

항내 해수교환시설에 관한 효과검토 Analysis of the Effect on Sea-water Exchange Facilities in a Harbor

윤성진¹, 김규한², 송만순³, 김효섭⁴
Seong-Jin Yoon¹, Kyu-Han Kim², Man-Soon Song³ and Hyo-Seob Kim⁴

1. 서 론

방파제는 외해로부터의 파에너지를 차단함으로써 정온한 배후수역을 조성하기 위하여 건설된다. 그러나, 불투과성 방파제로 조성된 항내수역은 폐쇄성 수역이 되고, 특히 항내측의 수질환경이 악화될 가능성이 크게 된다. 즉, 항내의 유기물질이 외해로 잘 유출되지 못하고 항내에 누적되기 때문에 항내수질은 더욱 악화된다.

이에 대한 대책으로서 항만 및 어항에서는 기존에 설치되어 있는 방파제에 해수교환 구간을 설치하여 항외로부터 항내로 유량을 공급시킴으로써 항내수질을 개선시키는 방법을 다수 적용하고 있다. 그러나, 항내로부터의 부하량이 증가하여 항내유입량으로는 부족한 경우 및 항내의 일부구간만 해수소통이 이루어지고 있는 경우에는 항내의 수질개선에 있어서 충분한 역할을 하지 못하는 경우이므로 추가적인 방법이 도입될 필요가 있다.

이러한 경우에는 항내의 수질개선을 위하여 기존의 해수교환 시설에 추가시설을 설치해야 하며, 본 연구에서는 주문진항의 항내측에 다기수로를 설치함으로써 항내에 존재하는 폐쇄수역을 감소시키고 항내의 해수교환 기능을 개선시키는 효과에 대하여 검토를 수행하였다.

2. 수리 모형 실험

2.1 실험기기

본 평면수리모형실험은 관동대학교 첨단해양공간개발연구센터의 다방향 불규칙조파장치가 설치된 대형 평면수조에서 수행하였다. 본 실험에 사용된 조파장치는 일방향 규칙파 및 불규칙파, 다방향 불규칙파의 조파가 가능한 사형(Snake type) 조파장치이다. 수조는 32m(길이)× 39m(폭)× 1.5m(높이)이다. 최대파고는 0.4m 재현주기는 0.5sec~5.0sec 이다.



Fig. 1. Wave Basin



Fig. 2. Multi Directional Wave Generation

1 관동대학교 첨단해양공간연구센터 선임연구원
2 관동대학교 토목공학과 교수
3 (주)건화 항만부 부회장
4 국민대학교 건설시스템공학부 교수

계측기기로서는 입사파고를 계측하기 위하여 용량식파고계를 이용하였으며, 기존시설의 도수관과 다기수로 관내의 유속을 계측하기 위하여 2차원 전자유속계를 이용하였다. 또한, 디지털 캠코더 및 카메라를 이용하여 실험과정을 모니터링 및 화상해석 시에 사용하였다.

2.2 실험축척 및 모형제작

실험에서는 해저지형 및 모형구조물의 축척을 1/60로 선정하여 재현하였다.

실험재현 범위는 Fig. 3에 나타내는 바와 같으며, 수심재현에 있어서는 수조바닥에 수심 Contour를 재현하고 높이를 표시한 후에 각 수심별로 표시된 높이까지 모래를 채우고, 그 위에 약 3cm 두께의 시멘트 몰타르로 마무리작업을 하여 고정상을 제작하였다.

2.3 실험조건

Table 1에 실험조건을 나타내었다. 평면안에 대해서는 현재상태를 포함하여 7개안에 대한 실험을 수행하였으며, 파고는 0.7m~3.0m, 주기는 5.0sec~15.0sec, 파향은 ENE~ESE, 조위는 MSL~DL(+1.2m)의 조건에서 다양한 수리특성에 대하여 유입유량의 특성을 파악하는 실험을 수행하였다.

