

시화 멀티테크노 벨리 제2공구 조성공사 현장탐방

글 최재호 \ 토질및기초기술사 \ 토목기술부 과장 \ 전화 02-3433-7756 \ E-mail soilplug@ssyenc.com

1. 서언

시화 멀티테크노 벨리는 미래지향적인 첨단 복합단지 및 주민 친화적인 환경생태단지를 조성하기 위하여 경기도 시흥시 정왕동 일원에 총 280만평의 대규모 단지를 조성하는 공사이다. 본 공사는 2016년 준공을 목표로 총 5개 공구로 분할되어 시공 중에 있으며, 당사가 시공 중인 2공구는 69만평의 면적으로 현재 연약지반 개량이 진행 중에 있다.

당 현장은 해안을 매립하여 단지를 조성하는 공사로서 해안 특성상 연약한 해상점토가 12~20m 정도로 두껍게 분포하여 연약지반 개량이 주공종 중의 하나이며, 단지 매립에 사용할 매립토 확보를 위하여 별도의 준설공사를 인천 팔미도 인근에서 병행하고 있다.

본고에서는 현재 진행 중에 있는 연약지반 개량공법 및 해사준설 공사를 위주로 소개하고자 한다.



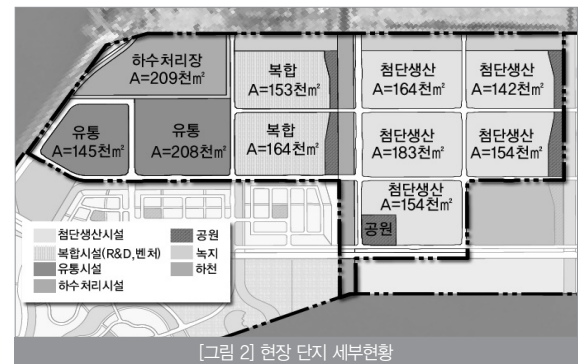
[그림 1] 시화 멀티테크노 벨리 현장 위치도

2. 공사 개요

당 현장은 69만평의 단지를 조성하는 공사로서 공사범위는 단지 조성공사, 도로 및 포장 공사, 교량공사, 간선수로공사 등으로 세부 내용은 <표 1>과 같다.

표 1 공사 개요

공사명	시화 멀티테크노 벨리 제2공구 조성공사
발주처	한국수자원공사
공사범위	단지조성(69만평, 2,358천㎡), 차도 및 보도 포장(2,017a), 교량 4개소(비대칭사장교 1개소, 아치교 1개소, PSC 라멘교 2개소), 상수도(20.8km), 하수도(24.4km), 간선수로(1,486m), 기타 부대공 1식
공사기간	2007년 8월 24일~2016년 2월 8일(101개월)

