

Part 1	ICT토공 MG(Machine Guidance) 굴삭기	2
1	ICT 토공 개요	2
2	ICT 토공 장비 현황	4
2.1	머신 가이드런스(MG) 굴삭기 정의	4
2.1.1	머신 가이드런스 (Machine Guidance)	4
2.1.2	머신 컨트롤(Machine Control)	7
2.1.3	ICT 토공 MG 굴삭기의 장점	8
2.2	MG 굴삭기 기술 현황	9
2.2.1	국내외 기술 개발 현황	9
2.2.2	국산 MG 굴삭기 소개	12
2.2.3	외산 ICT 토공 장비	17
3	ICT 토공 업무 프로세스	19
3.1	ICT 적용 업무프로세스 특성	19
3.2	ICT 적용 업무프로세스(안) 제시	21
4	ICT 토공 MG 굴착기 현장 적용 사례	25
4.1	사례 개요	25
4.2	머신 가이드런스(MG) 굴삭기 현장 적용 대표 사례	25
4.2.1	평택 고덕 국제화계획 택지개발 사업 조성공사 2-3공구	25
4.2.2	태안 한국타이어 P/G 건설공사	30

4.2.3 경기도 시흥시 아파트 건설공사 현장	32
4.2.4 홍천 공동주택 건설공사 현장	37
4.3 머신 가이던스(MG) 굴착기 현장 일반 적용 사례	40
4.3.1 과천시식타운	40
4.3.2 용산 오염토 치환 현장	42
4.3.3 제주첨단과학기술단지 아파트 건설 공사	44
4.3.4 고양시 삼송동 관거공사	45
4.3.5 대구외곽순환건설공사	46
4.3.6 서산 간척지 재정비 사업	48
4.3.7 안산시 상록구 ICT 토공 시험 시공	50
4.3.8 곡성군 주상복합 신축공사	52
4.3.9 부산 에코델타시티 3단계 조성공사	54

Part 2 모듈러 시공 사례집 58

1 모듈러 공법 개요 58

1.1 모듈러 건축기술의 정의 58

1.1.1 모듈러의 정의	58
1.1.2 모듈러 공법의 특징	59

1.2 모듈러 공법의 분류 60

1.2.1 모듈러 구성방식에 따른 분류	60
1.2.2 모듈러 건축 유형별 기술 분류	60

2 모듈러 시공 프로세스 64

2.1 모듈러 시공 프로세스 개요 64

2.2 모듈러 시공프로세스(공장생산 단계) 65



2.3 모듈러 시공프로세스(현장시공 단계)	68
2.3.1 구조방식에 따른 모듈러 양중-조립 프로세스	68
2.3.2 모듈러 현장시공 프로세스	69
3 모듈러 시공 사례	72
3.1 국내 모듈러 건축용도별 대표사례	72
3.1.1 아파트	72
3.1.2 다세대, 다가구 주택	73
3.1.3 기숙사	75
3.1.4 군사시설	78
3.1.5 오피스텔	81
3.1.6 숙박시설	82
3.1.7 업무시설	84
3.1.8 교육연구시설	87
3.2 국외 국가별 모듈러 주택 사례	89
3.2.1 미국	89
3.2.2 영국	91
3.2.3 스웨덴	95
4 모듈러 시공 공사비 산정 사례	98
4.1 공사별 설계내역 개요	98
4.2 공릉동 공공기숙사	99
4.2.1 모듈러 시공 개요	99
4.2.2 모듈러 공장제작	100
4.2.3 모듈러 현장시공	111
4.3 가양동 도시형생활주택	119
4.3.1 모듈러 시공 개요	119
4.3.2 모듈러 통합시공(공장제작/현장시공 통합설계)	120

4.4 대화동 연구시설	133
4.4.1 모듈러 시공 개요	133
4.4.2 모듈러 통합시공(공장제작/현장시공 통합설계)	135



[표 목차]

표 1. 국내 ICT 토공 굴삭기 개발 현황	9
표 2. 해외 ICT 토공 굴삭기 개발 현황	10
표 3. 트림블 MG 제품 설명	17
표 4. 공릉동 공공기숙사 공사개요	99
표 5. 모듈러 설치관련 공사비 내역(공릉동/모듈러 설치작업)	99
표 6. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/철근콘크리트공사)	100
표 7. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/철골공사)	100
표 8. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/방수공사)	101
표 9. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/타일공사)	102
표 10. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/금속공사)	103
표 11. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/미장공사)	104
표 12. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/창호공사)	105
표 13. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/유리공사)	106
표 14. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/도장공사)	106
표 15. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/수장공사)	107
표 16. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/골재비)	110
표 17. 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/운반비)	110
표 18. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/철골공사)	111
표 19. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/방수공사)	111
표 20. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/타일공사)	112
표 21. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/목공사)	113
표 22. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/금속공사)	113
표 23. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/창호공사)	115
표 24. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/유리공사)	115
표 25. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/도장공사)	116
표 26. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/수장공사)	116
표 27. 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/수장공사)	117

표 28. 가양동 도시형생활주택 공사개요	119
표 29. 모듈러 설치관련 공사비 내역(공릉동/모듈러 설치작업)	119
표 30. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/가설공사)	120
표 31. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/철골공사)	121
표 32. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/미장공사)	122
표 33. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/방수공사)	123
표 34. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/금속공사)	123
표 35. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/지붕및흙통공사)	124
표 36. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/창호공사)	125
표 37. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/유리공사)	126
표 38. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/철골공사)	126
표 39. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/타일공사)	127
표 40. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/도장공사)	127
표 41. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/수장공사)	128
표 42. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/패널공사)	131
표 43. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/골재/운반비)	131
표 44. 설계내역(가양동/모듈러통합시공/운반및양중공사)	132
표 45. 스마트건설지원센터 제2센터 공사개요	133
표 46. 모듈러 설치관련 공사비 내역(대화동/모듈러 설치작업)	134
표 47. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/가설공사)	135
표 48. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/철근콘크리트공사)	135
표 49. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/철골공사)	136
표 50. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/돌공사)	136
표 51. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/타일공사)	137
표 52. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/목공사및수장공사)	137
표 53. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/방수공사)	138
표 54. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/금속공사)	139
표 55. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/미장공사)	139



표 56. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/창호및유리공사)	140
표 57. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/칠공사)	141
표 58. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/기타공사)	142
표 59. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/모듈러운반및설치공사)	142
표 60. 설계내역(대화동/모듈러통합시공/운반비및골재대)	142

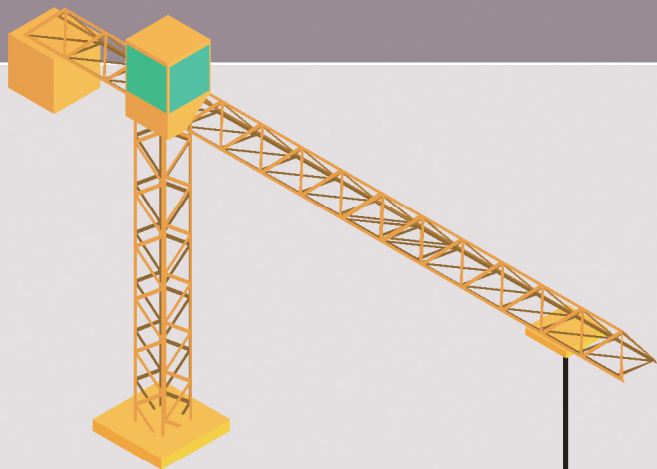
[그림 목차]

그림 1. MG 굴삭기 조종석(캐빈) 뷰 예시 (출처: 현대건설기계)	4
그림 2. MG 구동 화면 (출처: (주)영신디엔씨)	5
그림 3. 2D MG 굴착기의 구성, 디스플레이 화면 및 설정 기능 (HD사 예시)	5
그림 4. 3D MG 굴착기 시스템 구성 예시(해외 L사 예시)	6
그림 5. 증강현실 기반 MG 굴착기 운영 사례(해외 T사 예시)	6
그림 6. 굴삭기 머신 컨트롤 기술 (예시)	7
그림 7. 2D Shine MC	12
그림 8. 3D Shine MC	13
그림 9. 두산 인텔리전트 가이드언스 시스템	14
그림 10. 두산인프라코어의 Around View Monitor	15
그림 11. 현대건설기계 Hi Assist MC 및 MG 구성 및 설정 화면	16
그림 12. 현대건설기계 AAVM 구성 화면	16
그림 13. 트림블 MG (출처: Trimble Earthwork solutions)	17
그림 14. Leica MG (출처: Leica Geosystems)	18
그림 15. 전통적 방식의 터파기와 측량	19
그림 16. 전통적인 토공 굴착 프로세스 대비 ICT 토공 프로세스 비교	19
그림 17. 재래식 vs ICT 적용 토공사 프로세스 비교	20
그림 18. 머신 가이드언스 선행 작업	20
그림 19. ICT 토공 터파기 작업 프로세스	21
그림 20. ICT 토공 터파기 절차 중 내업(3D 도면 변환) 예시	21

그림 21. ICT 토공 터파기 절차 중 장비설치·데이터업로드·교육 예시	22
그림 22. ICT 토공 터파기 작업 예시	23
그림 23 Built-in MG 굴삭기 작업 프로세스	23
그림 24. MG 굴삭기 현장 적용 현황 사진	26
그림 25. 법면 작업 현황 사진	26
그림 26. MG 굴삭기 관로 터파기 현장 적용 사진	27
그림 27. MG 작업 물량 추산 방법	27
그림 28. 평택 고덕신도시 현장 MG 생산성 증가 결과	29
그림 29. 한국타이어 Main P/G 건설공사 MG 현장 적용 전경	30
그림 30. MG 굴삭기 터파기 작업 현황	31
그림 31. 한국타이어 Main P/G 건설공사 MG 굴삭기 적용 결과	31
그림 32. 시흥시 아파트 건설공사 MG 현장 적용 전경	33
그림 33. MG 굴삭기 터파기 작업 도면	34
그림 34. 시흥시 MG 생산성 증가율 분석 결과	35
그림 35. MG 대비 기존 굴착 방식의 생산성 저해 요인	35
그림 36. 품질 비교용 RTS 포인트 클라우드 취득 결과	36
그림 37. 물량 산출 결과	37
그림 38. MG 현장 적용 전경	38
그림 39. MG 운용을 위한 현장 3D 설계 도면 및 작업 구역((주)영신디엔씨 제공)	38
그림 40. 홍천 MG 굴삭기 생산성 증가 현황	39
그림 41. 과천시식타운현장 MG장비 생산성 분석 예시	40
그림 42. 과천시식타운현장 MG 적용 사진	41
그림 43. 용산 아이파크몰 오염토 치환 현장 ICT 증가 효과 분석 결과	42
그림 44. 용산 아이파크몰 오염토 치환 현장 MG 적용 사례	43
그림 45. 제주첨단과학단지 MG 굴삭기 및 스마트 토공 기술 생산성 예시	44
그림 46. 삼송동 MG 생산성 비교 분석 결과	45
그림 47. 비교 시공 현황	46
그림 48. 생산성 분석 결과표	47



그림 49. 품질 분석 결과	47
그림 50. 2D MG 대비 3D MG 생산성 증가 체감율	48
그림 51. 서산 간척지 MG 적용 사진	49
그림 52. 한양대학교 에리카 캠퍼스 MG 적용 사진	50
그림 53. 한양대학교 에리카 캠퍼스 MG 생산성 향상 분석 결과	51
그림 54. 인력 투입 시간 절감 효과 분석 결과	51
그림 55. MG 굴삭기의 작업 화면 및 적용성 평가 결과	52
그림 56. 곡성 주상복합 현장 ICT 토공 적용 사진	53
그림 57. 곡성군 주상복합 MG 생산성 향상 분석 결과	53
그림 58. 에코델타시티 ICT 토공 적용 사진	54
그림 59. 기존 시공(RC)방법과 모듈러 공법의 프로세스	59
그림 60. 모듈러 구조방식에 따른 분류	61
그림 61. 구조재료에 따른 모듈러 건축의 유형 분류 및 특성(한국건설기술연구원, 2015)	63
그림 62. 프로세스 비교(RC vs Steel vs Modular)(배병운 외, 2012)	64
그림 63. 모듈러 시공업무 프로세스	65
그림 64. 사업대상지역 현황	133
그림 65. 모듈러 설치 작업 일정	134



PART 1



ICT토공 MG (Machine Guidance) 굴삭기

-
1. ICT 토공 개요
 2. ICT 토공 장비 현황
 3. ICT 토공 업무 프로세스
 4. ICT 토공 MG 굴착기 현장 적용 사례
-

Part 1

ICT토공 MG (Machine Guidance) 굴삭기

1 ICT 토공 개요

- 본 사례집은 스마트 건설 ICT 토공 기술, 그 중에서도 머신 가이드(Machine Guidance, 이하 MG) 굴삭기를 국내 현장에 적용한 사례를 모아 정리
 - 국내외 여러 문헌과 보고서를 비롯하여 본 사례집을 만들기 위해 조사된 국내 MG 적용 사례들을 모두 검토해 본 결과, MG 굴삭기를 현장에 적용함에 따라 토공 생산성 및 효율성 증대, 인력 투입 및 비용 절감 효과를 거둘 수 있는 것으로 분석
- 특히 기초, 관로, 법면 시공시 반복적인 확인 측량 과정을 크게 줄일 수 있게 되어 시공 시간 단축 효과가 적게는 10%부터 많게는 50% 수준으로 나타남
- 더욱이 직접 공사비, 유류비 절감 효과 및 시공 품질의 향상 효과도 크게 나타났을 뿐만 아니라 터파기 시 측량 인원 투입 자체가 필요하지 않아 인력 운용의 유연성 확보와 안전에 큰 도움이 됨
- 거의 모든 건설 공사는 토공사를 포함하고 있고 비용과 기간 측면에서 토공사가 차지하는 비중이 높다는 점을 고려한다면, 생산성 증가 효과가 입증된 MG 굴삭기를 보다 많은 건설 현장에서 사용하는 것은 우리나라 건설 산업 전체의 생산성 증대와 비용 절감으로 이어질 것으로 볼 수 있음
- 이를 위해 본 사례집은 지금까지 MG 굴삭기를 사용해 본 적이 없거나, 현장 적용을 검토 중인 건설 엔지니어사의 MG에 대한 이해를 돕고 MG 굴삭기의 사용에 필요한 중요 정보를 제공하기 위해 제작
- 본 사례집은 1) MG 굴삭기의 하드웨어 및 소프트웨어 구성에 대하여 설명함으로써 MG에 대한 기본 지식을 제공하고 있으며, 2) MG 현장 적용 사례를 다양한 정보(현장 개요, 공종, 투입정보, 생산성 효과 등)와 함께 설명하여 MG 현장 적용에 대한 이해를 돕는데 집중하였음

- ICT 토공 기술은 대표적인 건설 생산성 혁신 기술로 여겨지고 있음
 - 미국 Department of Transportation (교통부 또는 운수부) 미 연방 도로청(Federal Highway Administration, FHWA)의 Automated Machine Guidance(AMG), 일본 국토교통성의 i-Construction 모두 MG와 같은 건설 기계 자동화 기술의 도입 확대를 통한 건설 생산성의 혁신을 목표로 한 프로젝트임
- 우리나라도 이러한 트렌드에 대응하기 위해 국토교통부에서는 스마트 건설(Smart Construction) 기술 개발을 착수(2019년~2024년)하였고 머지않아 스마트 건설 기술 사업화와 현장 도입을 본격화할 계획에 있음
- ICT 토공 MG 굴삭기 기술 또한 생산성의 증대(Productivity Gain)라는 공통의 목표를 갖고 있기에 우리나라 스마트 건설 기술의 현장 적용성을 가늠할 수 있는 좋은 사례로 볼 수 있으며,
- ICT 토공 기술이 스마트 시공 기술의 발전과 대중화 측면에서 가지는 대표성이 큰 만큼, 본 사례집을 통해 보다 많은 우리나라 건설 기업들이 스마트 건설 기술을 적극적으로 사용할 수 있기를 기대

2 ICT 토공 장비 현황

2.1 머신 가이던스(MG) 굴삭기 정의

2.1.1 머신 가이던스 (Machine Guidance)

- 일반적인 토공 작업에서 굴삭기(굴착기, 이하 굴삭기)의 정지 및 굴착 작업 능력은 매우 큰 역할을 차지함
- 굴삭기 굴착 작업시 잦은 확인 측량(보통 수준 측량) 과정을 거쳐야 하며, 이때 측량 기기 및 측량원이 투입되는 것이 아닌 굴삭기에 장착된 GNSS(Global Navigation Satellite System) 및 IMU(Inertia Measurement Unit) 등에 의해 버킷의 절대 위치를 장비 조종원에게 알려주는 기술을 머신 가이던스(Machine Guidance) 또는 MG라함



그림 1. MG 굴삭기 조종석(캐빈) 뷰 예시 (출처: 현대건설기계)

- 이를 위해 온보드(On-Board) 장치를 조종석 내부에 설치하고 장비 조종사에게 음향(Audio) 또는 시각(Visual) 피드백을 통해 도면(설계)상의 위치 대비 현재 장비(예: 버킷의 끝단)의 위치 정보를 제공하는 기능이 포함되어 있음
- 아래의 그림과 같이 장비 조종자가 보는 디스플레이에 굴착기 모델과 설계 도면이 정합된 화면, 현재 위치 및 고도, 설계 대비 현재 버킷 끝단의 높이 $\pm$ 차이값을 표시하여, 어느 구역을 얼마만큼의 깊이로 굴착해야 할 것인지를 알 수 있게 함



그림 2. MG 구동 화면 (출처: ㈜영신디엔씨)

- MG 굴착기는 가이드 수준, GNSS(GPS)의 사용 유무, 레이저 기반 가이드 시스템 등 시스템을 구현하는 방식이 다양
- 일반적으로 2D와 3D로 구분하고 있으며, 2D는 경사 또는 레벨만을 보고자 하는 상황에 필요한 MG 구성이며 별도의 3차원 도면 입력 없이도 단독 작업을 할 수 있어 단순 반복 굴착 작업에 유용하게 사용되며 3D에 비해 하드웨어 구성이 단순하고 시스템 구축이 간편



그림 3. 2D MG 굴착기의 구성, 디스플레이 화면 및 설정 기능 (HD사 예시)

- 3D는 3차원 설계 도면을 요하며 가이드언스에 필요한 모든 센싱 기술(GNSS 및 자세 센서 등)을 사용하여 초기 구축 비용이 2D에 비해 높으나 복잡한 법면이나 기초가 있는 건설 공사에서 유용하게 사용



그림 4. 3D MG 굴착기 시스템 구성 예시(해외 L사 예시)

- 최근 3D MG에 증강 현실(AR)기술을 더하여 가이드언스 사용자 경험(UX)를 한 층 더 높인 제품들도 출시
- 해외 T社 제품은 디스플레이 화면상에 카메라로부터 보여지는 현실정보와 3차원 설계 정보 및 작업 현황 정보를 동시에 투영하여 장비 조종자의 가이드 이해도를 높였음

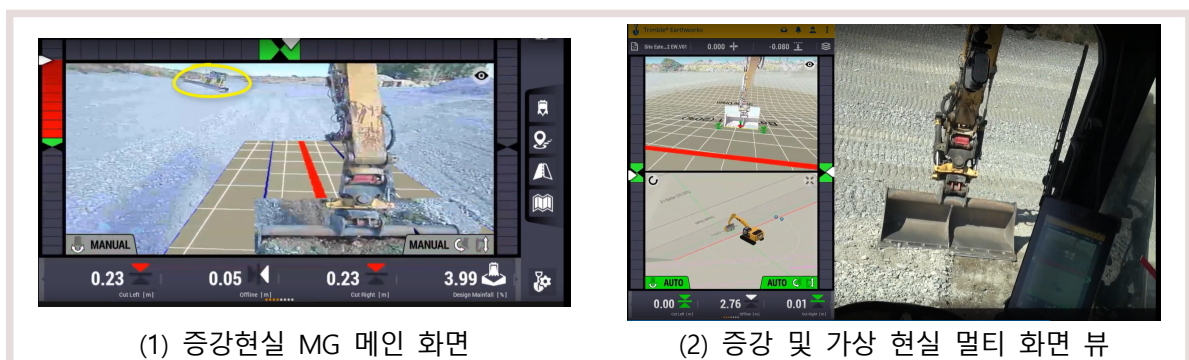


그림 5. 증강현실 기반 MG 굴착기 운영 사례(해외 T사 예시)

- 일부 MG 제품은 MC(Machine Control)이라는 명칭으로 혼용하고 있어 MG/MC로 통칭하여 부르기도 함
 - 엄밀히 말하면 MC는 굴착기가 사람을 대신하여 제어(Control)에 개입하는 요소가 포함되어야 하며 현재 우리나라 장비 제조사에서는 MC를 굴착기 반자율기술로 소개
 - 장비 조종자의 복잡한 좌우레버 100% 수동 복합조종을 통한 고난도 저품질 고르기 작업 방식을 개선하기 위해 장비 조종자의 좌측 레버 단순 조종만으로 쉽고 정확하게 작업을 수행토록 돕는 반자율 기술임
 - MG 기술에 자율 요소를 더하면 MC라고 보는 것이 올바른 정의라고 볼 수 있음

2.1.2 머신 컨트롤(Machine Control)

- 머신컨트롤(이하 MC) 굴삭기는 디지털 센서와 전자유압시스템 등을 통해 굴착기의 자세와 작업지점 등을 실시간으로 운전자에게 알려주고 평탄화 작업이나 관로 작업, 터파기 작업 등을 반자동으로 수행
- 별도의 측량 인력 없이도 원하는 작업의 깊이나 기울기만 입력하면 자동으로 땅의 높낮이를 파악해 작업을 할 수 있으며, 이로 인해 작업 현장의 공기(工期) 단축과 비용 절감 등이 가능해 작업 효율을 30% 이상 높일 수 있고 안전사고의 위험도 낮출 수 있을 것으로 기대
- MG와 동일하게 MC 굴삭기도 3차원 설계도면 정보가 필요하며, 좌·우 레버의 복잡 조종이 아닌 단순 조종만으로 붐·암·버킷의 복잡 조종계통을 정해진 레벨에 맞추어 작업을 해주는 기능



그림 6. 굴삭기 머신 컨트롤 기술 (예시)

2.1.3 ICT 토공 MG 굴삭기의 장점

- 미국, 일본, 유럽 등 선진국의 사례를 통해 입증된 MG 굴삭기의 장점은 다음과 같음
- 시공 비용 절감
 - 굴착기의 유지비 및 유류비의 절감
 - 장비의 생산성의 증가
 - 운영 비용(임금, 초과 근무)의 절감
- 공기 단축
 - 장비 생산성의 증가
 - 측량, 측설, 마킹 등의 작업에 소요되는 시간 단축
 - 재시공으로 인한 장비 재배치 등 장비 운용 효율의 증가
- 친환경
 - 유희시간(Idle)이 줄어 연료 소모량의 감소
 - 탄소배출량의 저감 및 기타 소모품 사용의 절감
- 품질 향상
 - 재래식 공법 대비 시공 품질 향상
 - 시공 오류 발생 가능성의 저감
 - 품질 보증 및 품질 계측 효율화
- 안전성 향상
 - 현장인력 최소화로 현장통제가 용이
 - 불필요한 측량 과정 제거
 - 부딪힘, 끼임과 같은 사고 발생 가능성 저감

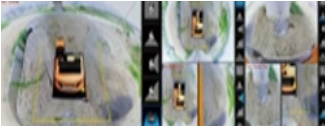
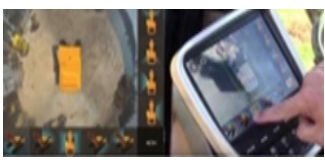
2.2 MG 굴삭기 기술 현황

2.2.1 국내외 기술 개발 현황

○ 국내 ICT 토공 굴삭기(MC/MG)

- 국내외에서 건설장비에 대한 스마트 머신 가이드 시스템 기술은 미국, 유럽, 일본 업체를 중심으로 개발·보급
- 국내의 경우, 영신D&C와 두산인프라코어 등이 주도적으로 토공 관련 ICT 기술 적용 및 활용 중임
- 국내 건설장비 안전 가이드 시스템 기술 개발은 영신, 두산인프라코어 등 일부 업체를 제외하고 미약한 실정이며, Caterpillar Inc., RMT Equipment, Preco™ Electronics, SICK AG 등 국외 건설장비 가이드 시스템 도입

[표 1] 국내 ICT 토공 굴삭기 개발 현황

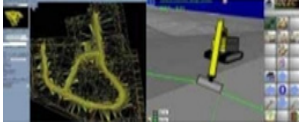
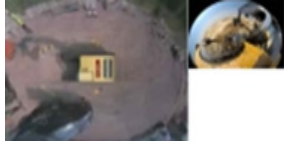
국가/회사	시스템 명칭	R&D 개발기술 수준	비고
한국 /영신 D&C	2D Shine MC - 굴삭기 레벨 시스템	-	
	3D Shine MC - 굴삭기 GPS 시스템	-	
한국 /두산 인프라코어	Doosan Intelligent Guidance	-	
	AVM(Around View Monitor)	100 % (기술선도)	
한국 /현대중공업 & PLK	AAVM(Advanced Around View Monitoring)	100 % (기술선도)	
한국 /Image NEXT	OMNIVUE 3D VGA	100 % (기술선도)	

○ 국외 ICT 토공 굴삭기(MC/MG)

- 미국의 경우 American Association of State Highway and Transportation Officials(AASHTO), Caltrans 등의 정부 기관에서 스마트 머신 가이드 시스템 기술을 적극적으로 지원하여 기술력 확보와 시장선도를 이루고 있음

[표 2] 국외 ICT 토공 굴삭기 개발 현황

	국가/회사	시스템 명칭	R&D 개발기술 수준	
MC/MG	미국 /Trimble	GradeMax Plus	85% (기술자립)	
	미국 /Trimble	Earthworks Grade Control Platform	80% (기술선도)	 
	미국 /Leica Geosystems	Machine Control Construction(MC C)	80% (기술선도)	
	일본 /Sokkia, Topcon	3DMachine Control for Excavators(X63)	80% (기술선도)	 
	일본 /Sokkia, Topcon	3DMachine Control for Excavators(X63)	80% (기술선도)	 
	일본 /Sokkia, Topcon	X-32 System	80% (기술선도)	 
	일본 /Topcon	3D-MC System(QS)	80% (기술선도)	
	일본 /Topcon	LPS-900 3D-MC Grader	80% (기술선도)	 

