싱가포르 Woodlands Health Campus 현장탐방

글 윤형근 / SINWA현장 부장 / 전화 +65-8312-4674 / E-mailE-mail: yoonhk@ssyenc.com
글 엄경륜 / SINWA현장 소장 / 전화 +65-9821-5878 / E-mailE-mail: kreomg@ssyenc.com

1. 머리말

Woodlands Health Campus는 싱가포르 Woodlands 지역에 건설되는 1,800병상 규모로 첨단 IT로 접목된 대규모 미래형 종합병원 신축 프로젝트이다. Tower동은 응급실과 수술실 및 입원실이 연결되어 있어서 응급환자의 수술부터 입원까지 연계성이 우수하다. Specialist Outpatient Clinics (SOC) 병동은 전문외래환자 클리닉으로 지하를 통해 본동과 연결됨으로써 외래환자가 다양한 시설을 편리하게 이용할 수 있게 하였다. Long Term Care (LTC) 병동은 Hospice 병실을 포함하여 장기요양을 위한 Cluster화된 서비스를 공급한다.

[그림 1] Project 위치도

병원대지는 가로 430m, 세로 270m 비정형 대지이며, 건물의 배치는 [그림2]와 같이 8개 동으로 구성되어 있다. 지하 4층~7층 규모로 외벽은 Precast Concrete와 Aluminum 벽체를 적용하며, 화장실은 Prefabricated Bath Unit(PBU)을 사용한다. MEP 배관의 Module화 공법인 Prefabricated Modular Unit(PMU)을 적용하여 현장 배관설치를 최소화하고 품질을 향상하는 공법을 적용하였다. 병원 시설의 특징으로, 전시(War)상황에서도 병원 운영이 될 수 있는 Hospital Protected Vital Facilities (HPVF) 지역 및 Civil Defense Shelter(CDS) 지역을 고려하였다. 이는 유사시를 대비해 병원 안에 또 다른 병원을 설치 하는 것이다.

[그림 2] 건물 배치도

<표 1> 공사개요

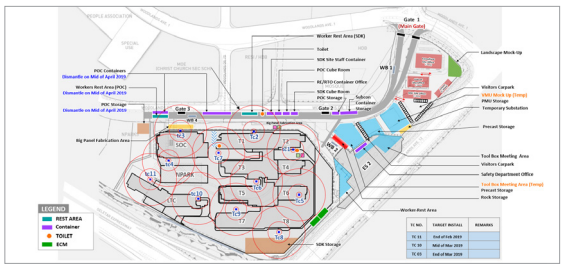
공사명	Woodlands health Campus
공사기간	2018. 04. 30 ~ 2021. 01. 31(33개월)
발주처	MINISTRY OF HEALTH
설계사	• Architect : SAA Architects Pte Ltd • C&S : TY LIN International Pte Ltd • MEP : Surbana Jurong/Squire Mech/Alpha JV • QS : Rider Levett Bucknall LLP • PM : Arcadis Project Management Pte Ltd • Security & Blast : K&C Protective Tech.
대지면적	76,600 m² (23,172평)
연면적	246,000 m² (74,415평)
공사규모	• Tower 6개동(지하 4층~지상 7층, 1,800병상) • SOC 병동 및 LTC 병동(지상 7층)

당 현장은 현재 지하층 토공사 및 지상/지하 골조공사가 진행중이며, 본 고에서는 공통가설 시공계획 및 주요공사 시공계획을 다루고자 한다.

2. 공통가설 시공계획

가설 사무실 및 장비 설치는 아래와 같이 대지 우측에 현장 사무실과 발주처 사무실을 배치하고 Mock-up 및 Utility 시설을 배치하였다. 현재 타워크레인은 총 11대를 운영하는 것으로 계획되었으며, 현재 타워 크레인은 2대를 설치가 되어 있으며 3월말까지 3대를 추가하여 5대를 운영할 계획이다.

