2열 벽체 잠제에 대한 흐름장 변형

Deformation of flows due to Two Wall Structure

김효섭*, 윤석준**
Hyo Seob Kim, Suk Zun Youn

요 지

잠제 형식의 발달에 따른 구조물들의 성능 및 환경 개선에 대한 연구가 활발해지고 있는 시점에서 벽체 형태의 잠제에 대한 연구는 다양한 각도에서 실행되고 있다. 이러한 벽체 구조물의 배치거리에 따른 효과를 연구하는 것을 목적으로 1열과 2열 벽체 잠제에 대한 조류와 같은 일방향 흐름장의 변화를 수치모형을 이용하여 분석하였다.

핵심용어 : 벽체, 잠제, 흐름장

1. 서 론

최근 연안 개발에 의한 해안 구조물의 건설이 과거에 비하여 활발해지고 있다. 해안 구조물 인근에서는 연안류, 취송류, 조류 등의 해수흐름에 의해서 다수의 물리적인 현상들이 발생하게 된다. 해안 구조물의 경우는 해수유동에 의한 파의 에너지 감쇠, 흐름장의 변형 등의 효과를 얻기 위하여 건설된다. 이와 같은 해안 구조물들에 대한 연구는 기초 외력에 대한 연구부터 항만의 보호, 해안선의 보전, 오염확산방지 등의 다양한 시각에서 이루어지고 있다. 특히 잠제의 경우는 해안 인근 지역의 환경에 영향을 적게 미치는 구조물로서 방파제로서의 효과도 탁월한 것으로 알려져 있다. 잠제의 경우는 해수면 아래에 위치하게 되므로 미관적 효과가 탁월하며 특히 이안제의 성격을 강하게 나타내므로 침식문제에 대한 효과가 우수하다. 이에 대해서 국내외의 많은 연구 기관들에서 다양한 접근 방법들을 이용하여 잠제에 대한 연구를 실행하고 있다.

잠제의 경우는 잠제의 설치 위치 및 설치 방법에 따라서 다양한 효과를 나타내게 된다. 잠제가 1열로 설치된 경우와 2열로 설치된 경우가 대표적인 예가 될 수 있다. 또한 2열로 설치된 경우도 잠제간의 간격에 대하여 다양한 흐름 변화가 발생할 수 있다. 일반적인 방파제의 경우는 방파제의 천단부가 해수면 위에 위치하므로 방파제 천단부에서의 흐름의 변화가 없으나 잠제의 경우는 수중에 설치된 구조물이므로 잠제 천단부에서의 흐름장이 변화하게 된다. 이러한 흐름장은 1열의 경우에 비하여 2열의 경우가 더욱 급격한 변화를 보이게 되며 흐름의 정도가 감소할 것으로 예측된다.

본 논문에서는 수치모형을 사용하여 1열 및 2열 벽체 잠제에 대하여 흐름 및 압력장의 변화를 분석하고, 각 구조물에 대한 특성 및 효과에 대하여 분석하였다.

2. 수치모형 이론 및 실험조건

2.1 수치모형 이론

적용 수치모형은 KU-2DV (Kim., 1994)를 기반으로 자유수면 계산항을 포함한 KU-2DV-01 (윤석준, 2002)를 사용하였다. 적용한 수치모형의 기본 방정식은 연속 방정식과 수평(x)방향과 연직(z)방향의 2차원

* 정회원・국민대학교 건설시스템공학부 교수・E-mail : hkim@kookmin.ac.kr
** 정회원・국민대학교 건설시스템공학부 석사수료・E-mail : ne지74@korea.com

레이놀즈 운동량 방정식이다.

$$\frac{\partial \overline{u}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{v}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{w}}{\partial z} = 0 \tag{2.1}$$

$$x \text{ 방향 : } \frac{\partial \overline{u}}{\partial t} + \overline{u}\frac{\partial \overline{u}}{\partial x} + \overline{w}\frac{\partial \overline{u}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x} + 2\nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial x^2}\right) + \nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial z^2}\right) + \nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{w}}{\partial x \partial z}\right) \tag{2.2}$$

$$z \text{ 방향 : } \frac{\partial \overline{w}}{\partial t} + \overline{u}\frac{\partial \overline{w}}{\partial x} + \overline{w}\frac{\partial \overline{w}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial z} + 2\nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{w}}{\partial z^2}\right) + \nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{w}}{\partial x^2}\right) + \nu_t\left(\frac{\partial^2 \overline{u}}{\partial x \partial z}\right) \tag{2.3}$$

