

# 울산강동해안 몽돌유실 원인분석 및 방지대책 설계사례 Cause Analysis of Shingle Beach Erosion and Prevention Plan at the Coast of Kang-Dong, Ulsan

박원경<sup>1</sup>, 정대연<sup>2</sup>, 김해성<sup>3</sup>  
Won Kyung Park<sup>1</sup>, Dae Yeon Jung<sup>2</sup> and Hae Sung Kim<sup>3</sup>

## 1. 서 론

울산광역시 북구에 위치하고 있는 강동해안은 몽돌(콩자갈)로 구성된 해변으로서 자연적 보존 가치가 높고 경관이 뛰어나 울산 12경의 하나로 꼽힌다. 그러나 최근 해양환경변화와 해안도로 건설 등으로 몽돌이 급격히 이동, 유실되어 해변 폭이 감소하고, 이상시 월파로 인한 배후지 피해가 지속적으로 발생하고 있다. 이에 체계적인 조사연구에 근거한 몽돌유실 원인분석과 방지대책 기본계획이 수립되었다 (울산광역시, 2007).

그러나 몽돌로 구성되어 있는 대상해빈의 특성상 몽돌유실방지 대책 수립에 있어 최근 침식대책공법으로 선호되고 있는 양빈공법은 양빈재료(몽돌)의 확보가 어려워 적용이 곤란하였다. 또한 강성공법을 이용한 과도한 시설배치는 자칫 모래를 퇴적시켜 몽돌해빈 고유의 특성을 변화시킬 우려가 있어 보다 체계적인 조사와 신중한 공법 선정이 요구되었다.

이와 같은 강동해안에서의 몽돌유실 원인분석을 위해 파랑, 해빈류 등 몽돌이동의 외력조사를 비롯하여 과거의 해안변화이력과 몽돌공급의 근원지에 대한 기초조사 등 광범위한 조사와 수치실험을 수행하였으며, 조사 분석된 몽돌유실의 원인을 최소화하고 대상해역의 특성을 고려한 친환경적인 대책으로서 수중양빈공법과 잠제공법이 제안되었다.

특히, 본 설계사례에서 제안된 수중양빈공법은 몽돌과 유사한 성분을 갖는 돌덩어리(사석)를 불

규칙한 해저지형에 양빈하여 해안선과 평행한 등수심선을 인위적으로 조성함으로써 해안으로 전파하는 파랑을 안정화시켜 해빈몽돌의 이동을 제어하여 유실을 저감하는 동시에 장기적으로는 몽돌 공급원으로서의 역할도 기대된다. 이와 같은 몽돌해빈에서의 사석을 이용한 대규모 수중양빈은 국내·외적으로도 그 적용사례를 찾기 어려우며, 대상해안이 갖는 고유의 지형적 특성과 파랑의 전파변형을 응용한 친환경적인 침식방지대책으로 사료된다.

본고에서는 강동해안에 대한 몽돌유실 현황 및 원인 조사 분석 결과와 함께 대책공법으로서 국내 최초로 제안된 수중양빈공법에 대해 중점을 두어 기술하였다.

## 2. 몽돌유실 현황 및 원인분석

### 2.1 몽돌유실 및 피해 현황

강동해안의 몽돌유실현황을 파악하기 위해 1968년부터 2006년까지 촬영된 항공·위성사진을 이용하였으며, 년도별 해빈면적 변화를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 1968년을 기준으로 2000년 3월까지의 몽돌해빈은 해안선의 후퇴에 의한 면적감소(-4,957 m<sup>2</sup>)보다 호안도로 건설 등 배후지 개발에 의해 전체 몽돌해빈의 약 16%(-18,307 m<sup>2</sup>)가 잠식되어 사라진 것으로 나타났다. 한편, 배후지 개발이 완료된 2000년 이후부터는 해안선의 급격한 증감에 의한 큰 면적변화를 나타내어 2006년 9월까지 해안선 후퇴에 의해서 약

1 발표자: (주)대영엔지니어링 부설기술연구소 수석연구원

2 (주)대영엔지니어링 사장

3 (주)대영엔지니어링 항만부 전무

14%(-15,873 m<sup>2</sup>)에 달하는 몽돌이 유실되었다. 결과적으로 1968년부터 2006년까지 전체 몽돌해빈면적의 약 30%(34,180 m<sup>2</sup>)가 감소한 것으로 분석되었다.

이와 같이 배후지 개발과 해안선의 후퇴에 의해 해변 폭이 급격히 감소한 지역에서는 이상파랑 내습시 월파에 의한 피해가 빈번히 발생하고 있다. Fig. 1은 2006년 10월 너울성 파도에 의한 남측 호안도로의 피해 전경으로서 월파에 의해 배후지가 침수되고 해변몽돌이 밀려와 20 cm 이상 쌓여 차량소통에 어려움을 주었다.

