

동해안의 측지학적 특성에 의한 해안선 변화와 그의
예측을 위한 수치모델에 관한 연구
A Study on the Shoreline Changes By the Geodetic
Characteristics of the East Sea and on the Numerical
Model for its Predicting

양 인 태* 최 한 규**
Yang In-Ta Choi Han-Gyu
김 옥 남*** 조 기 성****
Kim Wook-Nam Cho Ki-Seong

요

본 논문은 해안에 건설된 해안 구조물에 의한 해안선 변형에 관한 연구이다. 해안선 변형을 예측하는 방법에는 경험적인 방법, 수리모형방법 및 수치방법 등이 있다. 이 중에서 수치모형방법이 측지분야에서는 가장 적합하다.

예측 모델은 여러 가지가 있다. 본 연구는 수리학적 인자가 적고, 자연현상을 단순화 시킬 수 있는 해안선 모델을 채택하였다.

본 연구는 우선 이상적인 안벽 경계 조건을 설정하고, 동해안의 동산항에 개략 모델과 엄밀 모델을 적용하였다.

그 결과 해안선 변형 모델은 안벽의 최적 위치를 예측할 수 있었으며, 안벽은 파의 입사각이 20° 이하인 해안을 보호할 수 있었으며 파고와 쇄파대의 비는 해안선 변형에 영향을 미치지 않았다. 또한 엄밀 모델은 정확하나 장기 변형의 예측이 불가능하였고, 개략법은 그와 반대였다.

ABSTRACT

This is a geodetic study on the the shoreline changes occurred by the facilities constructed in the beach. There are emperical, hydrological and numerical methods in predicting of the shorline changes. Numerical method is the most suitable method in the field of geodesy.

There are many predicting models. This study adopted one-line model because it has a few hydrological factor and simplify the natural phenomena.

This study established the ideal seawall boundary condition, applied the explicit model and the implicit model in the Dongsan harbour in East Sea, and could predict the optimum seawall position for protection of shore.

The results are following ; Seawall protect shore of which input angle of wave is below 20°, a ratio of wave height bleak/line does not effect in shoreline changes. The implicit model is accuracy but can not predict longtime change. But the explicit model is the opposite of the implicit model.

1. 서 론

해안의 효율적 이용관리는 국토의 이용면에서

나 자원이 고갈되어 가고 있는 오늘 해양자원의 보호에서 매우 중요한 과제이다. 해안의 이용 관리상 가장 큰 문제는 매우 높은 경제적인 의미를 갖는 해변 면적의 안전성과 복원성, 환경, 자원관리, 토지이용 계획, 산업 개발과 교통 및 중앙 행정기관의 정책 등이다. 그러나 해안 현상은 대단히 국지성이 강하므로 각 해안은 각각

* 강원 대학교 공과대학 부교수
** 강원 대학교 공과대학 교수
*** 강원 대학교 대학원 토목공학과 박사과정
**** 연세 대학교 대학원 토목공학과 박사과정

특유의 문제를 갖는 경우가 많다. 이러한 해안 현상을 이해하여 해안 및 그 주변 해역의 개발 이용과 환경보존에 기여하기 위하여 이것을 평면 또는 입체적으로 파악할 필요가 있다.

해안역에서는 파나 흐름의 작용하에 항상 해저 토사가 이동하고 있고 해안의 지형은 파랑의 변화로 변동하고 있다.

자연 해안에 있어서 이러한 변화는 일반적으로 계절적인 것으로 수년간을 통해서 보면 평형 상태에 있는 것이 많지만, 해안 지역에 방파제 등의 구조물이 축조되거나 해안의 중요한 토사 공급원인 하천에 댐이 건설되면 이 평형상태가 붕괴되어 주변 해안에 침식이나 퇴적 현상이 생기므로, 해안 보전의 관점에서 볼 때 중요한 사회적 문제가 되는 경우가 드물지 않다. 이러한 문제를 미연에 방지하고 또한 적절한 대책을 강구하기에는 자연조건의 변화나 구조물의 설치에 따르는 해안 지형의 변동을 정량적으로 예측하는 것이 바람직하며 이에 대한 대책을 마련해야 한다.