안전 가이던스	미국 /Integrated Object Detection System	Caterpillar Inc	120% (기술선도)	
	미국 /TrackVision RadarEye Around	RMT Equipment	120% (기술선도)	
	미국/ PreView Radar System	Preco Electronics Inc	150% (기술선도)	
	독일/ Protection System	SICK AG	150% (기술선도)	
2D/3D 네비게이터 및 표출시스템	일본/ Sokkia	2D/3D 인디케이트 시스템	80% (기술선도)	
	멕시코 /Prolec	Digmaster Pro 3D	85% (기술선도)	
	멕시코 /Prolec	3D Machine Guidance grade control systems	85% (기술선도)	
	독일 /Continental	ProViu ASL360	100 % (기술선도)	
	미국 /Trimble	GCS900	태블릿 앱 S/W: 80 % 위치 인식 S/W: 100%	
	스위스 /Leica	iCP40	태블릿 앱 S/W: 87 % 위치 인식 S/W: 100%	
	일본 /Komatsu	PC210i-11 (IntelligentMachin e Control)	태블릿 앱 S/W: 64 % 위치 인식 S/W: 100%	

2.2.2 국산 MG 굴삭기 소개

□ ㈜영신디엔씨

- 2D Shine MC - 굴삭기 레벨 시스템과 3D Shine MC - 굴삭기 GPS 시스템을 보유하고 있으며 도면 변환 과정부터 설치, 운용, 시공 등의 서비스를 제공하고 있음
- 2D Shine MC (굴삭기 레벨 시스템)
 - 경사센서를 장착하여 작업기준점으로부터의 정확한 레벨을 모니터로 확인(Z)하며 작업하는 시스템
 - 제품 구성

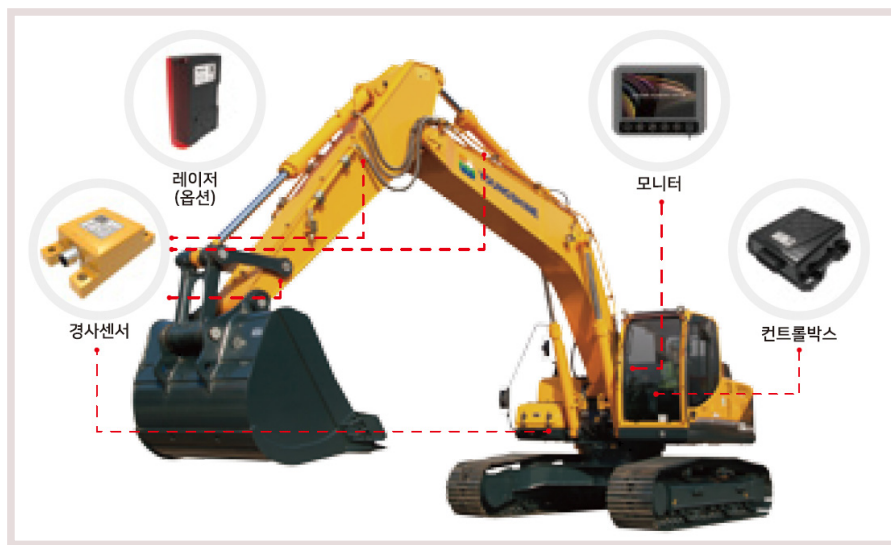


그림 7. 2D Shine MC

- 경사센서 : 완전 밀폐형 (IP69k), Resolution 0.01도, 정확도 0.1도, KC/CE/FCC 인증 획득
 - 통합컨트롤러 : 경사센서 및 GNSS/RF data 수신, 전원 10~36VDC, 구동환경 -20~60도, 방수방진 IP67
 - 디스플레이 모니터 : 7.0인치 터치스크린, 800*480화질, 안드로이드 OS, 현장도면 USB 입력
 - GPS : RTK GNSS 220채널, H 10mm, V 20mm 정확도, RS232/USB/BT 인터페이스
- 주요 기능
- 센서 작업모드로 평지 및 경사, 관로 작업
 - 레벨정밀도 : $\pm 2\text{cm}$
 - 한글프로그램 / 7.0인치 대화면 풀터치 스크린

- 굴삭기 전차종 장착
- 3D 시스템 업그레이드
- 우수한 내구성(IP69K)
- 레이저 작업 모드로 넓은 구간을 더 정확하게

○ 3D Shine MC (굴삭기 GPS 시스템)

- 경사센서를 고정밀 GPS를 장착하여 현장도면을 모니터로 확인(X, Y, Z)하며 작업하는 시스템
- 제품 구성

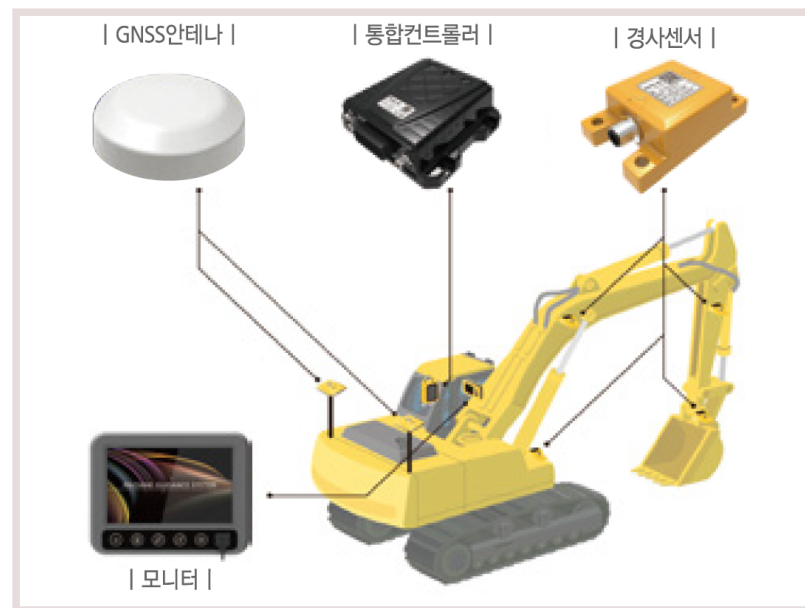


그림 8. 3D Shine MC

- 경사센서 : 완전 밀폐형 (IP69k), Resolution 0.01도, 정확도 0.1도, KC/CE/FCC 인증 획득
 - 통합컨트롤러 : 경사센서 및 GNSS/RF data 수신, 전원 10~36VDC, 구동환경 -20~60도, 방수방진 IP67
 - 디스플레이 모니터 : 7.0인치 터치스크린, 800*480화질, 안드로이드 OS, 현장도면 USB 입력
 - GPS : RTK GNSS 220채널, H 10mm, V 20mm 정확도, RS232/USB/BT 인터페이스
- 주요 기능
- 작업설계면 실시간 모니터링 : 모니터에 입력된 현장도면의 X,Y 위치 뿐만 아니라 설계면과 버킷의 위치 차를 실시간 확인하며 작업 가능

- 중기에서 검측 가능 : 실시간 X,Y,Z 위치를 정확하게 표시하며, 버킷 끝을 최종작업면에 위치시키는 것으로 검측작업 data 획득
- 측량작업 불필요, 측량표식 불필요 : 고정밀 센서와 GPS를 통해 신뢰성 높은 작업으로 작업효율 증가, 공기단축, 품질향상 실현
- 센서 작업모드로 평지 및 경사, 관로 작업
- 레벨정밀도 : $\pm 2.5\text{cm}$
- Full-GNSS / RTK GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

□ ㈜두산인프라코어

○ 2018년 Doosan Intelligent Guidance라는 제품을 출시하여 상용화 하였으며 레이저 수신기 장착을 통해 레벨 확인 작업을 가이드

※ 두산 3D MG의 경우 2022년 상용화 출시 예정

○ Doosan Intelligent Guidance

- 굴착기에 장착된 센서를 붐, 암, 버킷의 정확한 위치를 운전자에게 제공함으로써 작업 정확도와 작업 효율을 향상시켜주는 측량 지원시스템
- 제품 구성



그림 9. 두산 인텔리전트 가이드 시스템

- 암 앵글센서
- 레이저 수신기
- 버킷 앵글센서
- 붐 앵글센서
- 조이스틱

- 계기판(디스플레이 & Sound)
- 자세 측정센서

- 주요 기능

- 우수한 시인성 : 메인기계판에 통합되어 시인성 우수
- 뛰어난 조작편의성 : 조이스틱에서 손을 떼지 않고 기준값 입력
- 빠른 센싱속도 : 등급 최고의 센싱 속도
- 기준점 이동기능 : 기준점 이동 기능으로 보다 편리하고 빠른 작업 가능
- 수평거리 측정 : 수평거리 측정기능으로 작업 편의성 향상
- 최고높이제한 알람 : 최고높이제한 알람기능으로 보다 안전한 작업가능

○ AVM(Around View Monitor)

- 두산인프라코어가 국내 최초로 개발한 굴삭기용 어라운드뷰 및 후방경고시스템



그림 10. 두산인프라코어의 Around View Monitor

- 주요 기능

- 듀얼 화면 시스템: AVM 시스템의 특정 화면(탑 뷰, 후방 화면, 코너 화면, 좌우 화면) 2가지를 동시에 모니터에 나타내는 시스템
- 후방 경고 시스템: 굴삭기 후방, 측방에 설치된 센서를 통해 위험 반경 내물체가 감지되면 영상 신호 및 경고음을 통해 운전자에게 알려주는 시스템

□ ㈜현대건설기계

- 2019년 Hi Assist를 출시하여 MG와 반자동 작업을 가능케하는 MC 시스템을 출시하였으며, 경사면 설정 기능을 통한 법면 작업 가이드와 평탄화 작업(나라시 작업)을 반자동적으로 수행할 수 있는 기능을 포함하고 있음

○ Hi Assist

- Hi ASSIST는 작업 장치 위치 인식을 통해 작업 가이드 또는 자동 제어하는 기술로, 작업 생산성을 증대 (20~40%)시킬 수 있으며 불필요한 측량 작업을 최소화
- 머신 가이드 시스템 및 머신 컨트롤 시스템으로 구성



그림 11. 현대건설기계 Hi Assist MC 및 MG 구성 및 설정 화면

○ AAVM(Advanced Around View Monitoring)

- 4대의 카메라가 360도 어라운드뷰를 형성하여 안전사각지대 모니터링 및 경고시스템을 최적화

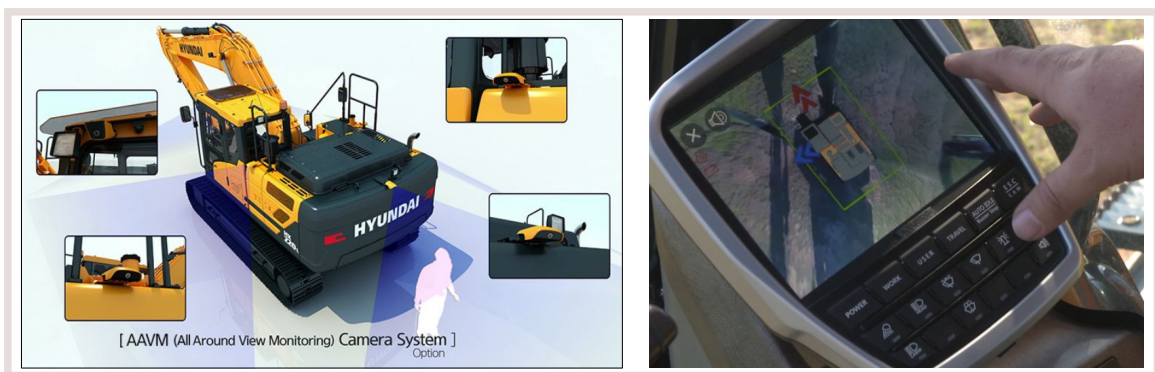


그림 12. 현대건설기계 AAVM 구성 화면

- 주요 기능

- 3D 맵핑 시스템: 3D 형상을 2D 형상으로 전환할 때 발생하는 왜곡을 최소화하고 굴곡의 존재 또는 모양이 원거리에서도 식별이 쉽도록 보조하는 시스템
- 물체 감지 시스템: 굴삭기 전방위 근접 이동물체를 인식하여 운전자에게 알려주는 시스템

2.2.3 외산 ICT 토공 장비

□ 트림블(Trimble)

- 트림블은 “Grade control for excavator”이라는 명칭으로 MG 제품을 공급하고 있으며 2D, 3D로 구분하여 판매하고 있음



그림 13. 트림블 MG (출처: Trimble Earthwork solutions)

[표 3] 트림블 MG 제품 설명

제품	적용 범위	시스템 구성	설명
3D	고속도로 건설 대단위 토공 토지 간척 댐 및 저수지 건설 매립지	GNSS 1개	버킷의 위치를 측정하고 설계 데이터와 비교하여 복잡한 설계면을 지닌 현장에서의 법면 작업과 대단위 토공 작업을 수행할 수 있음
		GNSS 2개	가파른 경사면 및 복잡한 설계 지표면에서 경사 및 대단위 굴착을 위해 버킷의 정확한 위치와 헤딩(방위)을 측정함
		유니버설 토탈 스테이션(UTS)	토탈 스테이션 기반의 시스템은 매우 높은 정확도로 작업을 할 수 있으며, GNSS의 구동의 여의치 않은 현장에서 사용
2D	주거 및 상업 구역 현장 도로 건설 관로 터파기 법면 성형 기초 터파기	깊이, 경사 및 높이 제어	굴착, 트랜칭, 법면 및 프로파일 작업에 사용할 수 있는 유연한 시스템
		레이저 레퍼런스	회전형 경사 레이저를 이용하여 참조면(Reference plane)을 제공함

□ 라이카(Leica)

- 라이카 지오시스템은 1D, 2D, 3D로 구분하여 레이저 수광기를 이용한 레벨링 MG 부터 듀얼 GNSS를 활용한 3D까지 폭 넓은 제품군을 보유하고 있음

Leica iCON iXE1 - 1D System

Simple single slope control system for excavators



라이카 iCON iXE2 - 2D 시스템

가장 유연한 2D 굴삭기 기계 제어 솔루션



Leica iCON iXE3 - 3D System

Advanced 3D excavator machine control solution



그림 14. Leica MG (출처: Leica Geosystems)

3 ICT 토공 업무 프로세스

3.1 ICT 적용 업무프로세스 특성

- 전통적인 토공 굴착 프로세스는 2차원 설계 도면을 시공 담당자가 파악하고 중요 지점을 현장 내에 락커나 기준틀을 이용하여 표시하는 절차가 선행되어야 함
- 전통적인 토공 굴착 프로세스는 굴착 작업이 진행되는 과정 중 수시로(트렌치 작업의 경우 매 5m 마다) 측량을 수행하여야 하며 측량 기사와 장비 조종자는 수시로 구두 혹은 수신호를 통해 그 결과를 공유하며 재작업을 실시하게 됨



그림 15. 전통적 방식의 터파기와 측량

- 5m 트렌치 터파기를 수행하는 경우를 가정한다면 최종적으로 굴착이 완료 되는데 까지 최소 1회 이상의 측량을 위한 작업 중단이 발생
 - 결국 굴착기의 터파기 작업과 확인측량이 지속적으로 반복되어 이로 인한 시간적 손해가 발생하며, 측량 기사의 장기간의 대기 시간이 발생하여 인력이 낭비

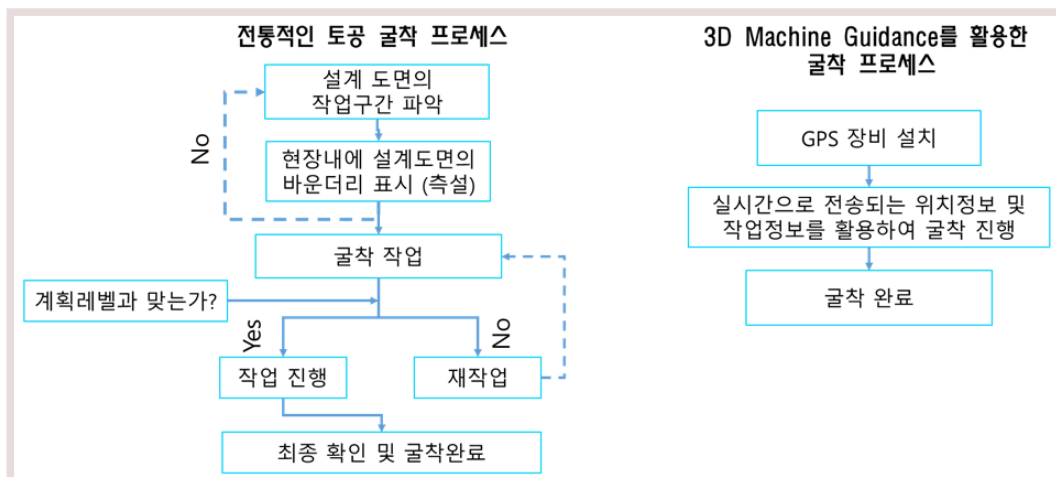


그림 16. 전통적인 토공 굴착 프로세스 대비 ICT 토공 프로세스 비교

- 이에 반해 머신 가이던스 기술은 GPS 장비 설치 및 캘리브레이션 작업 수행 후 측량기사의 도움 없이 장비조종자-장비 화면 인터페이스의 정보를 바탕으로 확인 측량없이 다음 구간으로 넘어갈 수 있음



그림 17. 재래식 vs ICT 적용 토공사 프로세스 비교

- 단, ICT 토공 기술을 가능하게 하려면 3차원 설계 도면 변환 작업, 또는 2D 컨트롤 시스템을 활용하면 작업자의 현장 내 벤치마크 작업 및 작업 설정 등의 과정이 필요하며 전문적이고 숙련된 기술이 요구되는 작업임

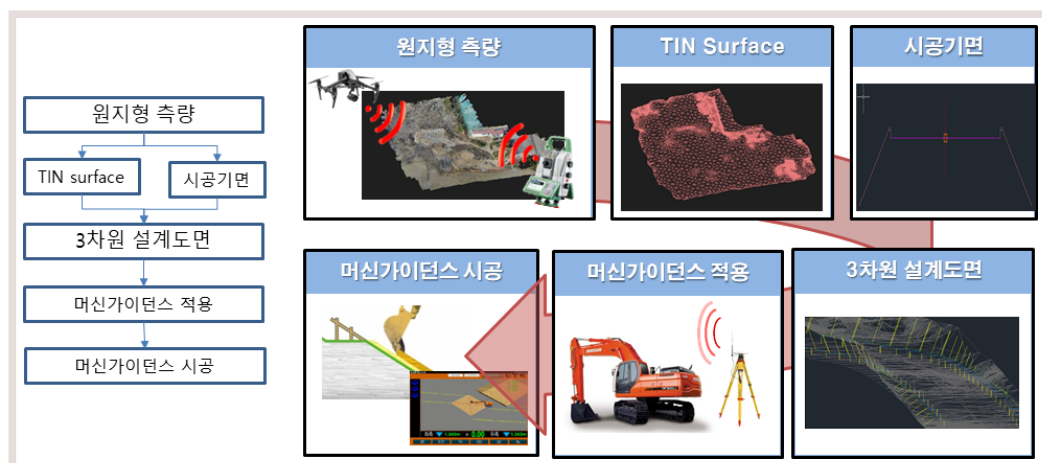


그림 18. 머신 가이드런스 선행 작업

3.2 ICT 적용 업무프로세스(안) 제시

- ICT 토공사는 내업, 현장준비, 터파기, 검측측량의 순서로 진행되며, 재래식 터파기에 비해 내업과 현장준비에 다소 많은 시간과 인적 노력이 소요



그림 19. ICT 토공 터파기 작업 프로세스

① 내업 :

- 2D 캐드도면 정보를 캐드웍 등 소프트웨어를 이용하여 3D 도면 정보로 변환하는 작업
- 건축도면, 토목도면(법면), 관로도면 등 도면 종류와 작업자의 숙련도에 따라 소요시간이 다르나, 보통 2~3일 이내 완료



그림 20. ICT 토공 터파기 절차 중 내업(3D 도면 변환) 예시

② 현장준비 :

- 측량 : 기준국설치, 기준점측량, GPS 캘리브레이션 등의 순서로 세부 작업이 이루어짐
 - 기준국 설치 : 베이스스테이션 설치 후 좌표계 설정(S-Tech, 지구타원체 GRS80 사용)
 - 기준점 측량 : GPS 장비 연결 후 현장 국가기준점 잡고 캘리브레이션 실시
 - GPS 캘리브레이션 : GPS 신호 캘리브레이션 및 GPS 망 구성 (업체 GPS 장비를 현장 GPS에 맞추는 작업)
- 장비설치
 - GPS 설치 : 백호우에 GPS 설치 후 용접
 - 센서 설치 : 백호우에 경사센서/방향센서 등 설치 후 용접
 - 캘리브레이션 : 경사센서, 방향센서 등 장비제원 입력 후 GPS 신호와 연결하고 정합도 조정
- 데이터업로드
 - 도면정보 업로드 : 준비된 3D 도면 정보를 시스템에 업로드
 - GPS 정보 업로드 : GPS 측량정보 업로드 및 시스템과 GPS 신호를 연결
 - 신호/정보 매칭 : 현장도면 및 측량데이터(GPS) 매칭
- 교육 : 캘리브레이션 완료 후 시스템 사용 및 기준점 확인, 운전 등 교육



그림 21. ICT 토공 터파기 절차 중 장비설치-데이터업로드-교육 예시

③ 터파기 작업

- 굴착
- 시공측량 :
 - MG의 경우 시공측량이 원칙적으로 없으나, 기후/환경 등 영향으로 신호가 변경될 수 있으므로 기존에 비해 5~10% 업무량 수준으로 간이 측량 실시

- 보통 GPS 측량기로 간단하게 측량 (1인)



그림 22. ICT 토공 터파기 작업 예시

④ 검측 측량

- 레벨측량기로 정밀 측량 실시
- 검측확인 이후 後작업 진행

- 최근 MG가 장착된(Built-in) 굴삭기가 나오기 시작하면서 상기 작업 순서 중 센서, GPS, 모니터 등 장비설치 단계가 불필요해지고 있으나, 아직 대부분의 경우 MG를 굴삭기에 장착하는 종전 방식을 사용
 - Built-in MG 굴삭기의 경우 현장준비 단계에서 장비설치 작업이 생략되므로 준비 시간이 단축됨

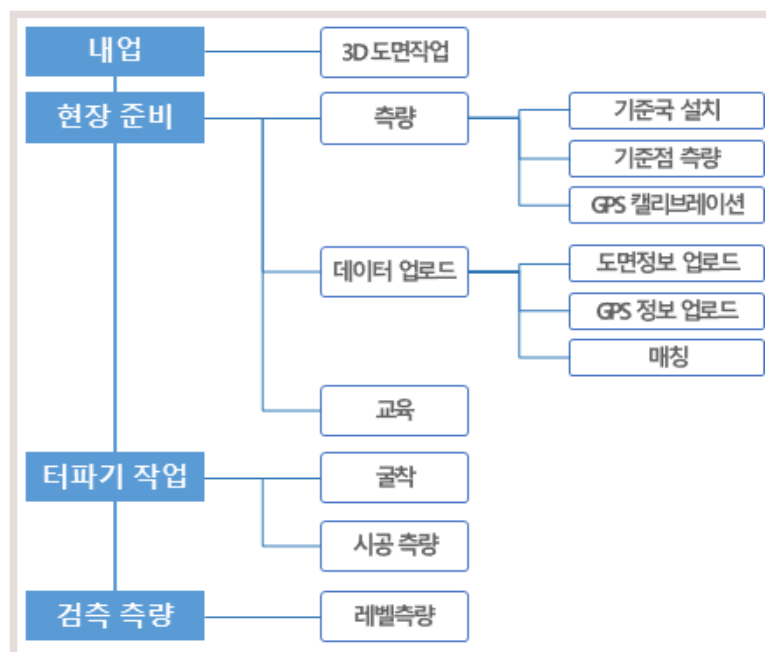


그림 23 Built-in MG 굴삭기 작업 프로세스

- 현장준비 중 측량의 경우 MG 장착 후 현장 내 GPS 신호를 받아 자체 GPS에 연결하고 캘리브레이션하는 작업이 필요하나, 최근 가상기지국 방식의 VRS 측량방식을 이용할 경우 별도의 측량 및 GPS 캘리브레이션 작업이 불필요
 - VRS (Virtual Reference Station) : 현재 가장 많이 쓰이고 있는 측량방식중 하나로, 가상의 기준국(VRS)을 만들어 신호 데이터를 서버로 전송하며, VRS에서 생성된 네트워크 신호를 이용해 계산한 보정 값을 산출하고 가상의 기준국에 대한 위치를 계산한 뒤 이동국의 정확한 위치를 찾아내는 방식임

4 ICT 토공 MG 굴착기 현장 적용 사례

4.1 사례 개요

- ICT 토공 MG 굴착기 현장 적용 사례는 1) 대표 사례와 2) 일반 적용 사례로 구분
- 대표 사례는 본 연구 과제를 통해 MG 적용 건설현장의 생산성 데이터가 확보되고 생산성 분석 및 원가 추정결과가 통계적 의미를 가질 수 있는 우수 사례를 의미하며 한국 건설기술연구원 공사비원가관리센터의 현장 실사 데이터, 도급사의 현장 데이터 및 분석 결과 지원 결과 및 구체적인 분석 과정을 포함하는 사례임
- 일반 적용 사례는 기존에 수행된 MG 현장 적용 및 생산성 분석 사례를 재편집하여 수록한 것임

4.2 머신 가이드스(MG) 굴착기 현장 적용 대표 사례

4.2.1 평택 고덕 국제화계획 택지개발 사업 조성공사 2-3공구

- 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	한국토지주택공사	
토공업체 / MG 장비 공급사	(주)특영건설 / (주)S-Tec E&C	
위치	경기도 평택시 고덕면 해창리 산8-1	
사업 내용	공동주택 단지 조성	
적용 기술 및 장비	토공 BIM 및 3D MG (라이카 3D MG / 굴착기(무한궤도) 1.0m ³)	
인력 운용	굴착기 운전자 1인	
생산성 분석 방법	현장 실사 및 기수행 데이터 취득	

○ MG 적용 현황 자료

－ MG 설치 및 현장 운용 예시



MG 굴삭기 관로 터파기



MG 디스플레이 설계 모델 및 작업 화면



현장 사무실 외부에 설치된 GNSS 기준국



드론을 이용한 현황 측량 및 작업 구역

그림 24. MG 굴삭기 현장 적용 현황 사진

－ 법면 MG 적용 예시



호안 법면 성형 작업 수행



호안 법면 굴착 및 고르기

그림 25. 법면 작업 현황 사진

- 관로 터파기 MG 적용 예시



70미터 관로 터파기 작업(확인 측량사 개입 없음)



