

국립건설시험소 수공과

홍길표

## 1. 서 언

항만이 갖추어야 할 중요한 해안공학적 조건으로서는, 항내에 정온한 수역을 확보하는 것이다. 여기서 정온한 수역이라고 하면, 선박의 안전한 피박과, 계류가 될수 있고, 하역작업이 지장없이 이루어질수 있는 수역을 말한다.

최근, 항내 정온도지수로서는 선좌 ( berth ) 전면에서의 파고가 50 또는 70cm 보다 작은 날이 연간 총몇일만이 되는지를 검토하는 일이 많다. 여기서 정온한 항만이라고 하면, 내습파로부터 잘 차폐되어 50 또는 70cm보다 작은 파고가 생기는 날이 연간 90 또는 95%를 넘지 않을 것을 요구하는 것으로서, 이것은 단지 파고만의 논의이며, 파의 주기는 고려하지 않는 관점이다. 그러나 안벽전면에서 허용파고 보다 작은 파고시에도, 긴주기의 영향에 의하여, 하역작업이 불가능하게 되는 예가 적지 않다. 이러한 현상의 원인으로서는 생각되어지는 것은 계류색과 방현재에 의한 계류 System 의 비대칭성과 파랑의 불규칙성 때문에 배를 동요시키는 외력이 장주기로서 변동되는 것등이 생각되어진다.

따라서 항내 정온도를 평가함에 있어서는 항내파고의 계산, 실험 및 계류선박의 동요특성등을 종합적으로 검토할 필요성 있으며, 여기에서는 수리모형 실험에 의한 data 를 어떻게 해석해야 될것인가에 대하여 약간의 고찰을 하고자 한다.

## 2. 항내파고 분포

항내 파랑의 형성은, 항구로부터의 진입파, 항내전달파(울파 및 투과파), 항내 반사파, 항주파, 부진동, 항내에서의 발생파등의 발생원인이 다른 많은 파의 겹침에의하여 출현된다. 그러나, 일반적으로 항내파의 계산이나 실험에 있어서는 항구로부터의 진입파, 항내 전달파, 항내 반사파등을 주요점으로 고려하는 경우가 많다. 여기에서는 Fig 1과 같이, 내습파를 차

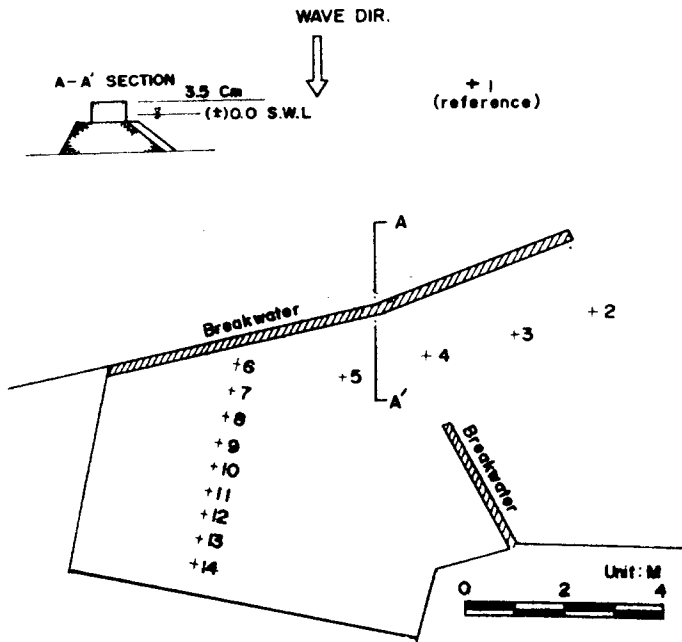


Fig 1

폐시키는 전형적인 항만 형태의 실험에 의한 항내파고 분포를 검토해 본다. 실험은 국립건설시험소 수리시험실의 평면수조에서 실시되었으며 조파장치는 servo 식의 규칙파 및 불규칙파를 발생시킬수 있는 것이다. 본 실험에서의 불규칙파의 신호는 식(1)과 같이 표현되는 Bretschneider의 Spectrum<sup>1)</sup>에 의하였으며, 실험파의 Spectrum 은 Fig 2 와 같다.

$$S(f) = 0.257 (H_{1/3})^2 (T_{1/3})^{-4} f^{-5} \exp [-1.03 (T_{1/3} f)^4] \quad (1)$$