이러한 대책이 요구되고 있는 대표적 현상으로는 항만에서의 매몰 문제와 해수욕장의 사빈 유실 문제라고 할 수 있다. 이와 같은 문제를 미연에 방지하고 지형 변형을 미리 예측할 수 있는 해안 변형 예측 방법으로는 수리모형실험, 현지조사 방법 및 수치예측방법을 들 수 있다. 이 중에서 측지학 분야에서는 현지 조사 방법과 수치 예측 방법이 많이 연구되고 있다.

주기적인 현장 관측자료로 경험적 해석 방법에 의한 표사 이동의 양상을 해석하는 것은 가능하나 주어진 외력과 지형 변동 사이의 관계는 불분명하므로 어느 한 지역에서 얻어진 결과를 조건이 다른 해안에는 적용하기가 힘들며 현지 조사에 많은 시간과 노력이 요구된다는 점이 문제점이라 할 수 있다.

최근에는 전자계산기의 발달로 표사이동의 외력인 파랑 및 해안류의 계산이 가능해 졌으며 표사이동에 따른 지형 변화의 예측도 가능하고 앞의 방법들 보다 시간이나 경비가 절감되는 잇점이 있으므로 수치예측방법의 개발이 진행되고 있다.

2. 해안선 모델과 안벽 경계조건

(1) 해안선 모델

해안선 모델의 원리는 Pelnard-Consider⁶⁾부터 시작했다.

그는 평탄한 경사인 것만은 아니지만 바닥은 항상 평형을 이루고 따라서 여기에서 폐쇄심(Closure depth)이라 불리는 어떤 깊이 까지 아래로 평행하게 움직인다. 그러므로 하나의 등수 심선은 해안단면에서 변화를 묘사하기에 충분하다.

해안선 모델의 목적은 해안선 또는 해안단면의 장기간 전개를 모의 실험하기 위한 것이다. 해안선 위치에 대한 지배 방정식은 해안 표사에 대한 연속 방정식으로부터 얻어진다.

해안선 위치에 대한 함수로 가장 기본적인 형태는 다음과 같다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial X} = 0 \quad (1)$$

여기서

y =해안선 위치(m)

t =시간(s)

D =폐쇄심(수심)(m)

Q =연안 표사 이동의 체적비(m³/s)

x =연안의 길이(m)이다.

표사의 근원과 출처에 대한 것 뿐만 아니라 Cross-shore 이동에 대한 적용을 공식화 하기 위하여 식 (1)을 Hallermeier^{1,2)}에 의하여 입사파 조건하에서 모래 움직임의 유사한 깊이에 대해 주어진 방정식은 폐쇄심을 이용한 Kraus와 Harikai⁴⁾에 의하여 추진되어 왔다.

식 (1)을 풀기 위하여 다음과 같은 세 가지 지식이 요구된다.

(1) X축이 해안의 방향을 따라 위치하고, Y축이 그에 직각 방향인 어떤 좌표축에 대한 해안선의 최초 위치

(2) 연안 모래 이동 비율 Q에 대한 식

(3) 해안의 양측 끝에서 Y나 Q에 대한 경계 조건

이 중 해안선의 최초 위치는 쉽게 얻어지거나 가정된다.

연안 이동 비율 Q는 다음 식에 의하여 계산된다.

$$Q = K'(H^2 C_g)_b \sin 2\theta_{bs} \quad (2a)$$

$$K' = \frac{K}{16(S-1)a'} \left(\frac{1}{r}\right)^{5/2} \quad (2b)$$

여기에서

K=무차원 경험계수

H=유효파고(m)

C_g=파의 그룹 속도(m/s)

θ_{bs}=해안선에 대한 쇄파각(degree)

S=해수 밀도에 대한 물의 밀도의 비율

a'=흙의 체적/전체 체적

r=RMS로부터 유효 파고에로의 변환계수이다.

