.4581	1.3822	0.2866	0.3666	0.0898	0.0955	0.0702	0.1208	95.1326
0.75~1.75	161.9096	91.9991	47.0217	31.5459	22.6855	6.1957	4.4568	0.9242	1.2867	0.5552	1.1209	369.7013
1.75~2.75	40.9436	62.4118	67.9242	57.8015	46.9817	14.5745	9.5993	1.9847	1.9839	0.6082	1.2189	306.0323
2.75~3.75	6.1435	15.1737	25.7111	32.5077	36.0672	13.9312	9.7389	2.3006	2.1357	0.5143	0.7307	144.9546
3.75~4.75	0.9029	2.9758	5.7467	9.2727	14.8300	8.1420	7.0676	1.8385	1.8402	0.4882	0.6311	53.7357
4.75~5.75	0.1649	0.6833	1.2320	1.9635	3.9310	2.7807	3.4248	1.0621	1.2328	0.2955	0.4262	17.1968
5.75~6.75	0.0735	0.2351	0.4204	0.6915	1.1993	0.9144	1.2613	0.4694	0.6099	0.1853	0.2825	6.3426
6.75~7.75	0.0245	0.0629	1.0507	0.5470	0.7527	0.5005	0.5772	0.2000	0.3486	0.1143	0.2066	4.385
7.75~8.75	0.0065	0.0245	0.0735	0.1045	0.2114	0.1445	0.2245	0.0939	0.1502	0.0588	0.1061	1.1984
8.75~9.75	0.0073	0.0122	0.0318	0.0457	0.0882	0.0776	0.1021	0.0547	0.0669	0.0122	0.0523	0.551
9.75~10.75	0.0041	0.0163	0.0278	0.0294	0.0702	0.0571	0.0743	0.0327	0.0604	0.0220	0.0498	0.4441
10.75~11.75	0.0008	0.0033	0.0033	0.0073	0.0098	0.0065	0.0090	0.0057	0.0155	0.0016	0.0090	0.0718
11.75~12.75	0.0033	0.0049	0.0049	0.0008	0.0073	0.0082	0.1200	0.0016	0.0204	0.0106	0.0204	0.2024
12.75~13.75	-	-	0.0016	0.0008	0.0033	0.0008	0.0049	0.0008	0.0008	0.0008	0.0065	0.0203
13.75~14.75	-	-	-	0.0008	0.0016	0.0033	-	-	-	-	0.0024	0.0081
14.75 <	0.0008	0.0024	0.0016	0.0016	0.0033	0.0049	0.0065	0.0033	0.0049	0.0065	0.0049	0.0407
Total	287.6859	185.0342	151.5846	135.9788	128.2247	47.6285	37.0338	9.062	9.8524	2.9437	4.9891	1,000

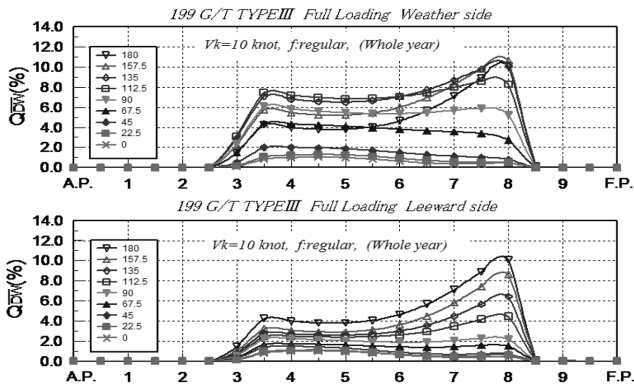


Fig. 7 Long-term accumulate time rate of deck wetness (199 G/T Type III)

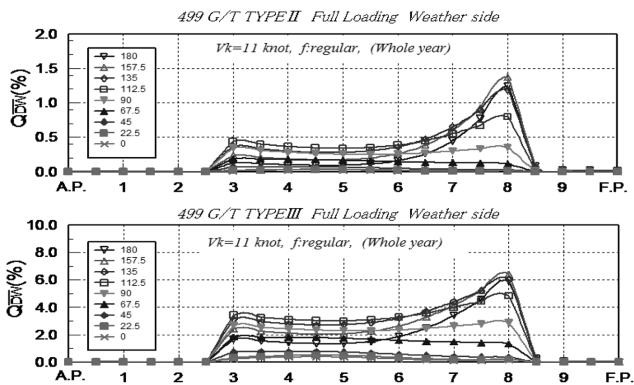


Fig. 8 Long-term accumulate time rate of deck wetness (499 G/T Type II & Type III)

중양부터 선미루 직전까지의 구간에서 보다 큰 값을 나타내고 있지만, 풍하현에서는 노천부분의 길이방향 전체에 걸쳐서 항파, 전사파, 횡파, 사추파(Quartering sea), 추파(Following sea) 상태 순으로 장기갑판침수율의 값이 작아짐을 알 수 있다.

