

싱가포르 도로 및 도시철도 사업의 BIM 활용 현황



김봉근 태성에스엔아이 해외사업부 이사, bgkim@tssni.com

1. 서론

도로와 철도 기반시설 사업은 물류와 국민들의 이동성을 개선하고 지역간 상호 연결성을 확충함으로써 국가의 경제 성장과 지역 통합을 촉진시키고자 수행되는 국가의 중요 사회간접자본확충 사업 중 하나이다. 이러한 사업은 일반적으로 크게 조달담당 기관이 시설물을 건설하여 운영기관에 인계하는 조달단계와 운영담당 기관이 인계 받은 시설물을 운영하면서 필요한 유지관리를 수행하는 단계로 나눈다.

많은 국가에서 공공시설물의 조달단계에 BIM 활용을 의무화하였는데, BIM이 업무의 효율성을 높여 사업비용을 절감하고, 건설 중 사고 위험성을 줄이며, 시설물의 유지관리 비용절감에 기여할 수 있기 때문이다. 싱가포르 정부는 2010년부터 시설물 건설과 관련한 인허가를 위한 전자납품체

에서 BIM 모델 납품을 수용하기 시작하였으며, 2013년 7월부터는 건축면적이 20,000 제곱미터 이상, 2015년 7월부터는 5,000 제곱미터 이상인 사업에 대해 BIM 납품을 의무화하였다. 이와 같은 배경에서 싱가포르 육상교통청(LTA, Land Transport Authority)은 2015년 입찰 공고한 Thomson-East Coast Line 도시철도사업의 Stage 4에 해당하는 계약들부터 BIM 활용을 의무화하고, 현재까지 지속적으로 BIM 활용 분야를 늘려가고 있다.

태성에스엔아이는 싱가포르 도로 및 철도분야에서 처음 BIM 요구사항이 도입된 Thomson-East Coast Line 도시철도사업을 시작으로 싱가포르 시장에 진출하였으며, 현재 도로 및 철도와 관련해서는 10개 공구, 총 약 6조원 공사규모에 대한 BIM 컨설팅을 맡아 수행 중에 있다(그림 1). 이에

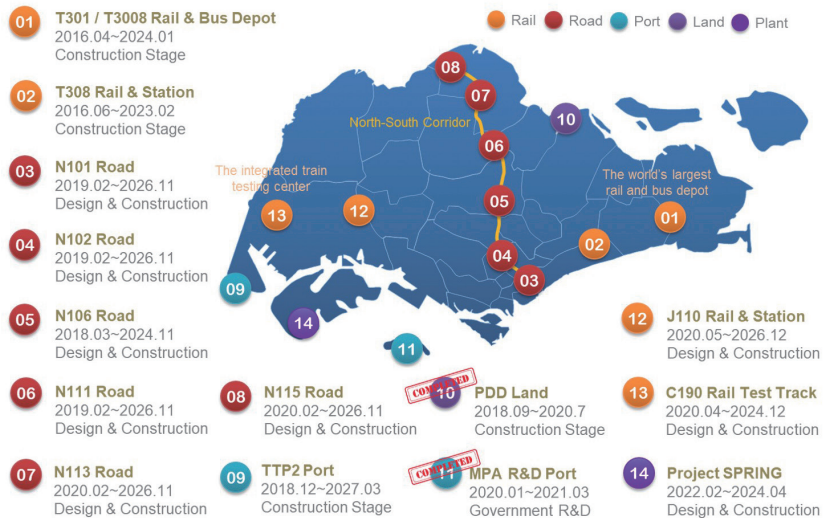


그림 1. 태성에스엔아이의 싱가포르 프로젝트 진행 현황



표 1. 단계별 필수 BIM 활용 분야

BIM 활용 분야	1단계	2단계	3단계
3D 코디네이션 및 2D 도면화	0	0 (CSD ¹⁾ 를 BIM으로 대체)	0 (CAVE ²⁾ 시스템 추가)
시공 및 설치 계획 검토 (4D)		0	0 (CIP ³⁾ 추가)
설계 및 시공 수량 검토 (5D)		0	0 (S/W 요구사항 추가)
준공정보모델 (6D)	0	0	0

※ 약자 설명: 1) CSD: Combined Services Drawings
 2) CAVE: Computer Aided Virtual Environment
 3) CIP: Coordinated Installation Programme

따라 싱가포르 육상교통청의 BIM 요구사항에 대한 여러 문서자료들을 수집할 수 있었고, 현장별 요구사항과 여건에 맞추어 BIM을 실행하는 경험을 얻을 수 있었다. 이러한 자료와 경험을 바탕으로 본 기사에서는 도로 및 철도시설물의 조달과정에서 싱가포르 육상교통청에서 요구하는 필수 BIM 활용분야에 대한 확장 과정과 각 필수 BIM 활용분야와 관련해서 현장에서 적용하고 있는 현황을 간략히 소개하고자 한다.