관로 터파기 작업 시작 구간

그림 26. MG 굴삭기 관로 터파기 현장 적용 사진

○ MG 굴삭기 생산성 분석 결과

- 본 현장은 유사한 작업을 MG 굴삭기와 일반 굴삭기 2대가 각각 나누어 작업을 수행
- MG 굴삭기의 작업일보 및 3D 설계 정보의 정합을 통한 1일 작업량 추산치와 일반 굴삭기의 작업 일보 및 품셈과의 비교를 통해 생산성 비교 분석 수행
- 총 239일의 작업일보 데이터를 분석하였으며, MG 굴삭기는 54일간 관로 터파기 작업을 수행하였고, 일반 굴삭기는 41일간 관로 터파기 작업을 수행(터파기-되메우기-상차-철거-골재-치환 등의 복합 작업은 분석제외)
- 분석 방법은 1) 작업 일보상의 작업 거리(m) 정보를 토대로, MG 설계 모델과의 매칭 작업을 수행, 총 239일의 작업일보 데이터를 분석, 2) MG 굴삭기로 54일간 관로 터파기 작업을 수행, 3) 일반 굴삭기는 41일간 관로 터파기 작업 수행(터파기-되메우기-상차-철거-골재-치환 등의 복합 작업은 분석제외)
- 예를 들어, 4월 1일 작업 일보상에 1일 관로 터파기 길이가 60m라고 명기되어 있으면, 해당 일자에 사용된 MG 도면 정보를 통해 해당 구간의 단면적(A)을 구하고, 이를 터파기 길이(L)와 곱하여 정확한 작업 물량을 얻는 방식을 적용

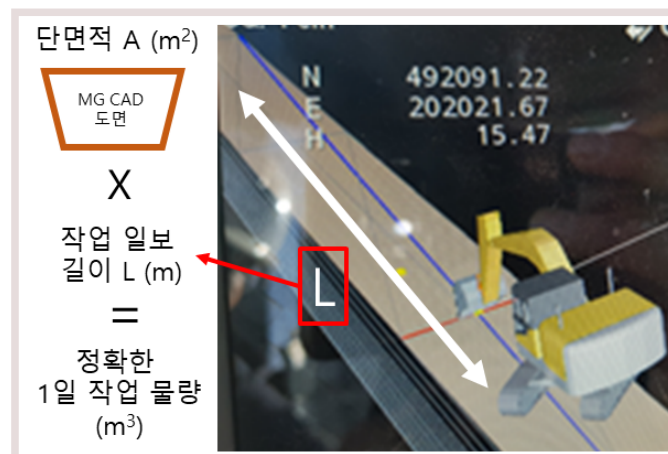


그림 27. MG 작업 물량 추산 방법

- MG 굴삭기의 작업 일보 및 작업 물량표 예시(4월 1일부터 14일 데이터)

날짜	설계 번호	작업 시간	공종	1일 작업한 길이(M)	물량(M ³)
04-01	C40	4.5	관로	60	719.225
04-02	C39, C35	9	관로	90	1438.45
04-03	C35, C34	9	관로	90	1468.2
04-04	C33	9	관로	90	1383.04
04-05	C28	9.5	관로	100	1518.3639
04-06	C28	9.5	관로	100	1329.27
04-07		0	No		
04-08	C27, C26	9.5	관로	100	1488.18
04-09		0	No		
04-10		0	No		
04-11	A94, A92	9	관로	70	1399.45
04-12	A92	9	관로	70	1405.33
04-13	A91	9	관로	70	1400.82

- MG 설계 도면상의 관로 규격 및 작업 예시

관번호	길이	관경	관저깊이	터파기깊이	터파기폭
C40	35.18	450mm	1.575	1.875	1.5
C39	41.88	450mm	1.76	2.06	1.5
C35	44.97	450mm	2.28	2.58	1.5
C34	53.16	1000mm	2.805	3.105	4
C33	61.88	1100mm	3.05	3.35	4
C28	78.12	1200mm	3.275	3.575	4
C27	80	1200mm	3.605	3.905	4
C26	100	1500mm	3.925	4.225	4.5

- 폼셈과의 비교를 위해 자연 보통 상태의 효율, 보통토, 상차 각도 90도 조건을 적용한 폼(q=1, f=1, E=0.7, K=0.9, cm=19)을 이용하여 폼셈 기준값을 산출

○ 생산성 분석 결과



그림 28. 평택 고덕신도시 현장 MG 생산성 증가 결과

- 기존 대비 MG 생산성 증가율 22.84%
 - 일반적으로 관로 5미터 지점 마다 확인 측량 과정이 필요하며 이때 기존 관로 터파기 방법을 이용하면 측량 엔지니어가 개입하게 되고, 이 때 빈번하게 작업이 일시 중단 됨에 따라 전체적인 작업 시간이 줄어들게 됨
 - 기존 방식의 35.57% 대비 MG 굴삭기의 생산성이 22.84% 향상
- 품셈 대비 MG 생산성 증가율 35.57%
 - 품셈은 작업 준비 기간, 유휴 시간, 이동 시간 등을 모두 종합적으로 고려한 생산성을 기준으로 하고 있음
 - 따라서 품셈에 비하여 MG 굴삭기가 다소 높은 생산성을 보이는 것으로 나타남

○ 사용자 의견

- MG 굴삭기 사용하면서 전반적으로 불편한 것은 없으며 사용상 편리한 점이 많음
- 초기 투자 비용이 수천만원이 발생하지만 인력 운영비용, 유류비 등의 직접비 지출을 많이 아낄 수 있을 뿐만 아니라 안전 사고 예방과 같은 간접비 지출도 필요치 않음
- 사용자 인터페이스 모니터에 도로 중심선이 명확하게 표시되면 더 편리할 것 같음
- 3D 도면을 계속 업체에 요청하고 제공받아야 하는 것이 불편한 편이고 향후 현장에서 직접 도면을 수정하고 업데이트 하는 능력을 갖추면 나아질 것으로 기대됨
- 현장에서 매우 신기해 하고 본 현장이 아파트단지 건설현장 중에서 큰 현장인데도 불구하고 GNSS 기준국(베이스) 하나로 지역이 다 커버가 되니 매우 편리함
- 현장 인력 운영적 측면에서 매우 큰 장점이 있음

4.2.2 태안 한국타이어 P/G 건설공사¹⁾

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	(주)한국타이어	 부지면적 : 약 38만평 주요시설 : 고속주회로 등 타이어 테스트 트랙 11개소
원도급	(주)현대건설	
MG 장비 공급사	(주)영신디엔씨	
토공업체	(주)정일건설	
위치	충청남도 태안 기업도시	
사업 내용	타이어 성능시험장 건설	
적용 기술 및 장비	3D MG (영신디엔씨 MC 3D, Topcon MG 굴삭기(무한궤도) 다수)	
생산성 분석 방법	(주)현대건설 분석 자료 및 현장 실사 데이터 활용	

○ MG 적용 현황 자료

- MG 설치 및 현장 운용 예시



그림 29. 한국타이어 Main P/G 건설공사 MG 현장 적용 전경

1) 본 사례는 (주)현대건설의 자료 제공에 의해 정리되었습니다.

- 터파기 MG 적용 예시



터파기 작업



관로 터파기 작업 시작 구간

그림 30. MG 굴삭기 터파기 작업 현황

○ MG 굴삭기 생산성 분석 결과(출처: (주)현대건설)

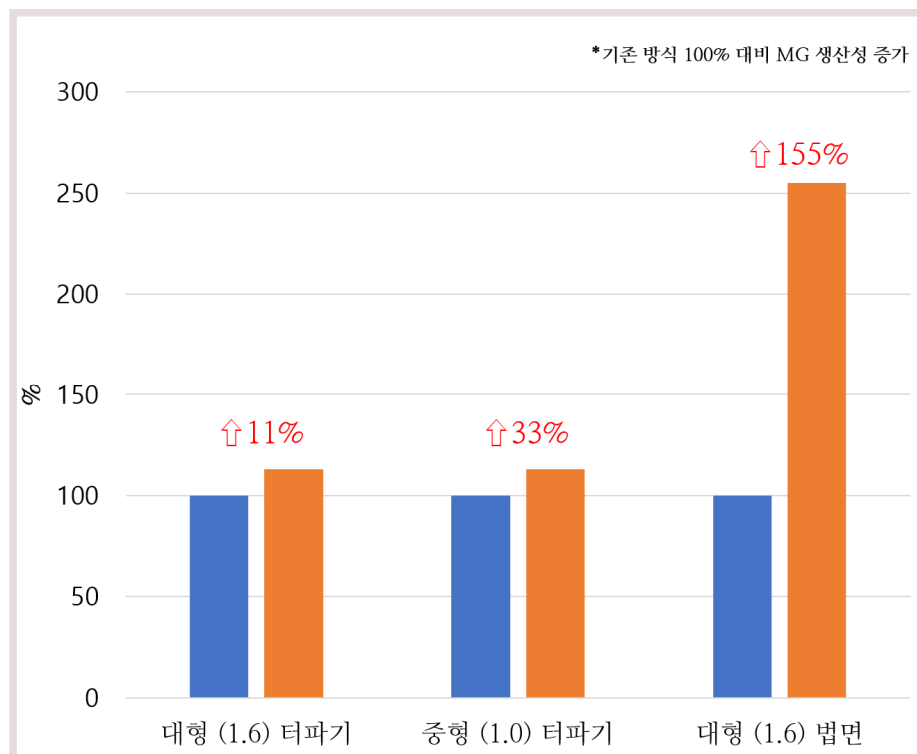


그림 31. 한국타이어 Main P/G 건설공사 MG 굴삭기 적용 결과

○ 사용자 의견

- 커브(HSO)구간에서 42도 급경사 사면을 시공하여야 했음
- 경사면의 경우 Excavator와 매 점을 측량사가 찍어주어야 하고 이러한 과정에서 발생하는 오차도 무시할 수 없는 매우 까다로운 공종임
- 게다가 한 번에 시공을 완료해야 하는 조건이어서 MG 사용이 불가피

- 오버굴착 방지가 커브 구간의 핵심이었는데 머신 가이드스와 굴삭기에 내재된 정밀 측량 기술 덕분에 문제없이 달성함
- 중간 중간 행해지던 확인 측량 과정이 없어서 전체적인 작업 진행 속도가 빨리 졌음
- 실제 50미터 경사면 시공 시 측량을 하면서 한 것과 머신 가이드스로 한 것과 비교하였을 때 효과는 명확함
- 굴착 작업 자체의 속도가 빨라지는 것은 아니지만, 목표 레벨에 도달했을 때 조금 더 과감하게 레벨을 맞출 수 있게 되고, 결정적으로 과굴착을 하지 않게 되어 재작업을 이 현저히 줄어 들었음
- 도면이 가끔 맞지 않는 경우가 있으나 현장에서 충분히 대처 가능하며, 측량사의 도움을 얻거나 도면 수정 요청을 통해 해결하고 있음
- MG 장비는 초기 투자비용이 크다고 볼 수 있으며 50~60만 m³ 규모의 토공 물량 수행 시 손익분기점을 넘기 어려울 수 있으므로, 이를 공사비 산정 기준에 반영 필요

4.2.3 경기도 시흥시 아파트 건설공사 현장

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	(주)현대건설	
토공 MG社	(주)영신디엔씨	
위치	경기도 시흥시 봉담읍 내리	
사업 내용	아파트 2,333세대 건설	
적용 기술 및 장비	3D MG (영신디엔씨 MC 3D 1대, HX330)	
생산성 분석 방법	동일 조건 비교 테스트	

○ MG 적용 현황 자료

- 본 현장은 한국건설기술연구원 공사비원가관리센터의 지원으로 수행된 MG 생산성 분석을 위한 동일 조건 비교 테스트 수행 내용임
- MG의 효용을 잘 나타내는 것으로 알려진 3가지 굴삭기의 대표 공종, 1) 관로 터파기, 2) 독립 기초 터파기, 3) 법면 성형에 대하여, 동일한 조건, 동일 규격의 미션이

- 주어 졌을 때 MG 굴삭기가 작업을 얼마나 빠르게 하는지 분석
- 기존 굴착 방식은 설계 도면의 좌표 정보를 측량사가 알고 있다고 가정하였으며, 작업 시작과 동시에 측량사는 GNSS를 이용하여 굴착 레퍼런스 지점을 빨간색 마커로 표시하는 것으로부터 시작
 - 시방에서 요구하는 정밀도 이내에 도달하였을 때 다음 구간으로 넘어가며 이 때 사용되는 레벨은 광파기와 스타프, GNSS 장비로 측정
 - 기존 굴착 방법으로 작업 수행 시 MG의 전원은 꺼두었으며 확인 측량에는 측량기사 3인이 투입
 - 현장 조건은 일반 토사, 기온은 영하 -2도 내외였으며 이틀에 걸쳐 테스트 수행
 - MG 굴삭기는 사전에 이미 설계 도면은 굴삭기 내부의 MG 시스템에 넣어 놓은 상태이며, 기존 굴착 방법과는 다르게 측량사의 마킹작업 없이 곧바로 수행함
 - 관로 터파기는 20여 미터, 독립 기초 터파기는 동일한 크기로 4개, 법면은 소단을 포함하여 2미터와 1미터 구간을 시공하는 것으로 설계하였으며 생산성 분석을 위해 충분한 길이와 대표성을 가지는 공종의 규격을 선정하여 설계
 - 단, 내업에 소요되는 시간은 분석의 범위에 포함하지 않았음



현장 전경



MG 관로 터파기



MG 기초 터파기



MG 법면 성형

그림 32. 시흥시 아파트 건설공사 MG 현장 적용 전경

- 관로 터파기 및 독립 기초 터파기 도면

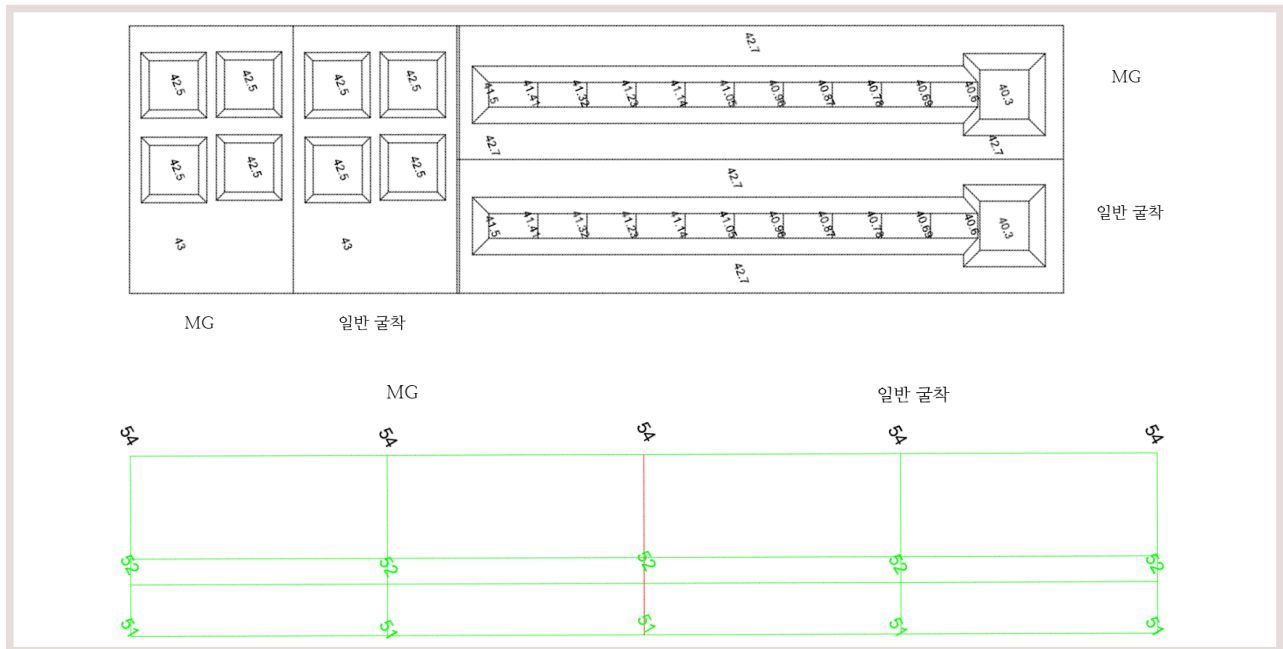


그림 33. MG 굴삭기 터파기 작업 도면

○ 생산성 분석 결과

- 생산성 분석 결과 관로 및 기초 터파기에서 기존 대비 작업 속도가 60% 이상 빨라졌으며, 법면 성형은 100% 이상 작업 속도가 빨라졌음
- 법면 성형은 굴착 난이도가 높고 경사면 고르기 작업에 필요한 재작업 시간이 많이 소요되므로, 정확한 레벨값을 알고 작업해야 한 번에 정확한 고르기 작업이 가능
- 상대적 생산성 저하 요인으로서는 측량사의 확인 측량 과정이 가장 크게 영향을 주었으며, GNSS 1인, 광파기 1인, 현장 안전 감독 및 스태프 측량 도움 1인 등으로 많은 인력이 투입됨에도 불구하고 생산성 증대에 영향을 주지 못함
- MG 굴삭기의 작업에 필요한 내업은 본 생산성 분석에 포함하지 않았으나, 3차원 변환 설계에 필요한 내업을 고려하면 약간의 MG 생산성의 하락이 예상되나 그 폭이 크지 않을 것으로 판단됨

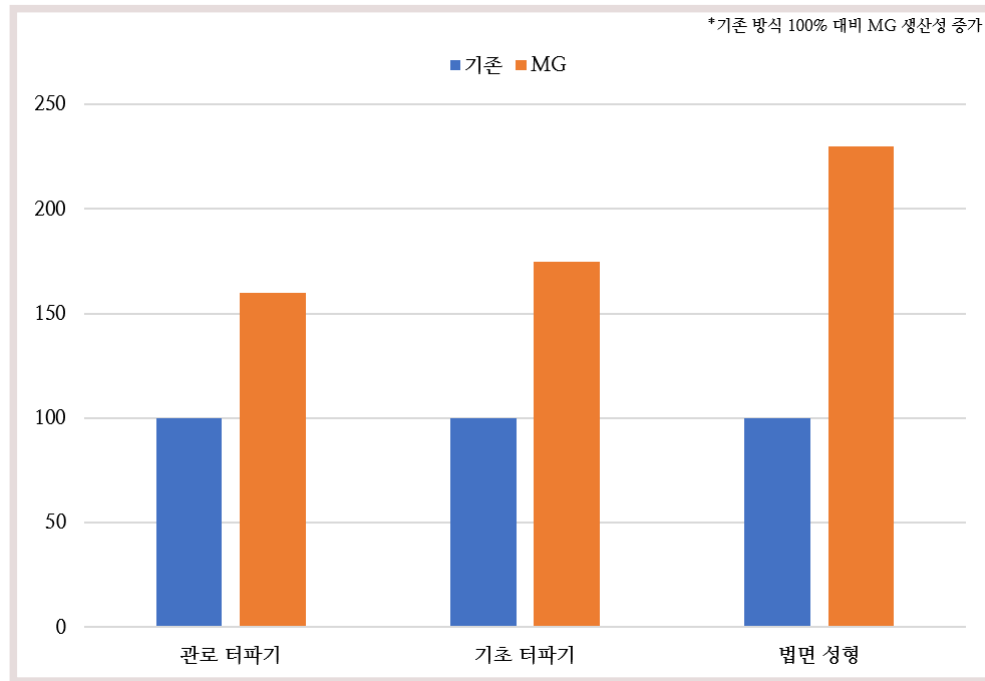


그림 34. 시험시 MG 생산성 증가율 분석 결과



그림 35. MG 대비 기존 굴착 방식의 생산성 저해 요인

○ 품질 및 물량 분석 결과

- 고르기 면의 거칠기 및 설계와의 정합성 검토를 위하여 본 연구에서는 로봇틱 토탈 스테이션 및 프리즘을 이용한 시공면 정밀 현황 측량을 시행하였음
- MG 굴삭기의 작업 품질 평균오차 비교하여 60~80% 수준 향상된 것을 확인

- 일반 굴착 방식과 비교하여 MG 굴삭기의 바닥면의 거칠기가 상대적으로 적음

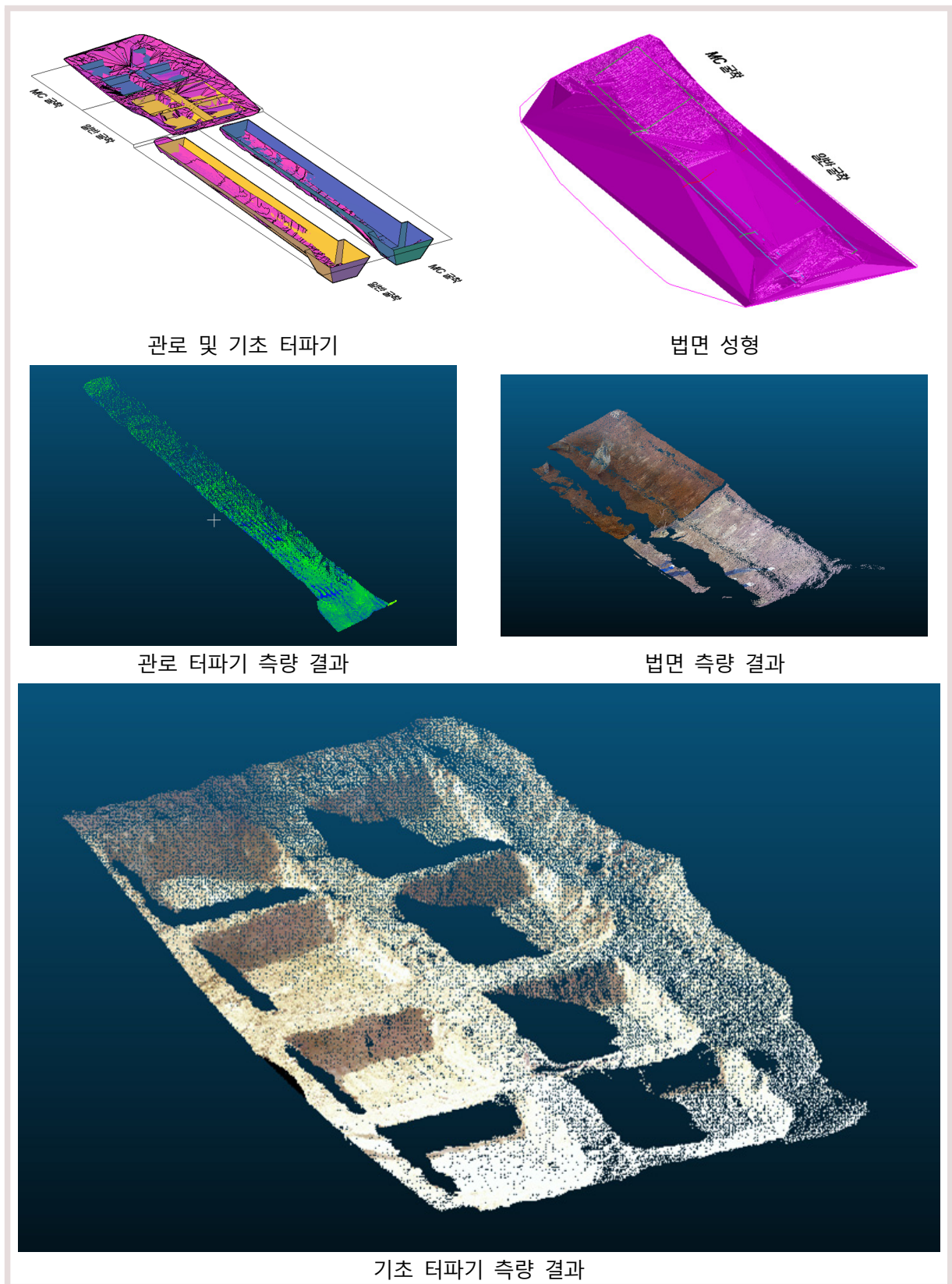


그림 36. 품질 비교용 RTS 포인트 클라우드 취득 결과

- 물량 산출 결과 일반 방식의 오차가 상대적으로 크게 나타남

이름	경계	중앙중거	잘라내기 ...	채우기 비율	스타일	2D 면적(평)...	절토(조정됨)(...	성토(조정됨)(...	순 토량(조정...	순토량 그...
☒ MC_fndtn			1.000	1.000	표준	78.38	0.26	0.23	0.03<절토>	
☒ 일반_fndtn			1.000	1.000	표준	78.24	0.40	0.11	0.29<절토>	
☒ MC_slptest			1.000	1.000	표준	140.02	0.81	0.11	0.70<절토>	
☒ 일반_slptest			1.000	1.000	표준	140.02	0.10	0.87	0.77<성토>	
☒ MC_trnch_mg			1.000	1.000	표준	91.29	0.52	0.31	0.22<절토>	
☒ MC_trnch_trd			1.000	1.000	표준	90.55	0.28	0.69	0.42<성토>	

그림 37. 물량 산출 결과

4.2.4 홍천 공동주택 건설공사 현장

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	(주)신영도시개발	
원도급	금호산업(주)	
MG 장비 공급사	(주)영신디엔씨	
위치	홍천읍 희망리	
사업 내용	공동주택 건설	
적용 기술 및 장비	3D MG (영신디엔씨 MC 3D 다수)	
생산성 분석 방법	현장 실사 데이터 활용	

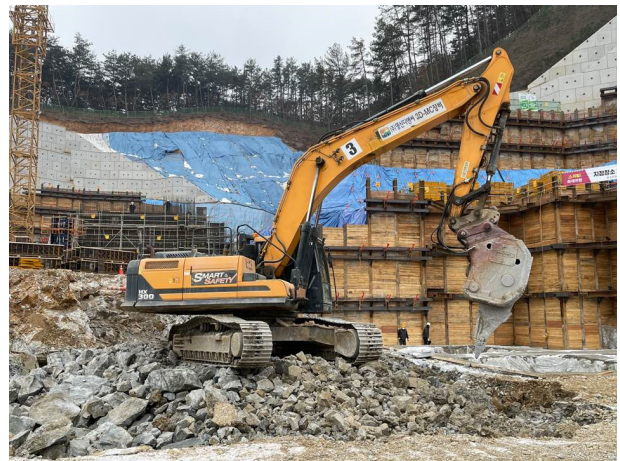
○ MG 적용 현황 자료

- 본 현장은 한국건설기술연구원 공사비원가관리센터의 지원으로 수행되었으며 MG 굴삭기의 생산성 분석을 위하여 현장 실사가 이루어진 현장임

- MG 설치 및 현장 운용 예시



현장 전경



MG 굴삭기 작업 현황

그림 38. MG 현장 적용 전경

- 해당 건설 공사는 산간지역에 공동주택을 건설하기 위하여 MG 굴삭기를 이용 건축 기초 터파기 작업을 수행하고 있었으며, 산지 지형 특성상 연암 지대 위에 건설되고 있으므로 진동 리퍼를 이용, 암파쇄 후 배출 작업을 수행하고 있음



