

해수유통시설에 따른 대흑산도항 오염확산양상 변화 Changes of Pollutant Dispersion Mechanism by Facilities for Seawater Exchange in Daehauksando

고진¹, 문승록², 박선중³, 강주환⁴, 박형섭⁵

Jin Ko¹, Seung Rok Moon², Seon Jung Park³, Ju Whan Kang⁴ and Hyung Seop Park⁵

1. 서 론

대흑산도는 전라남도 신안군 흑산도에 위치하며 목포항으로부터 98km 거리의 서남해상에 있는 섬으로 대흑산도항은 우리나라 서남해의 도서에 위치하며, 행정구역상 전라남도 신안군 흑산면에 속해 있다. 대흑산도항은 신안군 흑산면 대흑산도의 북측에 위치하여 동측으로 예리, 남측에 진리, 서측에 읍동, 북측에 영산도로 둘러싸여 있으며, 인근해상에서 조업하는 선박의 어업전진기지 및 피난항으로서의 역할과 서남해안 안보의 요충지로 뿐만 아니라 인근 흥도를 비롯한 다도해 관광권역의 중심지로 발돋움하고 있다.

대흑산도항은 노후화안 및 개발계획이 수립되어 있지 않은 수제선에 대하여 체계적인 보수·정비를 통한 안전사고예방 및 친수공간을 확보하고, 대흑산도항 주변여건을 고려한 항내의 수질 개선을 위한 시설과 기존항만 시설의 노후부분에 대한 정비계획을 수립하여 최적의 항만 공간을 조성하기 위해 최근 다양한 공사가 시공중에 있다. 대흑산도항은 그림 1과 같은 굴입형으로 이루어진 지형의 항구로 해수교환이 거의 이루어지지 않고 있어 항내에서 발생하는 생활하수와 가두리 양식장 등에서 발생하는 오염원이 항내 수질을 점차 악화시키고 있다. 따라서 항내에 신선한 해수가 유입될 수 있도록 하기 위하여 외영산 방파

제와 중앙 방파제의 해수유통시설이 필요하다고 판단되어 외영산 방파제 일부를 절개하여 해수유통을 하고 있으며, 추가적으로 중앙 방파제의 해수유통시설의 위치를 선정하고 있다. 본 연구에서는 외영산 및 중앙 방파제의 해수유통시설에 따른 해수유통 변화와 오염 확산양상의 변화를 고찰하고자 한다. 이를 위해 일부 내륙을 포함한 광역 수심도, 대흑산도를 포함하는 세부역 수심도 그리고 대흑산도항을 자세하게 표현한 세세부역의 수심도를 생성하였고 MIKE 21의 동수역학 및 이류분산모형을 사용하여 수치모의를 실시하였다.

2. 해수유통시설 수치모의

대흑산도 인근에는 삼태도, 흥도 등의 크고 작은 도서가 산재해 있으며 서해안의 주요항으로 통항하는 대형선박의 항로상에 위치하고 있다. 대흑산도항은 대조차 2.84m, 평균조차 2.12m, 소조차 1.40m를 보이고 있으며, 대체적으로 창조류가 낙조류보다 우세하며 창조류는 북~북서류, 낙조류는 남~남서류가 주류를 이루고 있다. 흑산도 남동해역에서의 조류 형태는 반일주조로서 하루에 2회의 창조류와 낙조류가 규칙적으로 일어난다.

1 가산토건(주)