Table 1. 강동해안의 해변면적 변화 (단위 : m<sup>2</sup>)

구분 년도	해빈면적 (D=A+B+C)	해안선 전진, 후퇴에 의한 해빈면적 증감(B)	배후지 개발에 의한 해빈감소면적(C)
1968년	156,166(A)	-	-
1982년 9월	106,090	-6,712	-2,364
1993년 5월	102,196	-5,465	-7,505
1996년 9월	95,309	-8,111	-11,746
2000년 3월	91,902	-4,957	-18,307
2001년 8월	79,173	-17,686	-18,307
2004년 12월	92,584	-4,275	-18,307
2006년 9월	80,986	-15,873	-18,307



Fig. 1. 너울성 파도에 의한 피해전경(2006년 10월)

## 2.2 몽돌의 이동특성 조사 분석

### 1) 몽돌근원지 기초조사

강동해안의 경우 해변을 구성하는 물질이 몽돌(자갈)이므로 몽돌의 주요 공급원으로 추정되어 지는 주변의 하천과 암반에 대한 기초조사를 수행하였다. Fig. 2는 인근의 하천하상과 대상해빈의 구성 물질을 보여준다.

분석결과 강동해안으로의 유입하천은 지질학적 발달과정이 장년기 하천으로서 홍수시 자갈과 같은 큰 유사를 공급할 수 있는 지형학적 형태를 가지고 있다. 또한, 지질은 울산층과 정자역암으로 분포하며, 하천 하상은 해안의 몽돌과 특성이

유사한 검정색 계통의 색상과 재질의 자갈과 암으로 구성되어 있다.

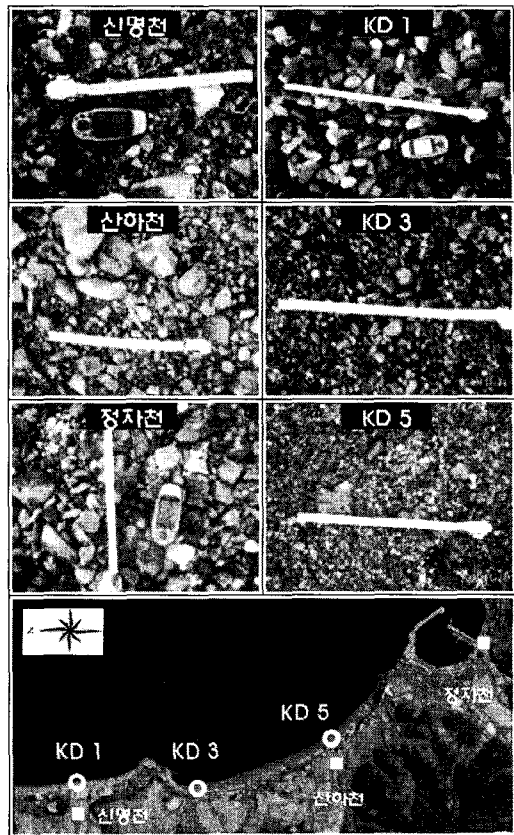


Fig. 2. 하천과 해변의 구성 물질

### 2) 몽돌의 이동한계수심 검토

강동해안에서 조사된 몽돌입경과 파랑조건으로부터 자갈해빈에 적용 가능한 이동한계수심(hc) 산정 방법들을 적용하여 몽돌의 이동범위를 추정하였다. 파랑작용에 따른 자갈해빈의 평형단면의 정의는 Fig. 3과 같다 (World Scientific, 1997).

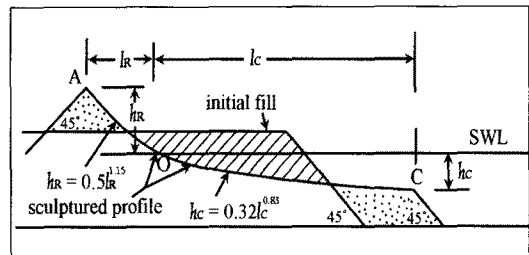


Fig. 3. 자갈해빈의 평형단면

각각의 이동한계수심 산정방법에 의한 산정결과는 Table 2와 같으며, 몽돌은 수심 5.0 ~ 8.0 m 범위에서 이동되는 것으로 검토되었다.

한편, 4계절에 걸친 해안선 및 해빈조사결과에 의하면 동 해안은 모래해안과는 달리 계절적인 해안선의 위치변화보다 수심 5 m 이내에서의 표고(수심) 변화가 큰 것으로 조사되었다.