[그림 3] Logistic Plan 및 현장 대지



3. 주요 공사 시공계획

3.1 Construction Sequence

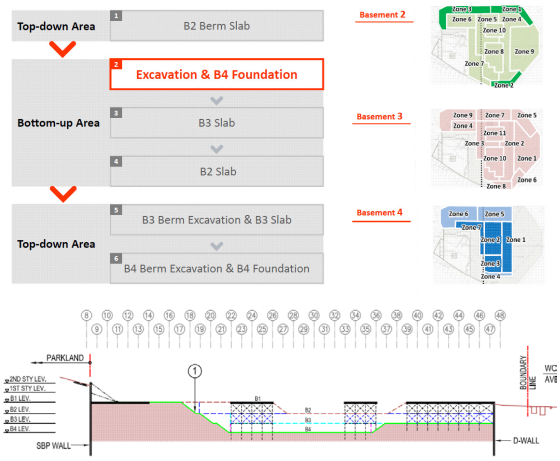
시공과정은 [그림 4]와 같이 선행 Phase1 업체의 Tower동 지하 1층 바닥 콘크리트 타설이 완료된 후 공사 착수를 하였다. 토공사 및 골조공사는 Top-Down 및 Bottom-up Mixed 공법으로, Tower동 (Bottom-up 공법)과 SOC 병동(Top-down 공법)은 각각 다른 공법으로 콘크리트 구조 공사 및 마감공사가 순차적으로 시공된다. 또한 현장의 Phase별 Hand-over는 2020년 12월 31일부터 2021년 8월 14일까지 총 3단계로 진행될 계획이다.

[그림 4] Construction Sequence

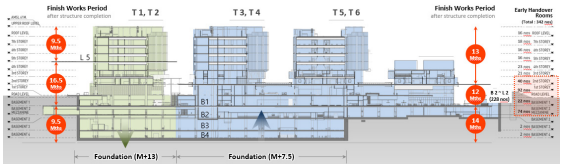
3.2 지하 토공사 공법

당 현장은 Top-down & Bottom-up Mixed 공법이 적용되었다. ERSS 디자인을 효과적으로 설계하기 위해 북쪽과 남쪽의 지하 2층 Berm 지역은 Top-down으로 작업 후, Berm을 제외한 지역은 지하 4층에서 지하 2층까지 Bottom-up 공법을 적용하였다. 이후 지하 2층 슬래브 타설 완료 후에는 지하 3층 및 지하 4층을 순차적으로 부분 Top-down 공법으로 진행한 후 지하 4층의 기초를 타설하는 공법을 적용하였다. 이는 광활한 면적의 토공사 ERSS을 가장 효과적으로 수행하기 위한 공법이다.