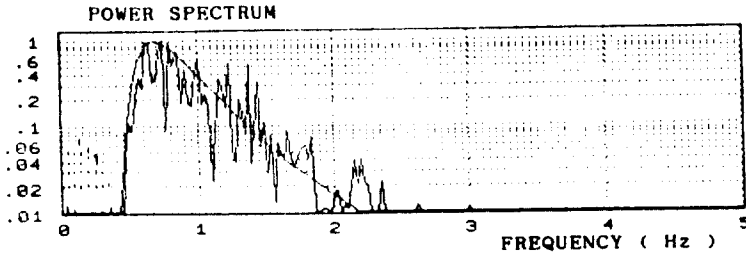


Fig 2

실험은 항내에서의 반사파의 영향을 없애기 위하여, Fig 1에서 전안벽에 소파 효과가 좋은 스테인레스 절삭초를 설치하여 반사율을 거의 0 으로 하였다. 입사파는 규칙파와 불규칙파의 2 가지를 고려하였다. 이때 실험파의 제원은 다음과 같다.

$$H_1/3 = 4.0\text{cm} , T_1/3 = 1.15\text{ sec} \quad (2)$$

또, 실험은 방파제의 천단고를 정수면상 +3.5 Cm로 하여 월파를 허용한 상태와, 완전히 월파를 방지하여 항구진입파만을 고려한 상태 및 항구진입파를 완전차단하여 월파만의 3 개 상태에 대하여 실험을 실시하였다. 측정 data 의 해석은 zero up cross 법으로 정리하였다. Fig 3은 규칙파와 불규칙 파에 의한 실험결과를 비교한 것이다.

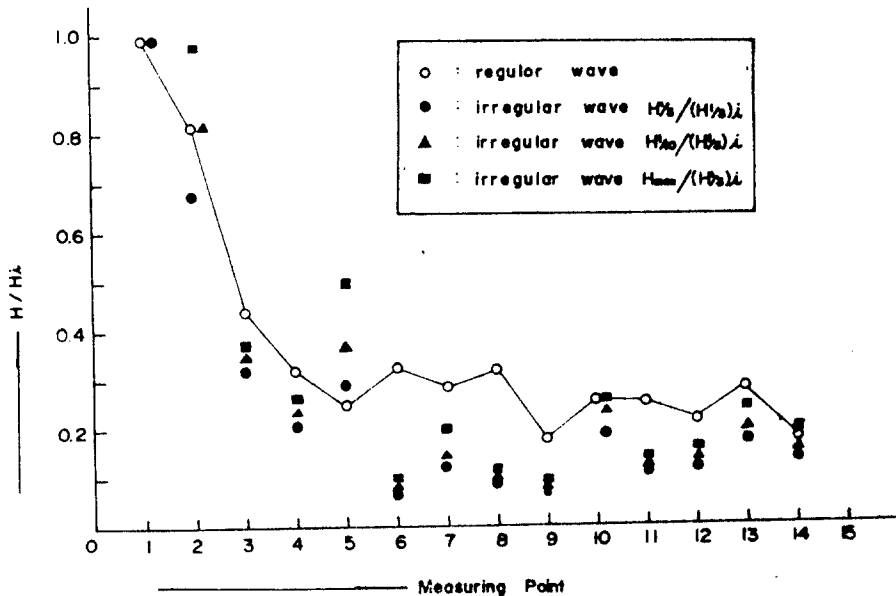


Fig 3

종축은 Fig 1의 측정점 1 (reference)의 파고  $H_i$  에 대한 파고비를 나타낸 것이며, 횡축은 측정점을 표시한 것이다. 불규칙파의 파고비는 측정점 1의  $H_{1/3}$ 을  $(H_{1/3})_i$  로서,  $H_{1/3}$ ,  $H_{1/10}$  및  $H_{max}$  의 3개 특성파로 표시하였다. 이 그림에서 알수있드시 항내의 파고는 규칙파의 경우가 불규칙파의 경우보다 크게 나타나고 있으며, 이값은 불규칙파의 경우의  $H_{max}/(H_{1/3})_i$  의 값과 거의 비슷하다.