그림 39. MG 운용을 위한 현장 3D 설계 도면 및 작업 구역((주)영신디엔씨 제공)

○ MG 굴삭기 생산성 분석 결과

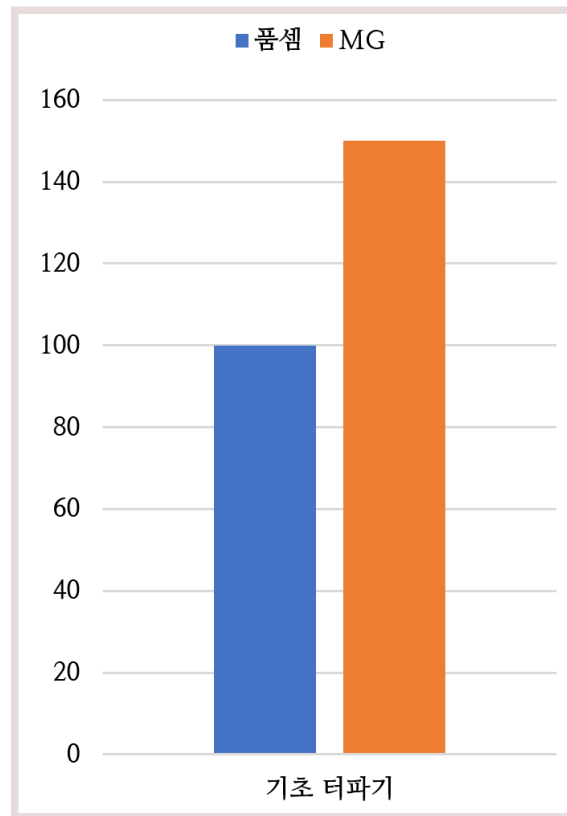


그림 40. 홍천 MG 굴삭기 생산성 증가 현황

- 별도의 비교 대상군이 없으므로 유사 조건의 품셈(90도 상차, 풍화암 기준)과 비교하여 도출한 결과, 약 50% 정도의 생산성 향상 효과를 보이는 것으로 분석

○ 사용자 의견

- 리퍼 작업을 수행할 때 측량의 도움 없이도 작업 영역을 정확히 파악할 수 있어 편리하고, 건축 터파기의 정확한 깊이나 위치를 단독으로 파악할 수 있어 건축 공사와 같이 간섭이 많은 곳에서 유용하게 활용됨
- 도심지 건축 공사의 경우 터파기 예정지에 임시 적재해 둔 건축 자재들이 많은 특성으로 터파기를 한 번에 다 할 수 없음
- 특히 재래식 공법을 사용하게 되면 터파기 마킹이 지워지거나 없어지는 경우가 많아 작업에 불편함을 초래하였으나, MG 굴삭기를 이용할 경우 이런 문제점이 해결
- 당초 MG 굴삭기 작업 효율에 대해 현장 내 신뢰성을 확보하지 못하였으나, 몇 차례 확인 측량 후 MG 정확도에 공감

4.3 머신 가이던스(MG) 굴착기 현장 일반 적용 사례2)

4.3.1 과천시식타운

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	한국토지주택공사	
MG 장비 공급사	영신디엔씨	
위치	경기도 과천시식타운 현장	
사업 내용	40m 구간 2단 사면절토	
적용 기술 및 장비	영신디엔씨 3D MG / 굴삭기(무한궤도) 1.0m ³	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	
MG 생산성 조사 기간	2018.6.21.~7.10	

○ MG 적용 목적

- LH공사가 시행하고 있는 과천시식타운현장에 2단 법면(H=10), 40m 구간을 기존 시공방법과 Y사가 개발한 자동화 기술 시공방법을 적용하여 시공절차, 시공속도, 시공 품질, 투입 인원을 비교 검증

○ 생산성 분석 결과

- 실 작업 시간에 대한 소요시간 비교 결과
 - 기존 시공방법 : 776분 (시공 전 측량 15분 + 시공 761분)
 - ICT 적용 시공 방법 : 549분 (도면작업 20분 + 시공 529분) → 29.3% 감소



그림 41. 과천시식타운현장 MG장비 생산성 분석 예시

2) 본 사례들은 ㈜영신디엔씨, ㈜S-Tec E&C, 한양대학교 건설환경공학과 (서종원 교수 연구실), 라이카 지오시스템즈코리아로부터 제공된 자료에 근거하였습니다.

– 토공 생산성 비교 결과

- 기존 시공방법 : 88.37 m³/hr
- 자동화 기술 시공방법 : 126.73 m³/hr → 43.41% 증가

– 시공 원가 절감 분석 결과

- 기존 1,032,592원 대비 673,992원 소요로 시공원가 34.7% 감소

구분	기존 시공 방법	자동화 기술 방법	비 고
장비비	602,458 원	418,792 원	작업시간 = 시공시간
유류비	355,133 원	246,867 원	작업시간 = 시공시간
인건비	75,000 원	8,333 원	작업시간 = 시공전 측량 시간 + 시공 중 측량시간, 자동화 기술방법 = 1인 기준
합계	1,032,592 원	673,992 원	시공원가 34.7% 절감

– 적용 현장 예시 (사진)



그림 42. 과천지식타운현장 MG 적용 사진

4.3.2 용산 오염토 치환 현장

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
MG 장비 공급사	(주)S-Tech	
위치	서울 용산 아이파크몰	
적용 기술 및 장비	라이카 3D MG / 두산 DX300LC 1.0m ³)	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	
MG 생산성 조사 기간	4일	

○ MG 적용 목적

- 머신가이던스가 장착된 굴삭기의 작업 종류를 현장 작업 관리자가 Working Time, Idle Time으로 나누어 기록하고 생산성 향상 및 시공원가 절감율을 확인

○ 생산성 분석 결과

- 토공 생산성 비교 결과

- 기존 시공방법 : 품셈 기준
- 자동화 기술 시공방법 : 총 굴착량 3,420m³, 작업시간 23.53hr → 시간당 작업량은 145.3m³로 측정
- 시간당 작업량 : 품셈 대비 생산성이 평균 29.4%로 향상

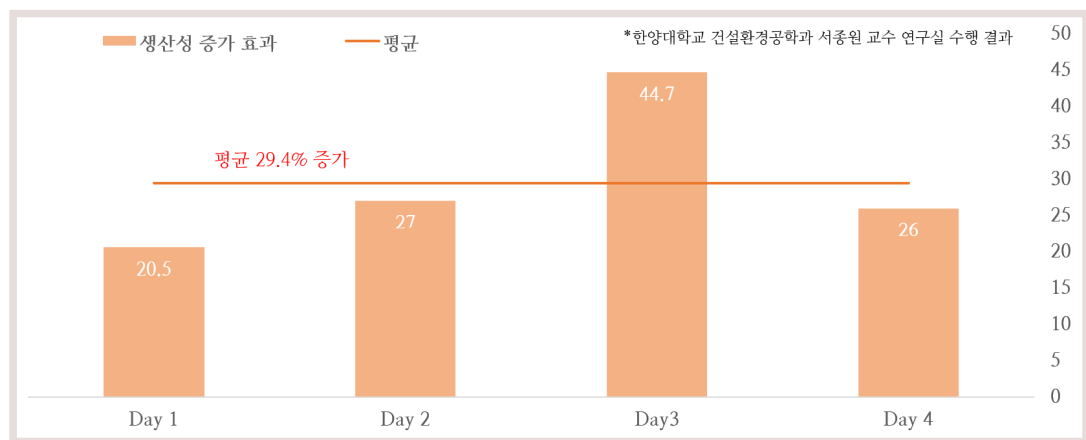


그림 43. 용산 아이파크몰 오염토 치환 현장 ICT 증가 효과 분석 결과

- 시공 원가 절감 분석 결과
 - 기존 7,102,000원 대비 5,155,000원 소요로 시공원가 27.41% 감소
- 적용 현장 예시 (사진)

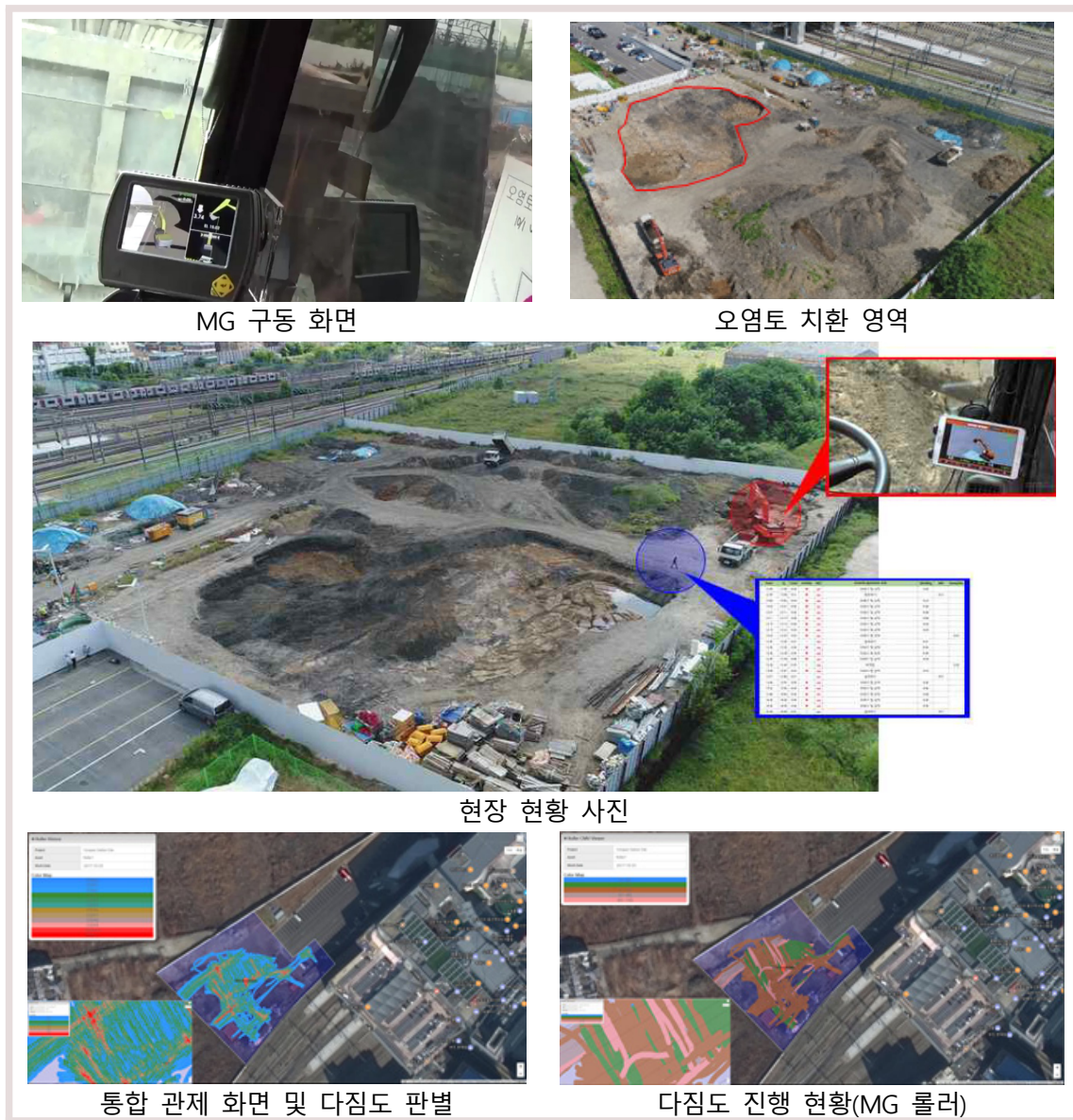


그림 44. 용산 아이파크몰 오염토 치환 현장 MG 적용 사례

4.3.3 제주첨단과학기술단지 아파트 건설 공사

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
MG 장비 공급사	(주)S-Tech	
위치	A23블록 공공임대아파트	
적용 기술 및 장비	MG (06, 10굴삭기 3대), Leica 3D MG	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	
투입 기간	1년 6개월	

○ MG 적용 목적

- 현장 내 공기 지연 문제가 심각하게 대두되어 공기 단축을 위한 토공 관리 기술을 접목하였으며 토공 BIM 설계, MG 투입 등 스마트 토공 기술들을 다양하게 활용하였음

○ 생산성 분석 결과

- 토공 생산성 비교 결과
 - 기존 시공방법 : 기존 생산성 대비
 - 터파기 작업량 : 생산성 평균 20.3% 향상(8일 샘플링 결과)

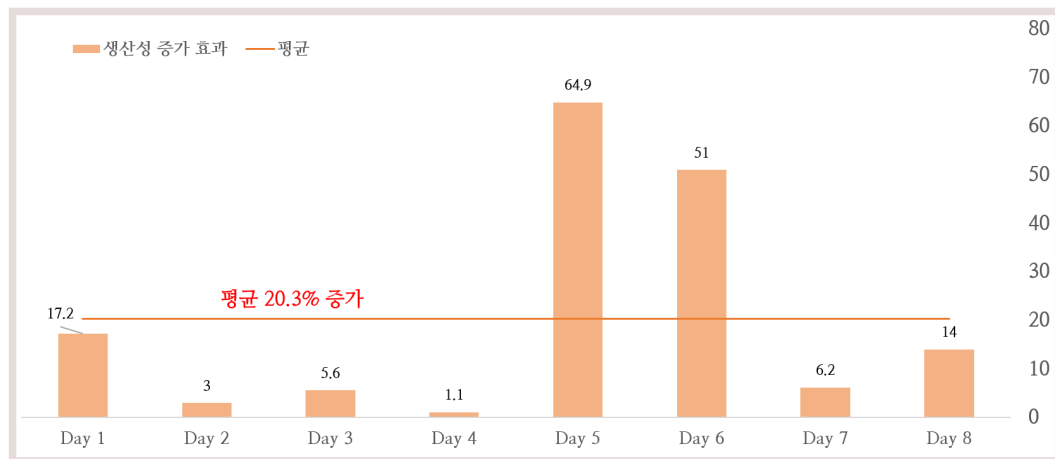


그림 45. 제주첨단과학기술단지 MG 굴삭기 및 스마트 토공 기술 생산성 예시

4.3.4 고양시 삼송동 관거공사

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
MG 장비 공급사	(주)S-Tech	
위치	삼송동 도시정비계획사업	
적용 기술 및 장비	토공 BIM 및 10굴삭기 (Leica MG)	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	

○ MG 적용 목적

- 관로 터파기의 작업 생산성 증가를 위하여 MG 굴삭기 도입

○ 생산성 분석 결과

- 토공 생산성 비교 결과
 - 기존 시공방법 : 기존 굴삭 방법과 비교
 - 기존 시공방법 : 총 굴착량 1186.5m³, 작업시간 40hr → 시간당 작업량은 29.670m³로 측정
 - MG 시공방법 : 총 굴착량 376.45m³, 작업시간 10hr → 시간당 작업량은 37.645m³로 측정
 - 생산성 향상 : 27% 생산성 향상 (레벨 확인으로 인한 지체시간이 없으므로)

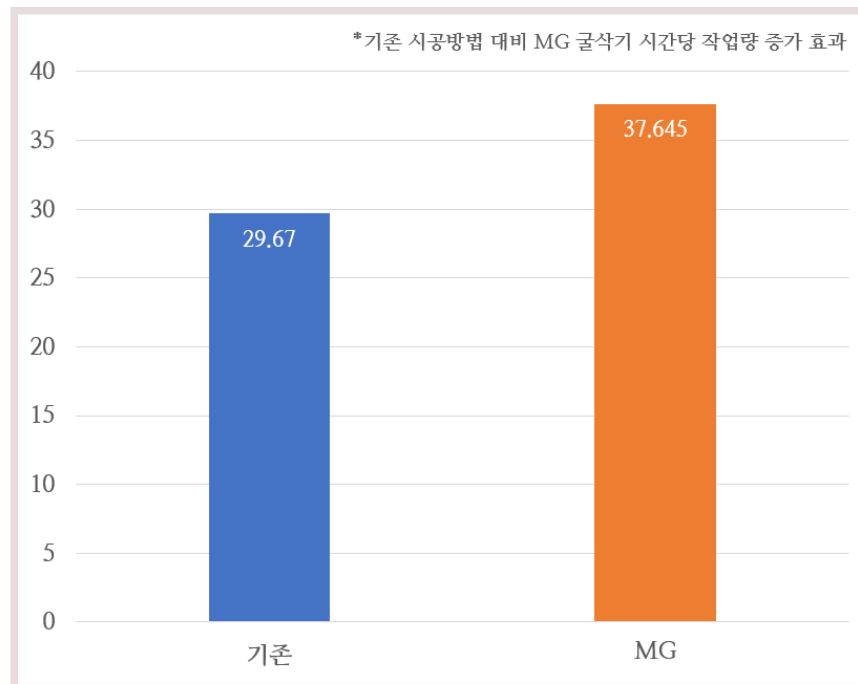


그림 46. 삼송동 MG 생산성 비교 분석 결과

4.3.5 대구외곽순환건설공사

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	한국도로공사	
MG 장비 공급사	(주)영신디엔씨	
위치	대구외곽순환 6공구	
사업 내용	관로 터파기	
적용 기술 및 장비	영신디엔씨 3D MG / 굴삭기(무한궤도) 1.0m ³	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	
기간	18.09.04~18.09.06	

○ MG 적용 목적

- 침투도랑 40m 관로 터파기의 생산성 증가 효과를 검증하기 위하여 동일 조건 비교 실험 수행
- 동일 조건의 기존 굴삭기와 MG 굴삭기의 차이를 비교하였으며 기존 굴삭 방식에는 측량 및 안전기사 3인이 투입



그림 47. 비교 시공 현황

○ 생산성 분석 결과

- 실 작업 시간에 대한 소요시간 비교 결과
 - 기존 시공방법 : 2시간 16분 (시공 전 측량 6분 + 시공 2시간 10분)
 - ICT 적용 시공 방법 : 1시간 35분 (도면작업 10분 + 시공 1시간 25분) → 30.1% 감소

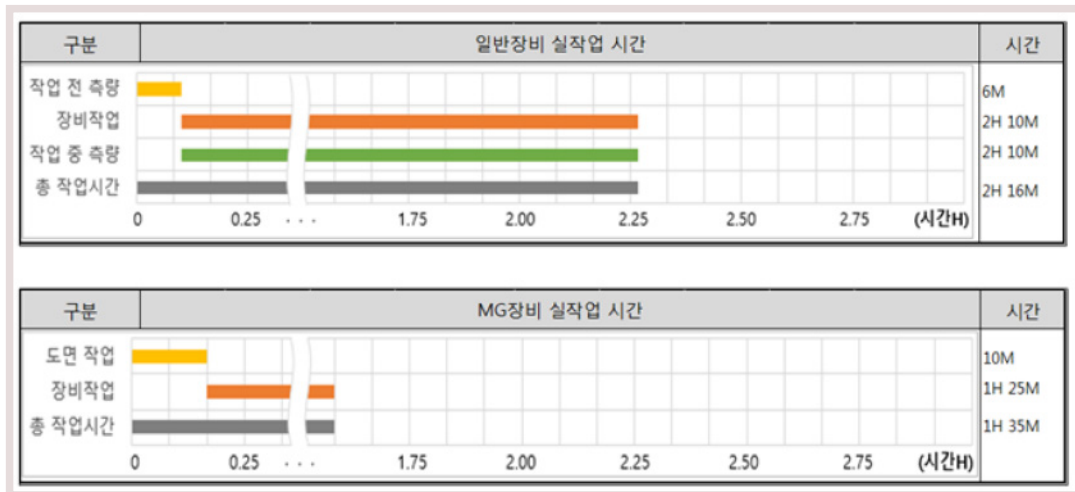


그림 48. 생산성 분석 결과표

- 품질 분석 결과

- 평균 오차가 0.027m에서 0.016m로 향상

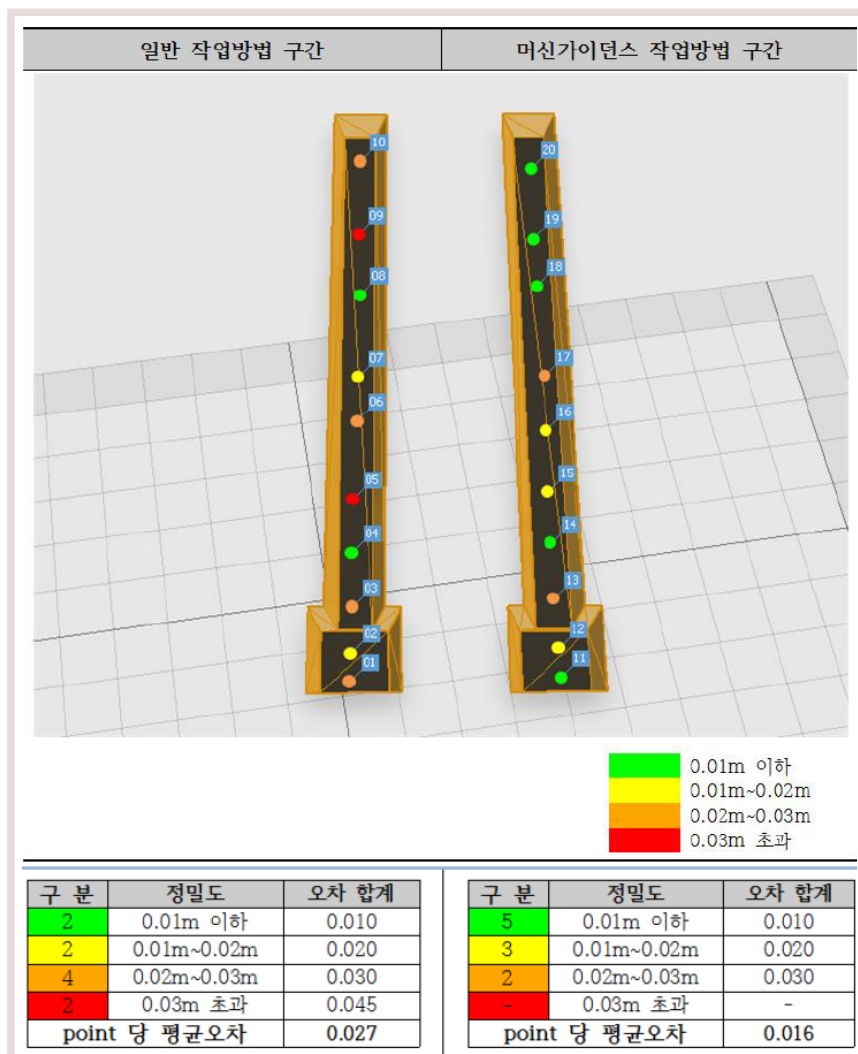


그림 49. 품질 분석 결과

4.3.6 서산 간척지 재정비 사업

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
발주처	한국농어촌공사	
MG 장비 공급사	라이카 지오시스템즈	
위치	충남 서해안 천수만해역	
사업 내용	간척사업	
적용 기술 및 장비	라이카 iXE3 MG	
인력 운용	굴삭기 운전자 1인	
MG 생산성 조사 기간	2018.6.21.~7.10	

○ 생산성 증가 체감 효과

- 관로 터파기의 선형이나 구배가 변하는 구간, 또는 중력 배수 구간처럼 정밀한 구배를 요하는 공사에서 2D MG를 사용하는 것 보다,
- 높은 정밀도와 모든 차원의 타겟 도면을 확인할 수 있는 3D MG를 사용하는 것이 체감 효율 30% 이상 증가하는 것으로 나타남

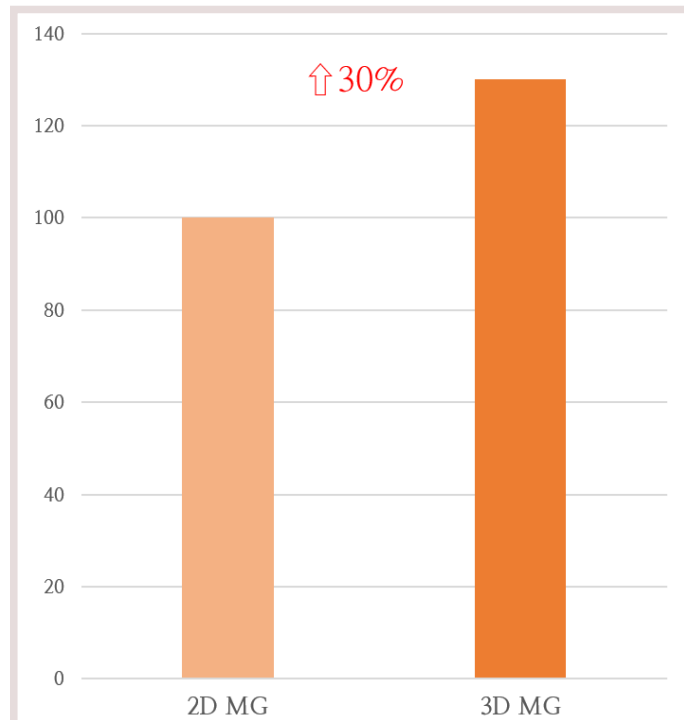


그림 50. 2D MG 대비 3D MG 생산성 증가 체감율

○ 사용자의 목소리

- 간척사업과 같은 까다로운 현장에서 젊은 인력을 고용한다는 것은 현실적으로 매우 힘들며, 연령대가 높은 작업자를 현장에 고용하는 것도 위험이 따르기 때문에 어려운 상황임
- 당 현장은 용수, 배수로 길이가 499km에 이르는 대규모이므로 굴착 작업을 위한 측량 인원 배치 시 인건비 증가가 불가피함
- 따라서 인건비 증가, 작업의 위험성 저감 등을 고려했을 때 현장 책임자로서 당연히 ICT 기술에 능숙한 기술자를 찾게 되며, 작업 효율 상에서도 머신 가이드를 장착할 경우 일반 굴삭기보다 2배 이상 빠른 것으로 인식
- 가장 중요한 점은 일일이 현장 검수를 하지 않아도 계획되거나 요구한 수치대로 한 번에 작업이 완성되므로 정확도와 작업 만족도가 상당히 높음
- 현장에서 요구하는 레벨 정밀도는 간척지의 특성상 (허용오차) 최대 5cm 이내로 요구되는데, MG를 사용할 경우 1~1.5cm 이내로 정밀도가 확보됨



그림 51. 서산 간척지 MG 적용 사진

4.3.7 안산시 상록구 ICT 토공 시험 시공

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
시험기관	한양대학교 건설환경공학과	
위치	한양대학교 에리카캠퍼스	
사업 내용	ICT 토공 기술(토공 BIM, 토공 이동형 관제 기술, 안전 및 MG 프로토타입판 개발 적용 등) 시험 시공	
적용 기술 및 장비	MG 굴삭기, 도저, 관제 시스템 등	