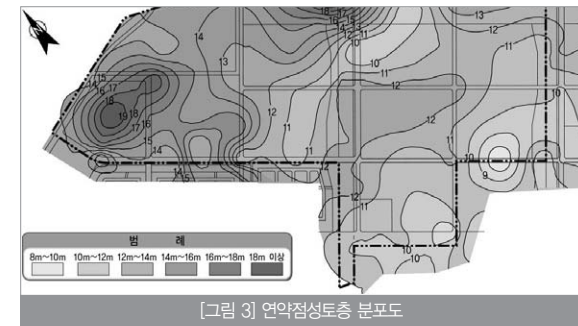


[그림 2] 현장 단지 세부현황

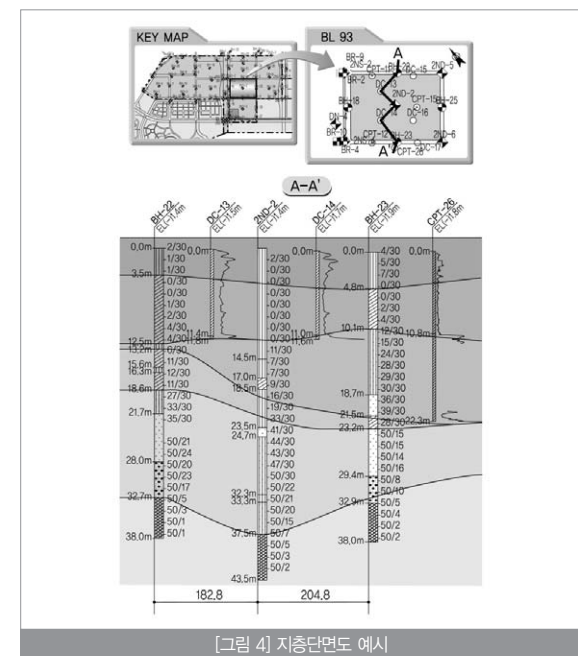
3. 지형 및 지질 특성

당 현장은 과거 서해안의 해상이었으나 시화공단의 매립으로 인하여 육상과 접해있는 상황이며, 시화방조제로 인한 담수화과정을 겪은 지역이다. 과거 해상일 때는 조수간만의 차이가 컸으나 현재는 방조제 축조로 인하여 수위의 변화를 인위적으로 조절하여 그 변화가 크지 않다. 지형 형상은 현재 점성토가 상부에 퇴적되어 있는 상황으로 육지로부터 해안 방향으로 완경사를 이루고 있으며, 공사현장 북서방향에 오이도가 위치하고 있다.

당 현장의 지층은 매립층, 퇴적층 및 풍화대 순으로 분포하며, 느슨한 사질토로 구성된 매립층 하부에 연약한 해상점토가 약 12~20m로 두껍게 분포한다. 연약점토층은 통일분류상 주로 ML 내지 CL로 분류되며 N값은 0/30~4/30 정도를 나타낸다.



[그림 3] 연약점토층 분포도



[그림 4] 지층단면도 예시

4. 해사준설공사

4-1. 준설공사 현황

단지 매립토 확보를 위하여 인천항 팔미도 북서항로 준설공사를 실시하고 있으며, 해사준설은 모래채취선을 이용하여 시공 중에 있다. 준설토의 운반은 하역장까지 해상운반, 하역장에서 현장아적장까지 컨베이어벨트 운반, 현장아적장에서 매립부지로 덤프트럭 운반의 3단계 과정을 거쳐 시행된다. 준설위치에서 하역장까지는 2,000~3,000㎡급 바지선 4대를 이용한 해상운반을 통하여 수행되고, 하역장에서 현장 내 아적장까지는 기존도로 횡단을 위하여 설치된 컨베이어벨트 가교를 통하여 운반되며, 현장아적장에서 매립부지로는 덤프트럭에 의하여 운반된다. 해사 반입량은 약 8,000㎡/일 정도이며, 현재 반입된 해사매립토는 총 182만㎡ 정도이다.



[그림 5] 준설공사 전경(인천항 팔미도 북서항로)



[그림 6] 해사 운반용 컨베이어벨트 가교 전경

4-2. 준설토 품질관리

반입된 해사는 매립토 및 연약지반 수평배수를 위한 샌드매트로 이용된다. 해사의 품질관리 기준은 매립토와 샌드매트로 구분하여 매립토는 자체의 입밀침하 방지를 위하여 #200체 통과량 50% 미만, 샌드매트는 #200체 통과량 15% 이하, 입도 D15 0.075~0.9mm, 입도 D85 0.4~8.0mm를 기준으로 엄격히 관리하고 있다.

준설토 시험시공에 의한 품질시험 결과 #200체 통과량은 바지선에서 2.0~11.9% 정도를 보이며, 바지선에서 컨베이어벨트 이동, 컨베이어벨트 운반 등의 과정에서 세립분이 다량 유실되어 현장 내 반입 해사의 #200체 통과량은 2.2% 정도를 나타낸다. 준설토의 엄격한 품질관리를 위하여 바지선이 접안할 때마다 현장반입 매립토의 품질시험을 수행하고 있다.