첨자 b는 쇄파에서의 양을 의미하고 쇄파에서의 균속도는 다음 식으로 구해진다.

$$(C_g)_b = \left(\frac{g H_b}{r}\right)^{1/2} \quad (3)$$

여기에서

g=중력가속도(m/sec²)

r=쇄파지역에서 파고/파 깊이의 비율
각 θ_{bs}는 해안선에 대한 쇄파각이다.

쇄파가 X축과 만드는 각과 해안선이 X축과 만드는 각이 동일하다.

$$\theta_{bs} = \theta_b - \tan^{-1}(\partial y / \partial x) \quad (4)$$

여기에서 θ_b=쇄파대 X 축의 각(degree)이다.

일반적인 측면경계조건은 긴 돌제와 방파제와 같은 방벽에서 Q=0이고 안정된 해안선 위치를 가지는 해안에서는 ∂Q/∂x=0이다.

Q의 후기 경계조건은 또한 ∂Q/∂x=0으로 표현될 수 있다.

측면경계조건은 이 외에 어떠한 문제를 푸는데 필요하며 그 해를 제약하는 것이 때때로 요구된다. 즉 해안선 위치의 움직임을 제한하는 것, 예를 들어 안벽에 의하여 후퇴되는 해안선을 따라 해안선은 안벽 뒤로 퇴각할 수 없다.

3. 수치모델

(1) 엄밀법

식 (1)은 <Fig. 1>에서 보여준 바와 같이 비킨

격자 표현을 이용하여 판단된다. 해안선이 방향에 평행한 X축은 i로 기록된 N+1 지역면에 의하여 일반 지역과 N계산 지역들로 분할된다. 이 격자에서 Q점들과 y점들은 교대로 정의된다. Q점들은 계산 단면을 정의하고 y점들은 지역들의 중앙에 있다.

첨자들은 해안을 따라 점들의 위치를 기록한다. Q격자점들과 y격자점들은 해안을 따라 Δx로 세분 되는데 Q점과 인접 y격자점 사이의 길이는 Δx/2이다.

안벽에서 일반적인 Y위치는 Y_{si}로 기록된다.

엄밀법에서 식 (1)은

$$Y_i = 2B(Q_i - Q_{i+1}) + Y_i \quad (5)$$

로 표시된다.

여기서

$$B = \Delta t / (2D \Delta X) \quad (\text{s/m}^2)$$

$$t = \text{시간간격} \quad (\text{s})$$

$$X = \text{공간간격} \quad (\text{m}) \text{이다.}$$

표시법의 편의를 위하여 첫번째 값은 다음 시간간격에서 그 값을 기록하게 되는데 첫번이 아닌 값은 현재의 시간 간격에서 계산된다.

1) 마이너스 지역에서의 수정

Hanson과 Kraus³⁾는 다음과 같이 같은 크기의 Original 비율로서 수정된 이동 비율을 계산했다.