○ MG 적용 목적

- 태블릿 기반 MG 기술 개발 및 시스템 적용성 검토를 위하여 한양대학교 에리카 캠퍼스 내 유희부지에 테스트베드를 구축
- 토공 BIM 기술부터 토공 관제 차량 내 구축된 토공 관제 기술, 안전 및 MG 프로토타입의 테스트 수행
- 굴삭기, 롤러, 도저 등 모든 건설 장비에 MG를 종합 적용하였으며, CMV기반 롤러 다짐도 판별 기술도 적용

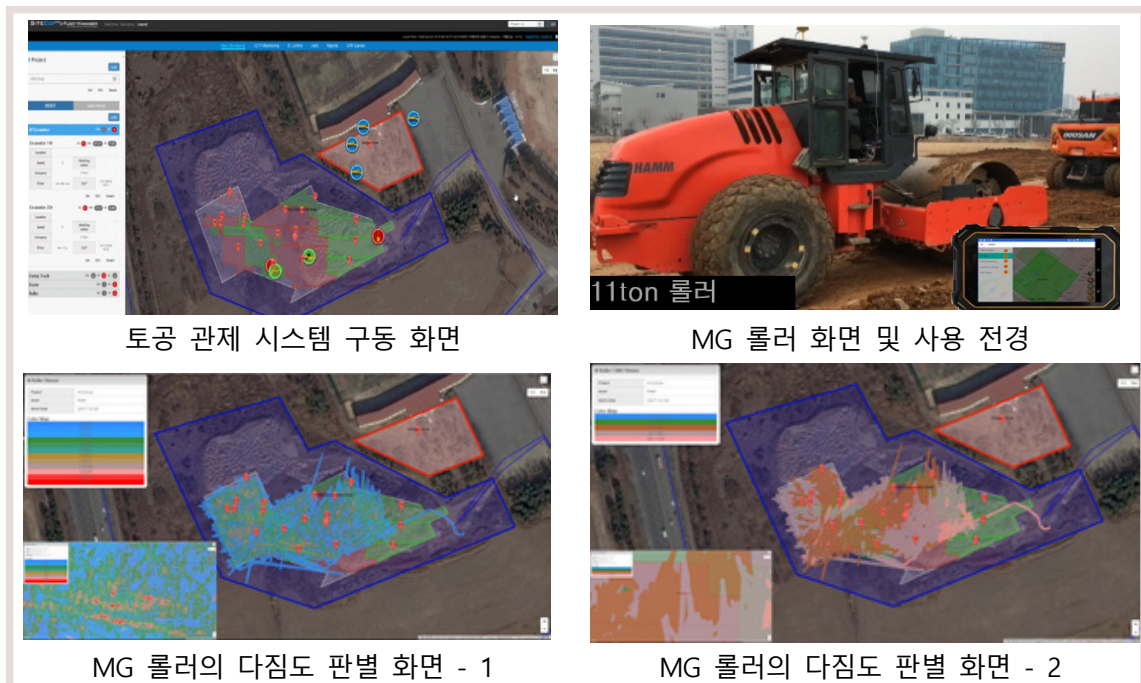


그림 52. 한양대학교 에리카 캠퍼스 MG 적용 사진

○ 생산성 분석 결과

- 작업 생산성 분석 결과 평균 42.78%의 생산성 향상 효과를 보임
- 품셈 대비 굴삭기의 작업 생산성 증가 효과를 분석한 결과, 대형 장비일수록 생산성 증가 효과가 높음(45.53%)

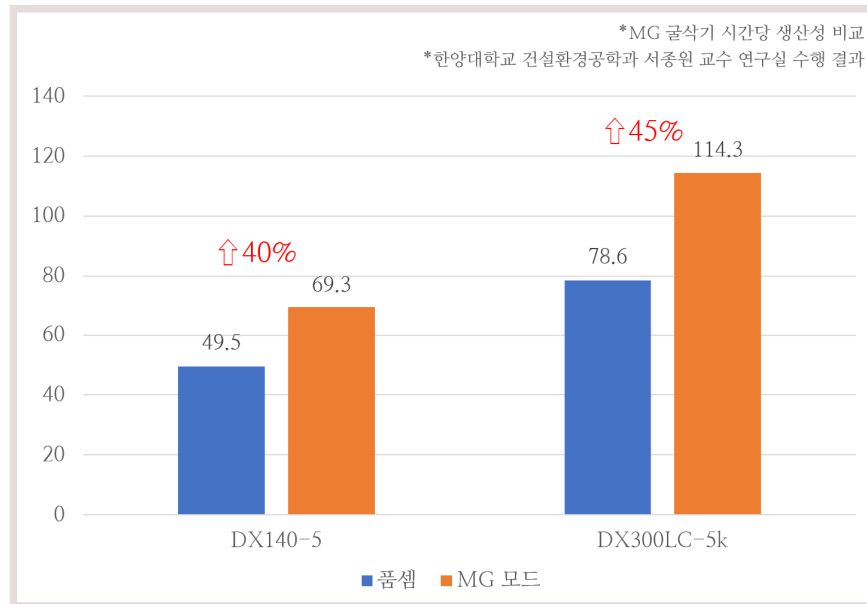


그림 53. 한양대학교 에리카 캠퍼스 MG 생산성 향상 분석 결과

- 작업 생산성 증가로 인한 작업일수 감소 효과를 분석하면 다음과 같으며 장비 반입, 반출, 이동 등과 같은 영향요소를 고려하지 않았음
- 작업일수 단축으로 현장 운영에 소요되는 간접비 절감 효과도 동시에 기대

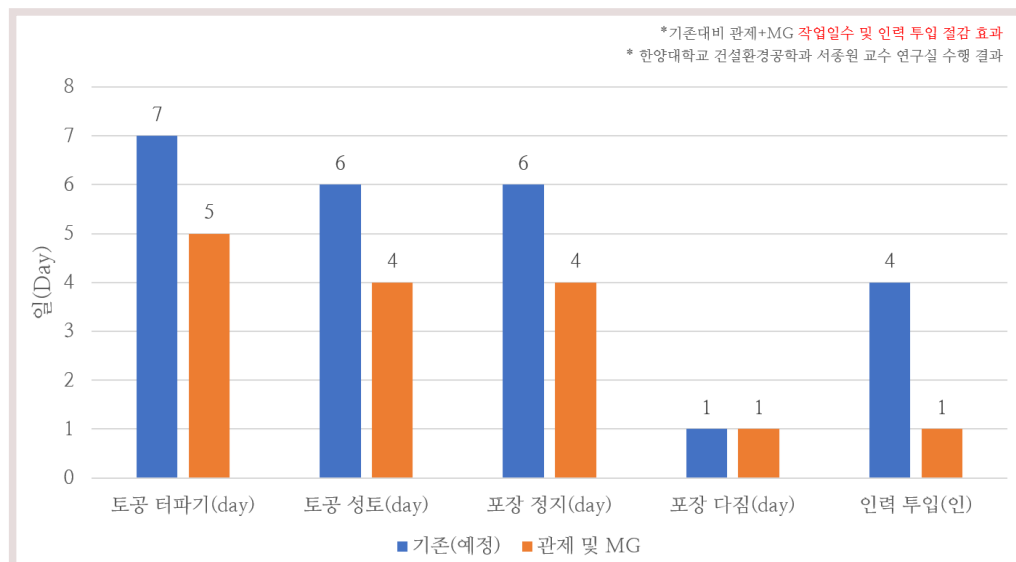


그림 54. 인력 투입 시간 절감 효과 분석 결과



그림 55. MG 굴삭기의 작업 화면 및 적용성 평가 결과

4.3.8 곡성군 주상복합 신축공사

○ 프로젝트 개요

구분	내용	사진
시험기관	(주)천지종합건설/한양대학교 건설환경공학과	
위치	전라남도 곡성군 옥과면 옥과리	
사업 내용	ICT 토공 기술(토공 BIM, 토공 이동형 관제 기술, MG 프로토타입판 개발 적용 등)	
적용 장비	MG 08 굴삭기	

○ MG 적용 목적

- 토공 BIM 설계 및 머신 가이드스 기술의 적용성 검토를 위한 테스트 수행
- 건설장비 통합관제 시스템의 적용성 검토 및 실증



그림 56. 곡성 주상복합 현장 ICT 토공 적용 사진

○ 생산성 분석 결과

- 총 9일간의 데이터 분석 결과 평균 33.64% 증가 효과를 보임

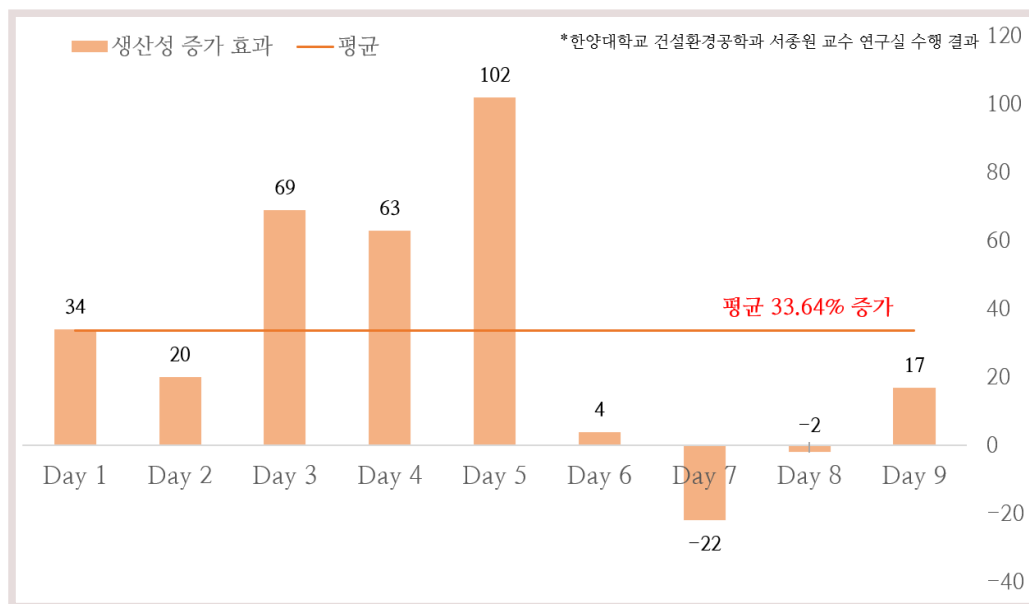


그림 57. 곡성군 주상복합 MG 생산성 향상 분석 결과

4.3.9 부산 에코델타시티 3단계 조성공사

○ 프로젝트 개요

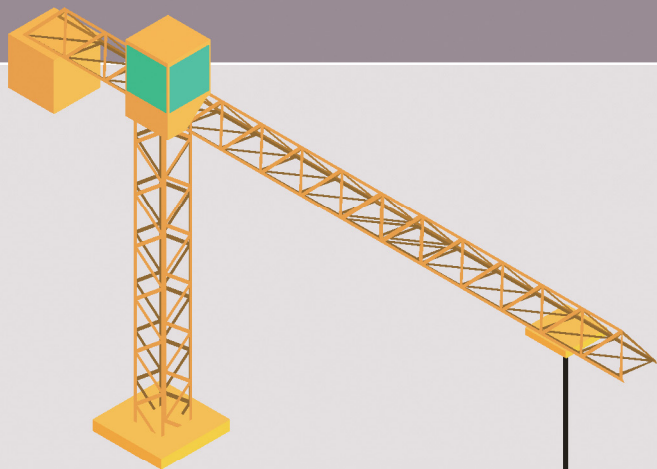
구분	내용	사진
시공사	한국수자원공사 (주)태영건설, (주)극동건설 / (주)S-Tec E&C	
위치	부산 강서구 강동동	
사업 내용	드론 측량, 지상라이다 측량, BIM, 머신가이던스(굴삭기2대, 도저, 그레이더), 건설관계플랫폼(CCTV, GIS-Map, 안전센서)	
인력 운용	상주1, 비상주1	

○ MG 적용 목적

- 토공 BIM 설계 및 머신 가이던스 기술의 적용성 검토를 위한 테스트 수행
- 건설장비 통합관제 시스템의 적용성 검토 및 실증



그림 58. 에코델타시티 ICT 토공 적용 사진



PART 2



모듈러 시공 (Modular Construction)

-
1. 모듈러 공법 개요
 2. 모듈러 시공 프로세스
 3. 모듈러 시공 사례
 4. 모듈러 시공 공사비 산정 사례
-

Part 2

모듈러 시공 사례집

1 모듈러 공법 개요

1.1 모듈러 건축기술의 정의

- 모듈러 건축 방식은 창호, 외벽체, 전기배선, 배관, 욕실, 주방기구 등의 자재와 부품이 포함된 볼륨메트릭(Volumetric, 3D) 형태의 박스 모듈을 공장에서 제작하여 현장에서 조립 및 설치하는 Off-Site 기반의 건축 공법

1.1.1 모듈러의 정의

가. 사전적 정의

- 모듈러는 건축에 쓰이는 작은 치수에서 큰 치수에 이르기까지 이들의 수열을 정하여 건축 각 부분의 치수를 규격화 하는 것을 의미
- 특히 건축의 공업화에 효과적으로 사용될 수 있음

나. 공법적 정의

- 모듈러 공법은 건축 부재를 규격 및 표준화하여 설계에 반영한 후 유닛화된 제품을 공장에서 생산하고, 현장으로 운송하여 조립 및 마감작업을 통해 건축물을 완성하는 공법

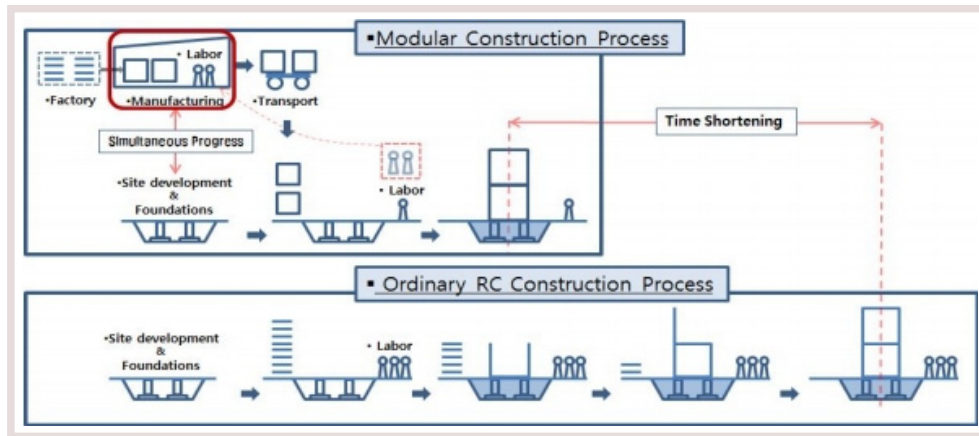


그림 59. 기존 시공(RC)방법과 모듈러 공법의 프로세스

1.1.2 모듈러 공법의 특징

가. 공기단축

- 현장에서 터파기 및 기초 공사와 공장에서 생산 작업이 동시에 가능
- 현장 작업량이 감소하여 우기 및 동절기에도 시공이 가능

나. 품질향상

- 시공 전 pre-engineering을 수행하여 리스크 관리가 가능
- 공장에서 숙련된 작업자에 의해 시공
- 공장생산 및 동일 작업의 반복으로 균일한 품질유지가 가능

다. 친환경

- 생산과정에서 폐기물 양이 감소
- 시설 및 자재의 재사용 및 재활용이 가능
- 현장시공부분 감소로 현장 소음, 먼지 등이 최소화

라. 기타

- 모듈의 추가 및 제거가 용이
- 현장인력 최소화로 현장통제가 용이
- 층고 및 형태에 의한 제한이 있음

1.2 모듈러 공법의 분류

1.2.1 모듈러 구성방식에 따른 분류

- 일반적으로 오프사이트에서 사전 제작된 모듈러 건축물의 요소들은 볼륨매트릭과 비볼륨매트릭 유닛으로 구성됨

가. 볼륨매트릭(Volumetric, 3D) 모듈러 건축

- 정제된 공간의 3차원 개별 유닛을 오프사이트에서 사전 제작 후 현장에 조립하여 단일 건축물을 형성
 - 호텔, 기숙사, 아파트와 같은 여러개의 주거 프로젝트에 흔히 사용
 - 크기에 따라 각 유닛은 하나 이상의 모듈로 구성

나. 비볼륨매트릭(Non-volumetric, 2D) 모듈러 건축

- 프레임, 보 및 기둥과 같은 구조적 요소
- 빌딩 파사드(Facade) 및 마감재 부품, 벽 패널과 실내 파티션
- 바닥 카세트(Cassette) 및 슬래브, 지붕 트러스(Truss)

1.2.2. 모듈러 건축 유형별 기술 분류

- 모듈러 건축은 여러 가지 조건에 따라 다양한 방식으로 유형분류가 가능

가. 구조방식에 따른 분류

□ 라멘식(적층식)

- 유닛의 기둥과 보가 수직하중을 지지하며, 기둥-보 접합부 일부는 수평하중에 저항할 수 있게 만드는 구조형식
 - 공장제작률과 재사용률을 최대 80% 이상 확보 가능
 - 기존 재래식 공법 대비 50% 이상의 공기단축이 가능

□ 벽식(적층식)

- 유닛의 벽체가 수직하중을 지지하며, 수평하중에 저항하기 위해 필요시 벽체 내부에 일부 횡력저항 요소인 가새를 설치
 - 공장제작률과 재사용률은 일반적으로 50% 수준
 - 기존 재래식 공법 대비 30% 정도의 공기단축

□ 인필식(Infill)

- 유닛 자체가 하중을 지지하지 못하여 별도의 구조프레임을 설치하고 유닛을 선시공된 구조골재에 끼워 넣는 시공방식
 - 공장제작률과 재사용률은 최대 80%까지 가능
 - 기존 재래식 공법 대비 50% 정도의 공기단축



그림 60. 모듈러 구조방식에 따른 분류

나. 이동·재사용 가능 여부에 따른 분류

□ 정주형 모듈러(Permanent Modular Construction, PMC)

- 모듈러 건축물의 이동 및 재사용을 고려하지 않은 모듈러 건축물(PMC)로, PMC 건축물은 기존 현장 재래식 공법과 동일한 건축 규정과 요구사항을 적용받고, 부동산으로의 자산가치도 보유
 - 기존 재래식 영구건축물과 동일한 용도로 적용
 - 일부 외부마감 및 전기/설비 등은 현장 설치
 - 공장제작률 80~100% 수준
 - 부동산으로의 자산가치 보유
 - 이동과 재사용 및 용도변경이 극히 어려움

□ 이동형 모듈러(Relocatable Buildings, RB)

- 재사용과 재배치 가능한 이동형 모듈러 건축물(RB)로 적용 가능한 코드 또는 국가 규정을 준수하고 모듈식 건축 공정을 반영하여 공장에서 제작·생산하며 현장에서 완전체로 조립되는 건축물
 - 학교, 건설현장 사무실, 의료 클리닉, 판매 센터 및 재배치 가능한 건축물
 - 소규모의 모바일오피스, 교실, 화장실 판매시설 등과 같은 수요자 맞춤 형태의 모듈러 건축물
 - 공장제작률 80~100% 수준
 - 이동과 재사용 및 용도변경 용이

다. 구조재료에 따른 분류

□ 강재

- 전 세계적으로 가장 널리 사용되는 건축재료로, 기존 재래식 공법 대비 경량화가 용이하여 중고층형 및 다양화 용도의 모듈러 건축물로 적용이 확대
 - 초기 국내도입된 모듈러 건축은 강재 기반의 모듈러가 대부분
 - 기존 재래식 RC공법에 비해 획기적으로 중량을 줄일 수 있음

□ 목재

- 목재 자원이 풍부한 유럽 및 북미에서는 가장 일반적으로 활발히 적용하고 있는 목구조 방식
 - 벽식구조시스템 위주의 저층 모듈러 건축물에 많이 사용
 - CLT(Cross Laminated Timber) 등의 공학용 목재를 활용한 시공 사례 확대

□ 콘크리트

- 프리캐스트콘크리트 : 강재, 목재와 더불어 가장 많이 사용
 - 고강도, 내구성, 내화 및 진동성능 등이 높음
 - 저렴한 생산비용으로 경제성은 좋으나, PC 모듈러 중량이 매우 무겁고 접합부의 일체성 확보가 어려움

□ FRP(Fiber Reinforced Plastics)

- 대표적인 경량재료로 비정형 형상의 구조부재위주로 생산되고 있으나, 주로 상징성을 갖는 저층 건축물에 사용되는 한계를 지니고 있음
 - 내화에 대한 성능확보가 미흡하며 주문 소량 생산으로 고가임
 - 내·외장재로 사용될 경우 효율성이 높은 건축재료
 - 국내 생산이 안 되고 있어 전량 수입에 의존

□ 복합재

- 국내에서 강재, 목재, 콘크리트 제조공장이 충분히 확보되고 있으며, 높은 수준의 제조기술력을 보유하고 있어 복합재의 활용도가 높음
 - 강재와 공학용 목재를 접목한 복합화 건축기술이 전 세계적으로 활발히 개발, 실용화
 - ※ 국내에서 모듈러 건축에 활용하기 위해 자재 수급 및 성능확보를 위한 연구개발 필요

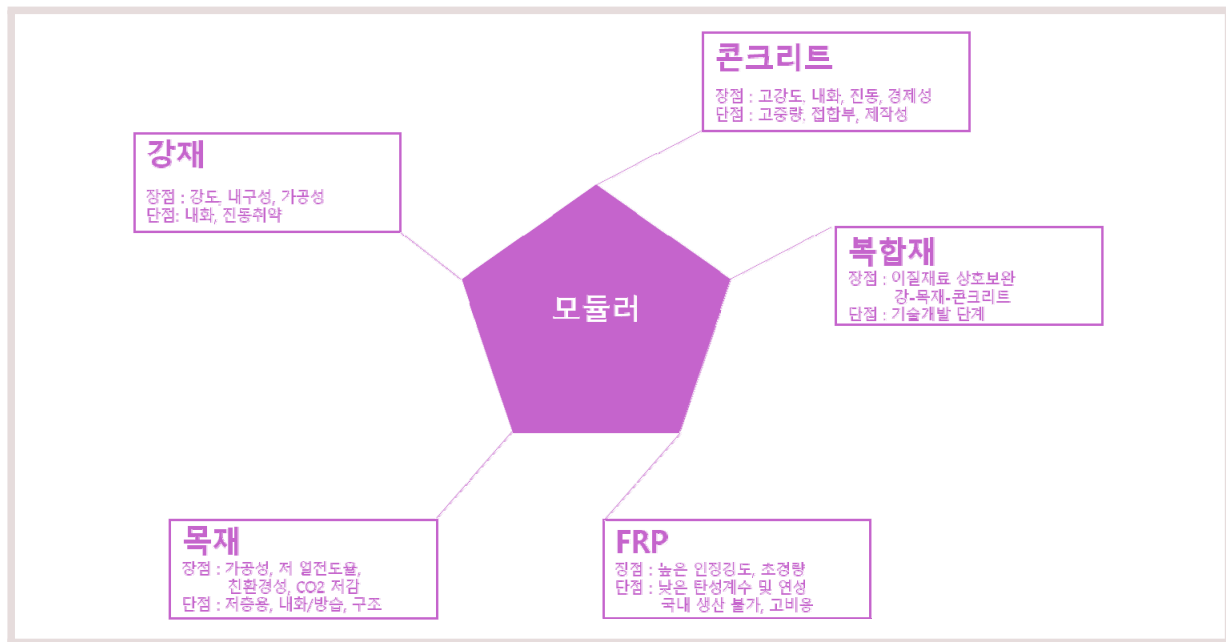


그림 61. 구조재료에 따른 모듈러 건축의 유형 분류 및 특성(한국건설기술연구원, 2015)

2 모듈러 시공 프로세스

2.1 모듈러 시공 프로세스 개요

가. 시공 프로세스 비교

○ RC조(RC Structure)

- 현장에서 준비단계를 거쳐 벽과 슬래브 거푸집을 제작하고, 콘크리트를 타설 후 양생과정을 거쳐 내외부 마감작업을 통해 완성

○ 철골조(Steel Structure)

- 작업상세도를 통해 부재 제작을 마치고 현장으로 운반해 조립 후 이음부 체결 후 내·외부 마감작업을 실시

○ 모듈러(Modular)

- 공장에서 제작, 부재이음, 패널조립, 내·외부 마감 완료한 후 현장으로 운송해 제작된 각 모듈 유닛을 조립, 마감작업을 실시함으로 시공을 마무리

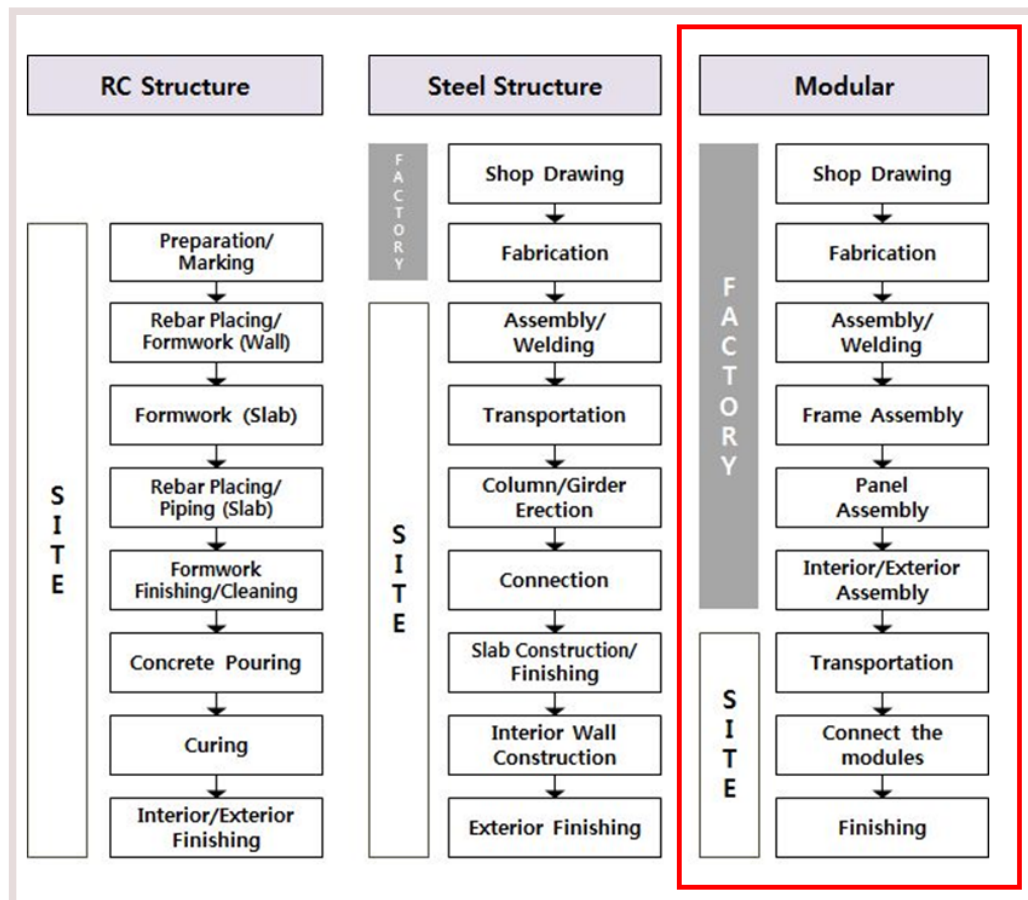


그림 62. 프로세스 비교(RC vs Steel vs Modular)(배병윤 외, 2012)