[그림 7] 하역장 바지선 접안 전경

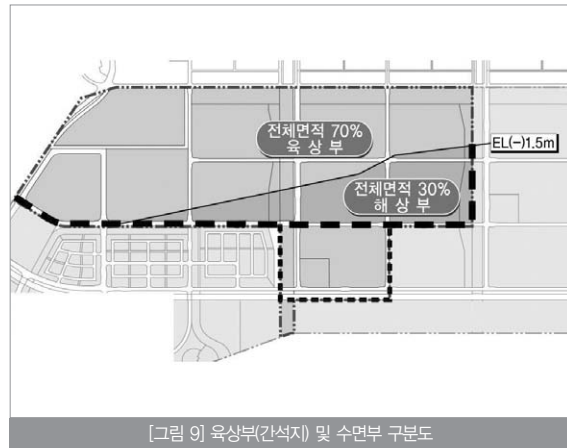


[그림 8] 현장 내 야적장 전경

5. 연약지반 개량공법

5-1. 단지매립 계획 및 연약지반 처리공법

당 현장은 전체 면적의 70%를 차지하는 기존의 간석지로 구성된 육상구간과 면적의 30%인 해상구간으로 구분되며, 해상구간 단지조성은 석산골재를 이용한 도로부 축조 후 단지부를 준설 해사를 사용하여 매립하는 것으로 계획되었다. 현재 1차 매립이 완료된 구간은 전체 면적의 30% 정도이다.



[그림 9] 육상부(간석지) 및 수면부 구분도



[그림 10] 도로부 및 단지부 횡단구성

연약지반 처리공법은 전 구간에 걸쳐 선재하공법(Pre-loading)을 적용하였으며, 연약층 심도가 깊어 압밀대기기간 24개월을 초과하는 북서측구간은 PBD(Plastic Board Drain)를 적용하여 압밀기간을 최소화하였다. 현재 PBD 공정률은 45%정도이며 PBD 심도는 연약점성토층 하부까지인 14.0~18.0m, 간격은 2.5~2.8m로 시공 중에 있다.

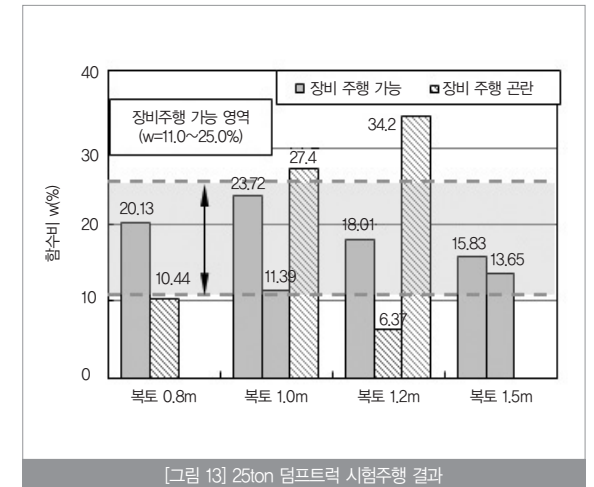


[그림 11] PBD 공법 적용 구간



[그림 12] PBD 시공 전경

주행성은 매립토의 함수비에 크게 의존하는 것으로 분석되었다. 즉, 매립토의 함수비가 11.0~25.0%인 경우에는 장비주행성이 원활하였으나 함수비가 25% 이상이거나 11% 이하인 경우에는 바퀴 매몰현상이 발생하여 장비주행성 확보가 곤란한 것으로 분석되었다. 준설토의 매립 직후 함수비는 약 27.4~33.2% 정도로서 매립 표면은 곤죽상태를 나타내며 야적장 적치 3~4일 경과 후에는 함수비가 25% 이하를 나타내었다. 또한, 함수비가 11% 이하인 경우 다짐시공을 실시한 후에는 장비주행성이 원활하였다. 당 현장은 시험시공 결과를 토대로 매립토의 함수비를 11.0~25.0%로 관리하고 있으며, 이를 위하여 준설토를 야적장에 2~3일간 적치하여 함수비 기준이 만족됨을 확인한 후 복토고를 0.8m 이상으로 실시하여 장비전도에 의한 안전사고를 사전에 방지하고 있다.



