

## 진동수로 내장 해수교환방파제의 수로길이 변화에 따른 수위공진 Effects of the Oscillating Water Channel Length on the Water Surface Elevation within Seawater Exchange Breakwater

이달수<sup>1</sup> · 오영민<sup>1</sup> · 전인식<sup>2</sup> · 김창일<sup>2</sup>

Dal Soo Lee<sup>1</sup>, Young Min Oh<sup>1</sup>, In Sik Chun<sup>2</sup> and Chang Il Kim<sup>2</sup>

### 1. 서 론

해수교환방파제 설치로 항내의 수질개선 효과를 기대하려면 방파제를 통해 항내로 순유입량이 발생되어야 한다. 순유입량이 발생되기 위해서는 방파제 전면의 최대수위 또는 평균수위가 증대되거나 방파제의 도수로 내에서 항외측으로 발생하는 흐름을 감소시켜야 한다.

Fig. 1은 진동수로 내장 케이슨식 해수교환방파제에서 진동수로의 형상을 원호형으로 적용한 예로서 원호수로형 방파제(Circular Channel Breakwater : CCB)라 이름지은 해수교환방파제이다(Lee 등, 1994).

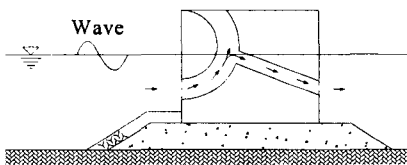


Fig. 1. Schematic layout of circular channel breakwater.

케이슨의 전면부에 진동수로를 설치하고 후면부에는 이 진동수로와 케이슨의 후면벽 사이에 도수파이프를 설치한 신형 방파제 단면의 한 예이다.

도수파이프의 유입구는 정지수면 부근의 높이에 설치되어 방파제 전면에 파곡이 형성될 때 도수파이프를 통한 역류가 감소되는 특징도 있다. 이 형식에서는 내습파의 주기가 진동수로 내 수위의 공진주기와 유사한 경우 진동수로 내에서 공진이 발생하여 수위의 상승폭이 대폭 확대된다. 진동수로 내에서 수위의 상승폭이 증대됨으로 인해 평균수면도 정지수면보다 높게 형성된다. 수리모형실험과 원통형 좌표계를 이용한 선형 이론해석에서 공진주기는 1차적으로 정지수면하에 있는 진동수로의 길이에 따라 결정됨이 확인되었다. 이 방파제의 특징은 파고가 작은 경우에도 해수 유입량이 많으며 현장에서 발생빈도가 높은 파의 주기에 맞추어 진동수로를 설계하면 해수 유입 효율을 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

Fig. 2는 진동수로형 방파제의 또 다른 적용예로서 시공성을 감안해 진동수로의 벽면 형상을 꼭

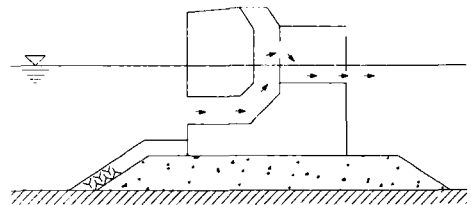


Fig. 2. Schematic layout of oscillating water channel breakwater.

1 한국해양연구원 연안·항만공학연구본부 (Coastal and Harbor Engineering Research Center, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, Seoul 425-744, Korea)  
 2 건국대학교 토목공학과 (Dept. of Civil Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea)

선이 아닌 직선들로 구성된 예를 보여준다.

이창훈 등(1999)과 이달수 등(2002)은 진동수로의 형상이 원호형이 아닌 일반적인 경우에 대하여 수위 공진에 관한 선형식을 유도하였으며 이를 이달수 등(1999)의 규칙파와 불규칙파 실험결과와 비교함으로써 실험에서의 공진주기는 선형식으로 예측한 공진주기보다 15 ~ 20% 큼을 발견하였다. 그리고 진동수로의 중심을 따른 단면적의 변화가 없을 때에 공진주기  $T_r$  는 다음 식(1)로 표시됨을 확인하였다. 식(1)에서  $l$  은 진동수로의 수면하 부분의 길이,  $g$  는 중력가속도이다.

$$T_r = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

식(1)에서 보면 공진주기는 진동수로 수면하 부분의 길이  $l$  의 평방근에 비례한다. 즉, 공진주기를 증가시키기 위해서는 진동수로의 길이를 대폭 증대시켜야 한다. 현장에서 진동수로의 길이를 증가시키려면 1차적으로 케이슨의 수면하 높이를 증가시키는 방법이 있다. 그러나 수심이 얕은 입지에서는 이 방법을 사용할 수 없다. 따라서, 케이슨의 폭을 증가시킴으로써 진동수로의 수면하 길이를 증가시키는 방법이 필요하다.

이전 연구결과들은 진동수로의 길이에 변화를 주지 않은 상태에서 공진현상과 유입특성을 규명하였다. 그러나 설계기술자의 입장에서는 이렇게 케이슨의 폭을 증가시킴으로써 진동수로의 길이를 증가시켜도 공진현상이 왜곡되지 않는가 또는 진동수로의 길이가 증가될 경우 수위 상승폭은 어떻게 변하는가는 매우 중요하며 실험으로 확인이 되어야만 설계에 채택할 수 있을 것이다. 본 실험은 이러한 의문에 답을 주기 위해 수행된 것이다. 공

진현상에 증점을 두기 위하여 진동수로 내장 방파제에서 도수파이프는 설치하지 않았다.