한편, Fig 4는, 이와같은 항내파의 주기분포를 나타낸 것이다. 그림에는 주기분포와 파고분포를 비교하기 위하여 Fig 3에서의  $H_{max}/(H_{1/3})_i$  의

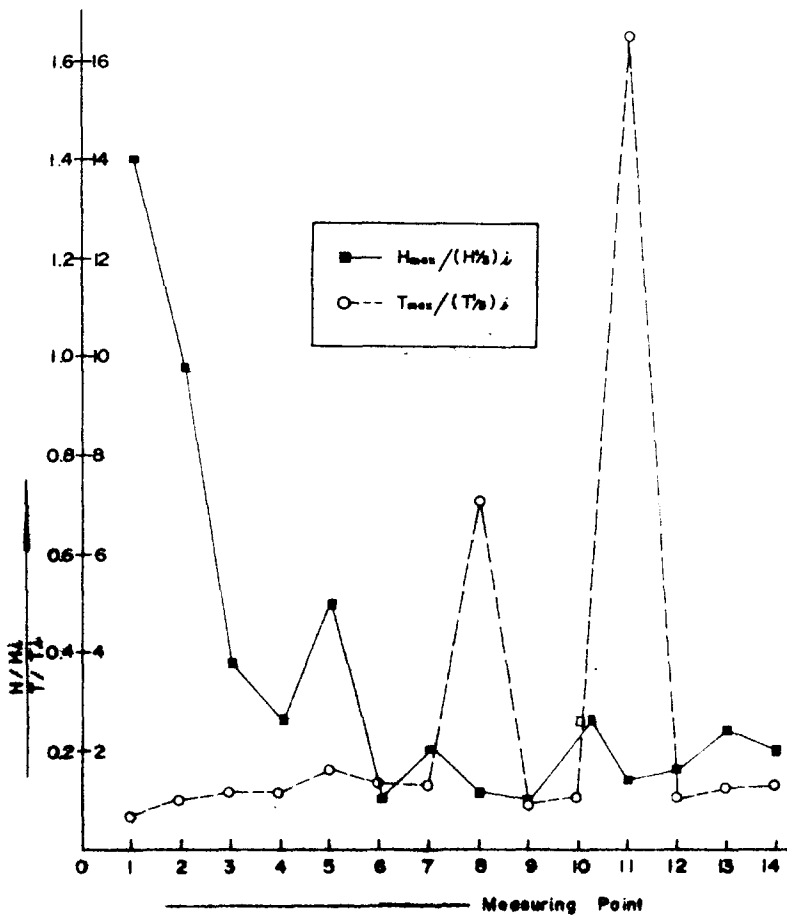


Fig 4

값도 함께 표시하였으며, 항내 각 측정점에서의 주기분포는  $T_{max}/(T_{1/3})_i$  의 값으로 비교하였다. 파랑의 현지 관측 data 의 해석으로서 다음과 식

(3)과 같이 보고 되어 있다.<sup>2)</sup> Fig 4의  $T_{max}/(H1/3)_i$  의 값은 측정

$$T_{max} = (0.6 - 1.3)T1/3 \quad (3)$$

8에서 7.1, 측정 11에서 16.5의 매우 큰 값이 나타나고 있으며, 이 2점 이외에는 0.7 - 1.6 정도의 값으로 식(3)과 유사하게 나타나고 있다.

그러나, 측정 8 및 11에서의 파고는 인근측점과 특별하게 차이를 보이지 않고 있다. 이것은 zero up cross 해석법에서 오는 하나의 결과이기도 하며, 상당히 큰 주기의 진동이 발생되고 있는것을 의미하기도 한다. 따라서 이것은 장주기의 진동에 의한 계류선박의 동요에 크게 영향을 미칠것으로 생각된다.

또 Fig 5는 측정 9의 Power Spectrum 을 나타낸것이다. 그림 가운데에는 식 (1)에 의하여 계산된 작용파의 Spectrum 이 실선으로 표시되어 있다. 이 그림은 항내파의 Spectrum의 분포가 어느 주파수대에 집중되지 않고 있음을 나타내는 일례로서, 이것은 항내정온도를 논의함에 있어 파의 에너지가 어느 주파수대에 집중하여 문제가 되는 것 보다는, 장주기의

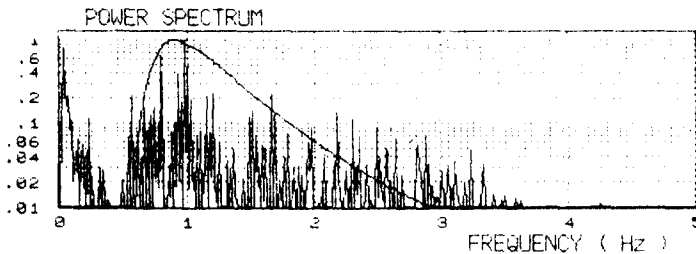


Fig 5

진동에서 오는 선박의 동요문제가 더욱 중요한것으로 생각된다. 이상과 같이 항내파의 파고 및 주기분포에 대하여 약간의 고찰을 하여 보았다.