2 목포대학교 토목공학과 박사수료

3 목포대학교 토목공학과 석사과정

4 목포대학교 토목공학과 교수

5 대림산업(주) 기술연구소 차장

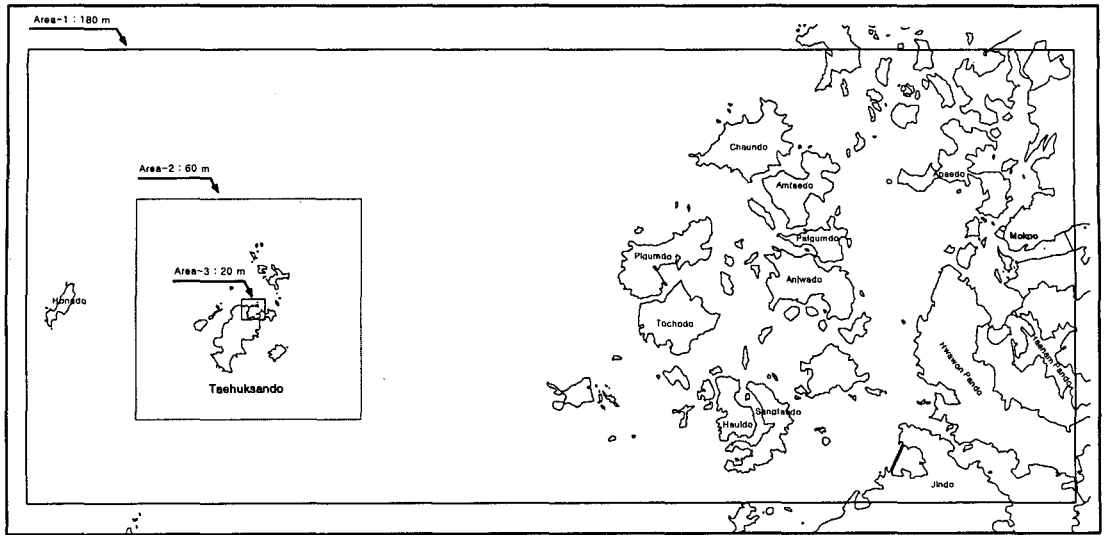


Fig. 1. 대흑산도 해역도

대흑산도항의 기존 시설물인 외곽시설로서 방파제가 1,338m가 설치되어 있는데, Fig. 2에 나타난 예리와 진리의 해안부근에 많은 어업권과 생활권이 분포되어 있어 이러한 방파제가 항내 오염을 더욱 가속화시키고 있다. 1987년에 내영산도 방파제 중앙 50m를 절개하여 해수유통시설로 활용하고 있으며, 추가적으로 외영산도 방파제와 중앙방파제에 해수유통시설을 설치하는 것이 항내 해수교환에 유리할 것이라는 예상으로 두곳의 해수유통시설을 실시 및 계획 중에 있다.

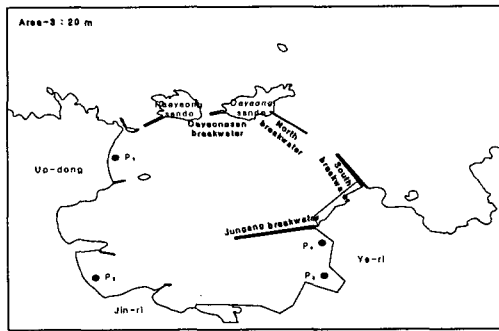
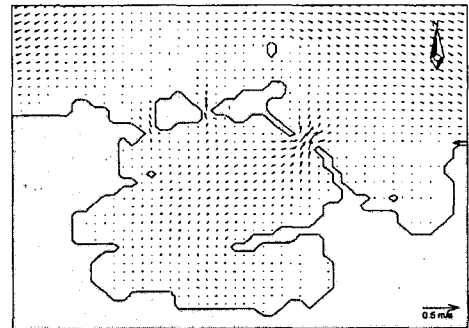


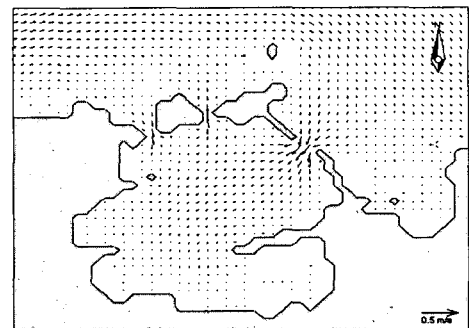
Fig. 2. 대흑산도항 세세부역

Fig. 2에 도시한 바와 같이 외영산 방파제 서측 말단부에 50m의 해수유통구를 설치 하였으며, 중앙 방파제는 동측(Case-1)과 중앙(Case-2)에 각각 50m 해수유통구를 설치하는 안과 서측 중점부에서 100m를 절개(Case-3)하는 경우에 대한 해수유통효과를 파악하고자 한다. 이처럼 해수유통

구의 규모가 50m~100m이므로 그림 1과 같이 대흑산도를 포함하는 세부역 수심도(Area-2)와 대흑도항을 세밀하게 나타난 세세부역 수심도(Area-3)를 통하여 변화양상을 고찰하였다.