나. 모듈러 시공 프로세스

○ 공장제작 단계

- 골조조립, 내·외장 마감, 전기·설비 등의 공정

○ 현장시공 단계

- 모듈러 유닛 양중, 접합, 마감 등 모듈러 유닛 간 조립 작업 수행



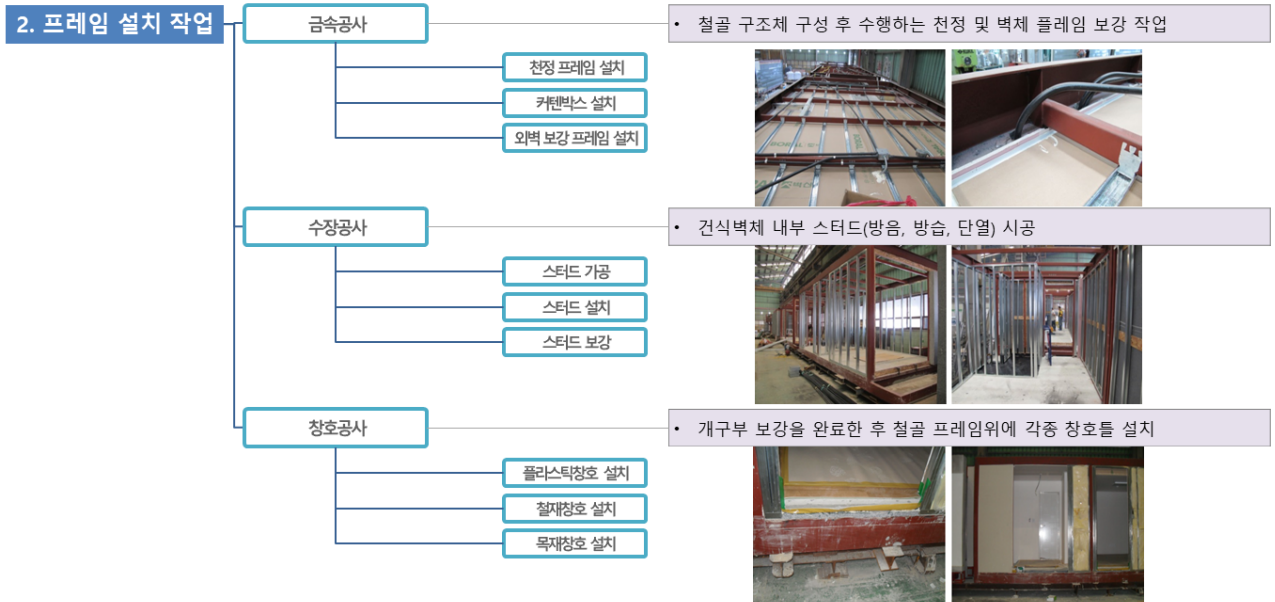
그림 63. 모듈러 시공업무 프로세스

2.2 모듈러 시공프로세스(공장생산 단계)

가. 단위모듈 구성을 위한 구조부재 시공 및 보강 작업



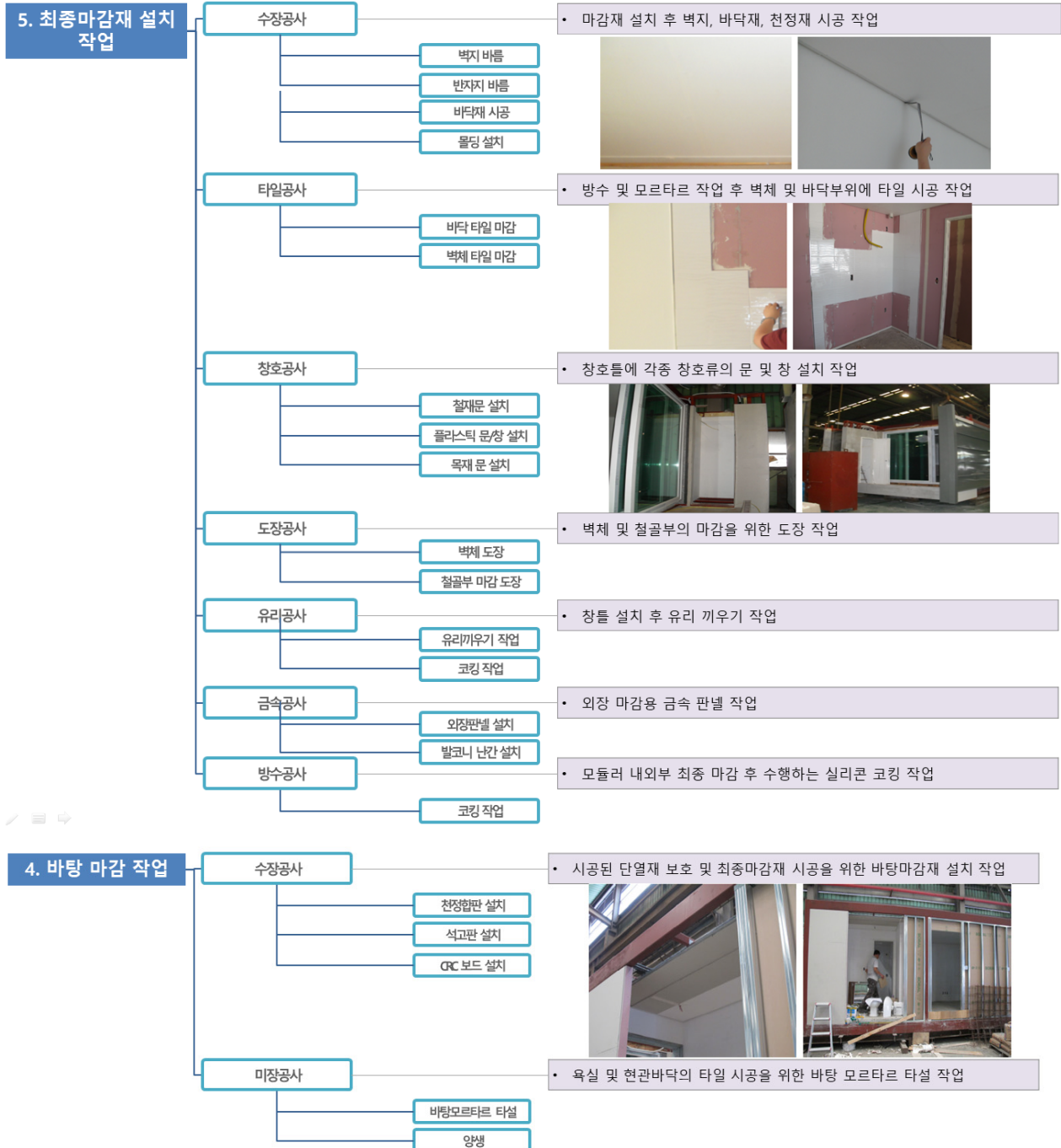
나. 내장 및 외장작업을 위한 프레임 설치 작업



다. 방수, 단열, 차음 등 사용성 개선을 위한 주거성능 보강 작업



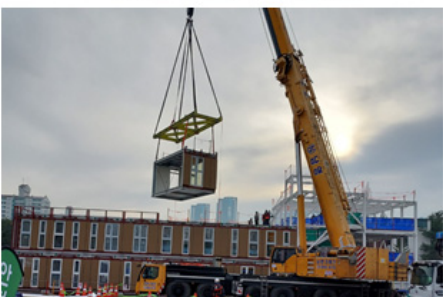
라. 성능재료 보강 및 최종마감재 시공을 위한 바탕 마감 작업



2.3 모듈러 시공프로세스(현장시공 단계)

2.3.1 구조방식에 따른 모듈러 양중·조립 프로세스

- 적층식 : 양중시 케이블의 횡하중에 의한 처짐 및 균열을 방지하기 위해 밸런스빔 사용
- 인필식 : 모듈러의 원활한 인필작업을 위해 케이지를 설치하고 양중시 케이블에 케이지 연결

적층식	인필식
	
밸런스빔 장착	케이지 설치
	
모듈러 밸런스빔 연결	모듈러 케이지 안착
	
모듈러 양중	모듈러 양중
	
모듈러 접합	모듈러 인필

2.3.2 모듈러 현장시공 프로세스

가. RC부재 및 단위모듈 간 접합 작업

1. 모듈러 접합 작업

조립공사

- 하이드로 크레인 준비
- 모듈러 유닛 양중
- 모듈러 유닛 하부 접합
- 모듈러 유닛 상부 접합
- 바닥모듈 양중
- 조인트 마감

- 모듈러 및 바닥모듈 양중, 설치 및 조인트 마감 관련 제반 작업



철골공사

- 하이드로 크레인 준비
- 철골골조 양중
- 철골골조 설치
- 녹막이 페인트 작업
- 내화페인트 작업

- 최종 모듈러 조립이 완료된 후 상층부 지붕구성 작업



금속공사

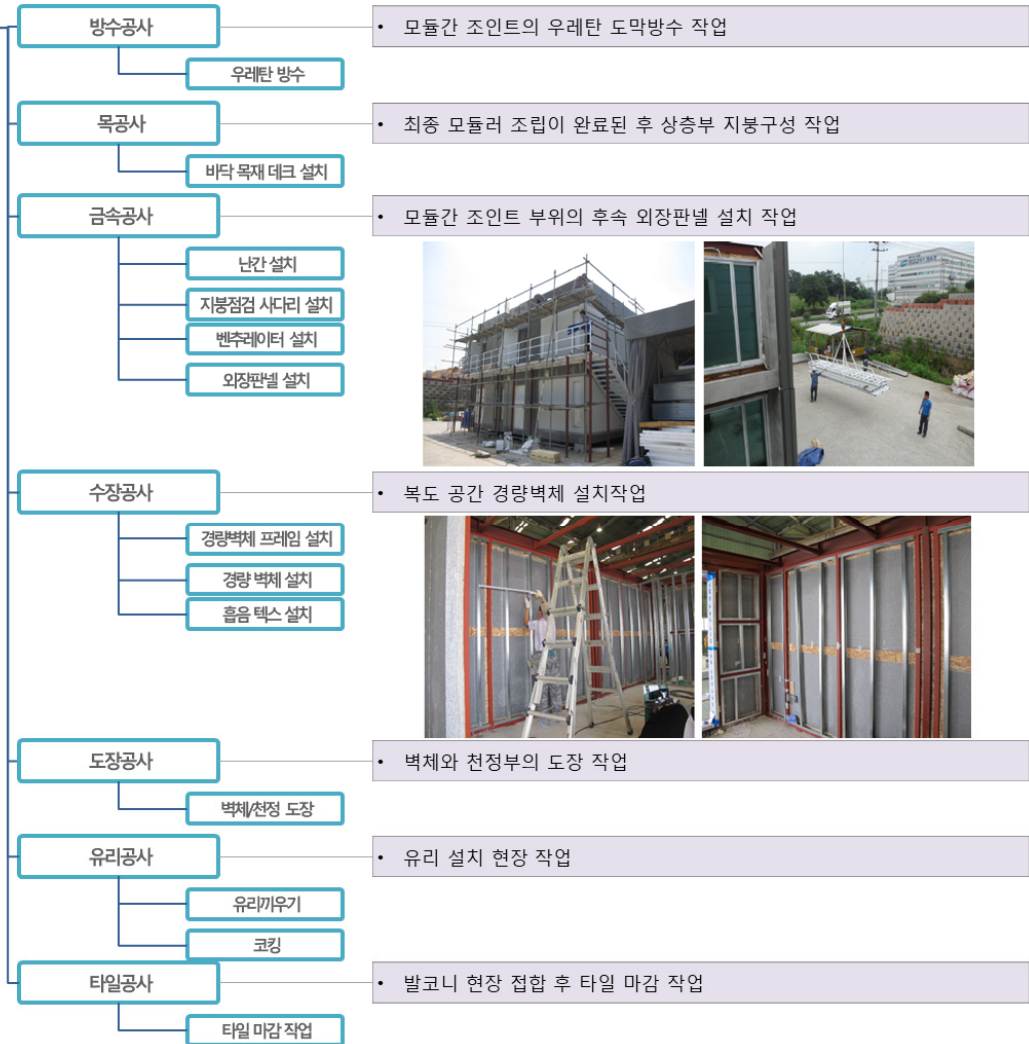
- 파이프하지 설치
- 경량천정틀 수평조절
- 경량천정틀 볼트 고정

- 모듈러간 내외부의 조인트 마감을 위한 후속 작업



나. 모듈러 후속조립 구간 마감 작업

2. 모듈조립 후 마감



다. 모듈러 지붕층 마감공사

3. 지붕층 마감공사

수장공사

우레탄패널 설치

- 지붕층 철골공사 후 우레탄 패널 설치 작업



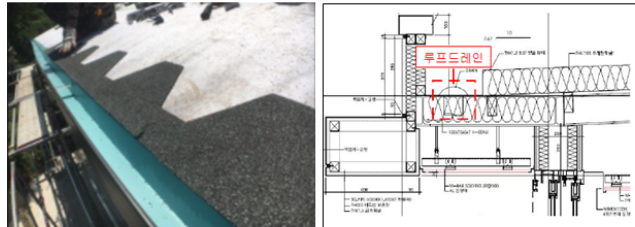
지붕 및 환통 공사

후레싱 설치

루프드레인 설치

환통설치

- 지붕골조 공사 완료 후 지붕층 우수를 배출하기 위한 작업



방수공사

지붕 바닥 시트 방수

우레탄 도막 방수

- 지붕 바닥, 후레싱 및 루프드레인 조인트 부위에 우레탄 도막 방수 작업

3 모듈러 시공 사례

3.1 국내 모듈러 건축용도별 대표사례3)

3.1.1 아파트

○ 천안두정 공공주택(행복주택) 건설사업 모듈러공사(적층형+인필형)

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주), 스타코(주)
발주처	한국건설기술연구원
설계	나래종합건축사사무소
위치	충청북도 천안시 서북구 두정동
용도	아파트
모듈 크기(수)	적층형-3.2m×9.6m×3.2m (20EA) 인필형-3.2m×6.3m×2.6m (4EA) 3.2m×9.5m×2.6m (16EA)
건축면적(건폐율)	402.16㎡ (41.41%)
연면적(용적율)	1514.55㎡(155.95%)
층수(높이)	지상 6F(23.075m)
주요구조	모듈러(라멘구조_2~6F), 철근콘크리트구조(1F)
공사기간	2018.06 ~ 2019.06



- 프로젝트 경위

- 실증단지 대상은 서울 가양동, 천안 두정동 주택규모 85㎡이하로 2개 단지에 3개의 공업화 주택 제조업체의 공법 및 기술 검증·실증
- 천안두정 단지는 금강공업의 적층식 공법과 스타코의 인필식 공법을 동시에 실증

- 프로젝트 특징

- 국내 두 번째 6층 이상의 주택성능기준 부합 공공임대 모듈러 공동주택으로 공급, 적층형(20세대)과 인필형(20세대) 동시 적용
- 설비, 가구 및 외장재의 공장제작으로 모듈 공장제작률 약 92%(적층형), 모듈 공장제작률 약 80%(인필형) 달성
- MC 설계를 건축에 도입하여 규격화된 치수정립을 통한 생산의 표준화와 균일한 성능 발현
- 중고층 규모에 적용 가능한 구조시스템 적용 (기둥-보간접합, 모듈간 접합, 기초 레벨링 등)(적층형)
- PC 슬래브를 이용한 모듈의 합성바닥구조 적용(적층형)

3) 한국건설기술연구원 모듈러건축연구센터

- 운반용 고정장치 및 모듈 조립용 장치 연구 개발하여 현장적용(적층형)
 - 소음 차단 마감 기술, 에너지 절약형 외피, 하이브리드 내화, 맞춤형 내화 충전 등 수요자 연구과제 12대 실증기술 적용(적층형)
- 경량 바닥 구조
- PC슬래브를 이용한 모듈의 합성바닥구조, PC 슬래브와 텃칩콘크리트의 일체화를 위한 구조 상세
 - 층상 배관 기술과 연계한 단차 없는 바닥구조 구현, 리브사이 공간을 중공층으로 형성할 경우 바닥 자중의 현격한 감소 가능
 - RC 슬래브 대비 시공성 개선 및 작업 시간 단축, 현 층간소음 기준에 따라 두께 150mm의 솔리드 슬래브로 제작 가능

3.1.2 다세대, 다가구 주택

○ 청담뮤토 (포스코 직원숙소)

- 프로젝트 개요

제조업체	포스코 A&C
발주처	포스코
설계	포스코 A&C
위치	서울시 강남구 청담동 16-15
용도	다가구 주택
모듈 크기(수)	3.3m×6.6m×2.8m (18EA)
건축면적(건폐율)	196.55㎡ (52.23)
연면적(용적율)	512.23㎡(136.12%)
층수(높이)	지상 4F(12.3m)
주요구조	철골조 : 모듈러시스템
공사기간	2012.03 ~ 2012.06 (110일)



- 프로젝트 경위

- 이동성을 고려한 경량화, 운반가능한 크기
- 이동시 진동을 고려한 마감 계획
- 조립 및 해체, 이동 후 재사용이 가능한 설계
- 쾌적한 거주성을 확보하기 위한 성능 설계
- 양산 최적화 표준화 설계
- 랜드마크로의 차별화 디자인

- 프로젝트 특징

- 국내 최초 공동주택에 모듈러 공법 적용
- 공장제작을 극대화하여 현장시공 최소화(1.5개월)

- BIM설계로 효율적 시공성 개선 및 리스크 관리
- Unit내 설비배관을 공장제작하여 품질 확보

- 단위유닛 구조 개요

- 유닛간 접합성 및 전면부 횡변위를 고려한 기둥, 보 계획
- 전면 개구부 통창 확보로 건축 외관향상 및 내부 개방감 극대화
- 장변방향 보와의 접합은 편접합으로 시공성 향상

○ 수요자 맞춤형(연극인전용 2호) 공공임대주택

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	서울주택도시공사(SH)
설계	(주)건축사무소 더블유
위치	서울시 성북구 성북로9길 28
용도	다세대 주택
모듈 크기(수)	3.24m×5.18m×2.9m (15EA) 외
건축면적(건폐율)	157.04㎡ (49.9%)
연면적(용적율)	541.04㎡(151.1%)
층수(높이)	지상 5F, 지하 1층 (15.5m)
주요구조	철골 콘크리트 + 철골조(모듈러시스템)
공사기간	2017.12 ~ 2018.03 (약 120일)



- 프로젝트 경위

- SH공사에서 수입이 일정치 않은 연극인들을 위해 공급한 공공임대주택으로 원룸형태의 9세대 및 복층형태 3세대로 구성

- 프로젝트 특징

- 1층에 커뮤니티실을 두어 이웃과 어울릴 수 있는 소통형 공간 설계
- 주요 구조부 내화 2시간 구조 성능 확보 및 외단열 공법을 적용하여 단열 및 결로 성능 확보
- 중량 충격음 1등급 구조 및 세대간 벽 차음 성능 3등급 확보
- 4층 및 5층은 복층 구조로 32평형 3세대를 구성하여 가족단위의 거주 구간 확보

3.1.3 기숙사

○ (서호주 로이힐) 광산 근로자 숙소

- 프로젝트 개요

제조업체	포스코 A&C	 
발주처	포스코건설 호주법인	
설계	포스코 A&C	
위치	서호주 로이힐 필바라	
용도	기숙사	
모듈 크기(수)	15m×4.2m×3.2m (247EA)	
건축면적(건폐율)	-m ²	
연면적(용적율)	15,561m ² (%)	
층수(높이)	지상 1F(3.2m)	
주요구조	철골조 : 모듈러시스템	
공사기간	2012.04 ~ 2013.03 (약 320일)	

- 프로젝트 경위

- 로이힐 근로자숙소에서 포스코 A&C의 업무범위는 4인용 243동, 2인용 4동 등 총 247동을 제작하고 설계도면 제작 납품, 호주 현지 BCA승인, 자재 승인, 국내운송 및 해외 운송, 현지 운송조건으로 프로젝트 수행

- 프로젝트 특징

- BIM을 활용한 구조체 시뮬레이션 및 설비, 전기 배선시 간섭여부 체크하여 수정작업 최소화
- 근로자의 라이프스타일을 고려한 감성적인 인테리어를 최초 시도
- 전기, 설비, 가전 가구 등 모든 구성요소가 100% 공장설치 되어 현지 운송

○ 영덕세무서 옮긴지서 합숙소 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	스타코(주)	
발주처	국세청	
설계	다연 건축사사무소	
위치	경상북도 울진군 울진읍 읍내 346-2	
용도	기숙사	
모듈 크기(수)	3.0m×6.5m×2.6m (2EA) 3.0m×5.1m×2.6m (6EA)	
건축면적(건폐율)	177.45m ²	
연면적(용적율)	309.13m ² (6.23%)	
층수(높이)	지상 2F(7.2m)	
주요구조	PC구조 + RC + 모듈러	
공사기간	2014.04 ~ 2014.08 (약 120일)	

- 프로젝트 경위

- 1층에 원룸타입 2세대, 2층의 원룸타입 4세대와 2개의 모듈을 합쳐져 1세대를 구성

- 프로젝트 특징

- 국세청(영덕세무서 올진지소)의 발주로 기숙사 기준에 부합한 IN-FILL 방식으로 모듈러 공급
- PC+RC구조에 IN-FILL 공법을 적용한 기숙사 프로젝트
- 욕실 모듈러에 충상배관이 적용됨으로 하부 세대에 민원 가능성 제거
- 각종 설비, 가구 및 내장재를 공장에서 조립함으로써 제작율 80%이상 달성 후 출고
- 현장골조아 공장제작의 사전 기술 협의를 통해 동시 진행함으로써 혁신적인 공기 단축 효과

○ 나라키움 대학생 기숙사(마포구) 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	국자산관리공단
설계	큐브디자인건축사무소
위치	서울시 마포구 성산동 81-15
용도	기숙사
모듈 크기(수)	2.4m×12.2m×2.9m (28EA) 외
건축면적(건폐율)	210.04㎡
연면적(용적율)	969.68㎡(163.14%)
층수(높이)	지상 4F 지하 1F (m)
주요구조	철골구조(모듈러시스템)
공사기간	2015.12 ~ 2016.02 (90일)



- 프로젝트 특징

- ISO 40'HQ 해상 컨테이너를 재활용한 공동 주택형 모듈러 주택
- 해상 컨테이너 1개에 2세대 구성
- 외부는 징크판넬을 활용하여 일체화된 외장형태를 확보

○ 한국항공대학교 생활관 증축 공사

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	한국항공대학교
설계	무영건축사사무소
위치	경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76
용도	기숙사
모듈 크기(수)	3.28m×6.7m×4.33m (96EA) 외
건축면적(건폐율)	980.6㎡ (17.2%)
연면적(용적율)	3,450.4㎡(56.4%)
층수(높이)	지상 4F(15.1m)
주요구조	1층 : 철골구조+모듈러시스템 2~4층 : 철골구조(모듈러시스템)
공사기간	2015.11 ~ 2016.03 (약 150일)



- 프로젝트 경위

- 항공대학교는 지방에서 입학하는 대학생들의 원만한 대학 생활을 위해서 기존 기숙사와 동일한 입면 타입 및 외관의 기숙사 증축요청

- 프로젝트 특징

- 기존 RC 건물 옆면에 동일 높이의 모듈러 건축을 통해 조화로운 입면 형성
- 층고 4.3M의 최대 높이 형성
- 모듈러 내부 기둥 최소화하여 연속적인 공간 확보

○ 부산지방법원 서부지사 독신자숙소 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	법원행정처
설계	희림건축사사무소
위치	부산시 강서구 명지동 3600-2
용도	기숙사
모듈 크기(수)	3.3m×9.7m×2.8m(18EA_숙소) 3.0m×5.8m×2.8m (4EA_계단) 2.3m×5.8m×2.8m (4EA_Elev)
건축면적(건폐율)	186.45㎡ (4,721.39%)
연면적(용적율)	610.07㎡(21,430%)
층수(높이)	지하 (1)F, 지상 4(9)F(15.1(46.5)m)
주요구조	모듈러(라멘구조 2F~4F), 철근콘크리트구조(1F)
공사기간	~2018.03 (170일)



- 프로젝트 경위

- 철근콘크리트(RC)보다 가벼운 철골구조 기반의 모듈러 건축방식으로 변경하고 지반 보강 방식도 기존 매트 기초에다가 팽이기초공법을 추가

- 건물의 코어부분까지 모듈러 구조를 적용해 공사기간을 대폭 줄이는게 가능
- 프로젝트 특징
 - 발주시 기본설계 완료 (희림건축사사무소)
 - 공사발주시 실시설계를 낙찰된 업체에서 시행하는 조건을 공사발주
 - 계단, 엘리베이터 등 코어부분도 모듈러 구조를 적용하여 공사기간을 단축
 - 해당 부지는 매립지에 위치하여 최초 파일 지정공사가 포함되어 설계됨. 이로 인해 공사 예산이 초과하여 PHC파일에서 팽이기초로 공법을 변경이 가능한 경량구조의 공법을 검토 하였음
 - 실시설계와 시공(자재발주, 공장모듈제작)을 패스트트랙으로 수행하여 공기단축
 - 1층 RC구조 필로티와 모듈 접합부분의 조립 효율성 제고를 위한 접합방식 개발

3.1.4 군사시설

○ 독신숙소 2단계사업 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	국방시설본부
설계	선진엔지니어링건축사사무소 도심엔지니어링건축사사무소
위치	강원도 평창군 등 19개 부지
용도	교정 및 군사시설(독신숙소)
모듈 크기(수)	3.2m×5.8m×3.0m 총 1,363모듈
건축면적(건폐율)	m ² (%)
연면적(용적율)	23,348.30m ² (%)
층수(높이)	지상 1~2F (m)
주요구조	모듈러 (라멘구조)
공사기간	2012.08 ~ 2013.04 (180일)