이경우에 항내파를 형성하고 있는 파의 중요성분에 대하여 검토한것이 Fig 6이다. 그림에서 ■ 로 표시한 값은 Fig 3에서의  $H_{max}/(H1/3)_i$  로 항내파고 분포를 나타낸것이고, ○ 로 표시한 값은 월파를 완전히 차단하여, 항입구로 진입한 파고만을 나타낸것이다. 또 △ 로 표시된 값은 항입구의 진입파를 차단시키고, 단지 월파에 의한 전달파고만을 나타낸 값

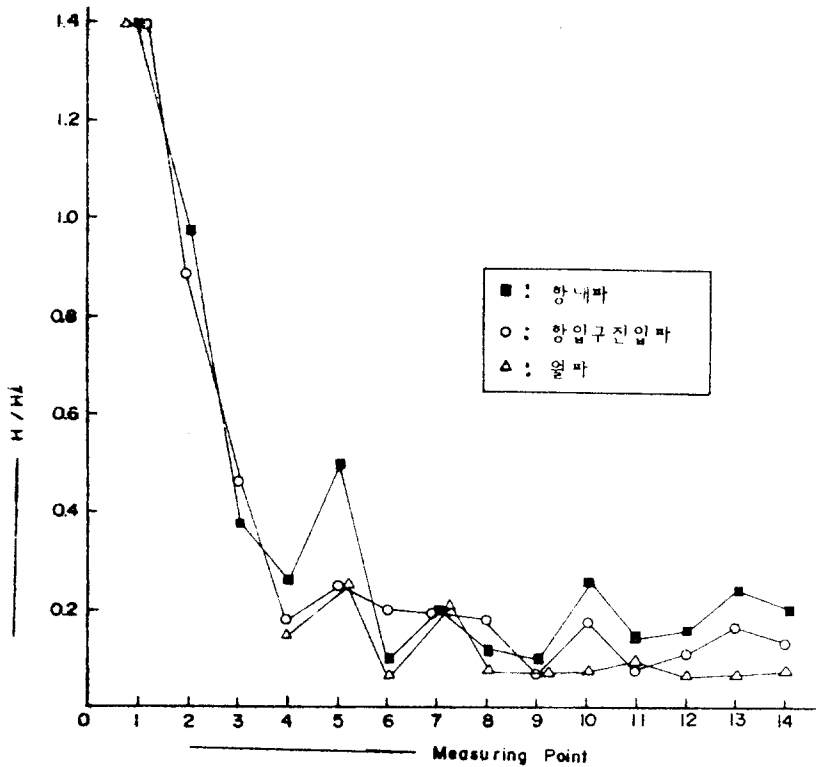


Fig 6

이다. 여기에서 항내파(  $H_{max} / (H_{1/3})_i$  )는, 실험에 있어서 반사파를 거의 억제한 경우이므로, 항입구 진입파와 얼파(이것을 포함한 전달파)의 합성파라고 생각할 수 있다. 물론, 이와같은 성분의 선형합성은 아니라고 할 수 있으나, 측정점 7의 경우는 얼파만의 파고 가 항내파고보다 높게 나타나고 있다. 다른 실험예에서는 항내의 반사파를 허용할 경우에는 이와같은 현상이 더욱 현저한 경우도 있다.<sup>3)</sup> 따라서 항내파는 이들 성분파 상호간의 간섭이나 속도, 방향분산등의 영향도 크게 미치고 있음을 알수 있다.

### 3. 계류선박의 동요

서언에서도 기술한바와 같이 항내정온도를 평가함에 있어서는 하역작업의 난이도가 중요한 의미를 갖고 있다고 할수 있다. Wilson<sup>4)</sup>에 의하면 계류선이 절단되고 배 또는 안벽에 피해를 입혔을때의 파고 H 와 주기

T와의 관계를 이론적으로 해석하여, 장주기 영역에서의 한계파고와 주기의 관계를 다음 식으로 나타내었다.

$$H/T \quad 0.116 \text{ cm/sec} \quad (4)$$

실제로, 항만에 계류된 선박이 설계 허용 파고보다 작은 파고에서 피해를 입은 예가 자주 발생되고 있다. Fig 7은 계류선박의 동요실험의 한 예로서 선

