

해안선 변화를 예측하기 위한 수치모델에 관한 연구 A Numerical Model for Predicting Shoreline Changes

楊 寅 台* 崔 漢 圭*
Yang In-Tae Choi Han-Kyu
崔 昌 燦**
Choi Chang-Hyeok

要 旨

본 연구는 해안선 변화에 대하여 수학적으로 검토함으로써 해안선 발달에 대한 현상을 정량화 하고 나아가 장래의 해안선 변화를 예측할 수 있는 수치모델을 제시한다. 해안은 토지이용의 극대화에 의한 시설물 증가등에 의해 끊임없이 영향을 받고 아울러 해안선은 퇴적, 침식을 거듭하면서 변화되고 있다. 그러나 대부분의 시설물의 보호를 위한 방파제 등에 대한 연구는 많이 진행되고 있으나 토지 이용면에서 해안의 보호를 위한 안벽에 대한 연구는 별로 진행되고 있지 않다. 그러므로 본 연구에서는 시설물 중 안벽의 영향을 분석하고자 한다.

ABSTRACT

The quantification of phenomena presented by the shoreline changes and the prediction of future changes of shoreline are investigated by using a numerical model in this study. Shoreline has been successively affected by the activities of reclamation to maximize the land use and it also has been changed with cycles of accumulation and erosion of deposits. Many researches were performed on the jetties constructed to protect facilities adjacent to the shore. However, few studies on a seawall of protecting the beach, being very important in terms of land use, were carried out. Therefore, this study is to analyze effects of a straight seawall to shoreline changes.

1. 序 論

해안은 토지이용의 극대화에 의한 시설물 증가등에 의하여 끊임없이 영향을 받고있으며 해안선은 퇴적, 침식을 거듭하면서 계속 변화하고 있다.

이 경우 침식의 원인이 제거되지 않아, 우리가 바라지 않는 침식이 계속된다면 인공 구조물들은 위험하게 되므로 적절한 보호대책을 강구해야 한다. 따라서 이와같은 문제를 미연에 방지하고 해안변화를 미리 예측할 수 있는 방법이 요구되어지며, 이에는 경험공학적 예측방법, 수리모형 실험방법과 수치모델에 의한 예

측방법이 있으며 이 경우는 해양 측지측량 자료 요구되어진다.⁵⁾

수치모델법은 얼마전까지는 매우 어려운 과제였으나 대형 컴퓨터의 등장으로 해안선 변화의 양적 평가를 위한 효과적인 방법을 제공한 다.

우리나라의 해양측지 분야에서 조석, 파와 하구, 해안 및 항만에 대하여 많은 연구가 진행되었다. 예를들면 경기만, 동지나해 및 황해에 대한 각종모델 즉 조위분석, 해변변위, 토사이동, 확산 등의 모델이 연구되어지고 있으며 남해안은 해운대를 중심으로 묘사에 대하여 주로 연구가 진행되어지고 있다. 또한 한국 과학기술원의 해양연구소¹⁾에서는 1986년 3월에 연안개발에 따른 해안변형 예측을 위한 수치모델 기법을 개발하였고, 성균관 대학교의 서경

* 江原大學校 工科大学 副教授
** 江原大學校 大学院 碩士過程

석²⁾은 한강 감조구간의 조석계산 및 예보에 관한 연구를 실시하였다. 특히 김인철³⁾은 Bernard LeMehauts와 Mills Soldate에 의하여 발표된 “해안선 변형 예측을 위한 수치모델”을 우리나라의 포항 송도 해안에 적용하여 그 결과를 분석하였다. 김범형⁴⁾은 Perlin M.과 Robert G.Dean⁵⁾이 발표한 “해안 구조물 부근에서 퇴적물이동 모의실험에 대한 수치모델”을 만리포 해변에 적용 분석했다.

그러나 대부분 시설물을 보호하기 위한 방파제나 시설물 그 자체에 대한 연구는 많이 진행되고 있으나, 토지 이용면에서 해안과 접해있는 해안지대의 보호를 위한 안벽에 대한 연구는 별로 진행되고 있지 않다.

그러므로 본 연구에서는 해안선 변화에 대한 안벽의 영향을 제시하고자 한다.

2. 해안선 모델의 기본이론

해안선 모델의 원리는 Pelnard-consider부터 시작했으며, 그는 해안바다는 반드시 평탄한 것 만은 아니지만 항상 평형을 이루고, 따라서 폐쇄심(depth of closure)이라 불리는 어떤 깊이까지는 아래로 평행하게 계속된다고 발표하였다.

