

Radiation Stress 에 미치는 入射波浪의 不規則性 및 方向分散性的 影響

權 正 坤

1. 概要

現地 海岸에서 發生하고 있는 漂砂移動量을 正確히 豫測하기 위해서는 來襲파랑의 方向 分散性과 不規則性이 漂砂移動量에 어떠한 影響을 줄 것 인가에 대해 명백히 해 둘 必要가 있다.

본 연구는 漂砂유송흐름으로서 해빈류의 추진력이 되는 radiation stress에 착목 하여, 그들에 미치는 入射波浪의 방향분산성 및 불규칙성의 影響에 대하여, 주로 파별 해석법에 근거를 두고 수치적인 검사를 행한 것이다.

2. 多方向 불규칙파랑에 의한 radiation stress의 추정방법

水深이 비교적 깊고 線形理論이 적용 가능한 영역에 있어서의 radiation stress의 표현방법에 대해서는 이미 方向스펙트럼에 근거를 둔 몇 가지 방법이 제안(YAMAGUCHI, 1986)되어져 있다. 본 연구에서는 복잡한 해빈류가(특히 沿岸流)가 발생하는 淺海域에 있어서의 radiation stress를 대상으로 하고 있기 때문에 波浪場은 波別 해석법에 의해 표현(MIZUGUCHI, 1984)되어 지는 것으로 한다.

그러므로, radiation stress에 대해서도, 주로 파별해석법에 의해 다음에 표시하는 4가지 방법으로 추정하고, 그들의 결과를 비교하여, radiation stress에 미치는 입사 파랑의 불규칙성, 方向분산성의 影響에 대해서 검토했다.

- (CASE-1) 代表波(rms 파고, 平均週期(T_m) 및 주방향(θ_p))에 의해 평가하는 방법
- (CASE-2) rms파고, 平均週期(T_m)를 사용하여 方向분산성만을 고려하는 방법
- (CASE-3) 代表波向을 사용하여, 파랑의 불규칙성(파고, 주기의 불규칙성(分散))을 고려하는 방법.

(CASE-4) 파랑의 불규칙성 및 方向분산성을 동시에 고려하는 방법 그리고, 각각의 CASE에 대한 radiation stress의 표현은 표-1에 나타나 있다.

3. 입사파랑조건과 계산방법

수치계산에 사용한 파랑은 식(1)에 表示한 Bretschneider - Mitsuyasu형 週波數 spectrum 을 가진 파랑(有義波高 $H_{1/3} = 0.9m$, 有義週期 $T_{1/3} = 3.5sec$)을 대상으로 했다.

그리고, Longuet - Higgins의 이론(1983)에 근거를 두고, 주파수 스펙트럼을 파고, 주기의 결합 확률분포로 변환하고, 변환된 확률분포로부터 파고 및 주기에 대해서 각각 10分割(區間幅 15cm 및 0.6 sec)합으로서 계산 대상 파랑을 산출했다.

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

$$D(\theta) = G_0 \cos^2 \theta \quad - (2)$$

$$G_0 = \left[\int_{\theta_{max}}^{\theta_{max}} \cos^2 \theta \, d\theta \right]^{-1}$$

$$S = \begin{cases} S_{max} \cdot (f/f_p)^6 & ; f \leq f_p \\ S_{max} \cdot (f/f_p)^{-2.5} & ; f > f_p \end{cases}$$

여기서 S_{max} 는 方向集中度 parameter, f_p 는 주파수 spectrum의 peak 주파수 이고, 다음과 같은 식에 의해 산출했다.