$$Q^*_i = Q_i \frac{y_i - y_{si}}{y_i - y'_i} \quad (6a)$$

$$Q^*_{i+1} = Q_{i+1} \frac{y_i - y_{si}}{y_i - y'_i} \quad (6b)$$

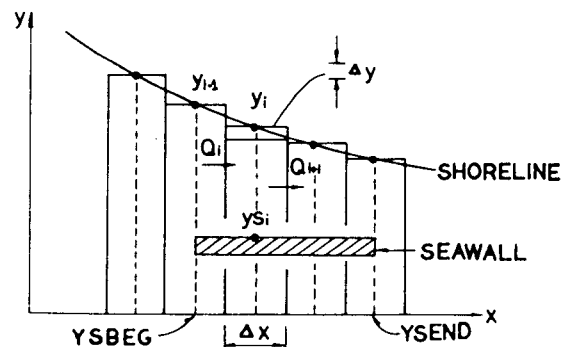


Fig. 1. Definition sketch for finite difference discretization

2) 정상 지역에서의 수정

완성된 마이너스 지역에서 수정과 함께 조정
은 이동의 방향을 따르는 양측면의 지역에
대하여 계속한다. 특정한 지역의 이동비율이
플러스 X방향에서 존재한다는 해석을 의미로
추정할 때 조정된 침강 이동비율 Q_{i+1} 은
식 (5)에서 Y'_i 와 같은 Y_{si} 를 새로운
위치로 두면 주어진 바와 같이 식 (7)를
얻는다.

$$y_{si} = y_i + 2B(Q_i - Q_{i+1}^*) \quad (7)$$

그때 수정된 이동비율은

$$Q_{i+1}^* = Q_i - (y_{si} - y_i) / 2B \quad (8)$$

이다.

(2) 개략법

앞에서 말한 바와 같이 엄밀법에 대한 발전에
비교해 볼 때 개략법 수치모델에서 안벽의 제약
의 묘사는 의외로 복잡하다.

개략법 모델에서 새로운 Q_i 값은 기존 Q_i 와
다른 값으로 전 격자에 걸쳐 동시에 계산된다.
그러므로 안벽제약이 방해로 받아 왔는지를
결정하기 위하여 점점과정에 기존과 새로운
시간 Level 사이의 중간 시간 Level이
수반된다. 엄밀법에서 안벽과 접촉하는
유일한 이들 지역들의 이동비율은
수정되어야만 하는데 개략법에서
한 지역의 수정은 모든 지역들의
침강에 영향을 주게 되므로 모든
지역들의 침강은 수정할 필요가
있다.

개략법 모델에서 미분방정식은
한벽이 존재하는 해빈선 변화를
계산하기 위하여 유지된다. 격자와
기호는 엄밀법에서 이용된 것과
같다.

point를 출발할 때, 식 (1)은
진술하는 경중을 같게 주기 위하여
다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{1}{D'} \frac{\partial Q'}{\partial x} \right\} \quad (9)$$

미분형태로 하면 식 (9)는 다음과 같다.

$$y'_i = B'(Q'_i - Q'_{i+1}) + y_{ci} \quad (10)$$

여기에서

$$y_{ci} = y_i + B(Q_i - Q_{i+1}) \quad (11)$$

이다.

y_{ci} 는 해빈선이 y_i 와 y'_i 사이의
중간에 있는 해빈선 위치로서
설명될 수 있는데 현재의 시간

간격과 자료값들을 적용하면 그
값(y_{ci})임을 알 수 있다.

$B' = \Delta t / (2D' \Delta x)$ 는 새로운
시간 스텝에서 폐쇄심을 내포하는
최종 변형으로부터의 차이이고,
그것은 새로운 파 조건으로부터
계산될 수 있다.

Le Mehaute와 Soldate⁵⁾에 의하여
예시된 바와 같이 식 (10)을 y'_i 와
 Q'_i 사이의 반복절차에 의하여
해석하는 것이 가능하다. 계산적으로
빠른 접근은 식 (2)의 선영화에
의하여 y'_i 의 항에서 Q'_i 을
표현하기 위한 것이다. 최종
결과는 새 시간간격에서 이동비율은
다음 형태로 표현될 수 있다.

$$Q'_i = E'_i(y'_{i-1} + y'_i) + F'_i \quad (12)$$

여기에서 E'_i 와 F'_i 은 입사파
매개변수의 함수이다. 식 (12)에
식 (10)를 대입하면 Q'_i 에
대해 tridiagonal system
방정식이 산출된다.

tridiagonal system은 효율적인
표준연산에 의하여 해석될 수
있고 그의 해는 다음의 관계에
기초를 둔다.

$$Q'_i = EE'_i Q'_{i+1} + FF'_i \quad (13)$$

여기에서

$$EE'_i = \frac{B_i}{1 + B'_i(2 - EE'_{i-1})} \quad (14)$$

$$FF'_i = \frac{F'_i + E'_i(y_{ci-1} - y_{ci}) + B'_i FF'_{i-1}}{1 + B'_i(2 - EE'_{i-1})} \quad (15)$$

$$B'_i = BE'_i \quad (16)$$

안벽에 대한 계산을 하기 위해
어떠한 수정을 하기 이전에
해야 할 해석 과정은 다음과
같다.