그러므로 하나의 등고선 또는 선은 해안 단면에서 변화를 묘사하기에 충분하다. 이 선을 편리하게 해안선이라 한다. Pelnard-consider는 수치모델을 발전시키지 못했지만 어떤 이상화된 경우에 대해 제한된 형태의 수학적인 해를 제시했고 실험실 실험을 통하여 결과를 입증하였다. 모델의 수치적 모델화는 Komar,⁸⁾⁹⁾ LeMehaute와 Soldate¹⁰⁾와 Hanson과 Kraus¹¹⁾의 연구에서 볼 수 있다.

해안선 모델의 목적은 해안선 또는 해안 단면의 장기간(long-term) 진전을 모의실험하기 위한 것이다. 해안선 위치에 대한 지배 방정식은 해안표사(응집력이 없는 모래로 간주)에 대한 연속 방정식으로부터 얻어진다. 표사이동에 대한 예측식은 지배방정식을 푸는데 필요하다.

표사이동과 그 결과로 생기는 해안선 변화는 국부적인 바람, 파, 조류, 해안단면, 경계조건, 안벽에 의하여 발생하는 것과 같은 구속에 좌우된다.

연안표사이동은 비스듬하게 입사한 파에 의하여 독자적으로 산출되는데 해안, 조석과 바람에 의한 조류같은 것이 또 다른 이동요소이다.

해안 이동의 연속방정식은 연안방향에서 해안표사량 변화에 해안부착 또는 퇴각의 단면비를 결부시키므로 연안방향에서 변화된 표사량은

$$\Delta V = (Q_{in} - Q_{out}) \Delta t \quad (1)$$

이다.

d를 폐쇄깊이, Δy 를 Δt 시간 변화 동안에 해안선 위치에서의 길이변화라 하고, Δx 를 연안방향에서의 길이변화라고 하면

$$\Delta V = d \cdot \Delta y \cdot \Delta x \quad (2)$$

이다.

(1)과 (2)식을 조합하면

$$\Delta y = (Q_{in} - Q_{out}) \frac{\Delta t}{d \Delta x} \quad (3)$$

이다.

여기에서 $\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$ 이라 놓을때 다음식을 얻는다.

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{d} \left(\frac{dQ}{dx} \right) \quad (4)$$

이것이 해안 모래이동의 연속 방정식이다. 위식(4)는 표사 근원과 출처에 대한 것 뿐만 아니라 종단이동에 대한 적용을 공식화하여야 하며 다음 세가지 조건이 요구된다.

- 1) X축이 연안 방향이고 Y축이 그에 직각인 종단 방향인 좌표축에 대한 해빈선의 초기위치
- 2) 연안 모래이동비 Q에 대한 식
- 3) 해안의 양측 끝에서 y나 Q에 대한 경계 조건

이들에서 초기위치는 구하거나 가정된다.

연안이동비 Q는

$$Q = K' (H^2 \cdot C_g)_b \cdot S_{in} 2\theta_{bs} \quad (5a)$$

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

에 의하여 계산된다.

여기서 K = 무차원 경험계수 (0.4)
 H = 유효 파고 (m)
 C_g = 파 군속도 (m/s)
 θ_{bs} = 해안선에 대한 쇄파각 (도)
 Q = 해수밀도에 대한 모래 밀도의 비율
 a' = 입방체의 체적/전체체적
 r = RMS로부터 유효 파고에로의

변환계수 (1.416)

첨자 b 는 쇄파에서의 양을 의미하고 쇄파에서 군속도는

$$(C_g)_b = \left(\frac{g \cdot H_b}{r}\right)^{1/2} \quad (6)$$

으로 구해진다.

여기서 g = 중력가속도 (m/sec²)
 r = 쇄파지역에서 파고대 파길이 비율 (0.78)

$$\text{각 } \theta_{bs} = \theta_b - \tan^{-1}\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right) \quad (7)$$

여기서 θ_b = 쇄파대 X 축의 각(도)

긴 jetty와 groin과 같은 불 침투성 방벽에서 $\theta = \phi$ 이고 일반적인 측면경계조건은 $Q = \phi$ 이고 안정된 해안선 위치를 가진 해안에서는 $\frac{\partial s}{\partial x} = \phi$ 이므로 Q 의 후기경계조건은 $\frac{\partial y}{\partial t} = \phi$ 으로 표현할 수 있다. 안벽에서 발생할 수 있는 중요한 이동상황은 minus, plus, Regular 지역으로 구분하여, 규정할 수 있다.