- 프로젝트 경위

- 모듈러 시스템의 장점인 신축 및 이축 가능, 표준화된 유닛, 원가절감 및 공기단축 가능 등이 본 사업의 취지와 적합하여 모듈러 시스템을 적용

- 프로젝트 특징

- 군 안보환경 변화에 따른 시설의 이동소요 발생에 대비한 모듈러공법 턴키 발주
- 대량의 물량 발주를 통해 공사비 절감 (20개 지역 통합발주)
- 지역특성을 고려한 지진하중, 풍하중, 적설하중, 온도하중 검토
- 공장제작률 및 재사용률 고려 (공장제작률 86% / 재사용률 81%/ 이축률 87%)
- VE / LCC 분석을 통한 경제성 확보 (분석기간 : 40년 / 실질할인율 : 2.65%)

- 부재의 강도가 높고 도장이 필요 없으므로 공장공정이 단축되는 SPA-H(내후성강) 선정
 - 기동-보 용접접합으로 제작됨 (구조적 일체성 우수, 공장시공에 의한 품질확보)
- 모듈러 유닛의 특화계획
- 이중벽 구조로 단열효과 최대화
 - 차음성능이 우수하고 결로 차단 극대화
 - 프로폴패널 외부에 아연도칼라강판 추가 적용
 - T50 고탄성 차음재를 구조체 상부에 적용하면 층간 차음 성능 최대 확보
 - 금속기와 / 외벽시스템 / 방수시트 / UBR시스템 사용하여 방수성능 확보

○ 공군 진주함양 병영시설(기숙사) 신축공사(D구역)

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)우창이앤씨
발주처	국방시설본부
설계	선진엔지니어링건축 사무소
위치	전남 여수시 둔덕동 189-39 회
용도	군사시설
모듈 크기(수)	3.15m×9.5m×3.2m (88EA) 외 3.15m×6.0m×3.2m (72EA) 외
건축면적(건폐율)	1,733.4m ² (20.3%)
연면적(용적율)	4,963.6m ² (58.1%)
층수(높이)	지상 4F (13.52m)
주요구조	철근콘크리트+경량철골조 (모듈러시스템)
공사기간	2012.11 ~ 2013.12 (420일)



- 프로젝트 경위

- 군병영생활관 총 4개 지역 중 모듈러 공법 2개 지역 적용(C,D지역)

- 프로젝트 특징

- 생활실, 지휘통제실 남향 배치, 회랑 및 필로티 설치하여 우천시 취사장 이동 고려
- 운송거리 340km로 운송을 고려한 분절 계획 및 장거리 운송용 지그 등 기술 적용
- 철골 구조물 1시간 내화 적용, 단열성 확보를 위한 외단열 공법 적용

○ 병영생활관 신축공사 실시설계

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	국방시설본부
설계	선진엔지니어링 건축사사무소 도심엔지니어링 건축사사무소
위치	강원도 홍천군 등 25개 부지
용도	군사시설
모듈 크기(수)	3.0m×6.0m×3.1m 2.4m×6.0m×3.1m 총 2,754모듈
건축면적(건폐율)	m ² (%)
연면적(용적율)	44,280.77m ² (%)
층수(높이)	지상 1~3F (m)
주요구조	모듈러 (라멘구조)
공사기간	2015.05 ~ 2012.11 (180일)



- 프로젝트 경위

- 신축 및 이축 가능, 표준화된 유닛, 원가절감 및 공기단축 가능등이 본 사업의 취지와 적합하여 모듈러 시스템을 적용

- 프로젝트 특징

- 군 안보환경 변화에 따른 시설의 이동소요 발생에 대비한 모듈러공법 턴키 발주
- 대량의 물량 발주를 통해 공사비 절감(26개 지역 통합발주)
- 표준화된 모듈 계획 (2.4m×6.0m×3.15m, 3.0m×6.0m×3.15m_2Type)
- 기본 및 복도유닛 제작 분업 시스템을 통한 생산 효율 극대화 계획
- 이축 및 재사용 향상계획 (재사용률 81%)
- Fast-Track 및 공기단축공법으로 초기 공사기간 확보
- 전국 각 지역특성 분석을 통한 지역별 적합한 구조계획

○ 32사단 헌병대 병영 생활관 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	국방시설본부
설계	행림종합 건축사 사무소
위치	세종시 금남면 국곡리 160번지 외
용도	군사시설(병영생활관)
모듈 크기(수)	3.0m×9.0m×3.2m (122유닛)
건축면적(건폐율)	1,332.6m ² (37.11%)
연면적(용적율)	2,811.4m ² (78.07%)
층수(높이)	지상 3F (13.52m)
주요구조	경량철골조(모듈러시스템)
공사기간	2013.06 ~ 2014.02 (7개월)



– 프로젝트 특징

- 쾌적하고 편안한 병영생활 공간을 위한다양한 평면과 유닛 구성
- 변화하는 안보환경에 적극대응하기 위한 이축, 증축을 고려한 설계 반영
- 사용성을 극대화한 대공간 유닛 및 슬라브 하부까지 흡음재 설치하여 객실간 소음발생 최소화 설계
- 친환경 에너지 절약을 고려한 남향 배치, 친환경 신기술 적용

3.1.5 오피스텔

○ STACO CHS 오피스텔 신축공사 - 오피스텔

– 프로젝트 개요

제조업체	스타코(주)
발주처	스타코(주)
설계	다연 건축사사무소
위치	부산광역시 강서구 신호동 215-3번지
용도	오피스텔
모듈 크기(수)	3.0m×6.0m×3.2m (77EA)
건축면적(건폐율)	394.98㎡ (59.84%)
연면적(용적율)	3,302.44㎡ (500.29%)
층수(높이)	지하 1F, 지상 10F (34.85m)
주요구조	철근콘크리트구조 + 모듈러
공사기간	2011.02 ~ 2012.05 (450일)



– 프로젝트 경위

- 스타코 CHS 빌딩은 모듈러 인필식 공법을 사용하여 시공한 국내 최초의 10층 건물

– 프로젝트 특징

- 스타코 자체 R&D사업으로 최초 중고층(지하1층,지상10층) 오피스텔 기준에 부합한 IN-FILL 방식으로 모듈러 공급
- RC구조에 IN-FILL 공법을 적용한 오피스텔 프로젝트
- 욕실 모듈러에 층상배관이 적용됨으로 하부 세대에 민원 가능성 제거
- 각종 설비, 가구 및 내장재를 공장에서 조립함으로써 제작율 80%이상 달성 후 출고
- 각종 설비, 가구 및 내장재를 공장에서 조립함으로써 제작율 80%이상 달성 후 출고
- 현장 골조와 공장제작의 사전 기술 협의를 통해 동시 진행함으로써 혁신적인 공기 단축 효과
- 공동주택 세대간 기준의 바닥충격음, 차음, 내화규정을 만족한 성능을 확보하고 적용한 모듈러

3.1.6 숙박시설

○ 인천 국제공항 T1 캡슐호텔

- 프로젝트 개요

제조업체	스타코(주)
발주처	SK네트웍스
설계	(주) 삼원S&D
위치	인천광역시 중구 공항로 272 인천국제공항 제1여객터미널
용도	숙박시설
모듈 크기(수)	3.1m×2.6m×2.8m (20EA) 3.7m×2.6m×2.8m (21EA) 2.1m×2.5m×2.8m (20EA) 2.7m×2.5m×2.8m (10EA) 3.7m×2.6m×2.8m (1EA)
건축면적(건폐율)	377m ²
연면적(용적율)	377m ²
층수(높이)	지하 1F (3.92m)
주요구조	모듈러
공사기간	2016.09 ~ 2017.01 (120일)



- 프로젝트 경위

- 인천국제공항 1청사의 항공기와 항공시설을 이용하는 모든 고객들의 편의를 위해 완성된 캡슐호텔

- 프로젝트 특징

- 인천국제공항 1청사에 위커힐 호텔과 한국공항항공사의 발주를 받아 국내 최초로 공항시설 기준에 부합하는 IN-FILL공법으로 모듈러 공급
- 자체 내구성과 외장까지 마감한 IN-FILL 모듈러를 적용한 캡슐호텔
- 각종 설비, 가구 및 내,외장재를 공장에서 조립함으로써 제작을 90%이상 달성 후 공급
- 인천공항내에 캡슐호텔 ZONE으로 구성되어 공항시설의 한 부분으로 잘 녹아들어 이슈 트렌드가 되었음

○ 2018 평창동계올림픽 미디어레지던스 호텔

- 프로젝트 개요

제조업체	포스코A&C	
발주처	포스코A&C	
설계	포스코A&C	
위치	강원도 평창군 대관령면 알펜시아리조트	
용도	숙박시설	
모듈 크기(수)	3.3m×7.6m×3.1m (300EA)	
건축면적(건폐율)	2,749.16㎡	
연면적(용적율)	10,305.50㎡	
층수(높이)	지하 4F (3.92m)	
주요구조	하부 : 철골구조 주동 : 이동형모듈러건축시스템	
공사기간	2017.06 ~ 2017.12 (약 180일)	

- 프로젝트 경위

- 평창 미디어 레지던스는 2018년 평창동계올림픽 및 패럴림픽의 약 3개월 동안 전세계 취재진들의 숙소로 활용될 목적으로 설립된 국내 최초의 이동식 모듈러 호텔

- 프로젝트 특징

- 건축무의 부재를 모듈화(객실, 설비, 외벽, 지붕, 계단실 등)하여 공장제작률 향상 (객실 Unit 공장제작률 100%)
- 외장재 손상없는 상하모듈 체결방식 적용으로 현장마감 공사 불필요
- 욕실 : Steel Unit Bath 시스템으로 인테리어 특화
- 실내 마감 : Steel System Wall로 실내가구 설치 및 자석부착 효과
- 외장마감 : Super Insulated Steel Panel로 외단열 효과

3.1.7 업무시설

○ 평창 동계올림픽 조직위원회 사무소 건립공사

– 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	2018년 동계올림픽 & 패럴림픽 조직위원회
설계	엠앤디건축사사무소
위치	강원도 평창군
용도	업무시설
모듈 크기(수)	3.0m×6.0m×4.1m (16EA) 3.0m×9.0m×4.1m (57EA) 3.0m×6.0m×3.5m (16EA) 3.0m×9.0m×3.5m (57EA) 3.0m×6.0m×3.7m (16EA) 3.0m×8.0m×3.7m (57EA)
건축면적(건폐율)	3,740.31㎡ (38.15%)
연면적(용적율)	70,408.77㎡ (106.17%)
층수(높이)	지상 3F (15.45m)
주요구조	모듈리(라멘구조), 철골구조
공사기간	2015.11 ~ 2016.06 (210일)



– 프로젝트 경위

- 2018년 동계올림픽 개최를 위한 조직위원회 사무소 건립

– 프로젝트 특징

- 모듈러 공법 적용에 따른 시공기간 단축으로 올림픽의 성공적 수행에 기여
- 동계올림픽 종료 후 건축물의 이축 및 재활용이 가능하도록 설계
- 개방감 확보를 위해 1층은 4m의 높이의 모듈러 적용
- 대강당 등 모듈러 구조 적용이 불합리한 공간은 일발 철골조 적용
- 조직위사무소 예산으로 발주 예정이었으나 LG그룹 후원으로 변경

○ 신흥동 어울마당 신축공사

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	경기도 부천시
설계	건축사사무소 예가 유오에스건축사사무소
위치	경기도 부천시 삼작로 109
용도	업무시설
모듈 크기(수)	3.0m×8.7m×3.3m (28EA) 2.8m×8.7m×3.3m (9EA) 2.9m×8.4m×3.3m (19EA) 3.0m×5.8m×3.3m (13EA)
건축면적(건폐율)	407.11㎡ (19.93%)
연면적(용적율)	1,470.59㎡ (71.98%)
층수(높이)	지상 1F, 지상 5F (18.1m)
주요구조	모듈러(라멘구조 지상), 철근콘크리트구조(지하)
공사기간	2017.12 ~ 2019.03 (400일)



- 프로젝트 경위

- 독특한 디자인의 컨테이너 형태의 모듈러 공법을 적용하여 지역의 랜드마크로 만들고자 함

- 프로젝트 특징

- 5층 건물의 입면을 컨테이너로 구현하기 위해 컨테이너 형태의 모듈러 제작
- 내진설계시 내진등급 특등급 적용
- 민원실의 개방감을 위해 2층 높이의 실내공간 구성
- 녹색건축물 그린 3등급(우량등급)
- 건축물의 에너지 효율등급 예비인증 1+등급
- 장애물 없는 생활환경 BF (Barrier Free) 인증 진행
- 상층부의 개방감 있는 커튼월 시스템 적용

○ 신촌 연세의료원 행정동 신축공사

– 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	연세의료원
설계	동우건축사 사무소
위치	서울시 서대문구 대신동 52번지 외
용도	교육연구시설(연구소)
모듈 크기(수)	3.1m×9.25m×3.3m (99유닛) 3.1m×5.10m×3.3m (30유닛) 2.1m×6.24m×3.3m (33유닛_복도)
건축면적(건폐율)	1,1156.34㎡ (41.72%)
연면적(용적율)	3,918.63㎡ (141.38%)
층수(높이)	지상 4F(15.63m)
주요구조	철근 콘크리트(1층)+ 경량철골조(모듈러시스템)
공사기간	2018.12 ~ 2019.03 (4개월)



– 프로젝트 경위

- 서대문구에 위치한 연세 세브란스 병원의 행정동으로 1층 철골 콘크리트 구조 위에 지상 4층 규모의 모듈러 구조를 통한 연구소 건설 공사임

– 프로젝트 특징

- 기존 모듈러 공법의 일반적인 오차 범위인 2mm의 50%인 오차 범위 1mm 초정밀 모듈러 공법 설계
- 1층 철근 콘크리트 구조 및 2~4층 모듈러 구조 설계

3.1.8 교육연구시설

○ 울산 외솔초등학교 교사 신축공사 중 모듈러 공사

– 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	울산교육청
설계	명신건축사사무소
위치	울산광역시 중구 종가로 700
용도	교육시설
모듈 크기(수)	2.7m×10.8m×3.4m (108EA) 3.2m×6.9m×3.4m (3EA) 2.9m×9.6m×3.4m (3EA)
건축면적(건폐율)	3,171.84㎡ (24.41%)
연면적(용적율)	9,125.40㎡ (70.22%)
층수(높이)	지상 1F, 지상 4F (18.97m)
주요구조	모듈러(라멘구조 2~4F), 철근콘크리트구조(B1~1F)
공사기간	2013.06 ~ 2014.01 (230일)



– 프로젝트 경위

- 모듈러 제품을 시공사에 제조납품하는 형식으로 이루어짐

– 프로젝트 특징

- 모듈러 구조체 5개 타입 및 트러스 제작 (일부 실측부위는 예외)
- 공장 마감작업 시 공기연장 및 추가공사 발생하여 현장마감 작업 진행
- 전기/통신/소방공사 분리발주
- 모듈러 공사와 중복되는 외장판넬, 창호 방수 등이 관급자재로 발주
- 분리 발주부분과 관급자재로 인해 공장제작율이 낮아짐 (분리발주 업체의 공장제작 참여도 낮음)
- 건물이 꺾어지는 부분에 마름모꼴 형태의 모듈러 제작적용
- 신재생에너지(지붕 태양광) 패널 적용

○ 서울 영어체험교육원 시설공사

- 프로젝트 개요

제조업체	(주)유창이앤씨
발주처	서울시 교육청
설계	(주)유탐 엔지니어링
위치	경기도 가평군 가평읍 상색리
용도	교육연구시설
모듈 크기(수)	132 유닛
건축면적(건폐율)	968.03㎡ (12.36%)
연면적(용적율)	2,905.32㎡ (70.22%)
층수(높이)	지상 4F (14.40m)
주요구조	경량철골조(모듈러시스템)
공사기간	2007.12 ~ 2008.03 (약120일)



- 프로젝트 경위

- 기존 철근콘크리트 공법이 아닌 모듈러 공법을 사용하여 건축되었으며 기존의 본관과 2층 연결통로로 연결되어 우천시에도 이동이 자유롭게 설계

○ 남극 제2기지 건설공사

- 프로젝트 개요

제조업체	금강공업(주)
발주처	한국해양연구원부설극지연구소
설계	공간종합건축사사무소
위치	남극 Terra Nova bay
용도	연구시설
모듈 크기(수)	3.3m×5.2m×3.3m 3.0m×5.2m×3.3m 1.8m×6.6m×3.3m, 총 176모듈
연면적(용적율)	4,458.28 ㎡
층수(높이)	지상 4F (15.5m)
주요구조	모듈러 (라멘구조), 철골구조, 철근콘크리트 PC구조
공사기간	2014.10 ~ 2015.06 (260일)
공사기간	2013.06 ~ 2015.01 (230일)



- 프로젝트 경위

- 남극장보고과학기지에 적용된 모듈러 공법은 남극의 기후 여건상 11월말부터 약 3개월만 공사할 수 있는 공사가능기간을 고려하여 선정됨

- 프로젝트 특징

- 모듈러 시스템 적용하여 극지 연구시설 건립
- 남극의 공사가능 기간이 3개월에 불과하여 최단기간에 공사를 수행하기 위해 모듈러 공법 적용

- 본관동 숙소 및 독립동 모듈러 시스템 적용
- 박스모듈과 바닥모듈로 구성하여 비정형의 평면 가능
- 장거리 운송 및 양중부하 절감위한 건식바닥시스템 (러시아 수출용 내화 90분 인정_건기연)
- 내부마감과 설비배관이 일체화 된 모듈러로 간편한 현장 시공성 확보
- 5중 유리 적용으로 단열성능 향상

3.2 국외 국가별 모듈러 주택 사례4)

3.2.1 미국

○ Chilliwack Social Housing

- 2010sus 동계 올림픽 휘슬러 선수촌에서 사용한 임시 주거공간에서 변형된 다섯 개의 영구적 올림픽 유산(Olympic Legacy)어포더블 하우스링 시설
- 올림픽 이후에 모듈들이 2010년 9월 새로운 부지로 이동하기 전, 부지 밖에서 보관
- 모듈은 단층 임시형 주거공간에서 복합층, 영구적 건물로 변형할 수 있도록 설계
- 임시 주거공간 해체시, 금속 슬라이딩과 다른 자재들을 재활용했고 처리되지 않은 목재 블록은 장작용으로 매매

건설사	Britco
제휴사	×
위치	브리티시컬럼비아 주 칠리웍
용도	소셜 하우스링
모듈 수 및 모듈 크기	27×18.90×3.35m
연면적	약 2,601.47m ²
공사기간	771일
층수(높이)	지상 4층



comserv.bc.ca

○ The Stack

- 38,000 평방피트의 규모에 1층 상업공간을 포함한 지상 7층의 주상복합형 고급 아파트
- 프로젝트는 28개의 주거 유닛으로 구성되며, 스튜디오 형부터 침실 3개형, 그리고 개별 테라스가 있는 유닛으로 구성
- 57개의 모듈을 강철 기둥 위에 지어 이 기둥으로 1층을 만듦

- 주거 유닛은 콘크리트 바닥으로 마감해서 도심 느낌을 표현
- 중앙 정원이 상점 층의 지붕이 되어 실내에 빛과 개성을 부여

건설사	Deluxe Building Systems. Inc.	 archdaily.com
제휴사	×	
위치	뉴욕주 뉴욕	
용도	고급 아파트	
모듈 수 및 모듈 크기	56개, 3.35×10.67×3.35m	
연면적	약 2,508.3m ²	
공사기간	272일	
층수(높이)	지상 7층	

○ Atlantic B2 Project

- Atlantic B2 프로젝트는 Atlantic Yard 재생사업의 두 번째 사업으로 32층(92m)의 공공임대 및 분양아파트를 시공하는 프로젝트
- B2 프로젝트는 경기장 북쪽에 위치하여 'Flatbush Ave'와 'Dean Street' 교차점에 모 둘러 건축 기법을 이용한 혁신적인 프로젝트
- B2 프로젝트의 총괄면적은 32,144—2이며 약 363개의 아파트와 상업시설 그리고 146대가 주차할 수 있는 주차장으로 설계됨
- 건축물의 부정적 환경영향 감소 및 입주민에게 쾌적한 환경 제공을 위한 친환경 건설 인증제도인 'LEED Silver' 등급을 목표로 진행

	Total	Market(분양)	Affordable(임대)	 archdaily.com
Studio	149	74	75	
1BR	166	96	70	
2BR	48	12	36	
Totar	363	182	181	

3.2.2 영국

○ Cub House, Innovation Park, Watford

- Cub 주택은 혁신적인 모듈주택으로 BRE(영국건축연구소)에 의해 사전 출시되어 최고의 승인 등급인 설계 단계 인증코드 5등급(Level 5)을 받음
- 구조적인 면과 실내 인테리어 그리고 외부 디자인적으로 매우 우수하며, 이 Cub 주택은 21세기의 새로운 주택형태의 모범적인 사례라 평가
- Cube Housing Solutions의 Charlie Greig에 의해 개념적으로 정리되었으며 FutureForm에 의해 독자적으로 제작된 이 주택은, 3층 높이까지 층고 증가 가능
- 65%의 재생철골을 제작에 사용, 내구성, 내화성, 방수성이 높음
- 16일 동안 탈현장(offsite) 제작과정을 거친 후 현장에서 7일간 건축과 설비를 통해 완성

위치	BRE의 Innovation Park, Watford	 researchgate.net
층수	2층	
용도	주거(모텔하우스)	
종류/크기	1 BED : 51 m ² 3 BED : 102 m ² 5 BED : 153 m ²	
주택성능	Level 5	

○ Wilmslow Park, Manchester

- Wilmslow Park는 공사 현장에서 4개월 동안 총 1,425개의 가벼운 강철골조로 된 모듈을 설치하여 완성
- 이 건물은 총 7층으로 1층은 강철 복합 'podium'구조로 건설
- 철 복합 'podium'층 위 상부구조를 목골조에서 강철 솔루션으로 변경
- 공급업체는 시기에 맞게 학생들을 t로 받아들이기 위하여 2002년 2~9월까지 짧은 기간 동안 건축물을 완성
- 프로젝트 특징
 - 공사기간 단축(현장에 집중하는 공사와 비교하여 60%의 시간 절약)
 - 고품질의 제조(인도할 때까지 잠금식 모듈을 이용)
 - 복합 구조의 포디엄 구조

- 치수 정확성
- 현장 인프라 감소

발주	맨체스터	
위치	Manchester, England	
층수	7층	
용도	학생기숙사 Social Housing 상가	
모듈러 업체	Rollalong	

mmu.ac.uk

○ Victoria Hall, Wolverhampton

- Victoria Hall은 울버햄튼 대학 근처에 위치하고 있으며, 울버햄튼 대학생들의 기숙사를 목적으로 건설
- Victoria Hall은 4개의 건물형태로 구성되어 있으며, 가장 높은 건물은 25층으로 구성
 - Victoria Hall은 시내 중심가에 위치하여, 복잡한 도심지내에서 정확하고 신속한 공사가 이루어짐
- 656개의 욕실이 딸린 공부방 겸 침실로 구성
 - 현장 밖에서의 체적 측정식 솔루션과 체적 측정식 모듈식 건설 기법을 사용(공인된 기법)

발주	Victoria Hall Ltd	
위치	Wolverhampton, England	
층수	5~25층	
용도	학생 기숙사	
모듈러 업체	O'Connell East Architects	

geograph.org.uk

○ Paragon, West London

- Paragon은 브랜트퍼드 대학 캠퍼스 근처에 위치해 있으며, 브랜트퍼드 대학생들의 기숙사 목적과 일반 주거 목적으로 건축
- 주변에 고속도로, 교외 주택, 그리고 지역 학교가 있어 일반적인 공사방식으로는 장비와 자재 등의 운반 및 보관이 매우 어려움
 - 모듈식 건축을 선택함으로 인해 이러한 문제를 상당 부분 해결
 - 턴어라운드 방식으로 하루 8개의 모듈 운반
- 콘크리트 코어를 사용 모듈의 수직하중 지탱과 풍하중으로 코어로 전달
 - 17층 높이의 건축물을 안정적으로 건설 가능
- 광범위한 모듈 유형의 제조를 통해 측면이 개방되는 모듈 2개를 나란히 배치하여 더 넓은 방을 제공
- 프로젝트 특징
 - 공사기간 단축(현장시공 대비 60% 시간 절약)
 - 고품질 제조(인도시까지 잠금식 모듈 이용)
 - 복합 구조의 포디엄 구조
 - 치수 정확성 높음
 - 현장 인프라 감소효과 증가

위치	West London, England	 paragonlets.com
층수	4~17층	
용도	학생기숙사 주거용(복합 적용)	
모듈 개수	총 827개 17층(416개)	
모듈 크기	12×2.8m 최대 12×4.2m	

○ Murray Grove, London

- 조립식 시스템을 처음 사용하여 지은 모듈러 주거용 건축물
- 접근하기 어려운 현장에 모듈러 공법을 사용, 30개의 1인실 및 2인실 아파트를 제공
 - 1인실 유닛은 2개의 모듈, 2인실 유닛은 3개의 모듈로 구성
- 프로젝트 특징

- 공사기간 단축(총 공사기간 : 7개월)
- 8×3.2×3m의 유닛으로 트럭 운반 가능
- 드라이시스템으로 비계(scaffolding)를 사용하지 않고 작업 수행
- 수평 및 수직 개방 이음의 패턴이 매우 정확

위치	London, England	 modernarchitecturelondon.com
층수	5층	
용도	아파트(1인실/2인실)	
모듈 크기	8×3.2×3.0m	
모듈 업체	Yorkon	

○ Raines court, West London

- 모듈식 건축임에도 공간을 최대화 할 수 있는 건축학적 다양성 제시
- 각 세대마다 현과 로비와 2인용 침실 유닛의 경우 발코니 포함
- 평면도 상에서 뒤쪽에 개인용 조경 정원이 생기도록 T자 형태로 모듈을 구성
- 입면에서 모듈러의 특징인 적층이면서 볼륨을 표현
- 발코니 부분의 다양한 색채로 주택을 더욱 입체적으로 표현
- 프로젝트 특징
 - 신속한 건설 시스템
 - 생활공간을 위한 모듈의 확대
 - 각 아파트 내의 통합 발코니
 - 경량에 따른 기초비용 감소

위치	West London, England	 ahmm.co.uk
층수	6층	
용도	Social Housing	
모듈 업체	Yorkon	

3.2.3 스웨덴

○ Expandia(엑스판디아)-비딩에헴

- 벡스여 지방자치단체에 있는 비딩에헴은 엑스판디아의 모듈시리즈 B2000으로 노인들을 위한 요양시설
- 총 33개의 아파트 세대 보유
- 모든세대는 취사시설을 갖추고 있고, 발코니와 정원을 갖춘 공동시설로 갈 수 있는 연결통로 배치