Table 1. Experimental Condition

	실험 조건
평면안(7)	현재상태 및 다기수로 6개안
파 고(4)	0.7m, 1.0m, 2.0m, 3.0m
주 기(5)	5.0sec, 7.5sec, 10.0sec, 12.5sec, 15.0sec
파 향(5)	ENE, N80E, E, S80E, ESE

Table 2에는 기존의 월류제(No.1) 및 다기수로(No.2~6)의 위치를 나타내고 있으며, 각 번호의 위치는 Fig. 3에 나타낸 바 있다. No.1의 경우는 현재상태를 나타내고 있으며, No.2~No.6은 다기수로의 유출위치를 나타내고 있다. 기존의 해수교환시설(No.1)을 통해 항내로 유입되는 도수관은 6기가 있으며, No.1만을 개방하는 경우는 도수관 6개를 모두 사용하였고, No.1을 사용하지 않을 경우에는 다기수로측으로 도수관 6개를 모두 사용하였다. 또한, 기존시설과 다기수로를 병용할 경우에는 도수관과 다기수로 각각 3기씩을

나누어 사용하였다.

Table 2. Position of Opened Outlet

CASE	유출위치
Case-00	1
Case-01	2, 4, 5, 6
Case-02	2, 3, 5, 6
Case-03	1, 3, 5, 6
Case-04	1, 4, 5, 6
Case-05	2, 3, 4, 5, 6
Case-06	3, 4, 6

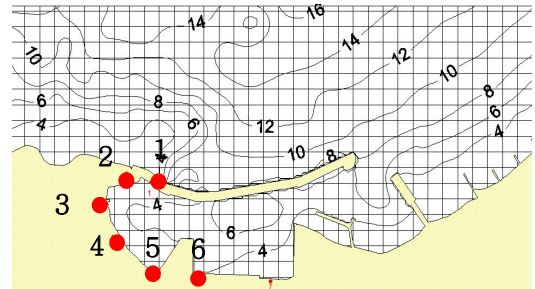


Fig. 3. Opened Position of Outlet.



Fig. 4. Sea-water Exchange Facilities

2.4 실험방법

실험방법은 이하와 같은 방법으로 수행하였다.
 ①조파시작 (항내에 일정흐름이 발생할 수 있도록 20분간 조파함), ②15분 경과 후, 동영상 촬영 개시, ③20분 경과 후, 관내에 염료 투입 (동일농도, 동일량), ④실험 중 관내의 유속 계측 ⑤염료추적이 불가능하거나, 염료가 항입구부에 도달하면 조파 중지, ⑥동영상 촬영 중지

3. 화상해석방법

3.1 해석개요

실험방법 및 결과해석의 순서는 다음과 같다.

① 염료를 대상영역에 투입한다. ② Video camcorder를 가능한 한 연직에 가깝게 고정시키고 대상영역을 촬영한다. ③ 사영변환 시에 필요한 표정점의 위치를 표시하고 Local좌표를 계측한다. ④ 촬영한 영상을 디지털데이터화하여 일정시간간격의 수치정사영상을 획득한다. ⑤ 획득한 영상을 Local좌표를 이용하여 연직수치정사영상으로 보정한다. ⑥ 연직수치정사영상에서 염료의 움직임을 해석함으로써 항내에서의 흐름pattern을 파악한다.

3.2 연직수치정사영상

해석결과의 정밀도를 높이기 위해서는 대상영역의 연직에서 촬영된 영상이 필요하지만 연직영상을 획득하기는 쉽지 않다. 가능한 연직사진에 가까운 경사진 영상으로 촬영한 후 사영변환을 통하여 연직수치정사영상을 획득하게 된다.