3. 수치모델

식(4)는 (그림 1)과 같이 계단형상의 격자 표현을 이용하여 나타낼 수 있다. 그림에서 해안선의 방향에 평행한 X 축은 길이 ΔX 로 세분하여 현 해안선 위치를 y_i 로 표시하고 안벽의 시작과 끝은 YSBEG와 YSEND로, 안벽의 y 위치는 y_{si} 로 표시할 때 식(4)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

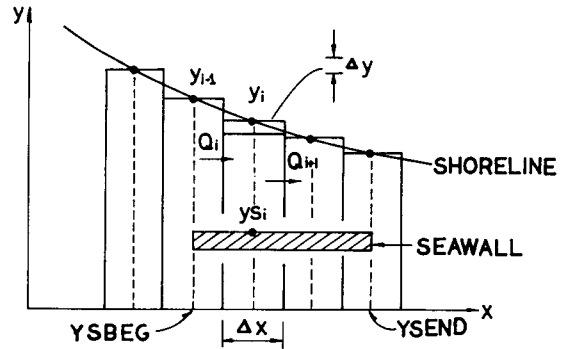


그림 1. 유한차분에 대한 개념도

$$y'_i = 2B(Q_i - Q_{i+1}) + y_i \quad (8)$$

여기에서 $B = \frac{\Delta t}{2 \cdot D \cdot \Delta x}$ (s/m)

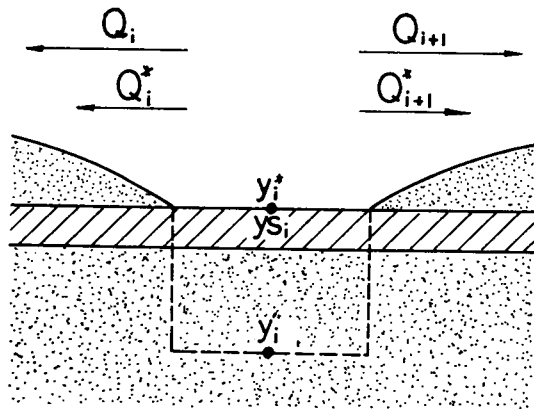
Δt = 시간간격 (s)

Δx = 공간간격 (m)

해안선이 어떤 격자점에서 안벽의 육지쪽 위치로 움직인다면 안벽의 제한조건은 붕괴되고 연안표사 이동비는 표사 체적을 보존하기 위하여 다시 수정되어야 한다.

(그림 2)에서 보여준 바와 같이 안벽뒷 쪽으로의 해안선침식 또는 퇴각은 관련된 계산 cell 밖의 모래의 비물리적인 추가이동의 결과이다. 그러므로 cell면에서 이동비는 안벽뒷쪽으로 이동하는 해안선을 보호하기 위하여 수정해야 한다. 수정은 안벽 구축을 방해하는 특별한 cell의 두 면에서 이동방향을 고려해야만 한다. 안벽구속은 해안선이 항상 plus cell에서 항상하므로 plus cell은 제외하고 minus과 regular cell에서 수정을 실시한다.

그 계산과정은 첫번째로 이동방향을 결정하고 minus, plus, regular cell들을 계산하기 위하여 해안을 따라 이동비를 계산한다. 그때 수정은 조사에서 알려진 안벽경계와 첫번째 minus cell에서 시작한다. cell이 수정되기 시작한 후에 regular에 대한 수정은 plus cell이나 측면경계에 이를때까지 실시하며 이 절차는 각 시간단계에서 되풀이된다.



a. minus cell에서의 수정

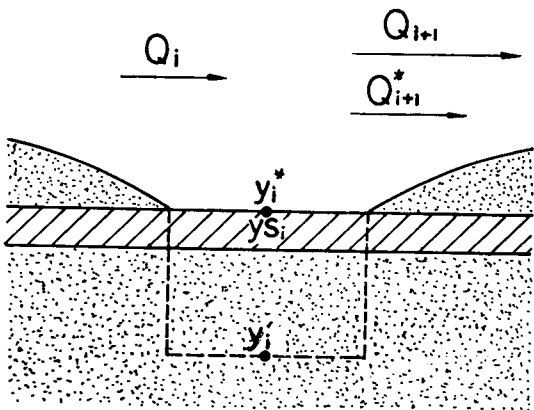


그림 2. minus와 regular cell에 해안선과 이동수정의 모식도

4. 적용 및 분석

본 연구에서 제시한 수치모델의 수치적인 정확성과 효과를 알아보기 위하여 하나의 해안을 가상하여 모델을 적용하였다.

