

새만금 신항 계획안에 따른 토사매물의 초기추정 Preliminary Estimates of Sedimentation for Saemangeum New Port Plan

최병호¹, 이한수²

Byung Ho Choi¹ and Han Soo Lee²

1. 서 론

15여년 전 수립된 새만금 신항 건설 계획이 입각하여 기본 및 실시 설계가 수행된 바 있는데 아마도 기술적으로는 타당성이 있는 것으로 보고된 것으로 여겨진다. 황해의 동측해역인 서해안에 항구를 건설하는 것은 공학적인 입지조건에 있어 적합하지 못한 경우가 많은데 특히 니토퇴적의 문제가 심각하게 발생하였고 또한 발생하고 있는 사례는 큰 규모로는 군산 외항, 건설 중인 군장수포가 있으며 작은 규모로는 범성포, 원평항, 전장포항 등이 심각한 니토퇴적이 일어나 항구로서의 기능이 마비된 곳도 있다. 역사적으로 볼 때 외국에서도 과거의 화려했던 무역활동을 전개하던 항구들이 완전히 매몰된 사례가 많다. 그러나 이러한 사례는 장기적인 매몰에 의한 해저지형변화에 주로 기인하였지만 우리나라 서해안의 경우는 높은 해양에너지 환경(고파와 강조류)의 활발한 등적퇴적 체계에서 비교적 짧은 기간에 이러한 니토퇴적이 발생하여 항구가 제 기능을 발휘하기도 전에 항구의 수명이 다하는 사례가 발생하고 있다. 입지적으로 열악한 해안, 해양 환경이지만 부득이 항만을 건설해야 할 경우에는 심도 있는 조사와 예측방법이 동원되어야 함에도 불구하고 이러한 노력은 현재 간과되고 있는 것으로 보인다. 본고에서는 비교적 간단한 추정방법에 근거하여도 제안되는 새만금 신항의 위치와 배열은 적합하지 않은 것으로 판단되어 지는데 일단 건설된 항구에서의 심각한 니토퇴적 현상의 해결방법이란 별로 없는 것으로 보여 진다.

2. 니토퇴적의 추정 방법

2.1 새만금국지해양조석 시뮬레이터

유한 요소 격자체계를 근간으로 하는 병렬형 황동 중국해 지역 조석 시뮬레이터의 기본모형에 새만금 해역의 고해상도 매쉬를 접합시킨 새만금 조석 시뮬레이터는 현재의 전산체계의 계산능력을 고려할 때 가장 높은 해상도를 갖는 모형이다. 전회의 연구(Choi and Lee, 2003 (a) (b))에서 방조제의 수리적 영향평가와 관련하여 이미 보고 되었는데, 방조제가 완공이 되었을 경우의 조석체계의 교란을 상세하게 제시한바 있으며, 제 4호 방조제의 Gap3의 물막이를 위한 예비 운용 시뮬레이션 과업을 위해서도 적용되었다. 또한 이 모형은 실조석 시간 예보용으로 활용(http://wave.skku.ac.kr/Saemangeum_Forcasing)될 수 있도록 2003년 7월 기간의 유황을 예보한 바 있으며 2006년 끝막이 공사를 위한 유황 예측(Choi and Lee, 2004)을 위해 활용되고 있다. 이 새만금 시뮬레이터의 자세한 이론적 근거 및 구성 체계는 이미 보고된 바 있으므로 여기서는 제술치 않는다. Fig. 1 은 수년 전에 수립이 된 새만금 신항 배열안으로서 신시 배수 갑문의 외측에 위치하는데 복서풍에 의한 해파를 방호하기 위한 방파제가 포함이 되어있다. Fig. 2는 기존의 황동중국해의 조석시뮬레이터에 새만금 해역 부분이 상세하게 해상된 국지시뮬레이터에 항구배열안의 매쉬가 포함된 체계이다. 여기서 금번 신항만 계획실험을 위해서 사용된 유한요소의 크기는 신시, 가력 갑문이 각기 10련과 8련이므로 이를 해상시키기 위해서는 5-6m 의 요소가 적용되고 방파제와 항

1 성균관대학교 토목환경공학과 교수

2 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

만 배열을 사실적으로 묘사하기 위해 30m의 요소가 적용되었는데 전 모형의 노드수는 172772개, 유한요소는 330525개로서 병렬시스템에서 운용되고 있다.