## 2. 실험조건

실험수로의 제원은 길이 53m, 높이 1.25m, 폭 1.0m이며 실험수심은 조파기 위치에서 55cm, 방파제 위치에서는 41.6cm이다. 수조의 저면경사는 방파제 전면에서 조파기 방향으로 가며 1/70, 1/10로 하였다.

Fig. 3에서 보여주듯이 수조의 폭을 6:4로 분할하여, 폭 60cm의 광수로에 모형을 설치하였다. 파고계 7개를 다음과 같은 용도로 사용하였다.

- W1 : 바닥이 평평한 구간에서 입사파의 계측
- W2 ~ W4 : 광수로에서 입사파와 반사파의 분리
- W5 : 케이슨 전면에서 파를 계측하여 월파를 검토
- W6, W7 : 진동수로 내의 수위 계측

Fig. 4는 수평성분의 길이가 서로 다른 진동수로 2개를 동시에 내장한 케이슨의 단면을 나타낸다. 진동수로 내의 침투 수위를 계측하기 위해 진동수로는 케이슨의 마루보다 상방향으로 높게 연장하였다. 진동수로 유입구는 장방향으로 한 변의 크기는 10cm이다.

두 진동수로의 중심축을 기준으로 정지수면 아래 부분의 길이는 단수로가 30cm, 장수로가 47cm이다. 식(1)을 이용해 진동수로 내의 이론 공진주기를 계산하면 수면하 부분의 길이가 30cm인 단수로에서는 1.1초, 47cm인 장수로에서는 1.38초이다.

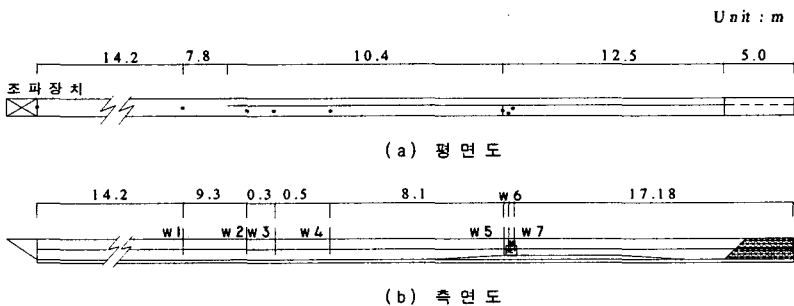


Fig. 3. Experimental facilities.



Fig. 6으로부터 다음 사실을 발견할 수 있다.

- ① 진동수로 내의 무차원 상승고는 진동수로의 길이가 길면 따라서 커진다.
- ② 파고에 대한 최대 수위 상승고의 비는 진동수로 유입구의 크기가 증가하면 증가한다. 본 실험에서는 진동수로 유입구의 단면적의 크기를 변화시키지 않았지만 다른 목적으로 수행된 실험결과들을 상호 비교할 때 이러한 결론은 사실과 부합함을 알 수 있다(이달수 등, 1999; 2002).
- ③ 무차원 상승고는 파고가 감소하면 증가한다. 이로부터 진동수로 내장 해수교환방파제는 현장에서 발생빈도는 높으나 파고가 작은 평상파에서 해수의 유입효율을 증대시키고자 할 때 유리한 형식임을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 길이가 다른 진동수로가 설치된 방파제를 대상으로 규칙파를 이용한 수리모형실험을 수행하였다. 이로부터 다음과 같이 현장의 해수교환방파제를 설계할 때에 해수의 유입량을 증대시키기 위하여 반드시 고려하여야 할 중요한 사실들을 발견하였다.

- ① 수위 상승의 첨두값은 진동수로의 길이에 관계없이 각 이론 공진주기보다 약 10% 큰 범위 이내에서 예측되어 진동수로의 수평성분을 증가시키므로써 공진주기를 증가시키는 방법은 설계에서 사용 가능한 방법임을 확인할 수 있었다.
- ② 무차원 수위상승고의 값들이 파의 주기가 매우 짧은 경우를 제외하고는 항상 1.0보다 크다. 이는 진동수로 내에서의 수위의 상승은 상승고가 작은 경우에도 직립벽에서의 처움보다 작지 않음을 의미한다.
- ③ 진동수로 내의 무차원 상승고는 진동수로의 길이가 증가하면 따라서 증가한다.
- ④ 파고에 대한 최대 수위 상승고의 비는 진동수로 유입구의 크기가 증가하면 증가한다.
- ⑤ 무차원 상승고는 파고가 감소하면 증가한다. 이로부터 진동수로 내장 해수교환방파제는 현장에서 발생빈도는 높으나 파고가 작은 평상파에서 해수의 유입효율을 증대시키고자 할 때 유리한 형식임을 알 수 있다

#### 감사의 글

본 연구는 해양수산부의 연구과제 “해수교환 방파제의 실용화 연구(Ⅲ)” 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 이달수 등, 1999. 해수교환 방파제의 실용화 연구(I), 해양수산부(연구기관: 한국해양연구원).
- 이달수 등, 2002. 해수교환 방파제의 실용화 연구(IV), 해양수산부(연구기관: 한국해양연구원).
- 이창훈, 이달수, 1999. 해수교환방파제의 L자형 수로에서의 수위의 공진: 1. 이론 및 규칙파 실험. 대한토목학회 논문집, 19(II-5): 645-651.
- 이달수, 이창훈, 2002. 해수교환방파제에 L자형 수로에서의 수위공진: 2. 불규칙파실험, 대한토목학회논문집, 22(II-B): 181-187.
- Lee, D. S., Park, W.S. and Kobayashi, N., 1994. Circular channel breakwater to reduce wave overtopping and allow water exchange. *Proc. 24th Int. Conf. Coastal Eng., Kobe*, pp. 1373-1387.