여기서 대상으로 한 해안은 직선해빈이며 방파제는 모델해안 우측 끝에 수직으로 놓여있고, 안벽은 해안을 따라 7m뒤에 놓여있는 것으로 간주하였다.

이 예에서 안벽 조건에 알고리즘을 적용하기 위해 요구되는 해안선 운동의 파범위 즉 쇄파고와 쇄파각은 인위적으로 도입하였으며 최대 파고는 3m, 최대파각은 20°로 하였다. 쇄파자료는 부 프로그램 INDATA로 산출되었다.

안벽은 2000m의 해안을 50m씩 40구간으로 나누었고 변수로서 안벽의 시작 위치와 해안선 변화의 시간 간격을 채택하였다.

안벽의 시작위치를 250, 750, 1300m의 세가지로 구분하여 각각에 대한 해안선 변화 시간 간격 계수를 6으로부터 81까지 변화시킨 결과 모래손실량이 0%인 시각은 264시간후와 2376

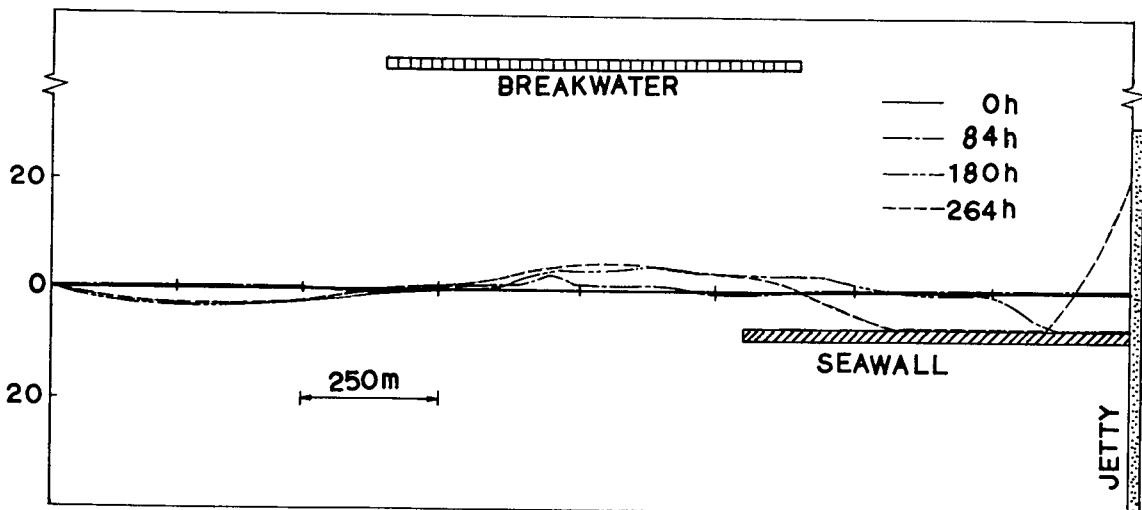


그림 3. YSBEG=26, DT=6일때의 해안선 변화도

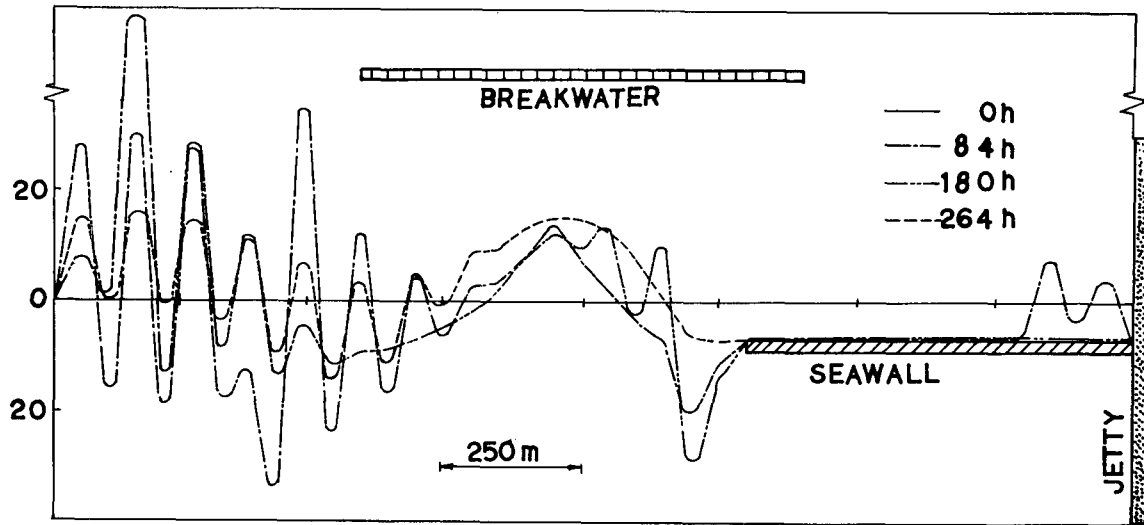


그림 4. YSBEG=26, DT=54일때의 해안선 변화도

시간 후로 나타났다. 그러므로 264시간 이후와 2376시간 후의 해안선 변화를 조사한 결과 각각 <그림 3>과 <그림 4>이었다. 이것은 2376시간 후에는 파고와 파향의 계산값이 불규칙한 것으로 나타나 큰 실효를 거두지 못함을 의미한다. 그러므로 본 연구에서는 264시간을 주기로 한 해안선의 변화를 고찰하였다. 또한 안벽의 길이 즉 시작위치에 대한 영향을 조사하기 위하여 시간 간격을 6에 고정시키고 안벽의 시작점을 5, 10, 15, 20, 30, 35로 하여 해안선의 변형을 조사한 결과 <그림 5>, <그림 6>, <그림 7>, <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>과, 같이 나타내어졌다. 이 그림들에서 알 수 있듯이 안벽의 시작위치에 관계없이 해안선은 264시간을 주기로 회복을 보이고 있다.

5. 結 論

본 연구를 통하여 직선의 안벽이 설치된 해안선에 대하여 해안선 변화를 예측하기 위한 수치모델을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 안벽은 해안선이 과도하게 육지쪽으로 후퇴하는 것을 막아주며, 파 입사각이 20° 이하로 작용하는 해안을 보호한다. 그러므로