[그림 13] 25ton 덤프트럭 시험주행 결과



[그림 14] 장비주행성 시험시공 전경

표 2 준설 해사 품질시험 결과

구분	품질관리 기준		품질시험 결과		
	매립토	샌드매트	바지선	현장 반입토	판정
#200체 통과량(%)	50% 미만	15% 이하	2.0~11.9	2.2	매립토 및 샌드매트 재료로 적합
입도 D15(mm)	-	0.075~0.9	0.11~0.24	0.21	
입도 D85(mm)	-	0.4~8.0	0.4~1.0	0.7	

5-2. 장비주행성 확보를 위한 시험시공

연약점성토층이 12~20m로 두껍게 분포하여 안전사고 방지를 위한 장비주행성 확보가 매우 중요하다. 장비주행성 확보를 위한 복토 두께는 이론식의 경우 0.8~1.2m 정도로 분석되었으며, 실제 준설 매립토에 대한 장비주행성 확인을 위하여 복토 두께 및 함수비를 조정하여 시험시공을 실시하였다.

덤프트럭에 대한 시험주행 결과 복토 두께 0.8m 이상인 경우 원지반 점성토에서의 전단파괴는 발생하지 않았으며, 이 경우 장비

6. 시공성 및 원가개선을 위한 설계변경

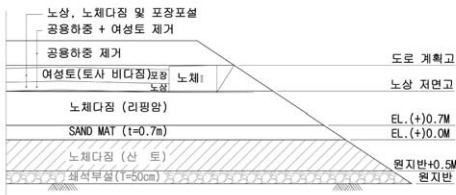
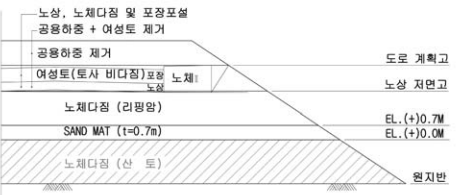
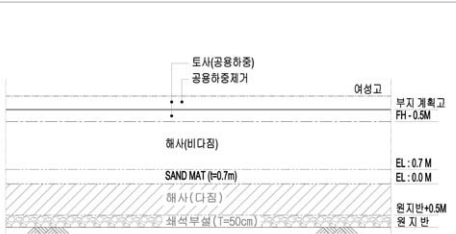
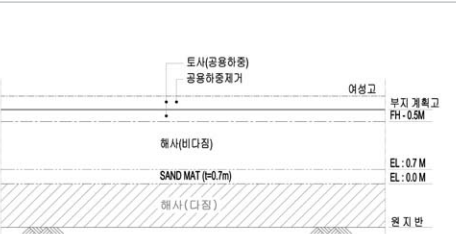
6-1. 단지 매립단면 변경

사업지구가 육상부와 해상부로 나뉘어 있으며 해상부의 경우 가토제를 선 축조하고 단지 내 해수를 강제 펌핑 후 쇄석을 50cm 부설하여 육상화 시공을 할 수 있도록 설계되었으나, 사업계획 변경으로 인하여 가토제의 선 축조가 곤란하다. 발주처와의 VE 검토를 통하여 가토제 및 쇄석 50cm 부설 없이 해상공사로 시공하도록 단면을 변경하였으며 SS유출 방지를 위하여 오탁방지막을 선 시공하였다.

표 3 VE 회의 진행 현황

성과품 사전검토	VE 워크숍	참석자
2008년 11월 17일 ~ 2008년 11월 21일	2008년 11월 24일 ~ 2008년 11월 26일	수자원공사 7명 및 현장 담당자

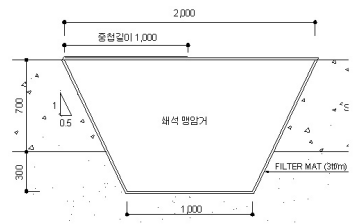
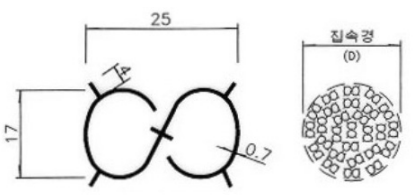
표 4 도로부 및 단지부 단면 변경 현황