Table 2. 몽돌의 이동한계수심

구 분		결 과
몽돌 입경	대상해안의 최소 자갈입경	10.0 mm
파랑 조건	년중 이상파(주기 9.3 sec) 설계파(주기 12.97 sec)	2.9~5.8 m
이동 한계 수심	1) 자갈해빈 평형단면식	6.0 m
	2) 사또.다나까 제안식	5.0 m
	3) 저질입경변화에 의한 산정	5.5~8.0 m

### 2.3 몽돌유실 원인분석

본 설계사례에서 분석된 몽돌이동 및 유실원인은 다음과 같다.

#### 1) 배후지 개발에 의한 해빈면적 감소

1968년부터 2000년까지 배후지 개발로 인해 약 16%(18,307 m<sup>2</sup>)의 해빈이 잠식되어 사라져 배후지 개발이 몽돌유실의 직접적인 원인으로 분석됨

#### 2) 남측 정자호안도로 건설에 의한 영향

해빈을 잠식하여 건설된 호안도로에 의해 해빈 폭이 10 m 내외로 급격히 축소되어 해빈이 갖는 소파기능이 감소함. 이로 인해 이상시 파랑이 호안까지 영향을 미쳐 공극수의 육지방향이동 차단, 반사파 증가로 인한 호안전면에서의 세굴 및 바다방향으로의 몽돌이동, 월파에 의한 배후지로의 몽돌이동이 발생함

#### 3) 국지적으로 형성된 불규칙한 해저지형

정자호안도로와 정자항 사이의 연안역에 돌출되어 형성된 수중 암초지형은 수심이 낮아 파랑의 집중, 쇄파로 인한 강한 해빈류를 발생시켜 몽돌을 외해로 이동시키는 것으로 분석됨. 또한 해안 중앙부 전면 해역에 넓게 형성되어 있는 수중 골 지형은 해안 가까이 깊은 수심을 형성하여 고파랑이 해안까지 전파되는 등 대상해안에 불안정한 파랑장을 형성하는 요인으로 분석됨

#### 4) 이상기후로 인한 고파랑 내습빈도 증가

#### 5) 관광객, 전문 채취꾼에 의한 몽돌 불법채취

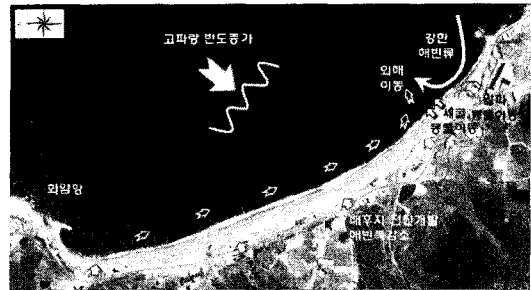


Fig. 4. 몽돌이동 및 유실원인 모식도

## 3. 설 계

### 3.1 설계의 기본목표

강동해안에 대한 몽돌유실 방지대책은 몽돌해안의 자연적 가치를 보전하면서 해안재해를 예방하고 친수기능을 확보할 수 있도록 계획하였다.

설계는 ①남측해안에 대한 월파방지로 배후지로의 몽돌이동 방지, ②불규칙한 해저지형으로 인한 파랑 및 해빈류 강화 현상을 최소화, ③장기적인 몽돌공급원 확보, ④직립호안 및 소파제로 접근성이 불량한 남측해안 친수성 향상 도를 목표로 하였다.

### 3.2 평면배치계획

#### 1) 구상개요

피해가 심각한 남측해안에는 월파방지 및 해빈류 저감을 위해 연장 150 m, 폭 40 m의 잠제 1기를 계획하고, 기존의 직립호안은 월파 및 세굴 방지, 접근성을 향상시킬 수 있도록 기능성 친수호안으로 계획하였다.

해안 중앙부 전면에 불규칙하게 형성되어 있는 수중 골 해역(수심 DL.(-)12.0 m ~ DL.(-)7.0 m, 면적 142,500 m<sup>2</sup>)에 수중양빈하여 전체적으로 해안선에 평행한 등수심선을 조성하여 파랑의 안정화를 피하고 몽돌공급원으로서의 기능을 가질 수 있도록 계획하였다.

#### 2) 검토결과

수치모형실험결과 남측 잠제에 의한 파고 감소는 0.5 ~ 2.0 m, 수중양빈 배후에서는 0.5 m 정도의 파고 감소 효과가 나타났으며, 중앙부 수중양빈에 의해 파향이 평활화되어 전반적으로 파랑이 안정화되는 것으로 분석되었다.

지형변동실험결과 남측 잠제 배후에서 퇴적 경향으로 나타났으며, 전반적으로는 현상태와 유사하게 나타났다.