$$f_p = 1 / (1.05 T_{1/3}) \quad - (3)$$

표-1. 多方向 不規則 波浪場에 있어서의 radiation stress의 表現方法

추정방법	radiation stress의 표현식	입사파랑의 제원
CASE-1	$S_{xx} = E \frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{E}{2} \left(2 \frac{C_g}{C} - 1 \right)$ $S_{xy} = E \frac{C_g}{C} \sin \theta \cos \theta$ $S_{yy} = E \frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{E}{2} \left(2 \frac{C_g}{C} - 1 \right)$	· Hrms 파고, 주방향 (θ_p) · C: 파속 · C_g : 群速度 $E = \frac{1}{8} \rho g h$
CASE-2	$S_{xx} = \sum_{K=1}^{NGK} S_{xx}(K) P(K)$ $S_{xy} = \sum_{k=1}^{NGK} S_{xy}(K) P(K)$ $S_{yy} = \sum_{K=1}^{NGK} S_{yy}(K) P(K)$	· 파향의 결합분포 $P(K) = \frac{(K)\text{번째 파랑의 출현파수}}{\text{全波數}}$
CASE-3	$S_{xx} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} S_{xx}(I, J) P(I, J)$ $S_{xy} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} S_{xy}(I, J) P(I, J)$ $S_{yy} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} S_{yy}(I, J) P(I, J)$	波高週期の 結合分布 · 主方向 (θ_p) $P(I, J) = \frac{(I, J)\text{번째 波浪의 출현 파수}}{\text{全波數}}$
CASE-4	$S_{xx} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} \sum_{K=1}^{NGK} S_{xx}(I, J, K) P(I, J, K)$ $S_{xy} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} \sum_{K=1}^{NGK} S_{xy}(I, J, K) P(I, J, K)$ $S_{yy} = \sum_{I=1}^{NGI} \sum_{J=1}^{NGJ} \sum_{K=1}^{NGK} S_{yy}(I, J, K) P(I, J, K)$	· 파고 주기 및 파향의 결합확률분포 $P(I, J, K) = \frac{(I, J, K)\text{번째 波浪의 출현파수}}{\text{全波數}}$ NGI: 波高의 分割數 NGJ: 週期の 分割數 NGK: 波向의 分割數

(2)식에서 表示한 방향함수로부터 방향집중도 (S_{max})의 영향을 검토하기 위해, $S_{max} = 10$ 및 70에 대한 주파수별 방향함수 ($\theta_p=210^\circ$)를 추정하고, 방향함수에 대해서 18분할하여 수치계산을 행했다.

波浪변형의 계산 영역은, 일정한 海底勾配($\tan\alpha=0.05$)를 가진 평형 等深線을 가지는 海岸을 가정하고, 심해의 경계수심은 6m, 연안방향을 Y축, on-off shore방향을 X축으로 취한 좌표계에서 格子點法(CHOPS, 1987)으로 파랑변형 계산을 행했다.

그리고 수치분산의 영향을 피하기위해 격자점간격 D_n 는 주기 $T < 2$ sec의 파랑에 대해서는 0.5 m, $2 \text{ sec} \leq T < 3 \text{ sec}$ 의 파랑에 대해서는 1 m, $T \geq 3 \text{ sec}$ 의 파랑에 대해서는 2 m의 등방 격자를 사용하였다.

Radiation stress의 계산은 表-1에 나타난 방법으로 각각의 case에 대해서 계산을 행했다. 또한 수치계산에 있어서의 파랑은 水深이 얇은 곳으로만 전파된다는 가정을 하고 있기 때문에 그림-1에서 나타낸 바와 같이 $\pi/2 < \theta < 3\pi/2$ 의 범위의 파랑만이 계산의 대상이된다.

그러므로, 방향함수의 정의역을 반평면으로 하면, 계산대상파랑에 포함되어져 있지않는 wave energy가 존재하게 되므로 이것에 대해서는 Maruyama(1983)의 방법(그림-1의 빗금친 부분)에 의해 방향함수의 정의역을 변경했다.

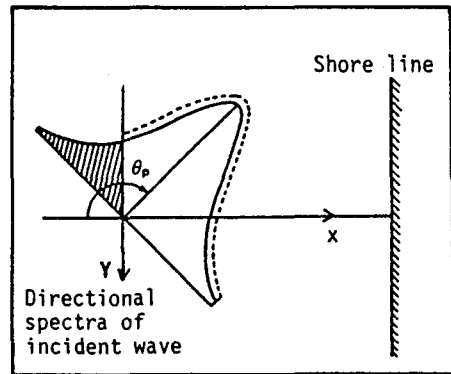


그림-1 방향함수의 정의역

4. 수치계산결과와 고찰

그림-2. (a), (b), (c)는 $S_{max}=10$ 의 불규칙파에 대한 CASE 1~4의 방법으로 推定한 radiation stress (S_{xx}, S_{xy}, S_{yy})의 on-off shore 방향분포의 비교를 나타낸 것이다.

S_{xx}, S_{yy} 에 대해서는, 파랑의 불규칙성, 불규칙성과 방향분산성의 兩者를 고려한 CASE 3 및 4의 결과는 대표파를 사용하여 평가한 CASE 1의 結果에 비해서 代表波의 쇄파점 부근에 매끈한 분포를 나타내고, 그의 구배는 不連續으로 되지 않는다는 것을 알 수 있다.

또한, S_{xy} 는 방향분산의 영향을 크게 받기 때문에, 代表波向을 사용한 CASE-1 및 3의 radiation stress는 방향분산을 고려한 CASE-2 및 4보다도 과대평가 되어 지고 있는 것을 알 수 있다.