[그림 5] 시공 Sequence 및 주단면



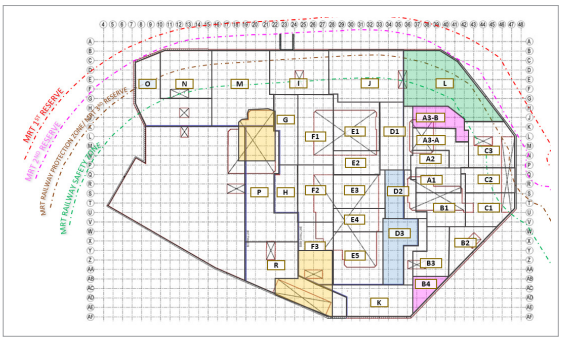
[그림 6] Top-down / Bottom-up Demarcation



3.3 ERSS(Earth Retaining Stabilizing System)

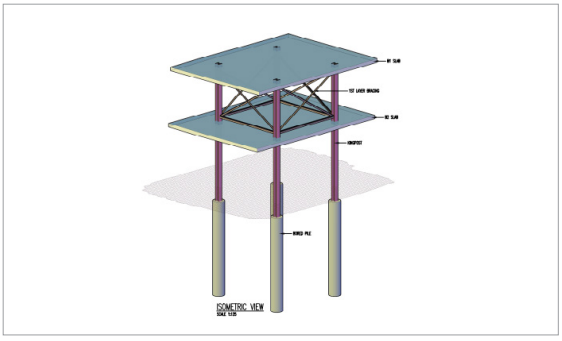
현장 대지와 인접하여 MRT 터널이 위치해 있어서 입찰 초기부터 현장의 주요한 시공계획 요소였다. D-wall 및 SBP(Secant Bored Pile)에는 Inclinometer(ERSS Wall 깊이별 수평변위 확인) 54개소, Water Standpipe(지하수위 Level 확인) 33개소, Piezometers(지중의 간극수압 확인) 27개소, Prism(터널의 수직, 수평변위 확인) 1,670개소 등을 설치하여 토공사 진행시 계측기 변화를 관리하고 있다. 지하수위 저하에 따른 변위를 최소화하기 위한 Recharging Well 공법을 적용하였고, 현장에서는 Recharging Well Point 127공를 관리하고 있다. 인접 MRT Tunnel의 변위가 발생함에 따라 초기에 토공사 중지가 되는 어려움을 겪었으나, 수 차례 육상교통청인 LTA(Load Transfer Authority)와의 협업을 통해서 초기 공사중지의 어려움을 해결하고 지난 2월중순부터 본격적인 지하층 터파기를 진행하고 있다. 터파기시 Top-down 및 Bottom-up 구간과 Berm(Strut역할을 하는 토사) 지역의 토공사를 위해 Racker Strut / Ground Anchor / Kingpost Bracing을 적용하였다.

[그림 7] 지하층 Zoning Plan

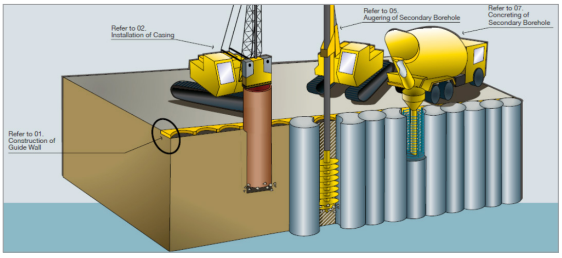


[그림 8] Racker Strut

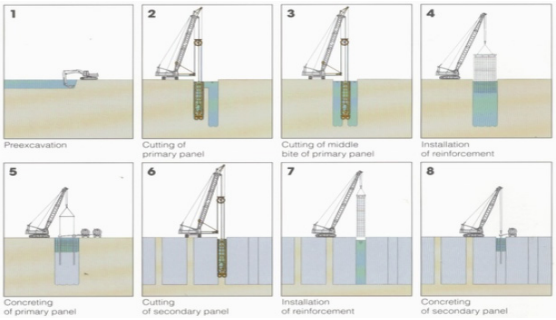
[그림 9] Kingpost Bracing



[그림 10] SBP(Scant Bored Pile) 개념도



[그림 11] D-Wall 개념도

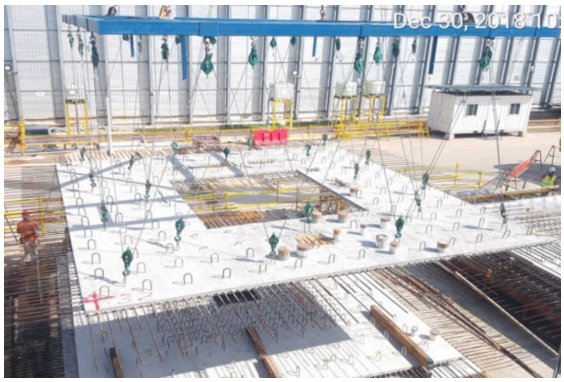


3.4 PC(Precast Concrete)

당 현장 지상층 주요 구조체인 기둥, 벽체, 보, 슬래브, 계단, Facade을 Precast Concrete로 적용하였으며, 싱가포르 건설청인 BCA (Building & Construction Authority)에서 요구한 시공성 점수(Build ability Score) 83.47점를 충족시키기 위한 주요한 요소이다.