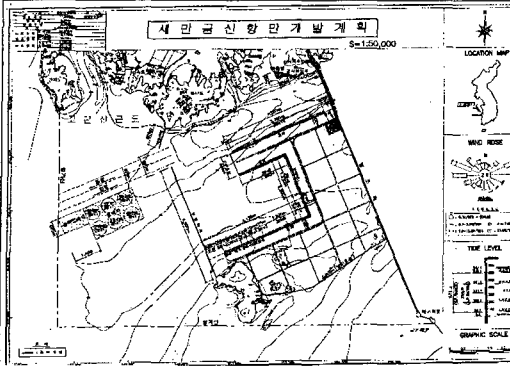


Fig. 1. 새만금 신항만 개발 계획 배열안

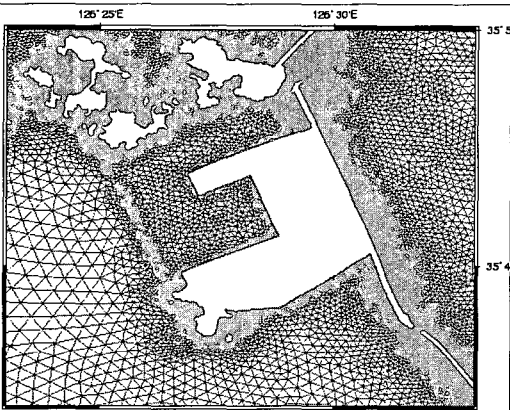


Fig. 2. 황동중국해 지역모형 내에 등지화된 새만금 신항만 계획배열안 주위의 격자

2. 2 평균조석 상황에서의 퇴적 모수 실험

2.2.1 평균조석 실험

기수림이 된 새만금 해역의 M_2 조석 체계에 항구 배열안을 삽입시켜 한 조석주기 동안의 유형을 산정한 결과가 Fig. 3에 제시되고 있다. 현재의 실험에서는 신시와 가력 배수갑문은 해수유통이 되고 있는 상황을 가정하였다. 또한 내부 저매립안은 제외되어 있는 상황이다. 그림에 제시된 바와 같이 항구에서 외해 측으로의 해수유통은 방파제 개구부의 좁은 구간을 통해서만 이루어지는데 주흐름은 신시 배수갑문과 방파제개구부를 연결하는 수로에서 발생하며 항만의 내측의 조류는 상대적으로 아주 약한 흐름이 제시되고 있어 우려할 만한 조류의 유통양상이 일차적으로 제시되고 있다. 즉 항만내역은 해파에 의해 방호되어 정온한 상태가 되어야 하지만 이러한 해파방호시

설(방파제)에 의해 출입하는 조류의 강도가 내측박지역에서 급격히 작아짐으로서 인입된 부유니토토사가 침적하는 사례를 세계적으로 많이 경험하기 때문이다 (예: 함부르크 항(국외), 군산외항(국내)). Fig. 4는 항만이 축소된 경우의 주태음반일주조인 M_2 조석도이다.

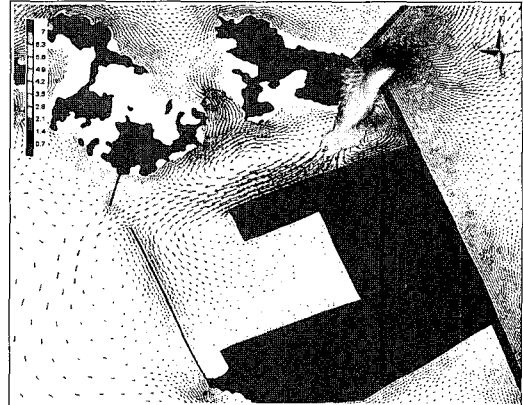


Fig. 3(a). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M_2) 태음시 2시의 흐름상황(m/s)

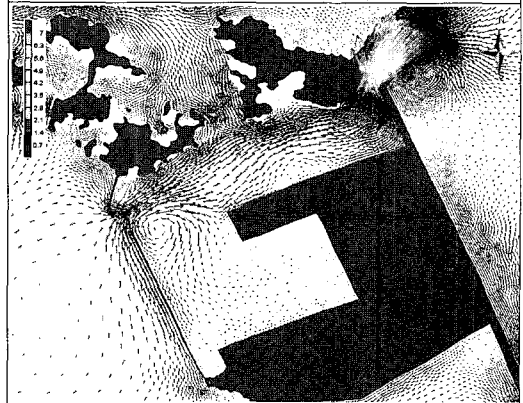


Fig. 3(b). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M_2) 태음시 4시의 흐름상황(m/s)

