

# 실시간 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 이용한 방파제사석투하 토공물량 확인 Definition of the Earth-volume in Breakwater Using Real-time DGPS & Echo-Sounding data

서용운\* · 최윤수\*\*

Suh, yong woon · Choi, yun soo

## 要 旨

본 연구는 해안 방파제 공사에서 사석의 투하방향 및 물량을 DGPS & Echo-Sounder를 이용하여 확인하고 앞으로의 사석투하물량의 계산에 대하여 다루고 있다. 방파제 공사에 있어서 사석 투하는 제방 중심선에 대하여 부표를 띄어놓고 이루어지며, 사석 투하를 실시한 후 측간, 측심연 잠수부 등에 의하여 사석의 투하 형태 및 방향에 대한 확인 작업을 실시하게 된다. 그러나 사석 투하 지역전체에 대하여 이와 같은 방법으로 데이터를 취득하고 투하물량을 산정 하는 것은 많은 시간과 인원을 필요로 하며, 정확도에 있어서도 효율적인 방법이라 할 수 없다. 이러한 문제에 대한 해결 방법으로 본 연구에서는 DGPS & Echo-Sounder를 이용하여 사석투하 지역에 대한 측량을 실시하고 사석 투하깊이, 방향 및 물량 등을 계산하여 사석 투하공정을 확인하였으며, 앞으로의 투하 물량에 대한 계산을 실시함으로써 DGPS & Echo-Sounder에 의한 효율적 사석투하 관리방법을 제시하고자 하였다.

## ABSTRACT

This study deals with the Definition of the Earth-volume quantity and direction of throwing down stones (Q.R.R) into the Breakwater using Real-time DGPS & Echo-Sounding method. Generally, the buoy in the center line of Breakwater has been set up so as to throw down stones in the correct area. After throwing stones down there, surveyors have been surveying the depth and direction of stones with rod and sounding lead. The method, however, is not effective because of long time and a lot of human power, in addition it is incorrect. This paper has studied on the solution of those problems using Real-time DGPS & Echo-Sounding data to calculate the earth-volume quantity, direction and depth of throwing down stones. This paper says the effective and economical methods using Real-time DGPS & Echo-Sounding data there.

## 1. 서 론

방파제(Breakwater)는 항만시설이나 선박을 위해로부터 보호하기 위한 항만 외곽 시설로서 구조상 사석(block)방파제, 직립방파제, 혼성방파제 등으로 구분된다.<sup>1)</sup> 방파제 중에서 가장 일반적인 사석방파제의 설치 작업은 시공준비 단계에서 기준점 측량, 부표 및 오탐 방지막의 설치 작업 그리고 수심측량으로부터 이루어진다. 수심측량 결과에 따라 사석투하물량이 계산되며, 사

석은 해저면(The bottom of the sea)으로부터 설계단면까지 사석방파제 기초를 이루는 부분으로서 사석은 풍화되거나 부서짐이 없어야 한다. 그리고 투하작업은 설계된 제방 중심선을 따라 일정간격으로 부표(Buoy)를 설치하고 실시되어진다. 사석 투하 후 수중에서 사석고르기 작업이 실시되어지는데 이때는 투하된 사석의 기복과 요철이 심한 상태이므로 틈새를 자갈을 부설하여 수중에서 잠수부에 의해 고르기 작업을 실시한다. 사석 투하를 완료한 후에는 사석이 해수면과 접하는 법면에 피복석(Armor stones)을 투하하고 피복석 고르기 작업을 수행하는데 피복석은 부피가 0.5 m<sup>3</sup>이므로 바지선에 적재된 피복석을 크레인을 활용하여 설치하고, 잠수부가