또한 슬래브에 적용된 대형 PC(Big Panel Slab, Size: 7mx7mx 75mm)을 전문시공업체를 통하지 않고 현장에서 직접 타설하여 원가절감 및 공기단축(1.3개월)을 추진 중이다. 이는 대형 패널 PC를 외부에서 제작하면서 발생할 수 있는 리스크인 원가/공기/품질/Logistic 등의 문제를 동시에 해결하였고, Big Panel Slab 현장타설을 성공적으로 수행한 첫 번째 현장이다.

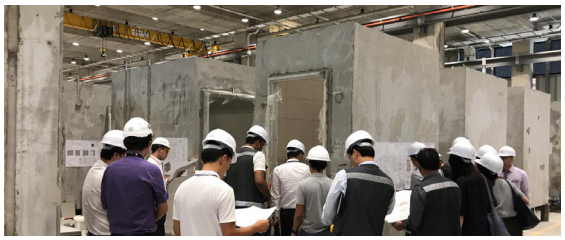
[그림 12] 현장 생산 Big Panel Slab(7mx7m)



3.5 PBU

화장실 공사를 수행하면서 발생할 수 있는 품질 및 시공성 저하를 해결하기 위해 화장실을 공장에서 일체화된 Unit으로 제작 후 운송을 통해 시공성을 향상한 PBU(Prefabricated Bath Unit) 공법을 적용하였다. 공장에서 전기/설비/건축마감재를 설치 후 까다로운 품질점검 후 배송 및 설치를 적기에 할 수 있어, 싱가포르 대부분의 현장에서 적용되는 공법이다.

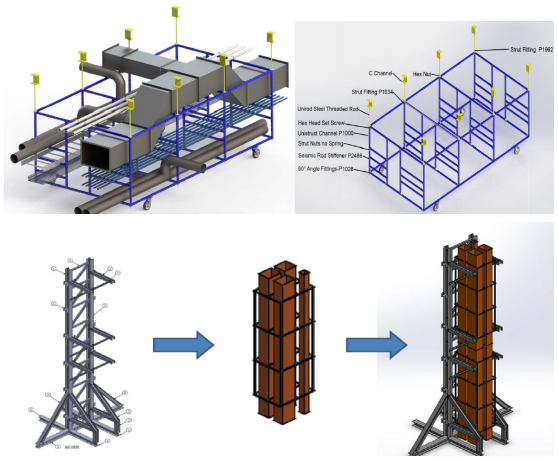
[그림 13] PBU 공장검측 및 현장 Mock-up 설치



3.6 PMU

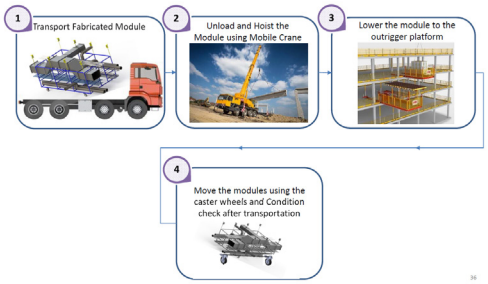
PMU는 Modular Pre-Fabricated Multi-Trade Service, 공장제작 조립식 MEP 유닛)으로 공장에서 조립된 ACMV 덕트, 주방 배기 덕트, Medical service, 위생 설비, 전기설비 등의 일체화된 Unit을 공장검측 후 운송 및 시공을 하는 시스템이다.