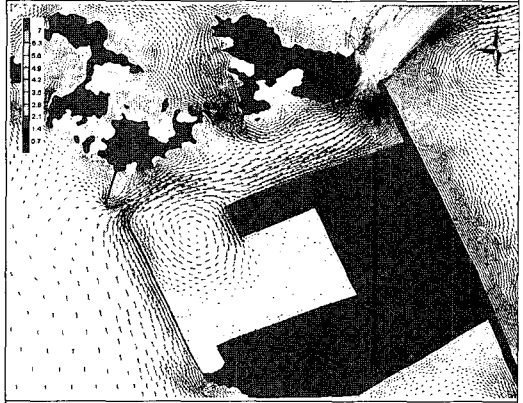


Fig. 3(c). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M_2) 태음시 6시의 흐름상황(m/s)

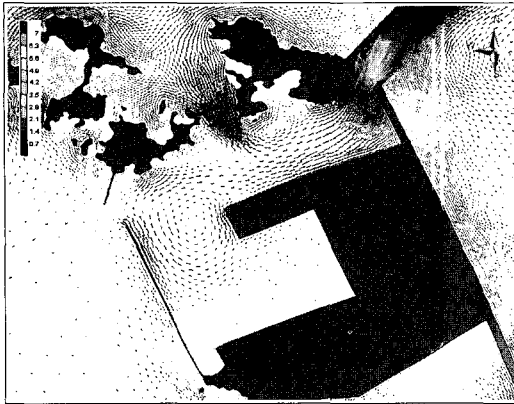


Fig. 3(d). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M₂) 태음시 8시의 흐름상황(m/s)

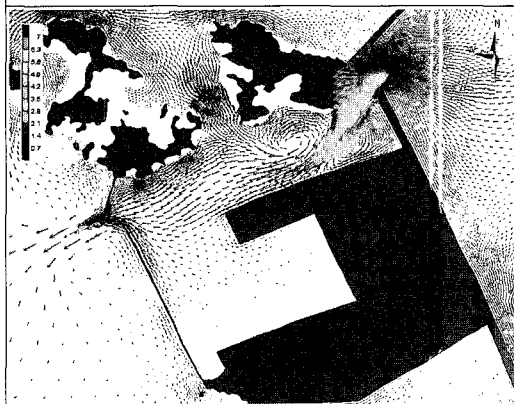


Fig. 3(e). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M₂) 태음시 10시의 흐름상황(m/s)

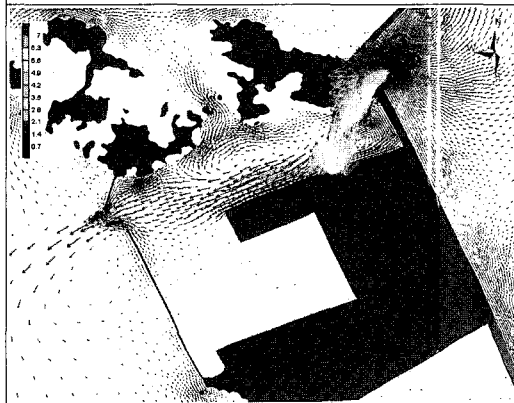


Fig. 3(f). 계획신항 주위의 주태음반일주조(M₂) 태음시 12시의 흐름상황(m/s)

2.2.2 M₂조석 잔차류

조석잔차류는 일정기간의 조류를 평균시킨 오일러 평균 조류인데 평균 조석상황으로서는 M₂ 주기의

산정조류를 조석주기 평균함으로서 구해진다. 실제로 장기간의 산정조류를 평균시켜서 조석잔차류를 정의할 수도 있다. 이 조석잔차류는 부유토사 및 부유물질의 거동을 제시하는 지표가 되는 것으로 Fig. 5에 제시된 결과를 보면 방파제오른쪽인 항 입구와 신시배수갑문의 내측에 인접하여 뚜렷한 시계방향의 조석와가 생성되는 것을 보여주고 있는데 이 조석와는 이 해역에서 특징적인 부유토사를 포집시켜 심각한 니토퇴적이 발생할 수 있음을 보여주고 있다. 이러한 조석와동 현상은 이미 군산외항(외국에서는 Elbe 강의 감조구간에 굴착항으로서 개발된 Hamburg항)에서도 발생하여 항내에 심각한 니토퇴적이 일어난 사례를 볼 때 심각한 퇴적문제를 야기시킬 수 있는 것으로 보아야 한다. 이 조석잔차류는 얇은 수심과 복잡한 연안지형의 비선형작용에 의해 발생하는 것으로 본 실험의 방파제 배열안과 채택된 유한요소격자체계의 해상도로 볼 때 산정된 결과는 상당히 신뢰성 있는 것으로 간주할 수 있다. 특히 조석항류의 방향, 즉 부유니트의 거동은 외측 남방파제를 따라 복잡하여 방파제와 항구 입구의 방파제 개구부에 수렴하고 있으며 또한 조석와는 니토포집의 메카니즘으로서 심각한 니토퇴적을 유발시킬 수 있을 것이다.