\*포항 1 대학 토목과 전임강사

\*\*한경대학교 토목공학과 부교수

수중에서 횡단법면 기준틀(finishing stake)에 맞추어 계 획경사에 따라 피복석을 설치하게된다. 피복석을 설치하 고 고르기 작업이 완료된 후 무게 20 ton에 달하는 무 근 콘크리트 근고블럭을 설치하여 사석에 하중을 가함 으으로써 지반을 다지고, 다시 근고블럭 상단에 무근 상 치콘크리트(Cap Concrete)를 타설 하여 방파제를 완성 하게 된다. 또한, 방파제의 외해(Sea ward)에는 파도로 부터 방파제에 가해지는 수압을 최소화하고, 사석 및 피 복석의 침식을 방지하기 위하여 무게 20 ton 및 32 ton의 테트라포드(Tetrapod)를 설치함으로써 방파제 설치 작업을 마무리하게 된다.<sup>2)</sup> 앞에서 서술한 바와 같이 방 파제 설치 작업과정 중에서 사석투하작업은 방파제의 기 초를 이루는 중요한 부분으로서 사석을 투하할 때에 해 저면이 연약지반인 경우 충투하 방식을 이용하여 사석 을 투하하게 되는데 이런 경우에는 투하지역의 고른 투 하 높이 및 해저면의 침하 상태를 일정시간 간격으로 측정할 수 있으나 이와는 다르게 해저면을 암반지역으 로 고려하여 사석투하지역이 길고, 넓은 경우에는 측간 (rod), 측심연(Sounding lead), 잠수부(Diver)의 투입 등 으로 해저상태에 대한 확인작업을 실시한다해도 사석의 투하높이 및 방향을 확인하는 작업은 많은 시간과 인원 을 필요로 하고 또한, 취득된 데이터도 사석투하 지역 에 대한 신뢰성을 확보하기 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제에 대한 해결 방법으로 실시 설계당시의 수심측량 데이터를 이용하여 해저지형도, 사 석투하 종단면도 및 횡단면도를 작성하여 사석의 방향 및 물량 등을 계산하였으며, 방파제 공사에 시점으로부터 2000년 5월 22일까지의 실제 투하된 토공물량을 기 준으로 사석투하 공정을 확인하였다. 또한, 사석이 투하 된 동일지역에 대하여 DGPS & Echo-Sounding측량을 실시하고 측량 데이터를 근거로 사석의 투하방향 및 물 량 등에 대한 확인작업 및 앞으로의 사석 투하물량에 대한 계산을 수행함으로써 사석투하공정에 있어서 투하 높이, 방향, 물량 등을 측정·계산하는데 있어서 DGPS & Echo-Sounder의 효율성을 확인하고자 하였다.

## 2. 연구대상지역 현황

본 연구의 대상지역은 포항지역의 경제규모 확대 및 도심 배후권 항만화물의 원활한 처리를 위해 실시되고 있는 영일 신항만 공사지역으로서 행정구역상으로는 경 북 포항시 북구 용덕리 일대에 해당되며, 신항만 사업 구역 내에 소재하고 있는 소규모 어항의 폐쇄에 따른 대 체 어항 시설을 축조하기 위한 어항방파제 축조공사 현 장이다.<sup>3)</sup> 2000년 10월 현재 공사중인 어항방파제의 전체 길이는 1096.7 m이며, 전체방파제 길이 중 연구에 활용 된 방파제 일부구간의 좌표는 시점(N:290402.763, E:239317.072) 종점(N:290313.256, E:239504.504)이며 길이는 207.707 m이다. 또한 연구대상 방파제 공사구간 의 수심은 외해방향(Sea ward)으로 최저수심 -18m 내해 방향(In ward)으로는 최저수심 -10 m이다. 갯정 수심을 결정하기 위하여 적용된 조위는 0.17 m이며 당일 실시된 최고조위는 17시에 측정된 0.19 m이다.<sup>4)</sup> 일간 조석내용

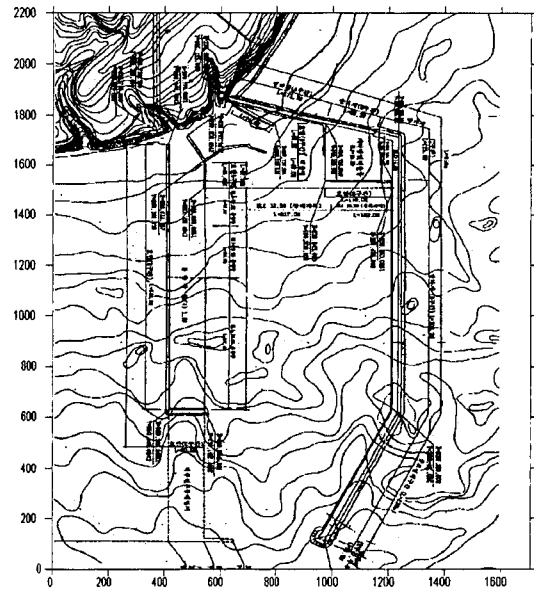


그림 1. 연구대상지역 방파제 평면도

표 1. 조석표(단위 : m)

측정날짜: 2000년 5월 22일												
시 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
오 전	0.01	0.02	0.04	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17
오 후	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.18	0.17	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03

은 동경 129° 34', 북위 36° 1' 지역에 대하여 2000년 5월 22일에 측정된 것으로서 내용은 표 1과 같다.