유체 입자의 유동을 위한 외력으로는 자면 경계 바로 위에서의 파랑에 의한 물입자 운동의 가속도이며, 시간과 공간적으로 변화하는 난류 와동점성 계수(eddy viscosity) 및 전단응력을 계산하기 위하여 난류 마감(closure)방법으로 혼합거리(mixing length)마감과 2차 방정식 마감을 채택하였다.

$$\nu_t = (l_m)^2 \cdot \left|\frac{\partial \overline{u}}{\partial z} + \frac{\partial \overline{w}}{\partial x}\right| \tag{2.4}$$

난류 운동에너지 k는 이송-확산 방정식에 의해 이송, 확산된다.

$$\frac{\partial k}{\partial t} = u\frac{\partial k}{\partial x} + w\frac{\partial k}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial z}\right) + \frac{PROD}{\rho} - C_1\frac{k^{3/2}}{l} \tag{2.5}$$

유속의 발산을 계산하여 수정하는 부 프로그램은 Hirt 등 (1975)이 제안한 SOLA 기법에 주어진 방법을 따랐다.

자유수면의 계산은 실제와 같은 형태로 변화하는 수면의 변동으로 인하여 수면 아래의 유속 및 압력의 형태가 변화하고, 이러한 영향이 저면에 어떠한 영향을 미치는지를 알 수 있게 한다. 이러한 자유수면의 계산을 위하여 계산 오류에 의하여 발생하는 질량의 유입을 감소시킨 후의 압력을 사용하였다.

$$Zts_i = Zs_i - Zs_i\frac{P_i^k - Pt_i^k}{Pt_i^k}\Delta z \tag{2.6}$$

여기서, Zs_i 는 현 시간간격에 적용한 수면 높이, Zts_i 는 다음 시간간격 계산에 사용된 수면 높이, P_i^k 는 현 시간간격에 적용한 압력값, Pt_i^k 는 계산오류에 의한 질량유입을 감소시킨 후의 압력값을 나타낸다. 압력 P의 경우 수면에서의 압력값이 격자에 물이 완전히 차있는 경우를 제외하고는 계산값이 - 인 경우가 발생한다. 따라서 수면에서의 압력의 값은 실제 수면의 변동에 적용하기는 어렵기 때문에 아래의 압력을 사용하여 계산하여야 한다. 수차례의 수치모형 실험결과, 계산에 적합한 압력은 5 격자 아래의 압력값이다. 본 수치모형 실험에서도 위와 같은 격자의 압력값을 사용하여 계산하였다.

2.2 적용 조건

본 수치모형 실험에 사용될 1열 및 2열의 벽체 잠제의 단면은 다음과 같다. 각 경우의 벽체 잠제의 높이는 2.5 m로 하였으며, 수심은 5.0 m로 하였다. 2열 벽체 잠제의 경우는 각 벽체 잠제 간의 거리는 2 m로 하였다.

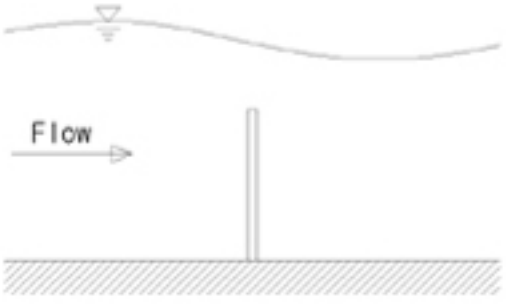

그림 1. 1열 벽체 잠제 단면도

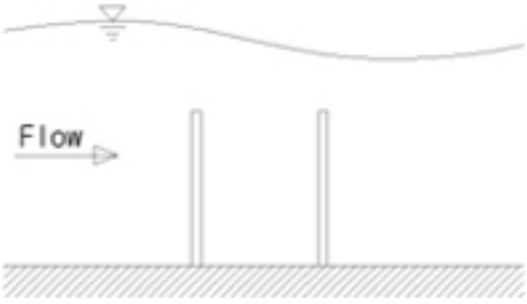

그림 2. 2열 벽체 잠제 단면도

3. 수치모형실험 결과

1열 벽체 잠제의 경우 수치모형 실험 결과는 다음의 그림 3~5와 같다.