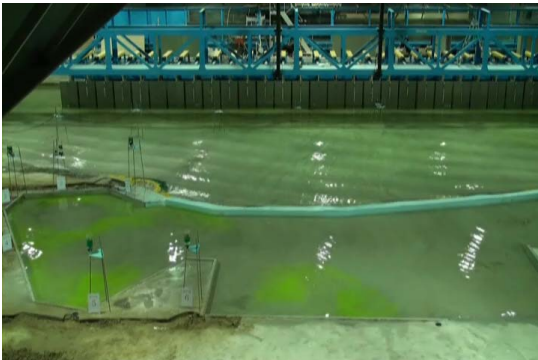


Fig. 5. Picture before Projective Transformation

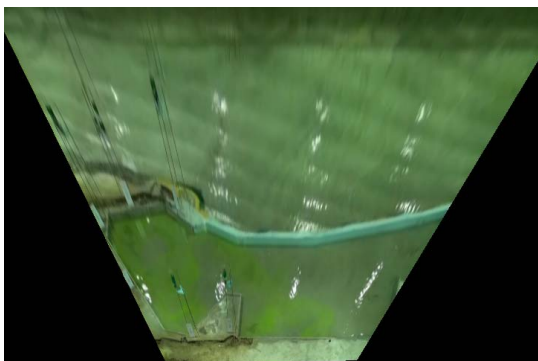


Fig. 6. Picture after Projective Transformation

4. 결 과

유입유량은 전자유속계를 이용하여 계측한 관내의 유속에 관의 단면적을 곱하여 산출하였다.

각 케이스별 유입유량을 비교해 보면 기존시설의 경우가 유입유량이 가장 많은 것으로 나타나고 있으며, 기존시설과 다기수로를 병용하는 경우, 다기수로만을 이용하는 경우 순으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한, 다기수로의 개방수가 증가할수록 유입유량은 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 7에는 파고 H=2.0m, 주기 T=7.5sec, 조위는 MSL인 경우의 파향별 유입유량값을 나타내었다. 월류제의 거의 직각방향으로 입사되는 파향인 ESE의 경우에 유입유량이 최대로 나타나고 있으며, ENE파향으로 갈수록, 즉 측방입사가 될수록 유입유량은 점점 감소하는 것을 알 수 있다.

Fig. 8에는 주기 T=7.5sec, 파향 ESE, 조위 MSL인 경우의 파고별 유입유량값을 나타내었다. 파고가 증가할수록 유입유량도 증가하는 경향을 보이고 있으며, 파고가 비교적 작을 경우(0.7m, 1.0m)에는 유입유량이 현저히 감소했다가, 일정 파고(2.0m, 3.0m) 이상이 되면 유입유량이 상당히 증가되는 것을 알 수 있다.

Fig. 9에는 H=2.0m, 파향 ESE, 조위 MSL인 경우의 주기별 유입유량값을 나타내었다. 주기가 10.0sec인 경우에 최대값을 나타내고 있으며, 주기가 짧아지거나 길어질수록 유입유량은 점점 감소하는 경향을 나타내고 있다.

Fig. 10과 11에는 해석이 완료된 영상자료를 이용하여 5분~30분 이미지를 5분간격으로 Overlap시킨 것이며, 각각 현재안과 Case-03의 확산범위 및 확산시간을 나타내고 있다. 다기수로를 이용하는 경우에 확산범위가 증가하는 것을 알 수 있다.

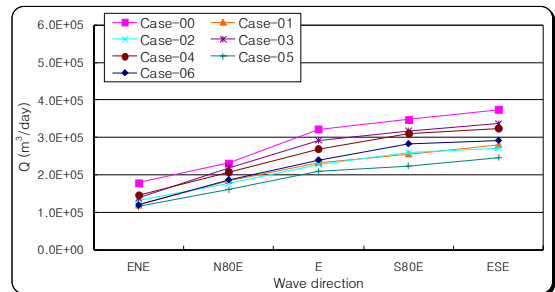


Fig. 7. Result of Discharge by Wave Direction (H=2.0m, T=7.5sec, MSL)

5. 결 론

평면수리모형실험을 이용하여 기존의 해수교환 시설을 재현하고, 기존시설과 다기수로를 병용하는 안 및 다기수로만을 사용하는 안에 대한 해수 교환 검토를 수행하였다.