구분	당초설계	변경설계
도로		
단면도		
시공방법	<ul style="list-style-type: none"> 가토제 선축조 후 해수 펌핑 → 쇄석 50cm 부설 → 매립성토 	<ul style="list-style-type: none"> 가토제 및 쇄석 부설 없이 매립성토 기존 쇄석부설은 리핑암(도로부)와 해사(단지부) 부설로 대체
특징	<ul style="list-style-type: none"> 가토제 선 축조 필요 육상공사 SS유출 억제 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 가토제 선 축조 및 쇄석부설 불필요 해상공사 SS유출 억제를 위한 오탁방지막 필요
공사비	100 %	67.5%
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> 가토제 선축조가 불가한 상황에서 해상부에 50cm 쇄석부설은 사실상 시공이 곤란 가토제 및 쇄석부설 공종을 삭제하여 시공성을 개선하고 원가절감을 도모 	

6-2. 연약지반 수평배수관 재료 변경

압밀에 의한 간극수의 최종 배수를 위한 수평배수관은 샌드매트와 병행하여 사용되며 일반적으로 다발관 또는 쇄석맹암거가 사용된다. 원설계시 수평배수관은 쇄석맹암거로 계획되었으나 쇄석맹암거의 물량이 과다하고 쇄석단가가 급등하여 시공성 및 경제성 측면에서 매우 불리하다. 쇄석맹암거와 다발관을 통수능력, 시공성 및 경제성 측면에서 비교, 검토하여 통수능력이 우수하고 침하에 의한 절곡 및 모래 관입에 의한 배수기능 저하 우려가 적으며 터파기 물량이 감소하여 시공성 및 경제성 측면에서 유리한 다발관으로 변경 적용하였다.

표 5 수평배수관 변경 현황

구분	당초설계(쇄석맹암거)	변경설계(다발관)
개요도		
규격	<ul style="list-style-type: none"> Type-1(지관) : 1.0 x 2.0 x 1.0m Type-2(합관) : 1.5 x 2.5 x 1.0m 	<ul style="list-style-type: none"> Ø100(지관, 합관 동일)
통수 능력	<ul style="list-style-type: none"> Q=1.62~2.16m³/hr 침하 시 절곡, 모래 관입에 의한 막힘 현상으로 배수기능 저하 우려 	<ul style="list-style-type: none"> Q=2.60m³/hr(당초설계 대비 120~160%) 침하 및 막힘 현상에 대하여 상대적으로 우수함.
시공성	<ul style="list-style-type: none"> 터파기 물량 : 1.5~2.0m³/m 시공사례 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 터파기 물량 : 0.32m³/m(당초설계 대비 21%) 시공사례 풍부
공사비	100%	73.8%



[그림 15] 수평배수관 시공 전경

고 있으며, 시공성 및 원가 개선, 품질우선 및 안전재해 사전 방지를 위하여 오늘도 끊임없이 노력하고 비지땀을 흘리는 현장직원 모두에게 박수를 보내고 싶다. 아울러 총 280만명의 대규모 첨단 복합단지가 준공된 후 문화적, 환경적으로 거듭나게 될 시화호 주변의 아름다운 전경을 기대해 본다. S

7. 맺음말

시화 멀티테크노 벨리는 미래지향적인 첨단 복합단지 조성을 위하여 대규모 준설매립이 이루어지고 있는 현장으로 연약지반처리, 교량, 도로, 상하수도 및 준설 공사 등 토목공사 전반적인 공종이 복합적으로 구성되어 있다. 현재 준설 공사와 매립공사가 주공종을 차지하고 있으며, 향후 비대칭 사장교 등의 특수교가 시공될 예정이다. 준설토 운반용 대규모 가설 컨베이어 교량은 국내 유사 공사에서 보기 힘든 공종이며, 매립토 확보를 위한 준설공사를 별도로 수행 중에 있다.

당 현장은 5개 공구 중에서도 단연 선두공구로서 업무를 수행하