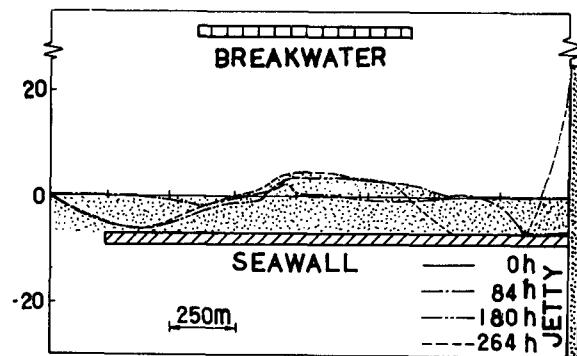


그림 5. YSBEG=5, DT=6일때의 해안선 변화도

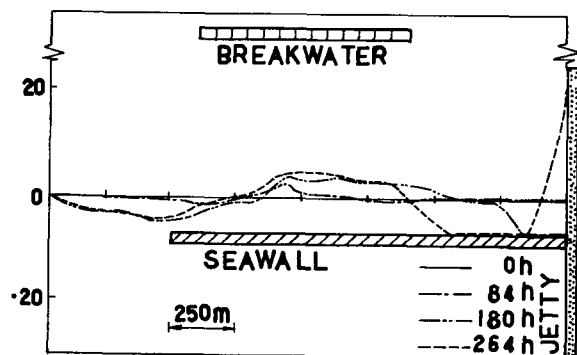


그림 6. YSBEG=10, DT=6일때의 해안선 변화도

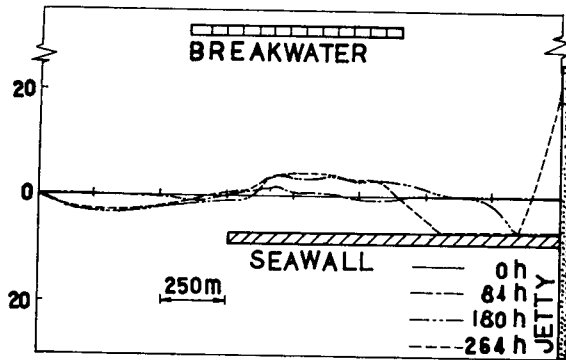


그림 7. YSBEG=15, DT=6일때의 해안선 변화도

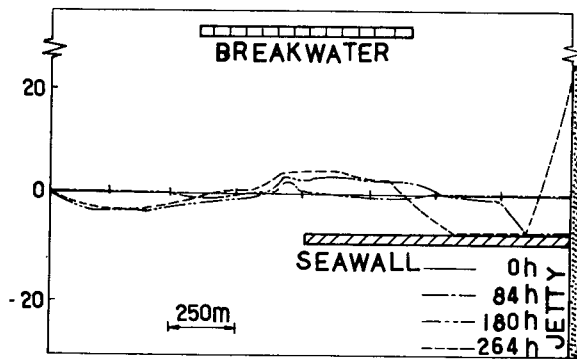


그림 8. YSBEG=20, DT=6일때의 해안선 변화도

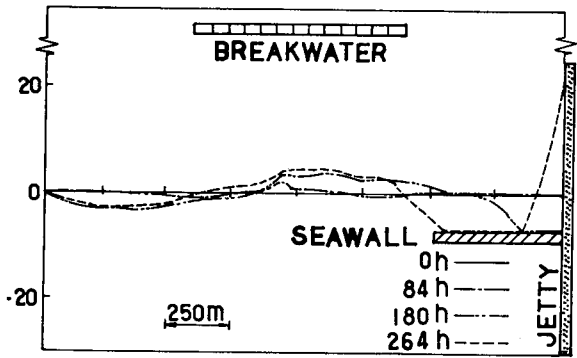


그림 9. YSBEG=30, DT=6일때의 해안선 변화도

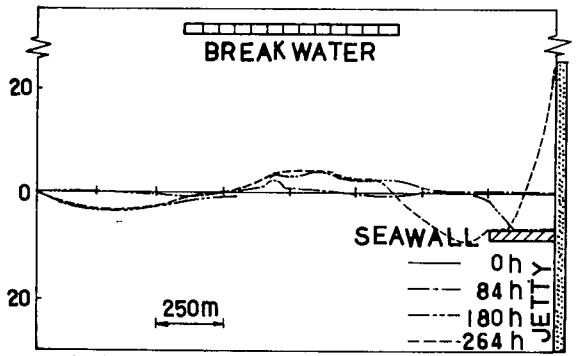


그림 10. YSBEG=35, DT=6일때의 해안선 변화도

안벽은 해안의 회복을 증진시키는 역할을 한다.

2) 본 모델은 파의 주기가 11일 인 경우에 잘 적용될 수 있다. 아울러 앞으로는 파의 주기가 장주기인 경우와 굴곡의 해안을 따라 축조될 곡선안벽의 영향이 연구되어야 함을 제시한다.

감사의 글

본 논문은 문교부 학술연구조성사업에 의한 1988년도 연구비 지원에 의하여 연구된 결과로 문교부의 후원에 감사드린다.

參考文獻

1. 해양연구소, 1986, 해안개발에 따른 해안변형 예측을 위한 수치해석 모델기법 개발에 관한 연구 BSPE 00068-102-2, 과학기술원.
2. 서경석, 1986, 한강, 강구조간의 조석계산 및 예보에 관한 연구, 성균관대학교 석사논문.
3. 김인철, 1987, 해안선 변형에 대한 수치 Model 연구, 서울대학교 석사논문.
4. 김범형, 1988, 해빈변형에 관한 수치모델연구, 서울대학교 석사논문.
5. Perin M. and G.d.Robert, 1983, A Numerical Model to Simulate Sediment Tranport in the Vicinity of Coastal Structure, MR 83-10, U,S, Army, Corps of Eng., pp. 7-8.
6. Bernard Le Mehauts and Mills Saldate, 1980, A Numerical Model for Predicting Shoreline Changes, MR 80-6. U.S. Armv.Corps of eng.
7. Pelnard-Consider, R., 1954, "Essai de Theorie de l' evolution des Formes de Rivages en Plages de Sable et de Galets." 4th Journees de l'Hvdrauliqueles Energies de la Mer, Question III, Rapport No. 1, pp 289-298.
8. Komar, P.D., 1976, Beach Processes and Sedimentation, Pretice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, N.J., pp252-261.
9. _____, 1983, Computer Models of Shoreline Changes", in(P.D.Komar, ed.) CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion, CRC Press. Inc., Boca Raton, Fla., pp 191-204.
10. Le Mehaute, R., 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.
11. Hanson, H., and Kraus, N.C., 1980, Numerical Model for Studying Shoreline Changes in the Vicinity of Coastal Strutures, Report No. 3040, Department of Water Resources Engineering, University of Iund. Sweden, 44pp.