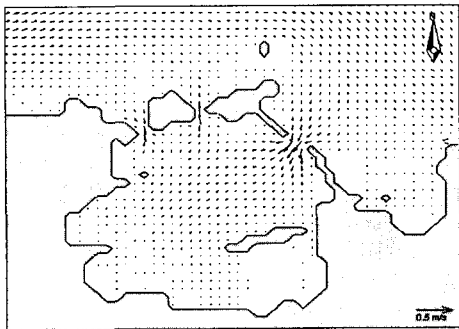
(a) 창조시



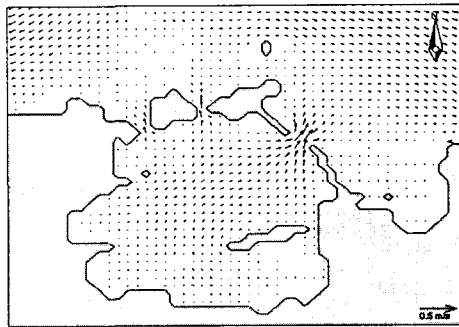
(b) 낙조시

Fig. 3. 대흑산도항 세세부역 모형의 창·낙조시 최강조류속

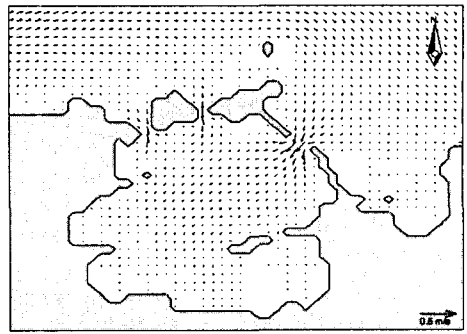
광역, 세부역 및 세세부역의 격자간격은 x, y 방향 각각 200m, 60m, 20m로 설정하여 세세부역에서는 해수유통구가 2개 이상의 격자에서 나타날 수 있도록 하였다. 세부격자에 따른 모의시간을 최소화하고 경계조건의 적절한 적용을 위해 두 단계로 나누어 수치 모의를 실시하였다. 먼저 광역 모형에 대하여 주요 인근해역의 조화상수를 활용하여 시행착오를 통해 광역모형의 외해 경계조건을 선정하였으며, 광역의 모의 결과로부터 'transfer boundary' 기능을 통해 세부역 경계조건에 해당하는 선계열 자료를 획득하였다. 이렇게 획득된 경계조건은 세부역에 적용함과 동시에 'nested grid' 기능을 활용하여 세세부역과 함께 모의가 가능하도록 하였다. 이러한 적용을 통하여 모의시간 뿐만 아니라 세부역과 같이 수심변화가 급격한 곳에서의 모의를 가능케 하였다. 그림 3은 언급한 수치 모의 방법과 시행착오를 통해 얻은 대흑산도항 세세부역에서 창·낙조시 최강조류속으로 현재상황에 대한 항내·외의 양상을 잘 나타내고 있다.



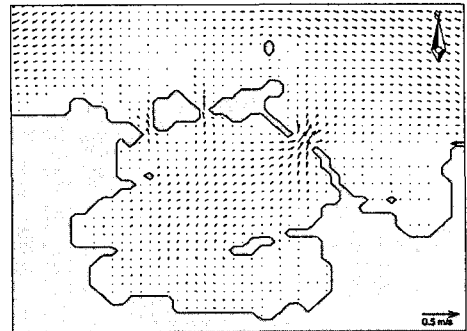
(a) Case-1 (창조시)



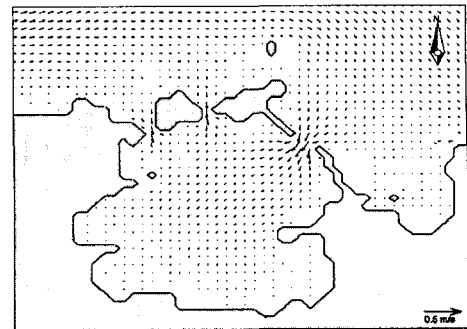
(b) Case-1 (낙조시)



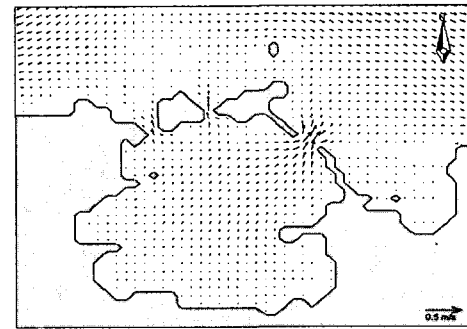
(c) Case-2 (창조시)



(d) Case-2 (낙조시)

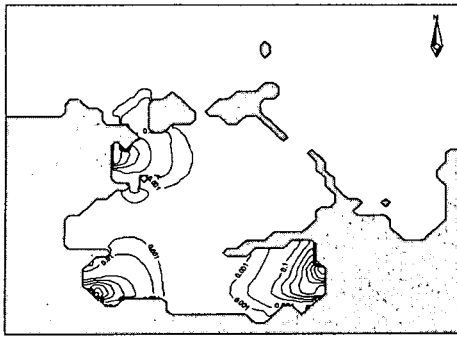


(e) Case-3 (창조시)

