

# 방조제 전면 해안침식 방지를 위한 수제공 설치 방안 수리모형실험

## Hydraulic scale model test on design of groin to protect coast against erosion

박영진\* · 장정렬 · 조진훈 · 권순국  
Park, Young-Jin\* · Jang, Jeong-Ryeol · Jo, Jin-hoon · Kwun, Soon-kuk

### Abstract

A hydraulic scale model test with movable bed was performed to obtain design data for groins to protect the coast in front of the Sang-ri seadike in Sukmodo, located in the Han-river estuary area. The vertical scale of the model is 1/100 and the horizontal scale 1/250 according to Froude similitude. The result of test for original coast and groins showed that the coast in front of the Sang-ri seadike was eroded by tidal current. Three alternatives for the planning of new groins were tested. It is concluded that the alternative B-3 test scheme was the best plan to protect the coast among others.

### I. 서론

인천광역시 강화군 석모도에 위치하고 있는 국가관리방조제인 상리방조제 전면의 해안 침식으로 인하여 방조제에 인접한 지점까지 침식이 진행되었다. 본 수리모형실험의 목적은 해안보호를 위하여 설치가 요구되는 수제공의 적정 규모, 개수 및 설치 위치 등 수제공의 설계에 직접적으로 필요한 자료와 장기적으로 안정적인 수제공의 설치방안을 마련하기 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

### II. 연구의 방법

#### 1. 대상 지구 현황

대상지역은 강화도와 함께 한강하구 지역에 위치하고 있는 석모도에 있는 삼산지구의 상리방조제 지역이다. 이 지역은 한강의 하구지역인 동시에 임진강과 예성강의 하구지역이기도 하다. 대부분의 하구의 경우 바다와 인접한 지역에서 하구폭이 넓어지며 넓은 바다로 바로 연결되어 강물이 바다로 흘러 들어가는데 지장을 받지 않는 반면에, 이 지역은 이들 세 섬이 하구를 막고 있어 강물이 바다로 유출되는데 방해작용을 하고 있다. 밀물시 세 강을 따라 유입된 바닷물은 썰물시 상시 유하하는 강물과 함께 세 섬들 사이에 형성된 좁은 수로를 따라 강한 유속을 발생시키며 유하하게 된다. 이 과정에서 수로의 여



Fig. 1 Location of the study area

러 곡부에 강한 수층현상이 발생되어 해안지역을 세굴 또는 침식시키는 문제를 발생시키고 있다. 특히 홍수시에는 세 강으로부터 유출되는 강물의 양이 평상시의 수십 배에 달하게 되어 이러한 수층현상을 심화시키고 있다.

본 수리모형실험의 대상지구인 삼산지구는 석모도 동쪽 해안에 위치하고 있으며, 해안지역의 침식이 광범위하게 발생되고 있는 지역이다.

근래에 이 지역에서 침식이 심화되는 이유는 정확하게 알 수 없으나 부근 수로내의 해저지형이 변화한 것에 원인이 있는 것으로 추정된다. 특히 석모도와 강화도 사이 수로내에 강화 서측 해안 가까이에 길이 약 6km, 최대 폭 700여 m에 달하는 퇴적지대가 형성되어 있으며, 이는 FIG.1에 B지역으로 표시되어 있다.

대상지구의 현황을 파악하기 위하여 현장조사를 실시하였다. 삼산지구의 상리방조제는 기존의 제방을 보수한 구간으로서 Fig1에 표시된 바와 같이 남측의 섬돌모루 부근부터 북쪽으로 4.7km 길이로 완만하게 굽은 형태로 축조되어 있다. 이 지역의 설계고조위는 EL(+).6.68m이며 제방의 근고공 상부표고는 EL(+).5.75m이다. Fig2는 원지반이 침식된 상황을 나타낸다. 대조기와 소조기에 방조제 전면 수로의 유속을 관측하였다. 대조기 관측일인 2001년 9월 10일은 부근 외포리 선착장에서 예보된 조차가 9.2m에 이른다. 측정 위치는 수제공 설치 예정 구역의 전면 수로 중앙부로서 현재 침식이 가장 심하게 발생하고 있는 지역이다. 유향은 창조시 200°, 낙조시 20°로서 창조시 유향이 해안선과 평행하지 않고 해안쪽으로 흐르는 것을 알 수 있으며, 최대 유속은 2.1m/s 정도로써 비교적 큰 유속이 관측되었다. 이 정도의 유속은 현장 퇴적토의 이동한계유속인 1.0m/s를 크게 초과하는 값으로서 해안의 세굴이 대조기를 중심으로 하여 지속적으로 발생할 수 있음을 알 수 있다.