첫째, EE_i 와 FF_i 항의 $i=1$ 에서
경계조건을 지정한다.

둘째, $i=2$ 부터 N 까지
오름차 순으로 식 (14)과
식 (15)을 푼다. 이것은
첫번째 영역을 구성한다.

셋째, Q'_{i+1} 에 대한
경계조건을 지정한다.

넷째, $i=N$ 부터 1까지
내림차순으로 식 (13)을
푼다. 이 단계는 격자의
모든 곳에서 두번째
영역이다.

다섯째, 새로운 해빈선
위치 y'_i 을 얻기 위하여
식 (10)에 Q'_i 을 대입한다.

각 시간에서 얻어진 해빈선
위치가 안벽 제약

이 방해되는지 안 되는지를 결정하기 위하여 위치의 비교를 해야만 한다. 만약 그렇게 된다면 그때 해빈선 위치의 관련된 이동 비율은 수정되어야 한다.

일반적으로 안벽 제약이 만족하도록 수정될 때 내립차순 뿐만 아니라 오름차순으로 Q_i 를 계산하는 것이 필요하므로 이동 수정은 어느 쪽 방향에서든지 만들어질 수 있다. 위의 순서는 식 (13)과 유사한 재현 관계를 이용하여 되풀이 되어야 하지만 그것은 $i=1$ 에서 경계조건으로부터 Q'_i 의 계산을 고려한다. 이 관계는 다음과 같다.

$$Q'_i = PP'_i Q'_{i-1} + RR'_i \quad (17)$$

PP' 와 RR' 은 각각 PP'_{i+1} 과 RR'_{i+1} 에 좌우되며 식 (14)과 (15)에서 EE' 과 FF' 와 같다.

1) 마이너스 지역에서 수정

마이너스 지역 자신에 대한 조정은 다음과 같다.

$$Q^*_i = \frac{yc_i}{2(yc_i - y'_i)} Q'_i \quad (18a)$$

$$Q^*_{i+1} = \frac{yc_i}{2(yc_i - y'_i)} Q'_{i+1} \quad (18b)$$

식 (22)에 이들 수정된 값들을 대입하고 식 (10)을 이용하면 요구하는 결과가 얻어지게 된다는 것이 증명된다.

$$yc'_i = y_{si} \quad (19)$$

최종적으로 대응하는 수정된 해안선 위치는 다음과 같이 식 (10)으로부터 계산된다.

$$y^*_i = \frac{ys_i + yc_i}{2} \quad (20)$$

그러므로 수정된 위치는 이전의 추정 위치 yc_i 와 안벽 사이의 중간에 위치한다는 것이 발견된다.

2) 정규 지역에서의 수정과 플러스 이동

수정은 플러스 X방향으로 움직임에 의하여 이루어진다. 지역에서 이동 비율이 이전의 부상에 관하여 이미 조정되어 왔다면, 다만 지역 반값의 이동 비율은 식 (17)을 만족하기 위하여 조정되어야 한다. 이 식은 경계조건에 대한 정보를 내포한다. 이전에 어떤 조정이 $i+1$ 지역 만에서 만들어지지만, 식 (17)은 다음과 같이 정정된다.

$$Q'_{i+1} = PP'_{i+1} Q^*_i + RR'_{i+1} \quad (21)$$

여기에서 Q^*_i 은 이전의 지역에 대하여 만든 이동 비율이다. 이 관계는 안벽 제약이 방해되지 않는한 유지된다. 만약 방해 받는다면 Q'_{i+1} 는 식 (22)에 yc'_i 와 같은 ys_i 를 두어 조정해야 한다. 그러므로 그것은 다음과 같다.