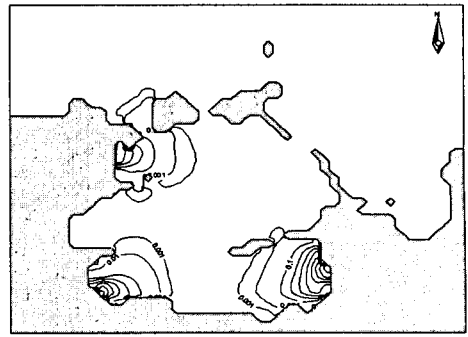


(f) Case-3 (낙조시)

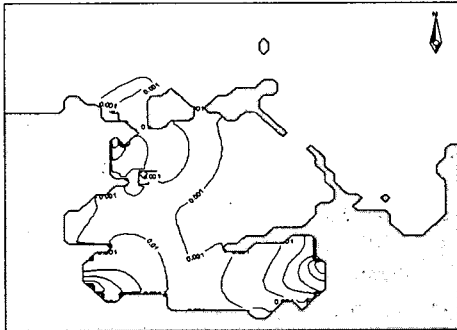
Fig. 4. 중앙방파제 해수유통구에 따른 창·낙조시 벡터도



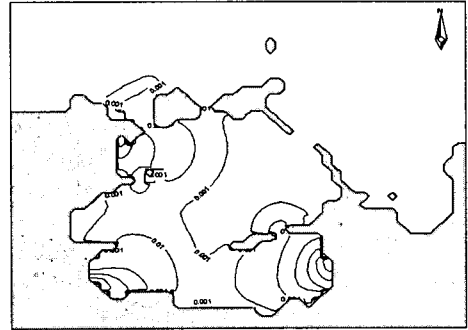
(a) 현재상태 (1.5hr)



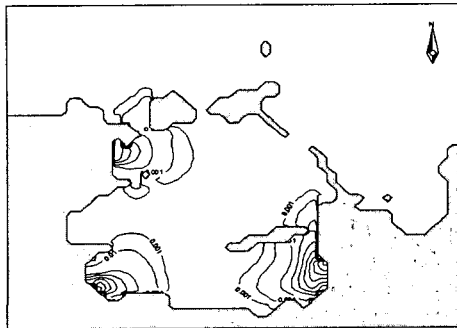
(e) Case-2(1.5hr)



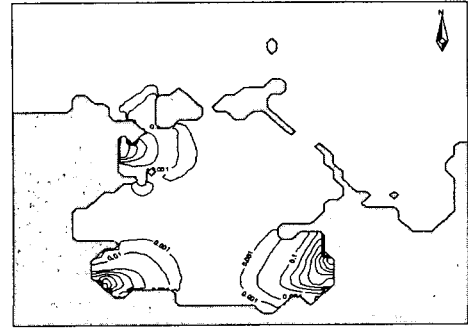
(b) 현재상태 (3.0hr)



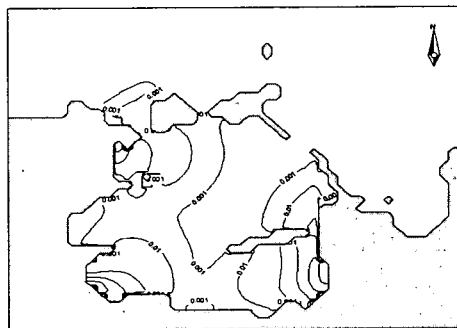
(f) Case-2(3.0hr)



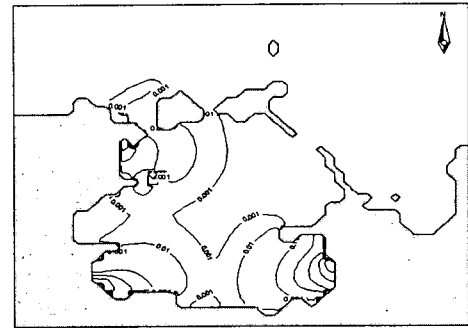
(c) Case-1(1.5hr)



(g) Case-3(1.5hr)



(d) Case-1(3.0hr)



(h) Case-3(3.0hr)

Fig. 5. 각 Case별 시간에 따른 변화양상

3. 오염확산양상 변화

대흑산도항의 중앙방파제 Case-1, Case-2, Case-3의 해수유통구 설치시 각각에 대한 창·낙조시 유속벡터도는 Fig. 4와 같다. 절개부분의 유속은 타지점에 비해 비교적 크게 나타나고 있으며 그 영향 범위는 그림과 같이 각 경우에 따라 조금씩 차이를 보이고 있다. 특히 중앙 방파제 서측의 유속은 모든 경우에서 감소하고 있다.