Fig. 7, 8은 선형 199G/T Type III, 499G/T Type II, 499G/T Type III에 대한 양 현측위치에서의 장기갑판침수율 계산결과를 Fig. 6과 같은 형태로 비교하여 나타낸 것이다. 선형 199G/T Type III에 대한 장기갑판침수율은 선형 199G/T Type II의 장기갑판침수율에 비하여 풍상현과 풍하현의 각각에서 선수루 직후의 최대치가 약 10% 저하되었으며, 노천부분에서의 장기갑판침수율은 거의 같은 정도의 값을 나타내고 있다. 길이방향 분포, 파와 만나는 각도에 대한 경향은 유사함을 알 수 있다.

선형 499G/T Type II와 499G/T Type III에 대한 장기갑판침수율(Fig. 8)은 선형 199G/T Type II의 장기갑판침수율(Fig. 6)과 비교하면 선형 499G/T Type II에서는 최대치가 풍상현에서 약 88%, 풍하현에서 약 90% 작고, 선형 499G/T Type III에서는 최대치가 풍상현에서 약 45%, 풍하현에서 약 50% 작지만 길이방향 분포, 파와 만나는 각도에 대한 경향은 선형 199G/T Type II의 장기갑판침수율과 유사하다.

선형 499G/T Type II와 선형 499G/T Type III를 비교해보면, 선형 499G/T Type II에서는 풍상현과 풍하현 각각 선수루 직후

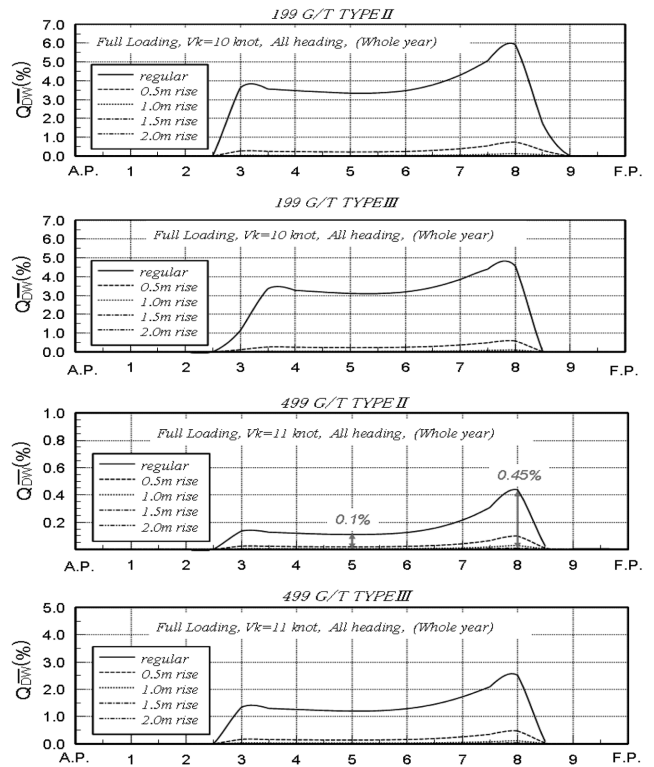


Fig. 9 Long-term accumulate time rate of deck wetness (All headings: 199 G/T Type II, III & 499 G/T Type II, III)

의 최대치가 약 79%, 노천부분에서는 약 90% 저하되어 비교적 크게 장기갑판침수율의 저하가 나타나고 있지만 이것은 양 선형의 건현높이가 Type II의 경우는 1.25m, Type III의 경우는 0.75m로 크게 영향을 미치고 있음을 생각할 수 있다.

Fig. 9는 4척의 각 선형에 대하여 모든 각도를 고려한 경우 (All headings)의 장기갑판침수율 계산결과를 나타낸 것이다. 설계치 건현의 장기갑판침수율 선체길이방향 분포를 0.5m씩 2m 높이까지 올린 계산점의 결과와 함께 나타내고 있다. 각 선형 공통으로 건현을 크게 하면 할수록 장기갑판침수율이 감소하고, 선루높이까지 건현을 증대시키면 장기갑판침수율은 길이방향 전체에 걸쳐서 상당히 작아짐을 알 수 있다.