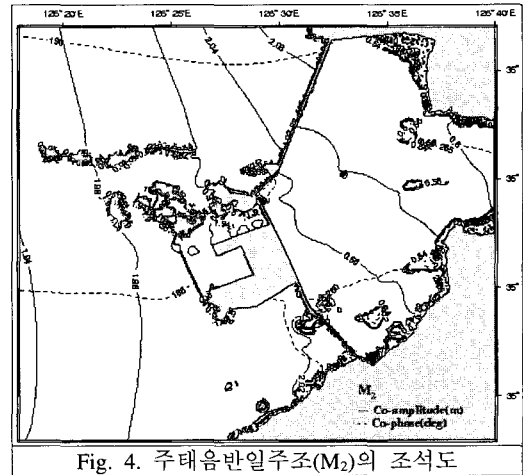


Fig. 4. 주태음반일주조(M₂)의 조석도

2.2.3 침두해저마찰 및 평균해저마찰응력

해저마찰응력은 해저의 조도와 조류의 복잡작용으로 발생하는데 모형에서는 우선 자승항 마찰항에 의해서 산정을 하였다. 최대 전단응력의 분포를 산정하여 제시되는 벡터는 최대응력과 평균응력의 방향이 일치할 때 소류사(모래)의 이동방향을 나타내는 지표이며 조건대의 저조선과는 최대마찰응력이 약 0.3-0.4N/m²로 여러 수치실험의 결과로서 제시되고 있다.

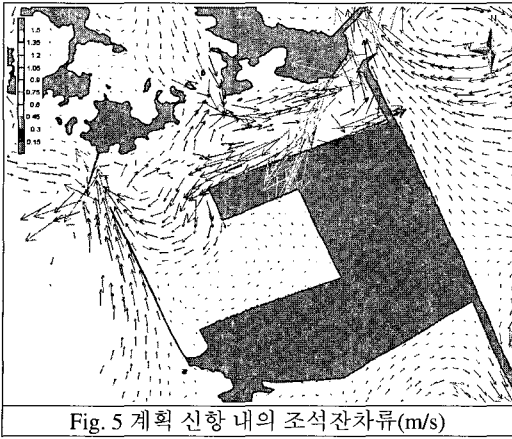


Fig. 5 계획 신항 내의 조석잔차류(m/s)

Fig. 6의 침투 응력과 Fig. 7의 평균 응력을 보면 신시와 가력배수갑문을 통한 강조류에 의해 동북동 방향과 서남서 방향으로의 높은 해저마찰 응력이 산정되는데 이는 국지적인 세굴현상이 일어나는 지역으로 현재의 개방부의 근고사석보호공의 범위보다도 훨씬 넓은 영역의 세굴이 진행할 수 있음을 제시하고 있다. 또한 소류사의 이동은 두 배수갑문위치에서 발산하는 방향으로 산정되며 방과제의 개구부로부터도 외해쪽으로 이동하는 양상을 보이는데 이는 전철의 부유사의 이동방향과는 상치되는 결과이다. 두 Fig.에서 적색으로 표시되는 부분은 높은 토사퇴적의 가능성이 제시되는 해역이다.

2.2.4 최대토사이동포텐셜 및 에너지 소산

Fig. 8과 Fig. 9는 각기 바닥에서의 조석에너지 소산과 유속의 4승으로 편의상 정의된 최대이동포텐셜의 분포를 제시하고 있는데 역시 신시가력 배수문의 해수통수 영향으로 형성되는 수로에서의 높은 에너지 소산과 토사이동 포텐셜이 제시되는 극도로 동적인 토사이동 환경이 제시되고 있으나 이 국지적인 부분을 제외하고는 전체의 해역이 상당히 낮은 에너지 소산과 토사이동 포텐셜이 제시되는데 방조제의 건설에 의해 전체적으로 이 모수들이 변화된 것이다.