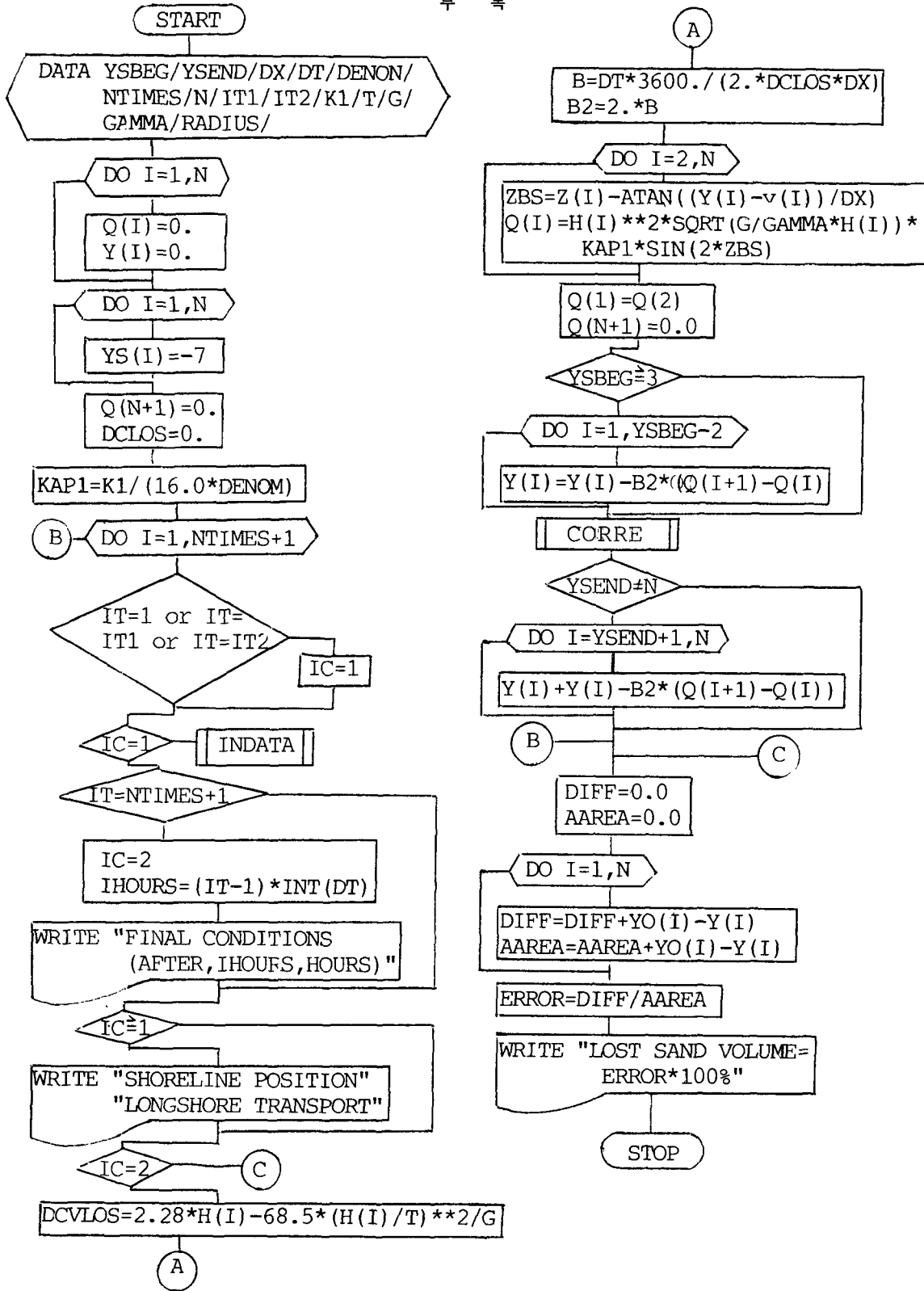


그림 A. Numerical Model의 흐름도