

후포항 주변의 海濱變形에 관한 數值實驗

蔡璋源*, 廉器大*

1. 서 론

경제가 성장해 감에 따라 증가되는 수출입 물량의 원활한 소동을 위해 기존항만의 확장 및 신규항만의 개발이 요구되고 있으며, 또한 국민 생활수준이 향상됨에 따라 해안위락 시설의 확장 및 유지보존 역시 절실히 요구되고 있다. 연안개발사업은 부수적으로 주변해역의 환경을 변화시킨다. 예를들면, 사빈해안에 항구 또는 발전소건설을 위해 방파제 및 호안을 건설함으로써 해안지형 및 파랑과 흐름의 상태와 표사의 양상을 변화시켜 결과적으로 항구의 매몰 및 해안의 침식·퇴적 등의 심각한 문제를 야기시킨다.

이러한 현상은 우리나라의 동해안에서 우세하게 나타나고 있다. 따라서 본 논문에서는 파랑 및 수심자료가 비교적 많이 축적된 후포항에 대해 항입구의 매몰과 주변해안의 표사현상을 기존자료를 이용해 분석하였다. 또한, 후포항의 방파제 및 주변 해안의 수심(등심선)변화를 재현하기 위해 N-line 해빈변형 모델(Perlín and Dean 1985)을 개선하여 적용하였다. 특히, Imaginary boundary개념을 도입하여 방파제 전면의 수심변화를 재현하였다.

2. 후포항 주변의 표사현상

○ 해안특성 및 표사

동해안의 후포항 인근해안은 대부분 화강편마암과 고생층으로 된 암반, 사빈으로 형성돼 있으며, 파랑의 영향을 직접받아 폭풍해빈의 형상을 이룬다. 남대천외에 3개의 하천 등지에서 유출된 토사와 절벽의 붕괴등으로 이루어진 해빈은 남북으로 70~80 km에 달하며 계절에 따라 변하는 파랑과 흐름의 작용으로 모래가 해안을 따라 이동한다(Fig. 1 참조).

방파제 외해측 해저면은 비교적 급경사(1/20 - 1/40)를 이루고 방파제 남측해안의 해저구배는 1/40정도로 비교적 완만하다. 해저질의 모래입경은 대체적으로 $d_{50} = 0.03 \sim 0.35$ mm이고, 방파제 남측 에서는 0.35~0.40 mm이다. 외해에서의 파랑의 방향별 출현율은 E방향이 50.2%로 가장 높고, 그다음은 SE방향으로 18.2%이다. 유의파의 주기는 6~7초가 17.8%로 가장 우세하게 나타났다. 표사는 비교적 큰 파랑의 방향별 출현을 분포로부터 남향류의 표사가 우세하다.

○ 방파제 연장에 따른 항입구의 표사 및 주변해빈의 변형

후포항의 외곽 방파제를 년차적으로 시공해나감으로써 형성되는 사주의 위치와 형태의 변화를 1927년부터 1985년까지의 수심자료부터 뚜렷이 볼 수 있으며, 항입구의 매몰현상은 항상 문제가 되어 왔음을 알 수 있다. 방파제 연장에 따라 최근 3년간의 수심자료를 분석해보면 다음과 같다 : 표사가 방파제를 따라서 끝부분으로 점차 이동해 가는 경향이 뚜렷하게 나타나고, 이미 시공된 구간(1982, 1983년도)에서는 수심이 낮은 해저면의 구배가 어느정도 평행상태에 도달했다. 방파제의 끝 부근은 건설초기에는 수심이 깊지만 외해 파향 ENE - E 방향의 우세한 파의 작용에 의한 표사에 의해 퇴적이 현저하게 일어나서 수심이 낮아진다. 방파제 배후구역은 파의 회절현상으로 파고가 작고, 또한 파봉선을 따라 발생하는 흐름(Circular current)으로 인해 부유된 세립질의 토사가 퇴적될 것이다. 항입구의 유지준설에 따라 등수심선 4m와 6m는 해안선쪽으로 후퇴되었으며, 이는 Tanaka Sawamoto(1914)의 결과와 약간 상이 하게 나타났다.