대흑산도항의 중앙 방파제 해수유통시설에 따른 각 Case별 해수유통 모의 결과를 바탕으로 흑산도항 내부의 오염물 확산의 정성적인 분석을 위해 동일한 입력조건으로 수치모의를 실시하여 각 Case별 오염물질 확산양상의 변화를 고찰하였다. 이를 위해 양식장 및 주거지역이 밀집되어 있어 생활하수등의 오염원 유출이 많은 업동(Fig. 2, P₁), 진리(Fig. 2, P₂), 예리(Fig. 2, P₃, P₄) 지역에 초기농도 1의 순간농도만을 부여하여 해수유통에 따른 확산의 양상만을 파악하였다. 분산계수는 흐름밀도에 비례하여 X, Y 양방향 모두 최소 0m²/s, 최대 10m²/s로 변화하도록 부여하였다. 이에 해당하는 무차원 확산계수는 최대 0.044이며, 이는 분산안정조건(<0.5)을 만족시킨다.

중앙방파제의 현재상태와 방파제 중앙 및 서측 절개안인 Case-2, Case-3의 경우 1.5hr 및 3.0hr 경과 후 확산범위에는 큰 차이가 없었으며, 오염농도 또한 P₁의 경우 0.46→0.29, P₂의 경우 0.65→0.36, P₃ 및 P₄ 지점에서는 0.87→0.60으로 감소하였다. Case-3안의 경우 3.0hr 경과후 진리인근해역의 확산범위가 다른 Case에 비해 넓게 나타난 것을 제외하고 오염원 확산에는 큰 차이를 보이지 않았다.

중앙방파제 내측절개안인 Case-1의 경우 P₁ 및 P₂ 지점에서의 확산양상과 오염농도는 다른 Case와 유사하게 나타났으나, P₃ 및 P₄ 지점에서는 큰 차이를 나타내고 있다. 1.5hr 경과후 P₃지점의 오염농도는 0.82, 오염원의 확산은 남방파제 중간부까지 영향이 나타나고 있으며, 3.0hr 경과후 오염원의 확산은 남방파제 끝단까지 확산되었으며, 오염농도 또한 0.40으로 가장 빠른 감소를 나타내고 있다.

4. 결 론

대흑산도항은 지형적 요인에 의해 해수교환이 거

의 이루어지지 않고 있어 항내에서 발생하는 생활하수와 가두리 양식장 등에서 발생하는 오염원이 항내 수질을 점차 악화시키고 있다. 따라서 해수유통시설의 필요성이 부각되어 공사가 진행 및 계획 중에 있어, 본 연구에서는 해수유통시설에 따른 해수유통 변화와 오염 확산양상의 변화를 고찰하였다.

중앙방파제 해수유통구에 따른 각 Case별 유속 변화는 절개부분에서 타지점에 비해 전체적으로 증가하는 양상과 함께 그 범위는 각 Case별로 조금씩 차이를 보이고 있으며, 중앙 방파제 서측의 유속은 모든 Case에서 비슷한 감소 양상을 나타내고 있다. 오염확산양상은 중앙방파제 서측 절개안인 Case-1의 경우 현재 오염이 가장 심각한 P₃ 및 P₄ 지점의 조류속 증가와 오염농도확산에 큰 변화를 보인 반면, Case-2와 Case-3의 경우 흑산도 내부의 오염농도확산에는 큰 영향을 주지 못하고 있다.

대흑산도를 포함한 서남해안에는 많은 섬이 산재해 있으며, 많은 항이 지형적 및 다양한 원인으로 인해 오염 문제를 내재하고 있다. 이러한 문제를 해수유통시설을 통하여 해결하고자 하는 노력이 있는데, 비용문제 뿐만 아니라 해수유통이 될 지점간의 조류특성이 대부분 상이하므로 보다 과학적인 방법을 통해 예측할 수 있는 체계가 필요할 것이며, 주요 지점에 대한 지속적인 모니터링을 실시하여 현재 상황에 대하여 정확하게 이해할 수 있어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10164-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- 목포지방 해안수산청 (2001). 대흑산도항 정비·시설계용역보고서.
- 목포지방 해안수산청 (2001). 홍도항 선착장 및 호안도로실시설계용역보고서.
- 목포지방 해안수산청 (2003). 목포신외항 기본설계용역보고서.
- 신안군 (1997). 흑산면 하수도 정비계획 보고서
- 해양수산부 (1997). 부산신항 개발사업 환경영향평가서.