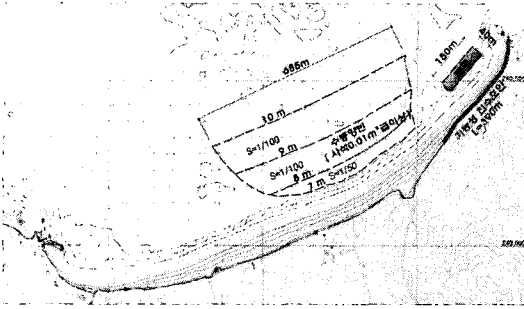


Fig. 5. 강동해안 몽돌유실방지시설 평면배치계획

### 3.3 수중양빈공

#### 1) 단면형상 결정

강동해안에 적용된 수중양빈공은 불규칙한 해저지형을 인위적으로 안정화된 등수심선으로 조성하여 배후지로 전파하는 파랑이 안정화되도록 인근 등수심선과 자연스럽게 연결될 수 있도록 Fig. 6과 같은 단면을 계획하였으며, 이때의 양빈량은 총 240,000 m<sup>3</sup>이다.

Table 3. 수중양빈의 단면형상 결정

계획수심 DL. (-) m	인근의 해저경사	원지반 경사	양빈단면 경사
10 ~ 9	1/98	1/15	1/100
9 ~ 8	1/105	1/13	1/100
8 ~ 7	1/30~1/45	1/8	1/40

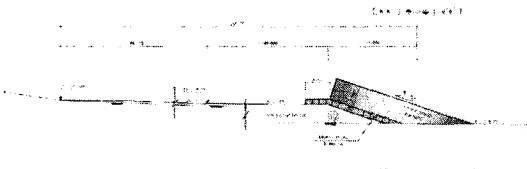


Fig. 6. 수중양빈공의 표준단면도

#### 2) 파랑 안정화 효과

수중양빈에 의한 설계파 내습시 배후면에서의 파고 및 파향의 변화는 Fig. 7과 같으며, 파고는 0.5 m 정도 저감되고 파향은 연안을 따라 기울기가 완만해지는 것으로 분석되었다. 이는 파랑이 수중양빈 구간을 전파하면서 안정화되고 있음을 알 수 있다. 이러한 파랑의 안정화는 연안방향으로의 파랑에너지 경사를 완만하게 하여 강한 해변류 형성을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

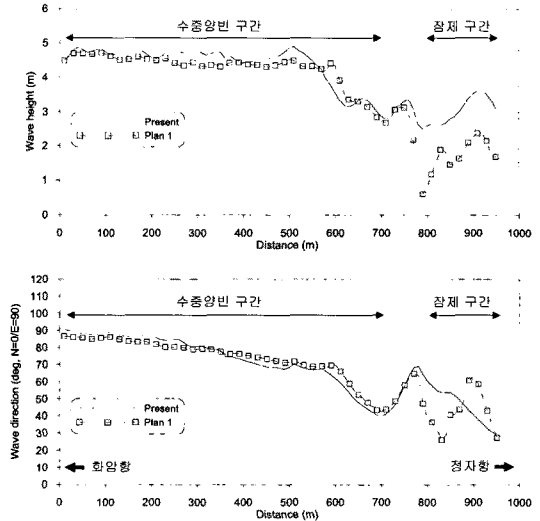


Fig. 7. 수중양빈에 의한 파고와 파향의 변화

#### 3) 양빈재료

장기간에 걸친 파랑작용에 의해 자연적으로 형성된 몽돌과 유사한 성분, 크기, 모양을 갖는 재료를 대상해빈 이외의 곳에서 대량 확보하는 것은 거의 불가능하다. 그러나 본 계획이 수중양빈임을 감안하면 주변 하천과 석산 등에 존재하는 해변의 몽돌과 유사한 자갈과 쇄석은 양빈재료로 사용 가능할 것으로 사료된다. 한편, 양빈재료는 급격한 이동이 발생하지 않도록 파랑과 흐름 조건하에서 초기이동이 발생하지 않도록 Shields 값을 검토하여 0.01 m<sup>3</sup>급 이상의 사석으로 계획하였다.

## 4. 결 론

울산 강동해안의 몽돌유실 방지대책으로서 지형적 특성과 파랑의 전파변형을 고려한 대규모 수중양빈공을 제안하였다. 계획된 수중양빈공은 불규칙하게 형성되어 있는 해저지형에 몽돌성분과 유사한 0.01 m<sup>3</sup>급 사석을 수중에 양빈하여 파고를 저감하고 파향을 변화시킴으로서 몽돌이동을 안정화시키는 것으로 검토되었다.

## 참고문헌

- 울산광역시, (2007). 강동·주전해안 몽돌유실 원인분석 및 방지 기본계획 용역 보고서.
- World Scientific, (1997). COASTAL STABILIZATION, 312-321.