### 3. 실시간 GPS 및 Echo-Sounding 측량

실시간 GPS 측량은 두 대 혹은 여러 대의 GPS 수신기를 사용하여 기지국에 1대의 수신기를 고정시키고 다른 한 대의 수신기를 이동하면서 측량하는 방법이다. 이동하는 수신기의 위치를 결정하기 위한 실시간 DGPS 측량방법은 Kinematic 및 Differential 방식이 있으며, 측량의 정확도는 Kinematic의 경우에는 2-3 cm, Differential의 경우에는 1 m 정도의 정확도를 확보할 수 있다. 실시간 측량의 경우에는 현장에서 직접 수학적 계산을 할 수 있도록 기지국의 송신기로부터 이동국(Rover) 수신기로 데이터를 전송하는 Radio Link를 사용한다. 실시간 GPS 측량방법으로 센티미터의 정확도를 얻기 위해서는 초기화(Initialization)작업이 필요한데 1주파 수신기를 사용하는 경우에는 다소 시간이 소요되는 단점이 있으며, 기지국에 이동국을 설치하여 초기화를 실시하여야 하며, 2 주파 수신기를 사용하는 경우에는 이동국(미지점)에서 초기화를 실시할 수 있다.<sup>5)</sup> 본 연구에 활용한 DGPS 측량의 기지국의 기준점 좌표는 N:290419.500, E:239134.100이며, GPS 측정장비는 기지국에 Aquarius 5001 SD를 그리고 이동국에는 Aquarius 5001 MD를 활용하였으며, 1 주파 수신장비로서 기지국에서 초기화 작업을 수행한 후 측량작업을 시행하였으며, 평균적인 위치오차는 ±20 cm 정도를 가지고 있다.<sup>6)</sup> 한편, 음향측심기(Echo-Sounder)는 기록지(Paper speed 5 cm/sec), 송신기, 수신기, 송파기 및 수파기 등으로 구성되며, 기록기(Recorder)는 음향 측심기의 가장 중요한 부분으로서 송

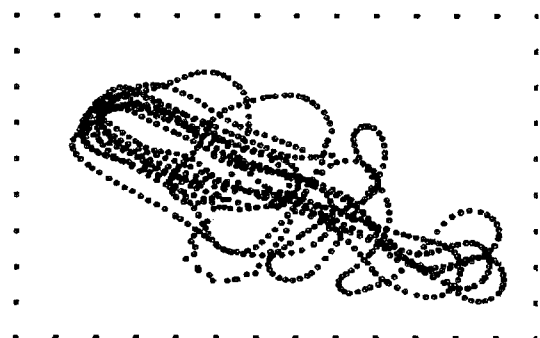


그림 2. 연구대상지역의 GPS & Echo-Sounding 항적도

표 2. DGPS & Echo-Sounding 좌표 및 갱정수심(일부)  
(단위:m)

측점	N좌표 (m)	E좌표 (m)	측정 수심	조위	갱정 수심	측정 시간
1	290321.159	239482.299	16.81	0.17	16.64	11.1431
2	290318.663	239486.528	17.04	0.17	16.87	11.1433
3	290315.912	239490.571	17.07	0.17	16.90	11.1436
4	290311.816	239495.449	17.09	0.17	16.92	11.1440
5	290308.554	239498.409	17.23	0.17	17.06	11.1443
6	290305.536	239501.094	17.34	0.17	17.17	11.1446
7	290303.023	239504.239	17.31	0.17	17.14	11.1449
8	290301.501	239507.697	17.42	0.17	17.25	11.1452
9	290300.817	239511.234	17.55	0.17	17.38	11.1455
10	290301.279	239514.695	17.58	0.17	17.41	11.1458
11	290302.634	239517.583	17.74	0.17	17.57	11.1502
12	290305.443	239521.063	17.81	0.17	17.64	11.1505

신기에 송신지령을 공급하고 송신펄스와 수신펄스를 기록하여 그 시간간격을 관측한 후 시간간격 거리로 환산하여 측심선 해저의 수심을 기록하는 장치를 말한다.<sup>7)</sup> 본 연구의 데이터를 취득하기 위해 활용한 음향측심기의 기종은 E-SEA Sound 103이며, 1 주파(Single channel) 형식으로 음파의 속도(Sound Velocity)는 1500 m/sec, 주파수(Frequencies)는 200 kHz를 적용하여 수심측량작업을 수행하였고, 수심 측정 점의 수는 963점이다. DGPS & Echo-Sounding 작업을 통하여 얻어진 항적도는 그림 2와 같으며, 측정된 조위데이터를 근거로 수심을 보정을 실시한 갱정수심 값의 일부는 표 2에 표현된 바와 같고, 갱정수심은 Echo-Sounder로부터 측정된 수심에 대하여 조위를 감(-)한 값이다.