선형 499G/T Type II의 설계치 건현에 대한 선수루 직후의 최대 장기갑판침수율은 약 0.45%이고, 선체중양부에서의 장기갑판침수율은 약 0.1%이다. 이는 항해시간 1일(24hour × 60min × 60sec = 86400sec)에 대하여 선수루 직후에서 약 390초간, 선체중양부에서 약 90초간 갑판침수가 발생하고 있다는 것을 의미한다. 내항선은 긴급 시에 피난항으로 피난할 수 있다고 생각하면, 내항선의 만재흡수선 기준에 대한 재검토는 선수루갑판의 해수유입량, 충격수압 등의 검토와 아울러 보다 더 장기갑판침수율의 검토가 중요하다는 것을 의미한다.

## 6. 결 론

내해를 항해하는 화학제품운반선을 대상선박으로 하여 선박

에 발생하는 갑판침수에 대한 발생지속시간을 추정하였으며, 화학제품운반선의 견현에 관하여 조사·검토하였다. 199G/T Type과 499G/T Type을 중심으로 조사하였는데, 모두 선수루와 선미루가 갑판침수를 방지하는데 효과적으로 설계되어져 있음을 확인하였다. 내항선은 연해지역을 항해하기 때문에 악천후 등의 거친 해상이 예측된다면 충분히 여유를 가지고 피난항으로 피할 수 있을 것으로 생각되며, 거친 해상에 대항하여 항해하는 경우는 적을 것으로 생각된다. 내항선의 만재흘수선 기준에 대한 재검토는 황천을 항해하는 선박에 대한 선수루갑판의 해수유입량, 하중, 충격수압 등의 추정 관점에서의 검토도 중요하다. 하지만 그 이상으로 본 논문에서 나타낸 장기갑판침수율의 추정 관점에서 항해 중에 해수가 갑판으로 넘쳐 들어오는 항해시간에 차지하는 비율이 선박의 기본적인 안전성과 어떠한 인과관계를 가지고 있는가를 설명하는 것이 보다 중요할 것이라고 생각한다.

### 참 고 문 헌

- 김용직, 신기석, 추교덕, 서용석, 이춘기, 김문성 (2004). "940K bbls FPSO의 선수갑판 Green Water에 관한 연구", 한국해양공학회 춘계학술대회 논문집, pp 309-313.
- 박종헌 (2007a). "2축선의 프로펠러 레이싱 추정법에 관한 연구", 한국동력기계공학회지, 제11권, 제1호, pp 98-106.
- 박종헌 (2007b). "다축선의 프로펠러 레이싱 추정에 관한 연구", 한국어업기술학회지, 제43권, 제3호, pp 222-231.
- (사)일본조선연구협회 제7기준연구부회 (1984). 국제규정과 선박설계 등의 관계에 관한 조사 및 연구보고서(별책), 소형 Chemical Tanker에 대한 국제규정의 적용, 일본조선연구협회보고.
- (사)일본조선연구협회 제7기준연구부회 (1986~1995). 국제규정과 선박설계 등의 관계에 관한 조사 및 연구보고서, 일본조선연구협회보고.
- 이현호, 임호정, 이신형 (2009). "FPSO 갑판 침입수 현상에 대한 선수부 형상 영향의 실험적 고찰", 한국해양공학회지, 제23권, 제5호, pp 9-14.
- Fukuda, J. (1968). "Prediction Long Term trends of Deck Wetness for Ships in Ocean Waves", JSNAJ, Vol 124, pp 141-158.
- Takaki, M. and Takaishi, Y. (1993). "Development of Expression for Estimating Bow Freeboard and Assessment of the 1966 Load Line Convention", JSNAJ, Vol 174, pp 171-180.
- Watanabe, I., Tomita, H. and Tanizawa, K. (1992). "Winds and Waves of the North Pacific Ocean 1974~1988", Papers of Ship Research Institute, Supplement No 14.
- Watanabe, I., Taguchi, H. and Yoshimura, Y. (1997). "Recent Researches and Trends on the Regulations for the Safety of Ships", The 13th Marine Dynamics Symposium, SNAJ, pp 177-212.

2010년 2월 18일 원고 접수

2010년 4월 6일 심사 완료

2010년 4월 23일 게재 확정