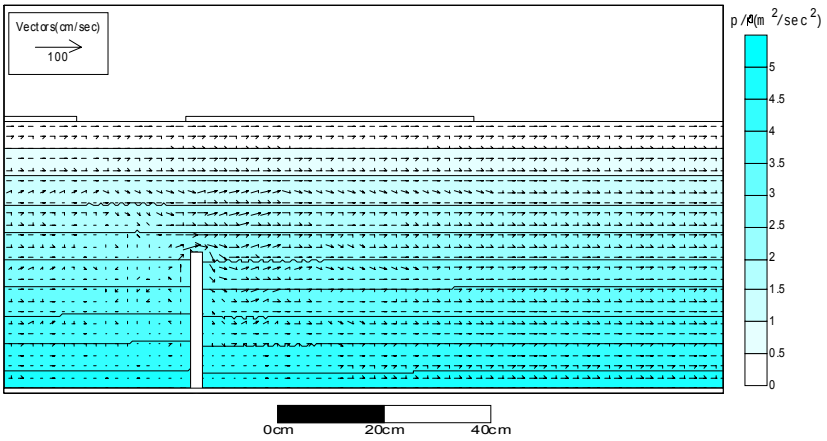

그림 3. 시간별 단면 변화도(0.5sec)

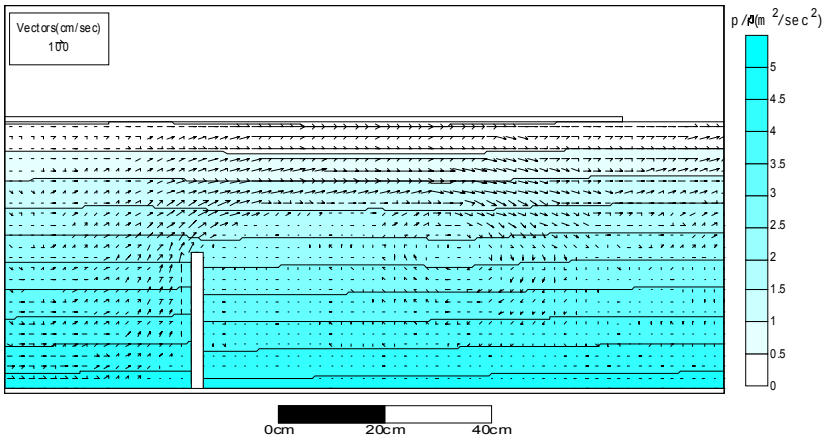

그림 4. 시간별 단면 변화도(90sec)

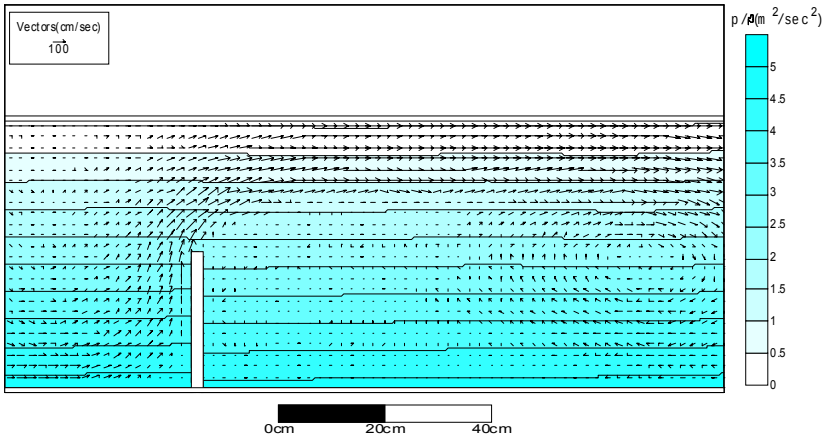

그림 5. 시간별 단면 변화도(200sec)

2열 벽체 잠제의 경우 수치모형 실험 결과는 다음의 그림 6~8과 같다.

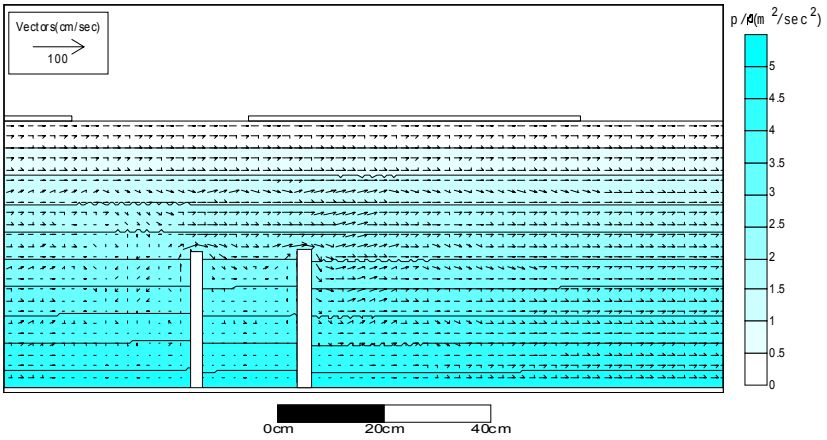

그림 6. 시간별 단면 변화도(0.5sec)