* 韓國海洋研究所(Korea Ocean research and Development Institute)

3. N-line 해빈변형 모델의 적용

후포항 외곽방파제 및 주변 해안의 표사이동 현상을 재현하고 수심변화의 양상을 예측하기 위해 수치모델을 적용하였다. 특히, 방파제 주변의 수심변화를 계산하기 위해 자연해빈에 주로 적용되는 N-line 모델을 수정하였으며, 항 입구의 매몰을 방지하기 위해 돌제를 가상적으로 설치하여 이에 대한 해저지형변화를 분석하였다.

본 모델의 자세한 이론적 배경은 Perlin and Dean(1985)에, 적용예는 해양연구소(1985,1986)에 수록되어 있으므로 자세한 설명은 생략한다.

○ 수치계산

경계면에서의 수치계산은 전방 또는 구조물전면의 해저면 경사가 후면까지 지속되는 것으로 가정하여 계산을 수행하되 구조물 후면에서는 $Q_x = Q_y = 0$ 으로 하였다. 이를 Imaginary boundary라 부르며 원래의 N-line 모델에서는 계산할 수 없는 영역으로 적용이 불가능했으나 이러한 개념을 확장도입함으로써 후포항의 외곽방파제 전면의 표사이동에 의한 수심변화를 재현할 수 있었다.

본 모델은 등수심선들이 교차되는 영역(예:bar)에서는 계산할 수 없는 근본적인 문제점이 있다.

○ 모델의 적용

후포항의 외곽 방파제 전면해역의 수심변화 뿐만아니라 항주변의 해빈변화를 수치모델을 이용하여 재현하고, 방파제 연장의 효과분석 및 가상 돌제 설치를 통해 침식과 항입구 퇴적현상에 대한 개선방안을 검토하였다. 수치모델을 이용하여 매 6시간마다의 변하는 파랑상태와 해저수심을 동시에 고려하여 지형변화를 계산하였다.

모델의 입력자료로써 초기 및 경계조건과 현장관측자료로부터 구한 계수들은 다음과 같다.

계산시간 간격 (Δt) : 21600초 (= 6시간),	격자간격 (Δx) : 50m
등수심선의 갯수 (N) : 11개(0.1m - 25m),	해빈경사 (m) : 0.025
해빈모래의 밀도 (ρ_s) : 2.52g/cm ³ ,	해수밀도 (ρ) : 1.025 g/cm ³
공극율 (P) : 0.40,	평형해빈구배(B) : 0.13($h = By^{2.3}$)
D_{50} : 0.3mm, 안식각 (β) : 23.64°,	경빈의 높이 : 1m,

○ 해안 표사이동의 계절적 특성

후포항에 내습하는 파랑의 외해 파향은 일년을 통하여 E가 우세하지만 계절에 따라 겨울에는 북동계열, 여름에는 동~남동계열의 파가 주로 전파해온다. 따라서, 모래의 이동양상은 이러한 내습파랑상태에 따라 현저하게 달라진다.

따라서 유의파고 3m 주기 8초의 심해파가 ESE방향에서 내습했을때의 해저지형 변화로써 겨울 표사이동 양상을 보여주고 있다. 즉, 방파제 외해측에는 퇴적현상이 뚜렷이 나타나고 방파제(Groin) 우측은 세굴현상이 뚜렷하다. 또한, 방파제의 끝을 지나온 표사는 항입구에 퇴적되어 수심이 낮아진다(Fig. 2 참조).

후포항 파랑관측자료(항만청 자료)를 이용하여 여름 및 겨울철 각각 3개월씩 매 6시간마다의 파랑상태(파고, 파향, 주기)를 입력시켜 계산하였다. 여기에서도 역시 계절적인 표사이동 양상을 뚜렷이 볼 수 있다. 특히, 방파제의 끝부분을 약간 동쪽으로 구부리므로써 (경사)돌제의 역할을 하여 표사이동을 억제하는데 상당한 효과가 있다. 항입구에는 표사의 퇴적으로 인해 항로가 매몰될 것이므로 주기적인 준설이 필요하다.

후포항 주변의 해안침식과 방파제 전면의 표사이동량을 줄이기 위한, 하나의 안으로서 돌제를 가상적으로 설치하고 연속적인 파랑작용(여름 3개월 + 겨울 3개월)으로 인한 해저지형 변화를

계산하였다(Fig. 3). 방사제 우측에 설치된 돌재는 해안침식방지 뿐만아니라 방사제를 따라 이동하는 표사를 제어해 줌으로써 항입구 매몰방지도도 효과적이다. 외곽방파제에 수직으로 설치한 돌재도 역시 비슷한 역할을 하고 있으나 위치의 적합 여부는 모델의 범위를 넓혀서 상세히 검토되어야 할 것이다. 다른 하나의 안으로는 방파제의 선단을 약간연장하여 표사의 이동을 억제하고 방파제 전면에서 퇴적된 모래를 준설하는 방법이다. 또한, 이안제를 설치하여 표사를 Trap시키는 방안도 고려할 수 있다.