2. BIM 요구사항 및 활용 현황

싱가포르 육상교통청은 자체 BIM 적용 로드맵 계획에 의해 단계별로 BIM 활용분야를 확장해 왔으며, 요구사항의 세부 사항 또한 단계별로 보다 구체적으로 업데이트되어 왔다. 2022년도 현재까지 수집한 싱가포르 육상교통청의 BIM 요구사항을 바탕으로 싱가포르 도로 및 철도사업의 BIM 활용 분야 의무화 과정을 시기별로 구분하면 <표 1>과 같으며, 그 세부 내용은 이하 절에 설명하였다.

2.1. 3D 코디네이션

3D 모델을 활용한 코디네이션 회의 수행은 1단계부터 의무화된 사항이다. 일반적으로 3D 코디네이션 회의는 <그림 2>와 같이 4단계에 걸쳐 진행된다. 먼저 각 분야별 모델작성 담당자가 코디네이션 회의 전에 코디네이션 주도를 담당하는 기관의 BIM 팀에게 모델을 공유하고, 코디네이션 담당 BIM 팀은 각 공종별 모델을 모아서 코디네이션 모델을 준비한다. 이후 코디네이션 담당 BIM 팀은 코디네이션 모델 검토를 통해 코디네이션 회의에서 논의할 이슈들을 정리하게 되는데, 각 공종별 모델의 품질검토와 Clash 분석을 수행하여 신규로 발견된 이슈들을 찾고, 이전 회의에서 논의되었던

이슈들의 해결여부를 검토한다. 코디네이션 회의에는 발주처의 코디네이션 담당 감독관을 비롯하여 각 분야별 엔지니어와 BIM 인력이 참여한다. 코디네이션 회의를 주도하는 담당자는 주로 코디네이션 책임기관의 코디네이션 책임자 또는 BIM 관리자가 맡는다. 3D 코디네이션 회의에서는 공종별 Clash 해결을 위한 아이디어를 공유하여 최적의 방안을 찾는 것뿐만 아니라, 기계전기 장비를 설치하기 위한 이동성은 확보되어 있는지, 코디네이션 결과가 향후 유지관리 및 점검에 불편함을 없는지도 함께 검토하여 유지관리 단계의 생산성을 확보하는 것도 함께 다룬다. 코디네이션 회의의 주기는 프로젝트마다 다른데 도시철도사업의 경우 대부분 일주일에 한번 수행하고, 도로사업의 경우 2주에 한번 또는 월간 회의로 수행하는 경우도 있다. 마지막 단계로서 각 분야별 모델작성 담당자는 코디네이션 회의를 통해 논의된 내용에 따라 모델을 업데이트하게 되며 사전에 협의된 코디네이션 회의 일정에 따라 업데이트된 모델을 다시 공유하는 사이클을 이루게 된다.

한편, 3단계부터는 프로젝트 홍보관 건축이 업무범위에 포함되는 공구의 경우 CAVE(Computer Aided Virtual Environment) 시스템을 홍보관에 함께 구축하는 것을 요구하기 시작하였다. CAVE 시스템은 대민 홍보를 위한 것뿐만 아니라, 인접 공구들에게 3D 코디네이션 회의를 위해서도 개방하여 보다 현실감 있는 환경에서 의사결정을 수행할 수



그림 2. 3D 코디네이션 회의 과정

있도록 지원하는데 그 목적이 있다.

2.2. 2D 도면 작성

싱가포르 도로 및 철도 사업에서 토목건축분야 주계약자가 코디네이션과 관련해서 육상교통청에 제출하는 2D 도면은 CSD (Combined Services Drawings), SEM (Structural, Electrical & Mechanical) 도면, 그리고 CMD (Conduit Management Drawings)가 있다. CSD는 건축 도면을 바탕으로 공조, 전기, 소방, 신호 및 통신 등 모든 서비스 공종에 대한 정보를 하나의 도면에 표현한 것이며, SEM 도면은 서비스 공종을 위한 개구부와 기계전기 장비의 인양 및 설치에 필요한 앵커와 같이 구조물의 시공에 미리 고려되어야 하는 요소들을 표시한 것이다. 또한 CMD는 모든 서비스 공종에 대하여 벽체에 설치되는 장비, 장치 및 전선관 등의 배치를 입면도에서 표현한 것이다.

코디네이션 모델을 기반으로 한 2D 도면 작성을 명시적으로 요구한 시점은 1단계 후반부인 2017년도이다. 다만, 1단계의 초기부터 시작한 일부 프로젝트에서는 발주처의 명시적 요구사항이 없음에도 불구하고 코디네이션 모델을 기반으로 2D 도면을 작성하였는데 그 주요 이유는 다음과 같다.