3. 토 의

상기에 비교적 간단한 토사이동을 판별하는 모수에 의한 초기적인 평가를 하였으나 아마도 이러한 접근은 물리적 과정에 입각한 합리적인 추정으로 생각된다. 토사이동 및 퇴적의 규모가 공간적으로 상당히 커서 인위적으로 이러한 이동을 저지시킬 수 있는 해저구조물의 설치 등의 방법은 아마도 효과가 없는 방

책일 것이다. 초기 설계당시에 외국의 조석항구에서의 니토퇴적을 해저구조물로서 저지시키는 사례를 참조하였는지 모르지만 이러한 방법은 적어도 새만금 신항계획위치에서는 타당한 접근은 아닐 것이다.

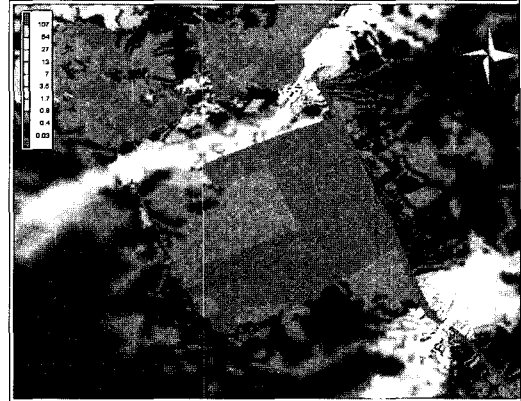


Fig. 6(a). 최대바닥마찰응력 분포도(N/m²)

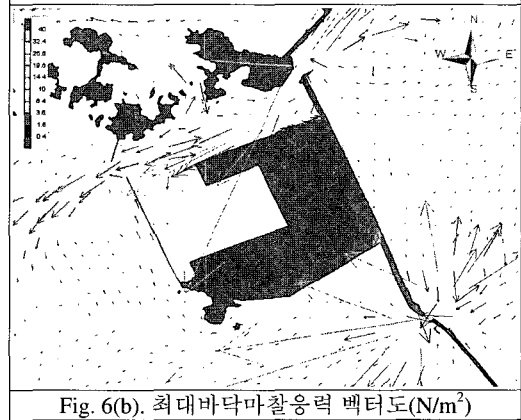


Fig. 6(b). 최대바닥마찰응력 벡터도(N/m²)

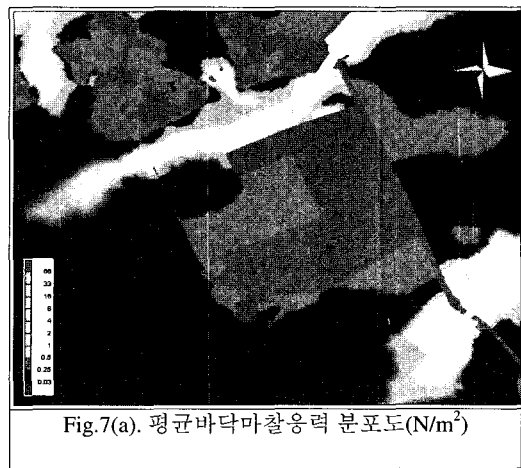


Fig.7(a). 평균바닥마찰응력 분포도(N/m²)

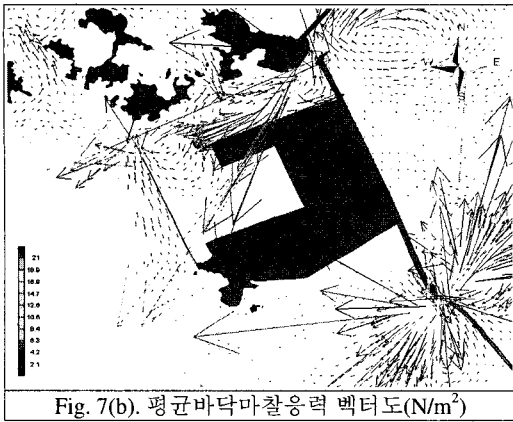


Fig. 7(b). 평균바닥마찰응력 벡터도(N/m²)