4. 결론

동해안에 위치한 후포항의 주변 해안과 방파제 전면 해역의 표사이동은 파랑작용에 의해 지배되며, 계절적인 변화가 뚜렷하다. 이러한 표사이동으로 해안이 침식되고 항입구가 매몰되어 해안보호 및 항운영면에 심각한 문제가 있다. 지형이 복잡한 해안 및 방파제 전면의 해빈변화를 계산하기 위해 N-line(등수심선)모델의 경계면 처리기법을 수정하였으며, 이를 후포항 부근해역에 적용해서 수심자료와 비교한 결과 해빈변화양상을 개략적으로 재현할 수 있었다. 따라서 수개월이상의 장기간의 파랑작용에 의한 방파제, 호안 및 해안의 해빈변형을 계산하는 데에는 계산시간 및 정확도 등의 측면에서 N-line 모델을 효과적으로 이용할 수 있을 것이다.

본 연구에서 적용된 연안표사량의 분포 및 On-offshore 표사량과 관련된 식 및 계수들은 대부분 Perlin and Dean(1985)에서 이용된 것들로써 동해안에서의 표사이동량 관측치들과 비교분석을 통해 보정되어야 계산의 정도를 더욱 높일 수 있을 것이다. 또한, 이안제를 설치했을때의 표사이동 억제효과에 대해서도 분석되어야 할 것이다.

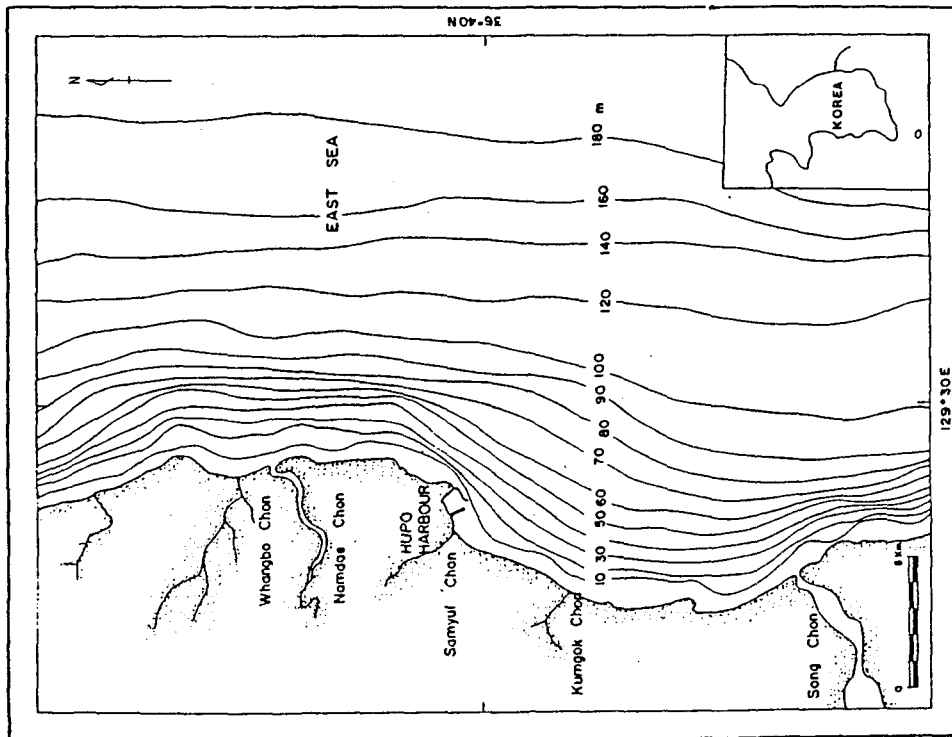


Fig. 1. Map showing the locations of Hupo harbour and major streams affecting the harbour sedimentation.