### 4. 측량 데이터의 처리 및 분석

#### 4.1 사석투하 전의 토공물량 산정

연구대상 제방의 길이는 전체 방파제 길이 중 DGPS & Echo-Sounding 측량을 실시한 207.707 m에 해당한다. 사석의 투하 방향은 사석투하시점을 기준으로 S 25° 31' 24.61"E이다. 토공물량계산을 위한 수심측량은 '94년 어항방파제 설치를 위한 실시설계 수심측량에 의한 데이터이며, 10 m 격자간격으로 정의되어 있다. 사석투하 전의 토공물량 산정은 수심측량 데이터에 대하여 실시설계의 표준횡단면도를 적용하여 계산하였으며, 어항 방파제의 표준횡단도 중 사석의 상부의 계획높이는 해면으로부터 0.2 m 제방의 폭은 중심선으로부터 양방향으로 5 m

표 3. 사석투하 전의 토공물량단위(m³)

스테이션 번호	절토 단면적	성토 단면적	절토 체적	성토 체적
0.0000	0	405.445	0	0.0000
0.8730	0	406.772	0	354.53300
16.137	0	425.351	0	6350.7670
20.000	0	430.170	0	1652.4390
27.932	0	443.136	0	3463.5320
35.861	0	461.857	0	3587.8480
40.000	0	471.635	0	1931.8620
43.725	0	479.545	0	1771.5710
54.871	0	495.774	0	5435.4510
60.000	0	502.733	0	2560.6710
65.624	0	509.225	0	2845.6270
80.000	0	517.210	0	7378.0180
80.009	0	517.214	0	4.6550000
91.629	0	524.700	0	6053.5170
100.00	0	530.962	0	4418.4710
120.00	0	543.155	0	10741.166
121.41	0	544.218	0	767.14200
140.00	0	552.061	0	10189.367
141.16	0	552.415	0	641.70100
160.00	0	570.562	0	10577.327
169.71	0	579.896	0	5587.1980
180.00	0	589.062	0	6012.5310
200.00	0	603.905	0	11929.671
207.71	0	610.994	0	4641.1570
총성토량 : 108896.222				

(폭 10 m), 횡단구배는 1:1.5를 적용하고 있다. 또한, 그림 3의 표준횡단면도에서 사석의 체적은 0.015~0.03 m³이며, 사석 상층부의 피복석은 0.5 m³이다. 근고블럭의 경우에는 무근콘크리트로 설치장소에 따라서 10가지 형태로 제작되어 설치되었으며, 무게는 20 ton이다. 테트라포트는 20 ton 및 32 ton의 2가지 종류를 만들어 파도의 영향을 고려하여 외해 방파제에 설치하였다. 본 연구에서는 사석에 대하여 해저면으로부터 해면상의 0.2 m까지 물

량을 계산하는 것이므로 절토량은 계산되지 않으며 계산된 성토물량은 표 3에서 표현된 바와 같이 108,896.222 m³으로서 투하되는 사석이 사암의 파쇄된 것이므로 사암의 단위중량을 2.4 t/m³, 그리고 사석이 파쇄 후 부피가 자연상태에 비하여 1:1.625(62.5%)가 늘어난 상태에서 15 ton 덤프트럭의 적재량을 산정한다면 트럭 한 대에 약 10 m³을 적재할 수 있는 것으로 계산하여 약 10,890대에 해당하는 양의 사석물량을 운반하여 제방에 투하해야 한다는 계산이 된다.<sup>8)</sup>