$$ys_i = 2B'(Q^*_i - Q^*_{i+1}) + yc_i \quad (22)$$

이것은 침강 지역에서 수정된 이동 비율에 대하여 쉽게 풀이된다.

$$Q^*_{i+1} = Q^*_i - \frac{ys_i - yc_i}{2B'} \quad (23)$$

3) 정규 지역에서의 수정과 마이너스 이동
마이너스 X방향에서 침강 수정을 하기 위하여 이용하는 순서는 바로 위에서 묘사된 순서와 매우 유사하다.

i 지역 만에서 새로운 이동 비율은 식 (13)에 의하여 주어진다. 즉

$$Q'_i = EE'_i Q^*_{i+1} + FF'_i \quad (24)$$

그 때 수정한 이동 비율은 다음과 같다.

$$Q^*_i = Q^*_{i+1} + \frac{ys_i - yc_i}{2B} \quad (25)$$

4. 동해안 동산항에의 실제 적용 및 분석

$DX=30$ 과 $\gamma m=1.202$ 로 하여 현재의 안벽의 길이를 180 m로 보아 현재의 상태에서의 해안선 변화를 예측한 것이 <Fig.2>인데 이것은 안벽의 남단에서 해안 침식이 계속 진행될 수 있

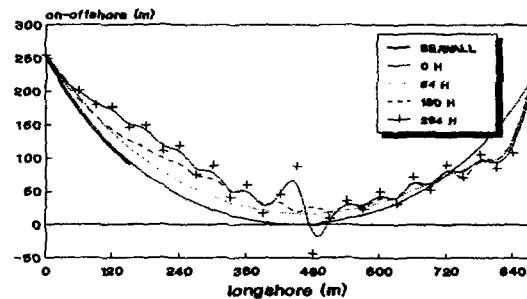


Fig. 2 Shoreline change in Dongsan harbor (EXPLICIT, $DX=30$, $YSBEG=1$, $YSEND=6$, $\gamma m=1.202$)

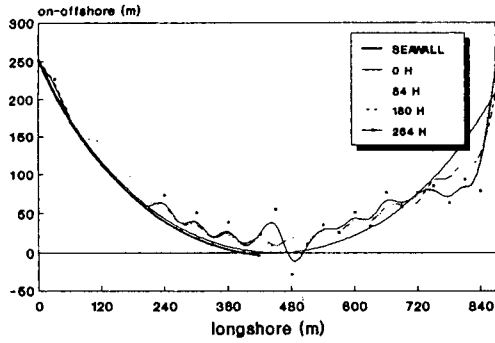


Fig. 3 Shoreline change in Dongsan harbor (EXPLICIT, DX=30, YSBEG=1, YSEND=15, $\gamma m=1.202$)

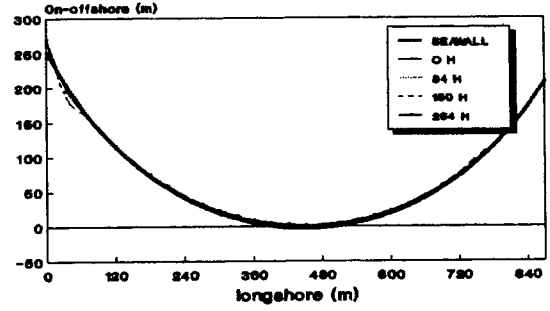


Fig. 6 Shoreline change in Dongsan harbor (IMPLICIT, DX=30, YSBEG=1, YSEND=30, $\gamma m=1.202$)