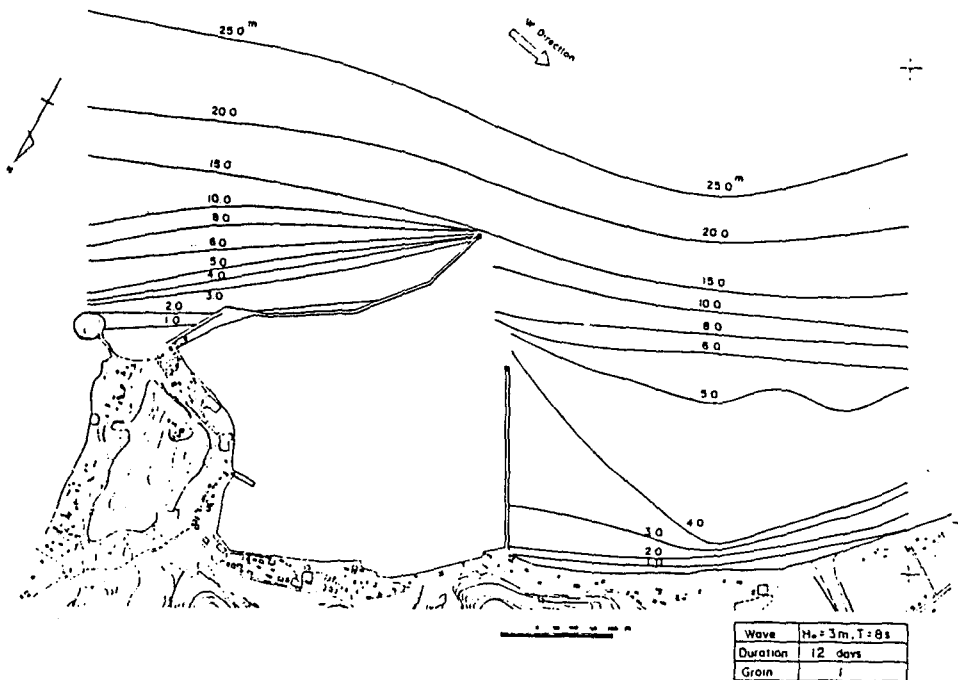


Fig. 2. Computed depth contours (Storm waves).

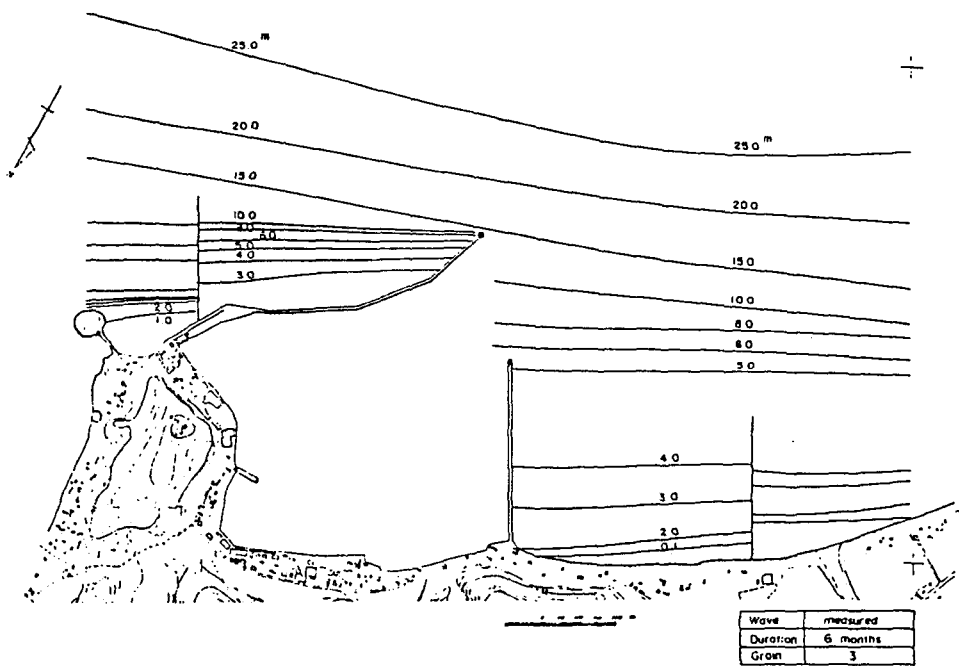


Fig. 3. Computed depth contours (Six months waves).