해안 퇴적토의 성분 및 물리적 특성을 파악하기 위하여 수제공이 설치된 구역과 설치되지 않은 구역으로 구분하여 시료를 채취한 후 물리적 특성을 분석하였다. 해안에 인접한 지점들은 실트질이 80% 정도로 매우 미세한 입자들로 이루어져 있다. 반면에 수로구간은 흐름이 통과하는 구간으로서 모래질이 주성분인 것으로 나타났다.

## 2. 수리모형실험

### 2.1 모형제작

본 실험과 같은 조건의 흐름은 자유표면을 갖는 흐름이므로 중력의 영향이 지배적이다. 따라서 모형의 축척은 Froude 상사법칙에 따라 결정되었으며, 유체의 다른 특성(압력, 점성력, 표면장력)들에 의한 영향은 무시한다.

대상지구와 같이 수심에 비해 수평거리의 크기가 매우 클 경우 수직방향의 축척과 수평방향의 축척이 동일한 정상모형으로 모형을 제작하면 모형에서의 적정수심을 유지하기 위하여 모형의 규모가 너무 커지게 된다. 이 경우 실험시설의 규모를 고려하여 수직방향의 비  $Y_v$ 은 수평방향의 축척비  $X_h$ 보다 작은 값을 가지게 된다. 본 모형실험에서는 실험시

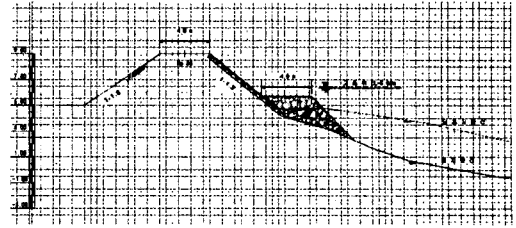


Fig. 3 Erosion in front of the dike

축척과 수평방향의 축척을 다르게 적용하는 왜곡모형을 채택하게 되며, 수직방향의 축척 설의 공간과 유량규모 등을 고려하여 왜곡모형으로 제작하였으며 연직축척비  $Y_r = 100$  수평축척비  $X_r = 250$ 으로 결정하였다. 이 정도의 축척은 모형의 크기가 과대하지 않으며 현장의 수리현상을 재현하는데 적절할 것으로 판단된다.

실험용수의 순환과정은 지하 저수조로부터 4대의 펌프로 양수하여 고수조와 관수로를 통하여 모형저수조에 유입한 후 정류장치를 거쳐서 모형에 유입토록 하였다. 모형저수조에 유입되는 유량은 관수로에 설치된 유량조절 Valve를 이용하여 조절하였다. 저수조는 콘크리트 블록벽, 두꺼운 Screen 등의 정류장치를 설치하여 용수의 Turbulence를 충분히 줄이고 유황이 균일하도록 하였다.

상류부와 하류부에 수두차를 측정하기 위하여 핀게이지를 설치하였다. 바닥지형은 시멘트 몰탈로 바다를 성형한 후 이동상 재료를 포설하여 해저 지형을 재현하였다. 이동상 재료는 입자크기가 0.4~0.7mm 범위이고 비중이 약 1.5 정도인 안트라사이트를 사용하였다.

## 2.2 경계조건

본 지구는 한강과 임진강 및 예성강의 유출이 집중되는 하류지역으로서 조석의 영향과 함께 하천 유출량에 의하여 수리조건이 지배되므로 창조류에 의한 영향보다는 주로 낙조류에 의하여 침식피해가 발생되고 있다. 따라서 실험은 낙조류의 조건에 대하여 실시하였다. 실험에서의 상류 수위조건은 현장의 방조제 전면 침식지대의 최상부 표고인 EL(+).4.0m로 설정하였으며 이 때 모형의 입구부에서의 접근유속이 원형유속으로 0.5m/s가 되도록 유량공급을 조정하였다. 각 실험안에 대하여 2시간 동안 실험을 실시하였다. 실험은 정류상태(steady state)의 일정한 흐름 조건하에서 실시되었으며 현장에서와 같은 조석의 변화는 실험여건상 재현하지 못하였다. 따라서 본 실험에서는 침식량의 시간경과에 따른 정량적인 추정보다는 각 실험안들에 대한 결과의 정성적인 분석에 중점을 두었다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 실험의 구분

실험안은 기존 수제공 배치에 대한 수리학적 검토를 하고 수제공의 신규 설치안에 대한 실험을 하기 위하여 총 4가지로 구분하였다. 실험안 A는 기존 수제공 배치에 대한 검토, 실험안 B는 수제공 신규 설치안에 대한 실험으로써 다시 세부실험 항목 3가지로 구분하였다. 실험안별 수제공 설치 계획은 표 1과 같다.