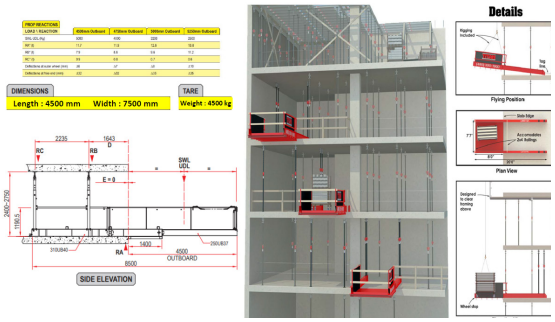
[그림 14] PMU Module Components



PMU는 당 현장에 수평부재 2,180개 Module과 수직부재 150개 Module로 일일 최대 45개 Module로 계획되었다. 이를 위해 공장제작 10~12개월과 현장시공 12~14개월로 각각 계획하였다. 공장에서 생산되는 Module인 만큼 품질관리는 각 체크리스트에서 따라 Module위치 / 수직도 / QR code 등을 각각 검측 완료 후에 보양 / 야적 / 배송이 이루어진다. 현장 배송 후 설치는 Outrigger Platform을 이용하여 설치하며, 현장 배송은 QR Code 및 Monitoring Software을 이용하여 적기 배송 및 설치를 할 수 있게 System화 되어 관리될 계획이다.

[그림 15] 배송 및 Outrigger Platform





배송 후에 Pipe와 Duct는 10개 module마다, Medical Gas는 각 Module별 현장 Test가 수행된다.

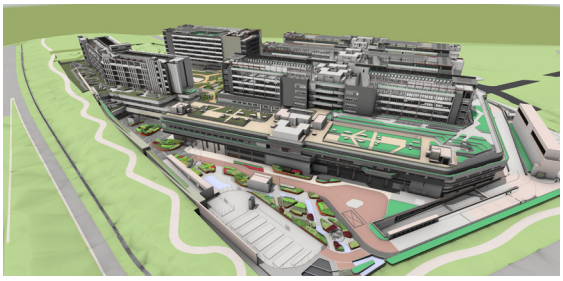
<표 2> PMU Test

Service	Connection Type	Testing
Medical Gas	Brazing type	Individual Testing
All Pipes	Victaulic, Flange or Other quick connection(Removable)	Series Testing
All Ducts	Flange Connection	Series Testing

3.6 BIM

싱가포르에서 BIM은 건축현장에서 공공 및 민간 할 것 없이 연면적 500m² 이상에 대해서 설계 및 시공을 적용하도록 하고 있으며, 당 현장에서도 BIM을 통한 현장 공정에 실시간으로 대응하기 위한 인력을 별도 구성하여 대응하고 있다. 현재 2차 현장 Mock-up에서부터 BIM을 통한 현장검측 및 현장공정 실시간 monitoring system을 적용하고 있다

[그림 16] BIM 적용 현장 전경



시공 완료 후에 의사 및 간호사 등의 설계 만족도 및 이해도를 높이기 위해서 각 기능실 별 마감을 반영한 Room Book 및 VR(Virtual Reality)을 통해 BIM을 구현함으로써 End User의 이해도가 높은 3D Model을 통해서 각 실의 마감을 구현하고 있다. 사용자의 요구사항을 최대한 충족시켜 줌으로써 추가 수정요구도 최소화 될 것으로 기대된다. 현재 설계팀 조직은 80명이 넘는 대규모로 C&S/CBP(구조), WSP/Archi.(건축), Room Book/ID(마감)의 4개 팀으로 운영하여 품질 확보 및 정밀 시공에 만전을 기하고 있다.

[그림 17] BIM 적용 External Area

4. 맺음말

이상과 같이 Woodlands Health Campus 현장의 공통 가설 시공계획 및 주요공사 시공계획 등에 대하여 살펴보았다. Woodlands Health Campus 프로젝트는 주요 시공계획에서 볼 수 있듯이 건설 생산성을 높이기 위한 여러 방안을 성공적으로 적용함으로써 싱가포르가 추구하는 스마트건설이 병원현장에서 실현되어 질 것이다. 이는 현장에서 이루어지는 단순 시공 인력 감축과 공사기간 단축을 통해 현장에서 문제되는 각종 공기/안전/품질/민원에 대한 리스크를 줄임과 동시에 향후 건설현장의 나아갈 길을 보여주는 이정표가 될 수 있을 것이다.

끝으로 당 현장의 성공적인 준공을 통해 싱가포르 뿐만 아니라 당사의 해외 수주에 기여할 수 있기를 기대해 본다.