- 1) 코디네이션을 수행한 모델과 발주처 승인을 득하기 위해 납품한 2D 도면의 정합성 보장
- 2) 코디네이션의 속도를 증가시키기 위해 모델을 직접 수정하여 코디네이션을 수행함에 따라 프로젝트를 진행하면서 3D 코디네이션 모델이 점차 프로젝트 정보의 최신 버전으로 의미를 갖게 되면서 BIM 틀에서 직접 도면화를 하는 것이 보다 효율적임

이와 같은 분위기에 따라 2단계의 사업부터는 코디네이션 모델이 상기의 세가지 도면 중 CSD 납품을 대체하게 되었으며, 코디네이션 모델을 활용하여 각 서비스 공종별 삽도면을 작성하는 프로세스가 정착되기 시작하였다.

2.3. 시공 및 설치계획 검토(4D)

4D 모델의 활용 의무화는 2018년 입찰 공고된 사업들부터 시작되었다. 초기 버전의 BIM 요구사항에서 의무화한 4D 모델의 종류는 시공사의 기본공정표(Baseline Programme)를 시각화한 4D BLP 모델과 시공계획서(Construction Method Statement)를 시각화한 모델이었다. 이후 3단계 버전의 BIM 요구사항에서는 CIP (Co-ordinated Installation Programme)의 코디네이션을 위한 4D CIP 모델이 추가되었

다.

4D BLP 모델에 대한 초기 요구사항의 경우 최초 제출 시기가 정해지지 않았으나, 이후 버전에서는 기본설계 후 그리고 최종 설계 후 두 번에 걸쳐 제출하도록 명시되어 있다. 또한 초기 버전에서는 기본공정표가 업데이트된 경우 월간보고서 제출 시 업데이트된 4D BLP를 제출하도록 하였으나, 최신 버전에서는 발주처 감독관의 요청이 있는 경우 업데이트된 공정표 또는 만회공정표에 따른 모델을 제출하도록 되었다.

실제 현장에서 발주처 감독관이 주로 관심을 갖고 검토하는 것은 4D BLP보다는 시공계획서를 시각화한 4D 모델이다. 이 모델은 위험성이 높은 공종에 대하여 시공성을 검토하고 시공 중 안전관리 계획을 검토하기 위해 사용되며, 정기적으로 열리는 안전관리 회의에서 활용되고 있다. 또한 최종 승인된 성과는 실제 작업 수행을 담당하는 업무자를 위한 안전교육 자료로 활용하도록 하고 있다.

최근 버전의 BIM 요구사항에서는 CIP 코디네이션을 위한 4D CIP 작성을 의무화하였는데, CIP는 기계, 전기, 소방, 신호, 통신 등의 서비스 체계의 설치 일정을 상호 협의하여 정한 것이다. 특히 CIP 모델링에는 Bentley Systems의 Synchro를 활용하도록 명시하였는데, 이는 CIP 코디네이션 회의에서 논의되는 공종별 일정 변경안건에 대하여 경쟁 프로그램인 Navisworks보다 효율적으로 대처할 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

2.4. 설계 및 시공 수량 검토(5D)

3D 모델을 기반으로 한 수량 추출은 4D 모델 요구사항과 함께 2단계로 구분된 사업들부터 의무화가 시작되었다. 모델 기반 수량 추출과 관련해서는 발주처 감독관과 시공사가 상호 협의에 의해 진행하기 때문에 시공사의 대응에 따라 프로젝트별로 실제 적용 범위가 다소 다른데, 활용 분야에 따라서 설계 수량 검토용과 시공 수량 검토용으로 나눌 수 있다.

먼저, 2단계 초기 버전의 요구사항에서는 현장에서 시공된 요소들에 대하여 수량을 추출하여 월간 진도보고서와 함께 제출하는 것을 요구하였다. 이에 따라 앞서 언급한 4D BLP 모델과 연계되는 공정표에 사용된 대표 수량을 모델에서 추출하는 비교적 간단한 작업으로 진행된다.

이후 발주처는 보다 상세한 수량 항목을 모델에 추가할 것을 각 프로젝트별로 별도로 요청하였는데 일괄계약으로 체



결된 프로젝트의 기성신청과 직접 결부되기 어렵기 때문에 상세 항목에 대한 수량추출의 당위성과 관련해 발주처와 시공사 간에 많은 논의가 진행되었다. 이러한 논의 결과 대부분의 프로젝트에서 상호 협의된 내용은 설계 수량 검토에 활용할 수 있는 수량을 추출하는 것으로 그 목표를 정하였다. 또한 프로젝트별로 과업범위가 다르기 때문에 설계 수량을 추출하는 목적도 다른데, 어떤 프로젝트에서는 발주처 요구에 의해 변경된 설계 수량을 입찰당시의 수량과 비교하기 위한 목적으로, 그리고 발주처가 해당 주계약자에게 설계를 일임하고 별도의 시공사를 선정하는 과업범위를 갖는 프로젝트에서는 입찰 문서를 작성하기 위한 목적으로 활용되었다. 후자의 프로젝트에서는 발주처와 협의하여 2D 도면을 기반으로 수량을 산출하는 과정을 없애고 상호 협의된 수량 항목을 모두 모델에서 추출하고, 해당 모델 원본을 발주처에 제출하여 상호 검토하는 과정을 구축하기도 하였다.