#### 4.2 사석투하 후의 토공물량 산정 및 실제토공물량과의 비교

실시설계에 의한 토공물량에 대하여 투입된 사석 물량, 투하깊이 및 방향을 확인하고 앞으로의 사석 투하물량에 대한 예측을 실시하기 위하여 동일지역에 실시된 DGPS & Echo-Sounding 데이터는 3초(평균거리 3.3 m) 간격으로 수심측정점 963점에 대하여 1시간동안 측정된 데이터로서 연구대상 지역에 대한 수심측량 데이터를 일부 포함하고 있지 않아 실시설계 당시 측정된 수심 데이터를 수심측량 주변지역에 포함하여 토공물량을 산정하였고, 실시설계에 의한 토공물량과 같이 절토량은 없다. 또한 실시설계서의 표준횡단면도를 적용하여 앞으로 투하해야할 토공물량을 산정한 결과 표 4와 같이 76,235.985 m³로 계산되었으며, 따라서 성토물량은 (108,896.2-76,235.9=32,661 m³)로서 전체투하 성토물량 108,896.2 m³의 약 30%에 해당하고, 전체 투하물량의 70%에 해당하는 76,235.985 m³의 사석을 앞으로 더 투하해야함을 계산할 수 있다.

한편, 연구대상지역 방파제 공사를 위한 사석반입 및 투하는 2000년 4월 7일부터 5월 20일까지 43일간 총투하량 32,185 m³이다.<sup>9)</sup> 표 5에서 보는 바와 같이 일정 중 투하물량이 없는 것은 해상의 기상악화로 인하여 투하를

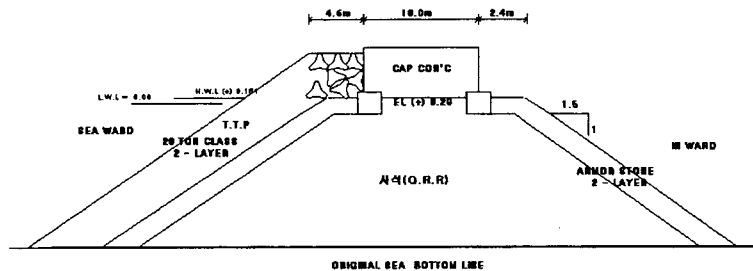


그림 3. 방파제표준횡단도

표 4. 사석투하 후의 토공물량 단위(m³)

스테이션	절토 단면적	성토 단면적	절토체적	성토 체적
0.0000	0	261.490		
0.8730	0	250.938	0	223.6750
16.137	0	154.714	0	3095.932
20.000	0	146.149	0	581.1170
27.932	0	137.831	0	1126.266
35.861	0	171.288	0	1225.502
40.000	0	212.806	0	794.8810
43.725	0	243.743	0	850.3220
54.871	0	221.444	0	2592.486
60.000	0	195.273	0	1068.669
65.624	0	199.395	0	1109.806
80.000	0	243.338	0	3182.363
80.009	0	243.296	0	2.190000
91.629	0	278.305	0	3030.498
100.00	0	367.609	0	2703.472
120.00	0	371.263	0	7388.722
121.41	0	372.938	0	525.0340
140.00	0	477.641	0	7905.709
141.16	0	486.036	0	559.8960
160.00	0	554.302	0	9798.949
169.71	0	574.046	0	5479.824
180.00	0	591.126	0	5993.065
200.00	0	628.499	0	12196.25
207.71	0	633.048	0	4819.360
총성토량 : 76235.985				

실시하지 못한 경우이며, 4월보다는 5월 중 기상악화로 인하여 사석을 투하하지 못한 날이 많다. 또한 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 근거로 계산된 사석투하량이

표 5. 사석반입 및 투하현황단위(m³)

날짜 (월/일)	투하 물량	누적 물량	날짜 (월/일)	투하 물량	누적 물량	비고
4/7	764	764	5/1	516	20,234	
4/8	326	1,090	5/2	0	20,234	기상악화
4/9	1,660	2,750	5/3	854	21,088	
4/10	656	3,406	5/4	0	21,088	기상악화
4/11	603	4,009	5/5	816	21,904	
4/12	608	4,617	5/6	0	21,904	기상악화
4/13	1,808	6,425	5/7	930	22,834	
4/14	599	7,024	5/8	1,707	24,541	
4/15	2,058	9,082	5/9	0	24,541	기상악화
4/16	398	9,480	5/10	2,468	27,009	
4/17	960	10,440	5/11	0	27,009	기상악화
4/18	1,581	12,021	5/12	850	27,859	
4/19	1,482	13,503	5/13	920	28,779	
4/20	324	13,827	5/14	0	28,779	기상악화
4/21	548	14,375	5/15	0	28,779	기상악화
4/22	835	15,210	5/16	0	28,779	기상악화
4/23	644	15,854	5/17	0	28,779	기상악화
4/24	808	16,662	5/18	1,281	30,060	
4/25	360	17,022	5/19	945	31,005	
4/26	1,120	18,142	5/20	1,180	32,185	
4/27	804	18,946				
4/28	364	19,310				
4/29	408	19,718				총 투하 일 수 : 40일
4/30	0	19,718				총 투하 량 : 32,185 m³