관내유속 계측에 의한 유입유량을 비교한 결과, 기존시설(No.1)만을 open하는 경우가 유입유량이 가장 많았으며, 기존시설과 다기수로를 병용하는 안, 다기수로만을 사용하는 안의 순으로 유입유량이 감소하는 것을 확인하였다.

염료를 투입한 후 화상해석에 의해 확산면적 및 항입구부 도달시간을 비교한 결과, 기존시설과 다기수로를 병용하는 안(Case-03, 04)이 가장 우수하였으며, 기존시설만을 이용하는 경우에는 폐쇄수역이 발생하고, 다기수로만을 사용하는 경우에는 항입구부까지의 도달시간이 지연되는 것을 확인하였다.

따라서, 기존의 해수교환시설의 일부를 다기수로를 이용하여 항내의 폐쇄수역에 흘려보내는 방법에 의해 항내수질 개선에 효과가 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구의 일부는 RIC 사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Aarninkhof, S.G. J., P. C. Janssen and N. G. Plant (1997). Quantitative estimation of bar dynamics from video images, Proceedings of Coastal Sediment '97, ASCE, 365-374.
- Macaskill, C. (1979). Reflexion of water waves by a permeable barrier, J. Field Mech., Vol.95, Part1, 141-157.
- Yoshihiro O.(2008). Mass transport induced flow in seawater exchange structures with perforated wall, Proceedings of the 31st International Conference, ASCE, 3509-3521.

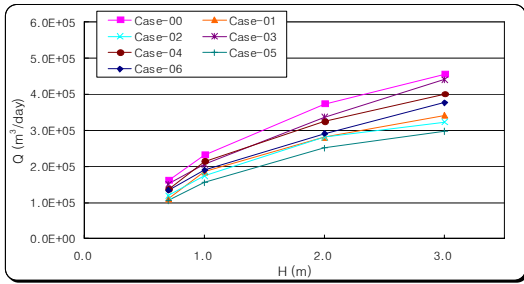


Fig. 8. Result of Discharge by Wave Height (T=7.5sec, Dir.=ESE, MSL)

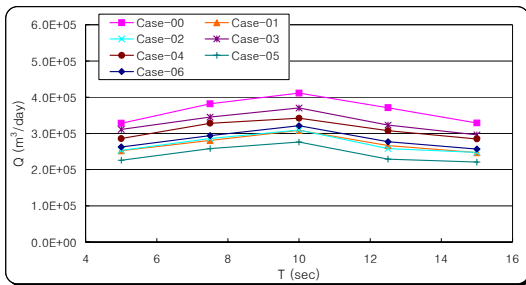


Fig. 9. Result of Discharge by Wave Period (H=2.0m, Dir.=ESE)

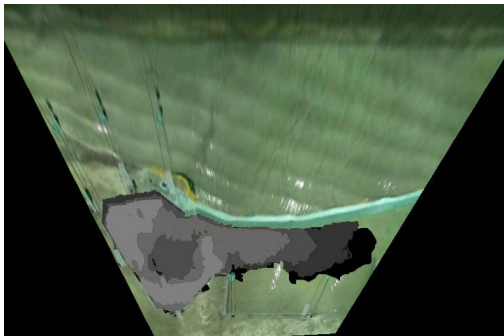


Fig. 10. Result of Tracking (Case00, 5~30min)

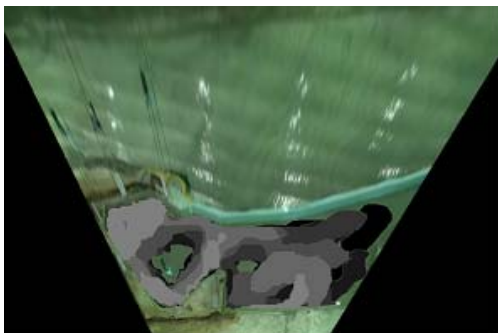


Fig. 11. Result of Tracking (Case03, 5~30min)