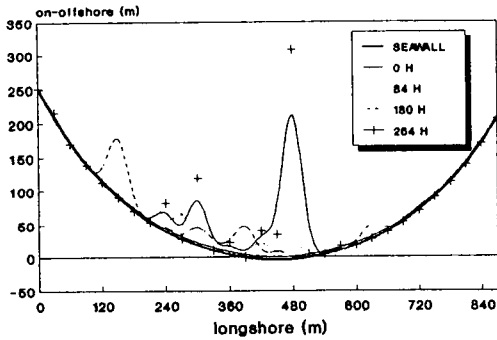


Fig. 4 Shoreline change in Dongsan harbor (EXPLICIT, DX=30, YSBEG=1, YSEND=30, $\gamma m=1.202$)

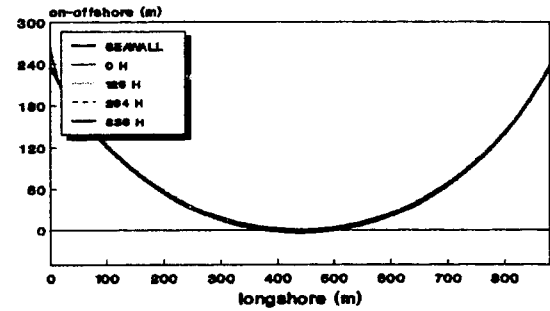


Fig. 7 Shoreline change in Dongsan harbor (IMPLICIT, DX=20, YSBEG=1, YSEND=45, $\gamma m=1.202$)

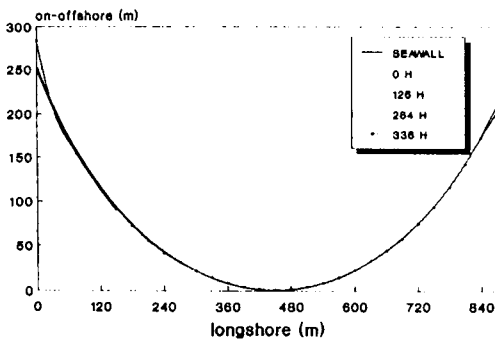


Fig. 5 Shoreline change in Dongsan harbor (IMPLICIT, DX=30, YSBEG=1, YSEND=6, $\gamma m=1.202$)

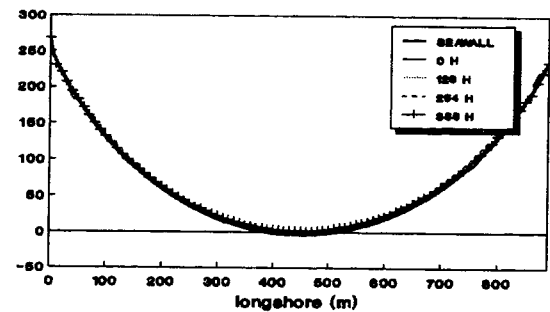


Fig. 8 Shoreline change in Dongsan harbor (IMPLICIT, DX=10, YSBEG=1, YSEND=90, $\gamma m=1.202$)

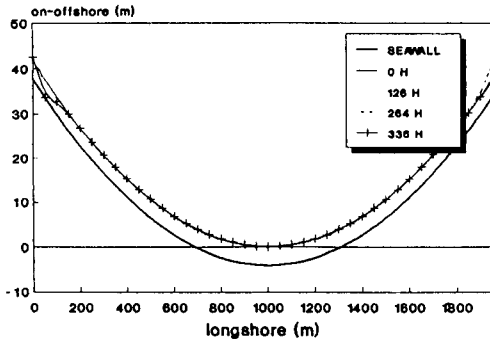


Fig. 9 Shoreline change in Dongsan harbor (IMPLICIT, DX=40, YSBEG=1, YSEND=40, $r_m=0.780$)

음을 보여주고 있다.

마찬가지로 <Fig. 3>에서와 같이 만곡부의 중간까지 안벽의 길이를 450 m 까지 확장한다 하더라도 남단에서 계속 침식이 예상된다. 그러나 <Fig. 4>에서와 같이 만곡부 전 구간에 안벽을 설치한다면 오히려 만곡부의 중앙에서 퇴적현상을 가져와 해안면적이 확장될 수 있음을 보여준다.