2.5. 준공정보모델(6D)

준공정보모델 납품은 BIM 요구사항이 처음 포함된 사업부터 의무화되었다. 준공정보모델은 두가지로 나뉘는데 하나는 As-built 모델(ABM: As-built Model)로서 준공 후 법적인 절차에 의해 준공도서를 유관기관에 제출할 때 포함되는 모델이며, 다른 하나는 운영 및 유지관리를 담당하는 기관이 사용하는 자산관리시스템의 초기 데이터 구축에 활용하기 위한 자산정보모델(AIM: Asset Information Model)이다. ABM은 시공과정 중 변경된 내용을 반영하여 모델을 완성하고 준공 도면 또한 모델에서 작성하도록 명시되어 있다. AIM은 자산관리시스템을 구축하는 계약자와 협의하여 필요한 정보항목을 정의하고, 최종 완료된 ABM에 해당 정보를 추가하도록 규정되어 있다. 이를 위해 발주처는 자산정보 표준(AIS: Asset Information Standards)을 계약자에게 제공하는데 해당 표준에는 자산의 종류 그리고 각 자산항목에 대하여 필요한 데이터 항목 및 데이터 타입이 정의되어 있다.

도로 및 철도 사업이 대부분 장기간에 걸쳐 진행되어 2023년 2월 현재까지 아직 준공정보모델을 납품한 현장은 없다. 다만, 처음 BIM 요구사항이 도입된 Thomson-East Coast Line 도시철도사업 Stage 4에 해당하는 공구들이 마무리되어 가는 시점이어서 2023년부터 준공정보모델 작성을 위한 준비를 진행하고 있는 단계이다.

3. 맺음말

싱가포르 도로 및 도시철도 사업에서 BIM은 초기 3D 코디네이션 활용을 시작으로 단계별로 활용분야가 확장되어 현재는 시공계획서 검토, 공정진행현황 검토, 수량 산출 등 건설 프로젝트에서 수반되는 필수 업무 전반에 걸쳐 활용되고 있다. 이와 같은 변화에 따라 프로젝트에서 BIM팀의 수준이 프로젝트 수행에 점차 중요해지게 되었는데 주요 내용을 설명하면 다음과 같다.

- 1) BIM의 활용분야가 넓어지면서 프로젝트 BIM팀 관리자는 설계팀, 공사팀, 공무팀과 긴밀히 협의하게 되었고, 자연스럽게 프로젝트 전반에 걸친 핵심 정보를 생산 및 관리하는 프로젝트 정보의 총괄 관리자 역할을 수행하게 되었다. 따라서 BIM 관리자에게 요구되는 자격요건 중 설계, 시공 및 공무 등 건설 프로젝트에 대한 전반적인 지식을 바탕으로 한 원활한 의사소통 능력과 프로젝트 정보를 종합적으로 관리할 수 있는 능력이 이전보다 더 중요해지고 있다.
- 2) 프로젝트 중요 정보의 작성과 검토가 BIM을 통해 이루어지기 때문에 설계 및 시공 BIM 모델의 정확성과 품질 관리 수준이 의사결정과 관련된 핵심 업무들의 생산성 및 효율성에 직접적인 영향을 미치게 되었다. 따라서 프로젝트 BIM팀의 수준과 생산성이 프로젝트 수행에 수반되는 계획, 협의, 관리 업무 전반에 걸쳐 이전보다 더 큰 영향을 끼치게 되었다.
- 3) BIM은 프로그래밍 기술의 접목을 통해 보다 높은 생산성을 성취할 수 있는 기회를 제공하는데, BIM의 활용분야가 많아지면서 정보의 생산, 업데이트, 변환, 그리고 품질 검토를 수행하는 과정에 프로그래밍 기술의 활용이 이전보다 많이 요구되고 있으며, BIM팀이 가지고 있는 이러한 능력이 상기의 항목 2)와 연관되어 프로젝트 성과에도 큰 영향을 미치게 되었다.

싱가포르 육상교통청의 BIM 요구사항에는 BIM 실행계획, BIM 팀 구성원의 역할, Clash 관리, 공동데이터환경(CDE: Common Data Environment) 등 보다 다양한 항목에 대하여 언급되어 있으나 이와 관련하여서는 차후의 기회가 있으면 소개하고, 본 기사의 끝을 맺고자 한다.