32,661 m³인데 비하여 실제 투하량이 32,185 m³으로서 성토물량의 차이는 476 m³으로 15 ton 덤프트럭 약 48 대의 물량에 해당된다. 이것은 DGPS & Echo-Sounding

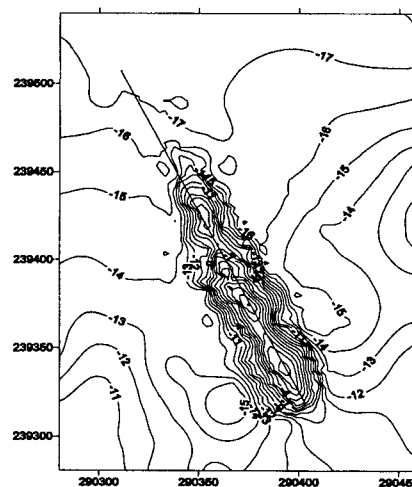
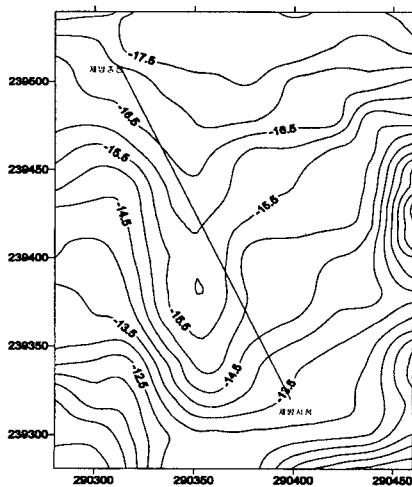


그림 4. 사석투하 전 후의 해저지형도

데이터에 의한 성토물량의 산정 값이 실제 투하되어진 토공물량에 대하여 약 1.5%( $32,185 \text{ m}^3 - 32,661 \text{ m}^3 = -476 \text{ m}^3$ ,  $-476 \text{ m}^3 / 32185 \text{ m}^3 \times 100 = -1.5\%$ )의 차이를 보이고 있는 것이다.

### 4.3 해저지형의 변화분석

일정량의 사석을 제방중심선을 따라 투하한 후의 해저지형은 투하전의 해저지형에 비하여 많은 변화를 예견할 수 있는데 그림 4의 사석투하전의 해저지형도에서는 사석의 투하방향에 대하여 완만한 해저면 경사를 보이고 있으나 사석투하 후의 해저면은 급격한 변화를 나타내고

있다. 또한, 그림 5의 해저지형의 3차원 모델 또한 평면도에 나타난 사석투하 전·후의 지형변화 내용에 큰 차이를 보여 해저면에 제방 중심선을 따라 많은 량의 사석을 투하했음을 알 수 있다. 투하방향은 그림 4의 사석투하 전의 실시설계당시의 사석투하방향과 그 후 사석투하방향이 큰 차이를 보이고 있지 않아 사석투하방향에 대해서는 부표(Buoy)를 설치하는 방식의 활용에 문제가 없음을 알 수 있다.

그림 6은 종단시점(Station No.0)에서 종점(Station No.207.7)까지의 제방 중심선에 대한 해저면 변화를 표현하고 있다. 사석 투하전은 해저면경사 -2.2%의 완만한