<Fig. 5>의 경우는 반경을 12,000 m로 보고 안벽의 길이를 2000 m로 가정한 경우에서의 해안선 변화도이다. 이것을 실제의 동산항과 비교해 보면 반경이 작은 동산항에서는 해안선 변화가 심하게 변화하며 그의 진폭이 큼을 알 수 있다. 그러나 긴 해안에서 반경이 큰 경우의 그의 진폭은 상대적으로 매우 작음을 알 수 있다.

<Fig. 6, 7, 8>은 같은 조건하에서 측정간의 간격만 달리 한 것이다. 이 경우 측정간의 거리를 변경시킨 결과가 거의 같음을 보여주고 있다. 이것은 개략법의 모델에서는 엄밀법 모델에서 보다 측정간격에 민감하지 못하다는 것이다. 엄밀법에서와 마찬가지로 개략법의 모델에서도 반경을 12,000 m로 하고 안벽의 길이를 2000 m으로 한 가상의 경우에 대한 예측 변화를 플롯한 것이 <Fig. 9>이다. 이것을 <Fig. 7>과 비교해 보면 엄밀법과는 달리 커다란 진폭을 보이지 않고 있으며 거의 같은 변화를 보여준다.

5. 결론

본 연구를 통하여 가상의 해안선에 직선 안벽을 설치했을 경우와 동해안의 동산항에 있는 곡선 해안의 곡선 안벽에 의한 해안선 변화를 예측하기 위하여 엄밀법과 개략법 두 수치모델을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 안벽은 해안선이 과도하게 육지 쪽으로 후퇴하는 것을 막아주며 파의 입사각이 20도 이하로 작용하는 해안을 보호하며 회복을 증진시킨다.

둘째, 파고와 쇄파대의 비는 해안선 변화에 큰 영향을 주지는 않음이 판명되었다.

셋째, 엄밀법은 측정 간격에 매우 민감하므로 정확성은 향상되나 장기적인 변화의 예측이 어렵다. 반면 개략법은 정확성은 낮으나 변화에 둔감하므로 장기적인 예측에 효용성이 있으며 신속하게 처리될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 1988년 3월부터 1990년 2월까지 연구비를 지원한 기초 연구(KOSEF 881-1308-006-2)의 결과로서 본 연구를 수행하도록 지원한 당재단에 심심한 사의를 표합니다.

참고문헌

- Hallermeier, R. F. 1979, "Uses for a Calculated Limits in Coastal Structure Design," *Proceedings of 16th Coastal Engineering Conference*, American Society of Civil Engineers, pp. 1493-1512.
- Hallermeier, R. G. 1983, "Sand Transport Limits in Coastal Structure Design," *Proceedings of Coastal Structures 83*, American Society of Civil Engineers, pp. 703-716.
- Hallermeier, R. F. 1985. "Seawall Constraint in the Shoreline Numerical Model," *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* American Society of Civil Engineers, Vol. 111, No. 6, pp. 1079-1083.
- Kraus, N. C., Hanson, H., and Harikai, S.

1985. "Shoreline Change at Oarai Beach : Past, Present and Future," *Proceedings of 19th Coastal Engineering Conference*, American Society of Civil Engineers, pp. 2107-2123.
5. Le Mehaute, B., and Soldate, M., 1978, "A Numerical Model for Predicting Shoreline Changes," *Miscellaneous Report No. 80-6*, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, 72pp.
6. Ozasa, H., and Brampaton, A. H., 1980. "Mathematical Modeling of Beaches Backed by Seawalls," *Coastal Engineering*, Vol 4, No. 1, pp. 47-64.
7. 양인태, 최한규, 최창혁, 1989, "해안선 변화를 예측하기 위한 수치모델에 관한 연구", 한국측지학회지, 제 7 권, 제 1 호, pp. 19-26.