Table 1 Case for plan of groin

CASE	Already constructed groin	Newly planned groin					
		No.1	No.2	No.2-1	No.3	No.3-1	No.4
CASE A	○						
CASE B-1	○	○	○		○		○
CASE B-2	○	○	○		○	○	○
CASE B-3	○	○	○	○	○	○	○

## 2. 수제공 설치안별 비교

실험안A는 현재의 조건하에서 유속벡터도를 보면 해안 중간의 오목한 부분에서 해안에서 가까운 위치에 흐름이 집중되면서 강한 유속을 발생시키게 됨을 보여 준다. 해안에서 약 200여m 정도 떨어진 지점에서 2m/s 정도의 유속이 발생하며 현장 퇴적도 입장 중 d30에 해당하는 입자이동의 한계유속보다 월등히 크며 해안 침식이 발생할 것으로 판단된다.

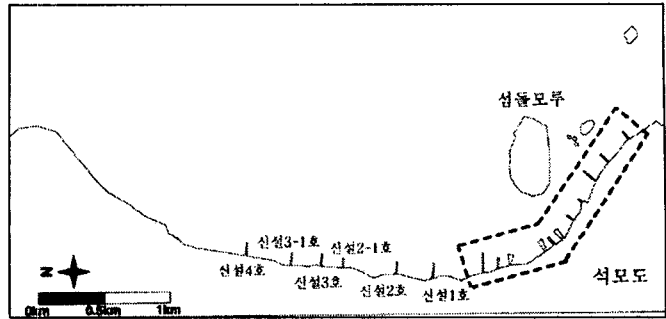


Fig. 6 The planning of groins (dotted area: the original groins)

실험안 B-1은 해안 4개소에 신설 수제공을 설치한 후 실험안 A에서 나타났던 흐름의 집중현상이 사라지고 넓은 수로폭에 걸쳐서 비교적 균등한 평면 유속 분포를 나타낸다. 침식량 측정결과를 보면 대체로 해안 인접구역에서는 세굴의 영향으로부터 벗어나게 되나 신설수제공 3호와 4호 사이에서 침식 가능성이 있는 것으로 판단되어 수제공을 추가로 설치하는 것이 바람직하다. 실험안 B-2는 신설 수제공 3호와 4호 주위의 유속은 감소하나 2호 수제공 선단부를 지나가는 유속이 더 크게 증가하여 이 부분의 세굴이 증가할 것으로 추정된다. 실험안 B-3은 총 6개의 수제공을 설치함에 따라 종전 낙조시 해안에 근접하여 유하하던 흐름이 수제공 신설 후 해안으로부터 약 200m 떨어진 위치로 이동하여 새로운 유로를 형성하는 것으로 파악된다. 따라서 해안지역이 세굴로부터 보호되는 반면에 수제공 전면 지역에는 종전보다 더 큰 세굴이 발생하게 되나 해안과는 상당한 거리를 두고 있어 수제공이 유지되는 한 해안은 안전할 것으로 판단된다.

## IV. 요약 및 결론

석모도에 위치하고 있는 국가관리방조제인 상리방조제의 전면 해안 침식 문제를 해결하기 위하여 수리모형실험을 수행하여 적정 수제공의 설치위치 및 개수를 결정하였다.

현장조사를 통하여 수집된 자료를 토대로 수리모형실험을 수행하였다. 수리모형은 수직 축척 1/100, 수평축척 1/250인 왜곡모형으로 계획하였으며, 수제공 설치에 따른 해안 침식 여부를 판단하기 위하여 이동상 모형실험을 수행하였다.

실험결과 현재상태에서는 상리방조제 약 3km 구간에서 침식현상이 지속될 것으로 파악되어 3단계에 걸쳐서 수제공 개수와 위치를 조정하면서 실험하였다. 최종 수제공 설치안에 대한 실험 결과 해안 인접지역이 침식으로부터 보호되는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

농어촌연구원, 2001, 강화 삼산지구 국가관리방조제 수리모형실험 보고서, 농업기반공사  
 농어촌연구원, 2000, 교동지구 국가관리방조제 수리모형실험 보고서, 농업기반공사