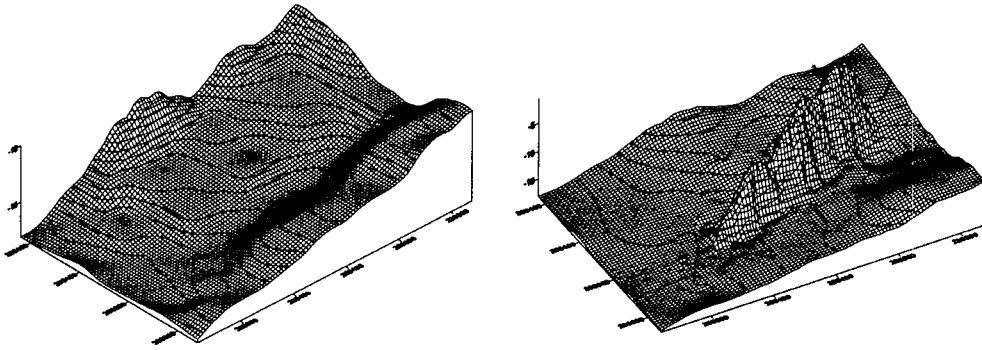


그림 5. 사석투하 전·후의 해저면 3차원 모델

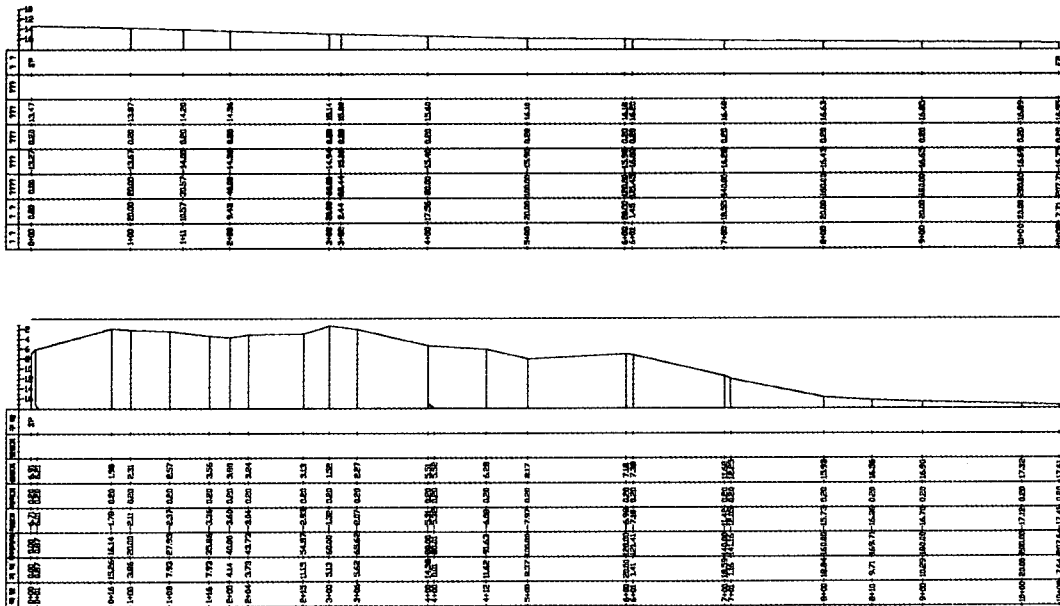


그림 6. 사석투하 전·후의 종단면도

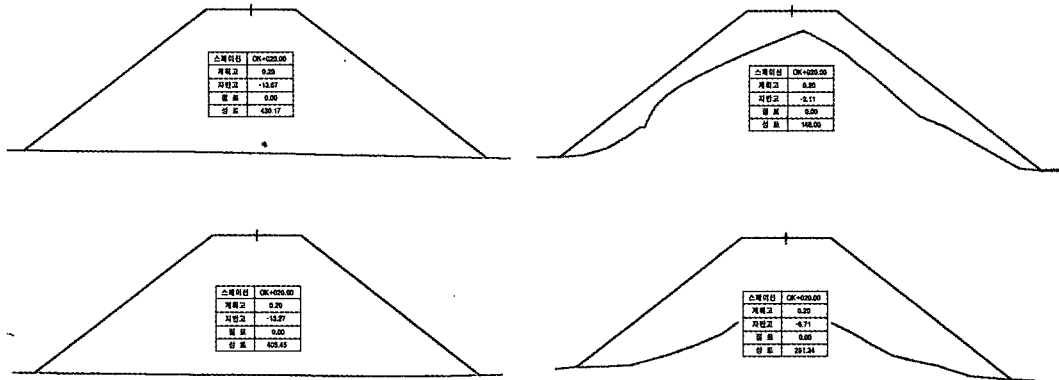


그림 7. 사석투하 전·후의 횡단면도

경사였으나 사석 투하 후의 해저면은 경사를 계산할 수 없을 정도로 많은 요철 현상을 보이고 있음을 나타내고 있다. 그림 7은 점 번호(Station No. 0~Station No. 1)의 사석 투하 전·후의 횡단면도로서 사석 투하전의 횡단면도는 해저 해저면이 일정한 경사를 갖는 것에 비하여 투하 후 횡단면도는 사석 투하로 인한 해저면의 횡단 변화 내용을 보여주고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 방파제 공사의 사석투하 작업일정에서 살펴 볼 때에 사석은 43일간의 투하물량으로서 하루 간격으로 측심연을 이용하여 사석의 투하 깊이 및 방향을 측정하고 일정한 간격으로 사석 고르기 작업에 투입된 잠수부에 의하여 확인 작업을 시도하고 있다. 또한 사석투하 공정 중에 대규모 태풍이나 해일로 인하여 사석이 투하지점으로부터 해저면에 흩어진 경우에는 측심연을 이용하여 그 투하된 사석의 변화를 측정하는 것은 엄청난 시간과 인력을 소모한다는 문제점도 있음을 예견할 수 있다. 이에 비하여 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 근거로 작성한 계산결과는 사석 투하 지역에 대하여 1시간 가량의 측량작업으로 사석 투하지역에 대한 신속 정확한 검측 및 분석작업이 이루어질 수 있음을 볼 수 있다. 따라서 방파제 공사 특히 대규모 사석투하 공정에 DGPS & Echo-Sounding 기법을 도입한다면 실시간 또는 일정한 간격으로 사석투하 공정을 파악하여 소요되는 시간과 경비를 효과적으로 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문은 방파제 축조에 있어서 해저면으로부터 수면

에 이르기까지 방파제 공사의 기초부에 해당하는 사석 투하지역에 대하여 기존의 방법과 달리 DGPS & Echo-Sounding 데이터를 이용하여 사석투하 지역에 대한 측량을 실시한 후 사석 투하깊이, 방향 및 성토물량 등을 계산하여 사석 투하현황을 파악하고, 앞으로의 투하 물량에 대한 계산을 실시함으로써 DGPS & Echo-Sounder에 의한 효율성을 제시하고자 하였다. 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다. 첫째, DGPS & Echo-Sounding 데이터를 이용하여 계산된 토공물량은 실제 투하되어진 물량에 대하여 약 1.5%의 차이를 보임으로서 해저에 투하된 토공물량의 산정에 DGPS & Echo-Sounding 기법의 활용성을 확인할 수 있었다.