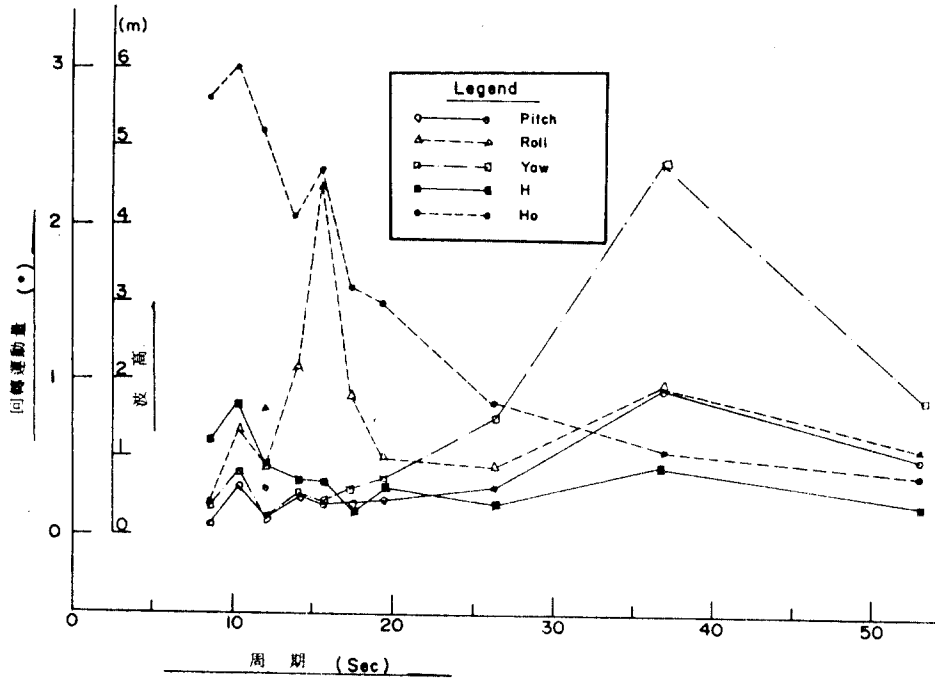


Fig 7

박의 회전운동과 작용파와의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 ■ 로 표시된 H는 선박전면의 파고, ● 로 표시된 Ho는 외해의 입사파고이다. 여기서  $T = 15 \text{ sec}$ 에서는 파고에 별로 관계없이 rolling 이 크게 나타나고 있으며,  $T = 36 \text{ sec}$ 에서는 yawing 이 크게 발생되고 있다. 이와같이 파고가 작은 경우에도 파의 주기에 의하여 계류선박이 크게 동요하고 있음을 알수 있다.

#### 4. 결 론

본문에서는, 수리모형실험에 의한 항내정온도 평가 및 계류선박의 동

요에 대하여 약간의 고찰을 실시 하였다. 항내정온도 평가시 수리모형실험에 적용하는 파는 주로 규칙파를 사용하여 왔는데, 이것은 불규칙파 사용시의 항내 발생파의  $H_{max}$  와 유사한 파고분포를 나타내고 있음을 확인하였다. 그러나 불규칙파 사용시의 항내파의 주기는 장주기로 변화되는 영역이 나타나고 있었으며, 이것은 파고에 별로 관계되지 않고, 계류선박의 동요에 크게 영향을 미치고 있다. 따라서 항내 정온도를 평가함에 있어 구미 선진국과 같이 계류선박의 동요 해석을 고려할 필요성이 있다고 본다.

또, 항내정온도 평가 수단으로서의 항내 파고분포와 계류선박의 동요 해석에 있어서 수치계산을 실시할 경우는 항내 발생파의 성분 상호간에 작용하는 간섭이나 분산등을 충분히 고려해야 할 필요성이 있으나, 현시점에서 이와 같은 부분에 대한 연구 결과가 불충분한 실정으로, 가능한한 수리모형실험에 의하여 확임함이 바람직하다고 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. Bretschneider, C.L. : Significant Waves and Wave Spectrum, Ocean Industry, pp. 40 - 46 , Feb. 1968.
2. 고오다 요시미 외 1인 : 파랑의 통계적 성질에 관한 조사 : 해석, 항만기술연구소 보고, 제 13권 제 1호, pp3 - 37, 1974. (일문)
3. 건설부 국립건설시험소 : 동해항 수리모형실험 보고서, 건설자료 No. 492 , 1989.
4. Wilson, B. W : The Threshold of Surge Damage for Moored Ships, Proc. Inst. Civil Eng., Vo 1. 38, pp. 107 - 134, 1967.
5. 건설부 국립건설시험소 : 포항신항 수리모형실험 보고서, 건설자료 No.490, 1988.