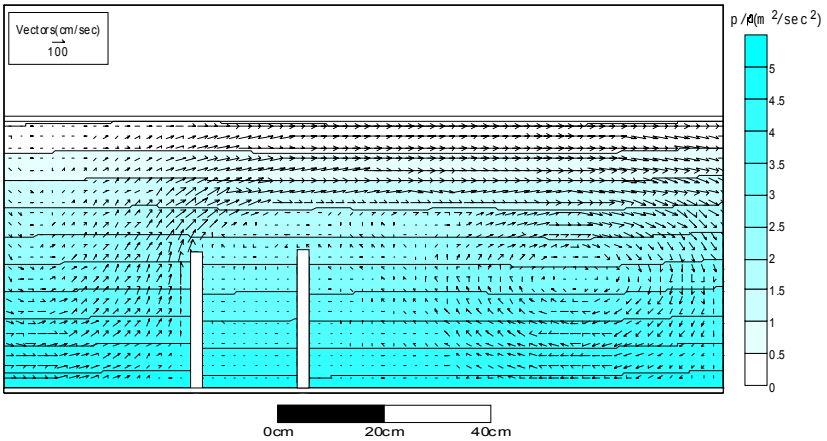

그림 7. 시간별 단면 변화도(90sec)

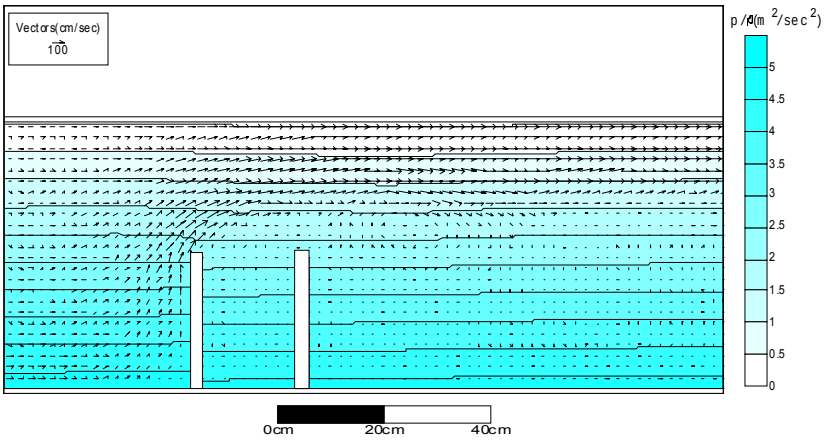

그림 8. 시간별 단면 변화도(200sec)

위의 2가지 수치모형 실험 결과에 따르면 전반적인 유속의 분포 양상은 1열의 경우 벽체 잠제 인근에서 소규모의 와가 발생하며, 자유수면 인근에서의 흐름은 계속적으로 유지되는 양상을 나타낸다. 2열 벽체 잠제

의 경우는 1열 부분에서 변화가 발생하기 시작하여 2열에서는 1열에서 감소된 유속과 흐름장 변화로 인하여 1열에서는 볼 수 없었던 양상을 나타내었다. 구조물 인근에서 와의 양상이 1열의 경우에 비하여 축소되는 양상을 나타낸다.

4. 결론

1열 벽체 잠제의 경우는 흐름의 변화가 비교적 단조로우며 와의 변화양상과 크기가 광범위적으로 나타나서 흐름장의 변화가 작은 반면, 2열 벽체 잠제의 경우는 1열 부분과 2열 부분에서의 흐름의 변화로 인하여 더욱 다양한 형태의 흐름장을 형성한다. 2열 벽체 잠제의 경우 같은 위치에서의 1열 벽체 잠제 설치시의 유속보다 작은 값을 나타내고 있다. 와의 형태도 1열의 경우는 저면 부분에서의 와가 상부의 변화와 유기적으로 발생하나, 2열 벽체 잠제의 경우는 저면에서의 와의 변화가 발생하여 구조물 인근에서의 와의 양상이 좀 더 다채롭게 나타난다. 이러한 결과로 비추어 볼 때 1열 벽체 잠제에 비하여 2열 벽체 잠제가 흐름장의 변화를 더욱 다양하게 발생시키며 유속의 감소나 에너지 소산 면에서는 좀더 나은 효과를 보일 것으로 나타난다.

추후 수리실험 및 유사 구조물에 대한 현장관측 등을 통하여 수치실험을 통한 실험 결과가 실제 현상과도 잘 일치하는지에 대한 연구를 수행하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kim, H., B.A. O'conor, Y. Shim.(1994). Numerical modelling of flow over ripples using Sola method, 24th Inter. Conf. on Coastal Eng.
2. 윤석준(2002). 잠제인근에서의 파랑 변형, 석사학위논문, 국민대학교
3. Hirt, C.W., B.D. Nichols, N.C. Romero.(1975). Sola-A numerical solution algorithm for transient fluid flows. Los Alamos Scientific Laboratory of Univ. of California.