둘째, DGPS 및 Echo-Sounding 데이터를 이용하여 사석의 투하 깊이 및 해저형상을 파악함으로써 적재적소에 잠수부의 투입하여 사석 및 피복석 다지기 작업을 수행할 수 있어 작업 시간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 사석을 투하하는 작업공정에서 측심연을 이용하여 사석의 투하 깊이 및 방향을 측정하고 사석 고르기 작업에 투입된 잠수부에 의하여 확인 작업을 시도하는 경우 해저지형의 변화에 대한 검측 및 분석작업이 정확성을 확보하기 어렵기 때문에 이런 경우 DGPS & Echo-Sounding 작업을 수행하는 경우 사석이 투하되는 기간 중에 일정한 간격으로 이루어진다면 신속·정확한 데이터를 근거로 작업을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

넷째, 본 연구에서 거론되지는 않았지만 사석투하 후 일정한 간격으로 측량을 실시하게 되면 사석의 침하상태와 침하에 따른 다짐상태를 확인할 수 것으로 판단되며, 특히 해저하상이 연약지반으로 되어있는 경우에는 효

올적인 측정방법으로 활용될 수 있으리라 판단된다.

### 참고문헌

1. 藤田圭一, "The great Encyclopedia of Engineering works Technology", 일본토목학회(한국사전연구소 번역), 1996, pp 638-640.
2. 포항지방 해운 항만청, "영일만 신항 어항시설 축조공사 설계서", 1996, pp. 3-89.
3. (주)건일엔지니어링, "영일만 신항 어항시설 축조공사 전면책임감리(3,4차) 보고서 4호", 1998, pp. 2-10.
4. (주)협성종합건설, "해상측량성과표 중 기준점측량", 2000. 5.
5. 심정민, 윤희식, "실시간 GPS를 이용한 현장성토다짐 관리시스템 개발", 한국측지학회지, 1998, pp. 271-274.
6. Acuaris 5001 MD & 5001 SD, "Operation Manual", 1998.
7. 유복모, "측량학원론", 박영사, 1995, pp. 275-404.
8. 남상욱, "토목시공학", 청운문화사, 2000, pp. 48-60.
9. 해운항만청, "영일만 신항개발 외곽시설축조공사 실시설계도", 1994.
10. Tycad 매뉴얼(중·횡단도면 작성시 참고).