더 복잡한 3차원적 유동모형과 연계하는 토사이동 모형이 운용될 수는 있겠지만 이에 상응하는 철저한 현장관측(장기 부유사 및 소류사 이동 및 허류관측)이 병행되지 않고서는 예측성이 결여된 시뮬레이션에 불과할 것으로 여겨진다. Fig. 4에는 평균상황을 제시하는 M2 조석의 조석주기내의 조류변화가 제시되어 있는데 개관하여도 조류의 흐름이 약한 해역과 신시, 가력 배수갑문을 통한 강한 흐름이 제시되고 있다. Fig. 5는 조석에 의한 교정된 흐름(tidally rectified flow)인 조석항류(조석잔차류)의 분포를 제시하고 있는데 신시배수갑문의 내측의 비교적 규모가 큰 조석 와동은 찻잔 교란(tea cup stirring)에 의한 포집(trapping)에 의한 높은 니트퇴적의 가능성을 보여주고 있다. Fig. 6과 Fig. 7의 결과로부터 두 개방구간에서의 벡터는 발산하고 있어 극심한 국지세굴이 예상되며 Fig. 8과 Fig. 9에는 조석에너지 소산분포와 토사 이동 포텐셜이 제시되는데 방조제 건설에 의해 개방부를 제외한 전 해역의 토사이동포텐셜은 전체적으로 크게 감소되고 바닥에너지 소산 역시 강도가 개방부를 제외하고는 전체적으로 감소된 것을 제시하고 있다.

4. 결 론

본고에서는 새만금신항 계획에 제시된 항만 배열안의 상황에서는 우리가 황해의 서해안에서 항구를 건설할 때 극도로 조심해야 할 니트퇴적의 가능성이 현저하게 높은 것으로 토사이동을 예측할 수 있는 모수들을 이용하여 예측하였다. 이러한 산정된 모수들의 분포에 대한 신뢰성은 이러한 기본적인고도 필수적인 과정이 소홀하게 다루어져 항만이 건설이 될 때 아마도 건설과정에서도 심각한 퇴적이 일어나는 양상이 발생할 가능성이 높다. 현재 이러한 신항건설 계

획에 입각한 지역적인 높은 관심이 희망적인 지역발전으로 연결되고 있으나 물리적인 해양 현상의 이해에 입각한 공학적, 기술적 타당성이 무엇보다도 우선되어야 한다. 불행하게도 군산외항 및 건설되고 있는 군장수로에서의 심각한 니트매몰 현상으로부터 교훈을 얻지 못하는 것 같다.

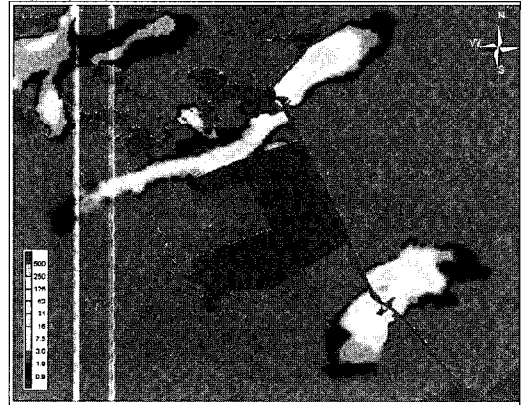


Fig. 8. 조석에너지 소산 분포도($\times 10^4$ J/m²)

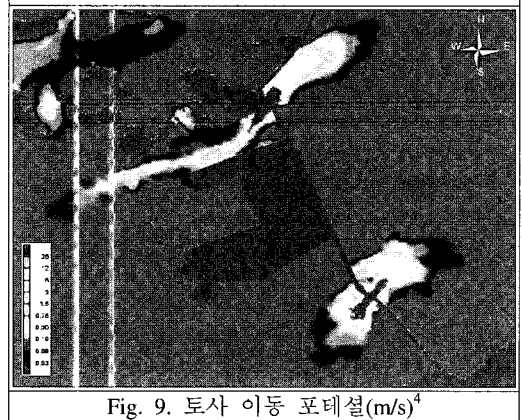


Fig. 9. 토사 이동 포텐셜(m/s)⁴

참고문헌

- Choi, B.H. and Lee, H.S. (2003a). Preoperational simulation of dike construction for Saemangeum tidal regime. Proc. Workshop on Hydro- environmental Impacts of Large Coastal Developments, Seoul, Korea, 91-108.
- Choi, B.H. and Lee, H.S. (2003b). Changes in tidal current regime and sedimentation at Saemangeum. Proc. Workshop on Sedimentation in the Yellow Sea Coasts, Seoul, Korea, 97-11.
- Choi, B.H. and Lee, H.S. (2004). Local scour prediction at openings of Saemangeum tidal barriers. Proc. Workshop on Local Scour in the Tidal Environment, Seoul, Korea, 55-69.