그림-2. (d), (e), (f)는 $S_{max} = 70$ 의 경우 CASE-1~4의 방법으로 추정된 radiation stress의 비교를 표시한 것이다. $S_{max} = 70$ 의 경우는, 방향집중도가 강하기 때문에, $S_{max} = 10$ 의 경우에 보여진 S_{xy} 의 推定值의 差異는 현저하게 나타나지는 않는다. 또한 $S_{max} = 10$ 의 경우와 동일하게 파랑의 불규칙성을 고려한 CASE-3 및 4의 방법으로 推定되어진 radiation stress는 대표파의 쇄파점 부근에 있어서 매끈한 분포를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

이러한 結果로부터, 入射波浪의 不規則性 및 方向分散性을 고찰한 CASE-4의 방법에 의해 推定되어진 radiation stress가 眞值에 가까운 推定值라고 가정할 경우 方向集中度가 작은 $S_{max} = 10$ 의 경우는 入射波浪의 方向分散性의 影響은 無視할 수 없다(그림-2(b)). 그러나, S_{max} 가 큰 경우는 方向分散性의 影響은 현저히 나타나지 않고, 入射波浪의 不規則性만 고려하면 된다는 것을 알 수 있다.

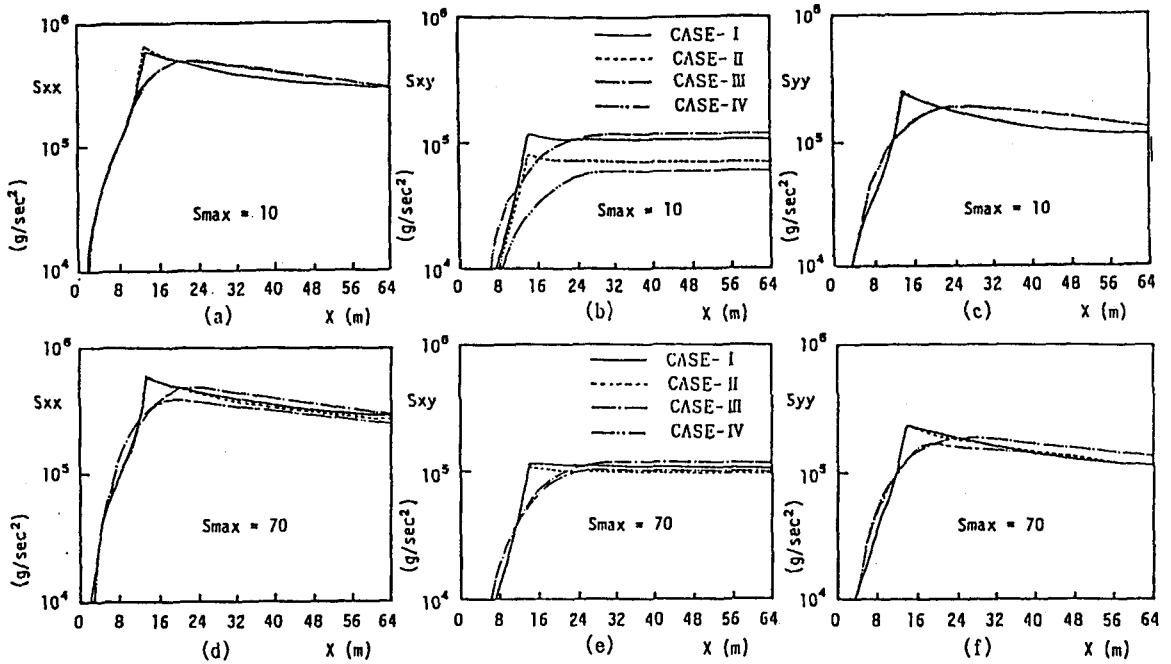


그림-2. radiation stress 의 on-off shore 分布

(참고문헌)

M. YAMAGUCHI, K. HOSONO, H. KAWAHARA, 1986. A NUMERICAL MODEL OF NEARSHORE CURRENTS DUE TO IRREGULAR WAVES, PROCEEDINGS OF JSCE NO. 375 / II-6, PP. 251~260.

SEKIMOTO, MITSUGUCHI, 1984. 不規則波浪場의 系統的 解析手法의 提案, 日本土木學會 제31회 海岸工學 論文集, PP. 143~147.

Longuet-Higgins, M.S., 1983. On the joint distribution of wave periods and amplitudes in a random wave field, Proc. Roy. Soc. London, ser. A389, PP. 241 ~ 258.

大阪大學 工學部 土木工學科, 1987. 海岸 港灣研究室, CHOPS program Library.

MARUYAMA 등, 1983. 不規則波에 대한 굴절 계산법의 적용성. 電力中央研究所 報告 研究報告 383034.