프로젝트	엑스판디아-비딩에헴	
세대수	36세대	
위치	벡스여, 스웨덴	
층수	2층	
완공년	2007년	
용도	요양시설	

○ Moelven(모엘벤)-스카겔스후셋

- 스톡홀름 남쪽의 오르스타 지역에 위치한 원목외관의 아파트 건물
- 4층의 건물로 이루어졌으며 옥상층에는 안쪽으로 펜트하우스 위치
- 건물 전체는 11형의 모듈로 모엘벤 건축 모듈공장에서 조립식으로 제조
- 2014년 올해의 스톡홀름 건축부능에서 우수상 수여

프로젝트	Moelven-스카겔스후셋	
세대수	33세대	
위치	오르스타, 스톡홀름, 스웨덴	
층수	4층	
완공년	2013년	
용도	영구주택	

○ Flexator(플렉사토르)-학생기숙사

- 플렉사토르는 총 3개의 건물로 구성
- 하나의 침실과 주방, 전용욕실을 갖춘 아파트형태로 총 54세대로 구성
- 5년 이상의 임시 건축허가를 가지고 있으며 허가 연기 권한은 계약자인 플렉사토르

가 소유

프로젝트	플렉사토르-학생기숙사	
세대수	54세대	
위치	브룬스보, 예떼보리, 스웨덴	
층수	4층	
완공년	2013년	
용도	학생기숙사	

○ Wingardhs(윙고즈) 건축사무실-샤보

- 3개의 건물로 구성(5층, 8층, 13층)
- 알파벳 C 형태의 모습을 갖추고 있으며, 건물들은 스트랭시멘트에서 제공된 곱게 갈아진 테라조 녹색 외관형 콘크리트 샌드위치로 건설
- 외관 건축은 총 8개월의 시간 소요
- 총 479세대로 구성, 이 중 470세대는 개별적 주방시설 보유

프로젝트	Wingardhs(윙고즈) 건축사무실-샤보	
세대수	54세대	
위치	샤멜즈, 예떼보리, 스웨덴	
층수	5, 8, 13층	
완공년	2008년	
용도	학생기숙사	

○ Plushus(플러스하우스)-호텔

- 2012년 모듈식 설계로 이루어진 회의장소를 갖춘 송아-세비 호텔로 플러스하우스에서 시공
- 건물의 디자인과 성능적 부분은 자연의 계절적 변화를 따라가며 호텔 전체가 태양전지패널, 태양광 및 지열에 의해 제공
- 72개의 현대적이고 편안한 트윈룸과 두 개의 넓은 스위트룸으로 구성

프로젝트	Plushus(플러스하우스)-호텔	
세대수	72세대	
위치	송아-세비, 스톡홀름, 스웨덴	
층수	3층	
완공년	2012년	
용도	호텔 및 회의장소	

4 모듈러 시공 공사비 산정 사례

4.1 공사별 설계내역 개요

- 각 공사별 모듈러 시공 부분의 설계내역 구분
 - 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반현장(RC)시공이 혼재되어 설계내역 구성

구분	공릉동 공공기숙사			가양동 아파트	대화동 스마트제2지원센터	
	일반 현장시공	모듈러 공장제작	모듈러 현장시공	모듈러 통합시공	일반 현장시공	모듈러 시공 (공장+현장)
1	공동가설공사	철근콘크리트공사	공동가설공사	가설공사	가설공사	가설공사
2	가설공사	철골공사	철골공사	철골공사	철근콘크리트공사	철근콘크리트공사
3	철근콘크리트공사	방수공사	방수공사	미장공사	철골공사	철골공사
4	조적공사	타일공사	타일공사	방수공사	조적공사	돌공사
5	방수공사	금속공사	목공사	금속공사	돌공사	타일공사
6	타일공사	미장공사	금속공사	지붕및흡통공사	타일공사	목공사및수장공사
7	석공사	창호공사	창호공사	창호공사	목공사및수장공사	방수공사
8	목공사	유리공사	유리공사	유리공사	방수공사	금속공사
9	금속공사	도장공사	도장공사	석공사	지붕및흡통공사	미장공사
10	미장공사	수장공사	수장공사	타일공사	금속공사	창호및유리공사
11	창호공사	골재비	지붕및흡통공사	도장공사	미장공사	철공사
12	유리공사	운반비	기타공사	수장공사	창호및유리공사	기타공사
13	도장공사		골재비	패널공사	기타공사	모듈러 운반 및 설치공사
14	수장공사		운반비	기타공사	철거공사	운반비및골재대
15	기타공사			가구공사	운반비및골재대	작업부산물
16	가구및비품공사			작업부산물	작업부산물	
17	부대공사			골재/운반비		
18	골재비			운반및양중공사		
19	운반비					
20	작업부산물					
21	폐기물처리비					

4.2 공릉동 공공기숙사

4.2.1 모듈러 시공 개요

○ 프로젝트 개요

[표 4] 공릉동 공공기숙사 공사개요

제조업체	(주) 유창	
발주처	서울주택도시공사	
위치	서울시 노원구 공릉동 657-7	
용도	공공기숙사	
세대수	22호 43실	
건축면적(건폐율)	258.01㎡	
연면적(용적율)	772.76㎡	
층수(높이)	지상 4층	
주요구조	모듈러 적층식	
공사기간	약 3개월	

자료 : 서울시(www.etoday.co.kr)

○ 프로젝트 설계 특징

- 일반현장시공, 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공 부분으로 설계내역 구분
- 공장제작, 운반비 공종에 모듈러 운송비 계상
- 현장시공, 철골공사 공종에 모듈러 설치비용 계상
- 모듈러 설치비용에 모듈러 양중 및 접합과정 공종 포함
 - 모듈러 unit 당 설치비 약 2,270천원 소요

[표 5] 모듈러 설치관련 공사비 내역(공릉동/모듈러 설치작업)

공사명	작업공종	세부공종	장비	단위	수량	단가(천원)	비고
공릉동 기숙사	공장제작/ 운반비	모듈러 운송	크레인+트레일러	EA	52	470	
	현장시공/ 철골공사	모듈러 설치	unit	EA	52	1,800	양중비용 포함
	모듈러 설치작업 합계					2,270	

※ 물가상승은 고려되지 않음

4.2.2 모듈러 공장제작

가. 철근콘크리트 공사

[표 6] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/철근콘크리트공사)

품명	규격	단위	단위	표준품셈 적용
레미콘	레미콘	서울, 25-18-8 서울, 25-18-15 서울, 25-18-8	M3	×
철근콘크리트타설 (m3)	콘크리트펌프차	32M, [80~95](m³/hr)	hr	○
	노무비	콘크리트공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
콘크리트진동 (m3)	콘크리트진동기 (전기식)	플렉시블형 Ø45mm (0.75kw)	HR	○
	공통자재	전력	KWH	○
	노무비	콘크리트공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
와이어메쉬깔기	용접철망	와이어메쉬, #8-150×150	M2	○
	소철선	어니일링, 0.9mm	KG	○
	노무비	특별인부	인	×
데크플레이트설치	데크플레이트	Ferro Deck, B-TYPE 상부D13, 하부D13	M2	○
	노무비	비계공	인	×
	노무비	용접공	인	×
	공구손료	인력품의3%	식	○
콘크리트 보양(살수)	노무비	보통인부	인	×
먹매김	노무비	건축목공	인	×

나. 철골공사

[표 7] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/철골공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
자재반입	RH 형강	SS400, 150×150×7×10mm SS400, 150×75×5×7mm	톤	○
	일반구조용 압연강판	20, 9, 6mm	톤	○

품명	구분		규격	단위	표준품셈 적용
	SQ-PIPE (지붕퍼린,창호보강)		100×50×1.6t	M	○
	ㄱ형강		등변, 50×50×6mm	M	○
	턴버클		Ø22	개	○
	고장력 볼트		F10T, M20×75	개	○
스터드볼트 설치(개)	용접스터드		머리형, M19×105(자동)	개	○
	잡재료		주재료비의5%	식	○
	노무비		용접공	인	○
	노무비		보통인부	인	○
	공구손료		인력품의40%	식	○
앵커볼트 설치(개)	노무비		철골공	인	○
	앵커볼트		M20*L800	개	○
고장력볼트 본조임(Ton)	노무비		철골공	인	○
기동밀 무수축 고름 모르타르 (M3)	무수축몰탈		GP600	KG	○
	노무비		보통인부	인	○
모듈러 가공 및 제작 (Ton)	철골 가공 조립	산소 가스	기체(m³)	M3	○
		아세틸렌 가스(835L)	98%용접용	KG	○
		6각볼트	M20×100	개	○
		보조강재	대강	KG	○
	노무비		철골공	인	×
내화페인트	내화페인트-(유기/유성),철 골		1시간 0.95mm, (5층, 20m)미만	M2	×

다. 방수공사

[표 8] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/방수공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
우레탄방수	프라이머 바름	수직, - 재료 별도 -	M2	○
	우레탄방수제	우레탄	KG	○
	우레탄방수제	프라이머	L	○
	우레탄방수제	마감코팅제	L	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	우레탄방수제	희석재	L	○
	도막방수	수직 3mm, 비노출 - 재료 별도 -	M2	○
코킹	실링재	실리콘(비초산), 조인트용	L	○
	노무비	코킹공	인	×

라. 타일공사

[표 9] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/타일공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
타일압착붙임 (바닥)	바탕고르기	바닥, 45mm	M2	×(신규)
	바닥, 압착바름 5mm	0.04~0.10이하, 타일C, 회색줄눈	M2	×(신규)
타일압착붙임 (벽)	바탕고르기	벽, 12mm	M2	×(신규)
	벽, 압착바름 6mm	0.04~0.10이하, 타일C, 회색줄눈	M2	×(신규)
화장실 도어실	인조대리석	글로톤, WHITE,RED, 20mm	M2	×(신규)
	시멘트	(별도)	KG	×(신규)
	모 래	(별도)	M3	×(신규)
	인조석 시공비	바닥,습식	m ²	×(신규)
마루굽들	인조대리석	글로톤, WHITE,RED, 20mm	M2	×(신규)
	시멘트	(별도)	KG	×(신규)
	모 래	(별도)	M3	×(신규)
	인조석 시공비	바닥,습식	m ²	×(신규)

마. 금속공사

[표 10] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/금속공사)

품명	구분		규격	단위	표준품셈 적용
경량철골천정틀(M2)	인서트		주물, Ø9mm	개	○
	인서트설치		거푸집용, 인서트제외	개당	○
	경량철골천정틀	달대볼트		개	○
		캐링찬넬, 마이너찬넬		M	○
		행가밋핀, 찬넬크립, 캐링조인트		조	○
		M-BAR더블		M	○
		BAR크립, BAR조인트, 피스		개	○
	노무비		특별인부	인	×
	노무비		보통인부	인	×
공구손료		인력품의3%	식	○	
AL몰딩설치(M)	경량철골천정틀		몰딩(AL), W형 15×15×15×15×1.0	M	○
	잡재료		재료비의5%	식	○
	노무비		내장공	인	×
	공구손료		인력품의3%	식	○
보강틀 및 외장재 설치(M2)	일반구조용 각형강관		50×50×2.3t	M	○
	부대철골가공조립		중도리.띠장, 캐노피	KG	○
	녹막이 페인트칠		철재면,1회,뽀칠	m²	○
	조합페인트칠(붓칠)		철재면2회.1급	M2	○
	강설		고철, 작업설부산물	KG	○
	노무비		철골공	인	×
	노무비		도장공	인	×
외장판넬 설치(M2)	본드 붙임	발포폴리스티렌판	비드법 1종, 0.03, 20mm	M2	○
		초산비닐계접착제	스치로폴,암면	KG	○
		노무비	내장공	인	×
	아연도 세라믹패널		평판 1.6t(세라믹코팅)	M2	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	수밀코킹(10mm각)	실리콘,조인트 / 모듈러공장	M	○
창호주위 후레임설치(M)	합금화 용융 아연도 강판	갈바어닐드, 1.40mm이상	KG	×
	잡철물제작(철재) -강판 가공시	간단	KG	×
발코니 난간대 설치(m)	일반구조용 압연강판	12mm	Kg	×
	셋트앵커	M10×L75mm	개	×
	스틸 CAP	Ø60*1.4t	개	×
	잡철물제작(철재)	간단	KG	×
	난간설치	스틸	KG	×
	녹막이 페인트칠	철재면,1회,붓칠	m ²	×
	조합페인트칠	철재면 2회,로울러칠	m ²	×
	강설	고철, 작업설부산물	KG	×

바. 미장공사

[표 11] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/미장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
모르타르바름 (M2)	시멘트	(별도)	KG	○
	모래	(별도)	M3	○
	노무비	미장공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
	노무비	보통인부(비빔)	인	×
층간차음재깔기 (M2)	APT 층간차음재	메직폴 30mm	M2	○
	노무비	내장공	인	×
창틀주위우레탄폼충 진(M)	우레탄폼	주입용	m3	○
	노무비	코킹공	인	×

사. 창호공사

[표 12] 설계내역(공통동/모듈러/공장제작/창호공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
플라스틱문	욕실문	여닫이, 7.5×21/PD, 140, 문선 무, 틀	EA	×
	욕실문	멤브레인, 7.5×21/PD, 짝	EA	×
플라스틱창	이중창 225(2W)	1,500×1,400mm	SET	×
플라스틱창 방충망	PVC방충망 (칼라)		M2	×
철재문	스틸새시도어	100×50×1.0mm양면	M2	×
	노무비	창호공	인	×
목재문	침실문	9×21/WD, 130, 문선 1면, 틀	EA	×
	침실문	멤브레인, 9×21/WD, 짝	EA	×
창호설치	경첩	스텐	개	○
	피벗힌지	140kg이하(K1400)	조	○
	도어클로우저	KS3호, 고급형, 40~65kg(K-830)	조	○
	도어 핸들	레바형,9000PB	조	○
	도아록설치	레버형(목재문),재료비 별도	개소	○
	도아록설치	레버형(철재문),재료비 별도	개소	○
	창호철물	도어스톱, 말굽형 120mm	개	○
	디지털 도어록		EA	○
	노무비	건축목공	인	×
	노무비	창호공	인	×
수밀코킹	실링재	실리콘(비초산), 유리용, 창호주위	L	○
	노무비	코킹공	인	×

아. 유리공사

[표 13] 설계내역(공통동/모듈러/공장제작/유리공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
복층유리(m2)	복층유리	로이, 24mm	M2	×(시장조사가격)
유리끼우기및닦기(M2)	공통자재	넙마	KG	○
	공통자재	가루분	G	○
	노무비	유리공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
유리주위코킹(M)	실링재	실리콘(비초산), 유리용, 창호주위	L	○
	노무비	코킹공	인	×

자. 도장공사

[표 14] 설계내역(공통동/모듈러/공장제작/도장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
녹막이페인트칠 (M2)	바탕만들기	철재면	M2	○
	방청 페인트	KSM6030(1종 1류), 광명단페인트	L	○
	신너	KSM6060, 2종	L	○
	소모재료비	주재료비의 5%	식	○
	연마지	연마지, #120~180, 230×280	매	○
	노무비	도장공	인	○
	공구손료	인력품의2%	식	○
조합페인트칠 (M2)	조합 페인트	KSM6020(1급), 백색	L	○
	신너	KSM6060, 2종	L	○
	소모재료비	주재료비의 5%	식	○
	퍼티,PUTTY	319퍼티, 회색	KG	○
	연마지	연마지, #120~180, 230×280	매	○
	노무비	도장공	인	×
	공구손료	인력품의2%	식	○
수성페인트	바탕만들기-줄퍼티	석고보드면 / 모듈러공장	M2	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
(로울러, M2)	수성 페인트	KSM6010(1급)내부, 백색	L	○
	소모재료비	주재료비의 5%	식	○
	연마지	연마지, #120~180, 230×280	매	○
	노무비	도장공	인	×
	공구손료	인력품의2%	식	○
세라민페인트칠	바탕만들기-줄퍼티	석고보드면 / 모듈러공장	M2	○
	아크릴수지 페인트	세라민, KSM5700, 흑색	L	○
	신너	KSM6060, 1종	L	○
	소모재료비	주재료비의 5%	식	○
	퍼티,PUTTY	319퍼티, 회색	KG	○
	연마지	연마지, #120~180, 230×280	매	○
	노무비	도장공	인	×
	공구손료	인력품의2%	식	○

차. 수장공사

[표 15] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/수장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
건식 벽체 설치	석고판	평보드, 방화 12.5×900×1800(m ²)	M2	×
	C-RUNNER	50×40×0.8t	M	×
	C-STUD	50×45×0.8t	M	×
	STUD-SPACER	SP-65, 75	개	×
	CORNER BEAD	40×40×0.5t	M	×
	힐티양카	NK-27	개	×
	Metal Screw	φ 4.2×13mm	개	×
	집성스크류	φ 4×32mm(1¼")	개	×
	집성스크류	φ 4×44mm(1¾")	개	×
	유리면매트	유리솜, 밀도24kg/m ³ , 50mm	M2	×
	보온판	50t용	개	×

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	조인트테이프	7.5cm	M	×
	퍼티,PUTTY	집성보드용	KG	×
	노무비	철공	인	×
	노무비	내장공	인	×
	공구손료	인력품의3%	식	×
	노무비	건축목공	인	×
건식 바닥 설치	일반구조용 각형강관	50×50×2.3t	M	×
	부대철골가공조립	중도리.띠장, 캐노피	KG	×
	녹막이 페인트칠	철재면,1회,뽀칠	m ²	×
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.1급	M2	×
	강설	고철, 작업설부산물	KG	×
	섬유강화시멘트판	CRC보드, 9.0mm	M2	×
	노무비	내장공	인	×
친환경벽지바름 (M2)	초배지	초배지	M2	○
	초배지	재배지	M2	○
	비닐벽지	실크형, A급	M2	○
	초산비닐계접착제	벽지용	KG	○
	노무비	도배공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의5%	식	○
친환경반자지바름(M2)	초배지	초배지, 재배지	M2	○
	섬유벽지	비단벽지, A급	M2	○
	초산비닐계접착제	벽지용	KG	○
	노무비	도배공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의5%	식	○
PVC천정판	경량철골천정틀	M-BAR H:1m미만.인서트유 / 모듈러공장	M2	×
	PVC천정재	10*99.5mm	M2	×
PE패드 설치	탄화코르크판	50T	m ²	○
	초산비닐계접착제	스치로폴,암면	KG	○
	노무비	내장공	인	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
비드법보온판	발포폴리스티렌 본드붙임	벽,비드법1종,비중0.03,30mm	M2	×
걸레받이 설치	MDF(중밀도섬유판)	9.0×1220×2440mm(m²)	M2	○
	초산비닐계접착제	창호목공용	KG	○
	노무비	내장공	인	×
	무늬목 붙임(벽)	라왕,본드 / 모듈러공장	m²	○
MDF 몰딩	MDF(중밀도섬유판)	12×1220×2440mm(m²)	M2	○
	못	일반못, N50	KG	○
	노무비	건축목공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
	무늬목 붙임(벽)	라왕,본드 / 모듈러공장	m²	○
석고판본드붙임	석고판	평보드, 9.5×900×1800mm(m²)	M2	○
	석고본드	석고	KG	○
	노무비	건축목공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
	공구손료	인력품의3%	식	○
커텐박스설치	일반구조용 압연강판	1.2mm	KG	○
	ㄱ형강	등변, 25×25×3mm	KG	○
	잡철물제작설치(철제) -강판 가공시	간단	KG	○
	녹막이 페인트칠	철재면,1회,뽀칠	m²	○
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.1급 / 모듈러공장	M2	×
	강설	고철, 작업설부산물	KG	○
강화합판마루 깔기	노무비	건축목공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
	강화마루	8T	m²	○

카. 골재비

[표 16] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/골재비)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
시멘트	시멘트	분공장도(포)	포	×
모래	모래	서울, 자연사, 도착도	M3	×

타. 운반비

[표 17] 설계내역(공릉동/모듈러/공장제작/운반비)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
시멘트	시멘트 운반비	L:20km, 덤프 8톤	포	×
모래	모래 운반비	L:20km, 덤프 8톤	m3	×
모듈러 상차	크레인(타이어)	70톤	대	×
	경유	저유황 0.003%	L	×
	잡재료	주연료비의57%	식	×
	노무비	건설기계운전사	인	×
모듈러 운반	트럭트랙터 및 평판트레일러	30톤	Hr	×
	경유	저유황 0.003%	L	×
	잡재료	주연료비의 39%	식	×
	노무비	건설기계운전사	인	×

4.2.3 모듈러 현장시공

가. 철골공사

[표 18] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/철골공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
모듈러설치	모듈러 설치	200Ton Crane, 1일기준	EA	×
구조물설치	구조물 설치	복도, 바닥	M2	×
앵커볼트설치	노무비	철골공	인	○
	앵커볼트	M20*L800	개	○
기둥밑무수축고름모 르타르	무수축몰탈	GP600	KG	○
	노무비	보통인부	인	○
고장력 볼트 본조임	노무비	철골공	인	○
경량형강철골조 조립설치	노무비	철골공	인	×

나. 방수공사

[표 19] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/방수공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
방수시트	방수시트	노출아스팔트(지붕바닥)	M2	×
우레탄방수(바닥)	프라이머 바름	바닥, - 재료 별도 -	M2	○
	우레탄방수제	우레탄	KG	○
	우레탄방수제	프라이머	L	○
	우레탄방수제	마감코팅제	L	○
	우레탄방수제	희석재	L	○
	도막방수	바닥 3mm, 비노출 - 재료 별도 -	M2	○
우레탄방수 (수직)	프라이머 바름	수직, - 재료 별도 -	M2	○
	우레탄방수제	우레탄	KG	○
	우레탄방수제	프라이머	L	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	우레탄방수제	마감코팅제	L	○
	우레탄방수제	희석제	L	○
	도막방수	수직 3mm, 비노출 - 재료 별도 -	M2	○

다. 타일공사

[표 20] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/타일공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
테라조타일붙임(바닥)	테라조타일	바탕 30mm,t=30mm	M2	○
	시멘트	(별도)	KG	○
	모 래	(별도)	M3	○
	대리석/테라조판붙임 (습식, 시공비)	바닥	M2	○
테라조타일붙임(디딤판)	테라조타일	바탕 30mm,t=30mm	M2	○
	시멘트	(별도)	KG	○
	모 래	(별도)	M3	○
	대리석/테라조판붙임 (습식, 시공비)	바닥	M2	○
지정자기질타일	자기질타일	바닥, 200*200*10	M2	×
타일압착붙임	바탕고르기	바닥, 45mm	M2	○
	바닥, 압착바름 5mm	0.04~0.10이하, 타일C, 회색줄눈	M2	○

라. 목공사

[표 21] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/목공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
목재데크 깔기	마루널깔기	마루밀창깔기포함	M2	×
	오일스테인칠	목재면2회칠	M2	×
	적삼목 목재 판넬		M2	×

마. 금속공사

[표 22] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/금속공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
계단실 핸드레일	구조용 스테인리스강관	STS304 $\Phi 50.8 \times 1.5t$	M	×
	구조용 스테인리스강관	STS304 $\Phi 31.8 \times 1.5t$	M	×
	셋트앵커	M10×L75mm	개	×
	스텐 CAP	$\Phi 60 \times 1.2t$	개	×
	잡철물제작(스텐)	간단	KG	×
	난간설치	스테인레스제	KG	×
	강설	스텐레스	KG	×
지붕점검사다리	구조용 스테인리스강관	STS304 $\Phi 38.1 \times 1.2t$	M	×
	구조용 스테인리스강관	STS304 $\Phi 25.4 \times 1.5t$	M	×
	셋트앵커	M10×L75mm	개	×
	스텐 CAP	$\Phi 60 \times 1.2t$	개	×
	잡철물제작설치(스텐)	간단	KG	×
	강설	스텐레스	KG	×
지붕판넬설치	크레인(타이어)	20톤	HR	○
	노무비	내장공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의3%	식	○
	샌드위치패널	지붕재 125T	M2	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
벤츰레이터	벤츰레이터-무동력	AL제품 Ø300	대	×
	노무비	지붕잇기공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
바닥모듈간 JOINT-복도	우레탄폼 충전	창호주위 (건식벽)	m	×
	개량아스팔트 시트 -프라이머	바닥, T:3.0	M2	×
	합금화 용융 아연도 강판	갈바륨, 0.45mm	KG	×
	잡철물제작설치(철재)	간단	KG	×
	녹막이페인트칠	1회.1종	M2	×
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.1급	M2	×
각파이프보강틀 설치/외장재 후면	일반구조용 각형강관	50×50×2.3t	M	×
	부대철골가공조립	중도리.띠장, 캐노피	KG	×
	녹막이 페인트칠	철재면,1회,뿔칠	m ²	×
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.1급	M2	×
	강설	고철, 작업설부산물	KG	×
외장판넬설치	발포폴리스티렌 본드붙임	벽, 비드법1종, 비중0.03,20mm	M2	×
	아연도 세라믹페넬	평판 1.6t(세라믹코팅)	M2	×
	수밀코킹(10mm각)	실리콘,조인트	M	×
AL천정재설치	AL천정재설치	스판드렐, 200*0.7mm, 무공	M2	×
강판설치-벽	강판설치-벽	Luxteel, 0.5t 돌출(H:25mm@370)	M2	×

바. 창호공사

[표 23] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/창호공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
AW05[휴게실] AW06[복도] AW07[복도]	AL 고정창	불소수지 110mm	M2	×
	AL 프로젝트	불소수지 100mm	M2	×
SD03[보일러실]	스틸새시도어	100×50×1.0mm양면	M2	×
	노무비	창호공	인	×
FSD01[계단실]	FSD01[계단실]	편개, 900*2100	EA	×
경첩	경첩	스텐	개	×
피벗힌지	피벗힌지	140kg이하(K1400)	조	×
도어클로저	도어클로저	KS3호, 고급형, 40~65kg(K-830)	조	×
도어핸들	도어 핸들	레바형, 9000PB	조	×
도어록설치(목재문)	노무비	건축목공	인	×
	공구손료	인력품의3%	식	×
도어록설치(철재문)	노무비	건축목공	인	×
	공구손료	인력품의3%	식	×

사. 유리공사

[표 24] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/유리공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
복층유리	복층유리	투명, 24mm	M2	×
유리주위코킹	실링재	실리콘(비초산), 유리용, 창호주위	L	○
	노무비	코킹공	인	○

아. 도장공사

[표 25] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/도장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
세라민페인트칠	바탕만들기-줄퍼티	석고보드면	M2	○
	아크릴수지 페인트	세라민, KSM5700, 흑색	L	○
	신너	KSM6060, 1종	L	○
	소모재료비	주재료비의 5%	식	○
	퍼티,PUTTY	319퍼티, 회색	KG	○
	연마지	연마지, #120~180, 230×280	매	○
	노무비	도장공	인	○
	공구손료	인력품의2%	식	○

자. 수장공사

[표 26] 설계내역(공통동/모듈러/현장시공/수장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
샌드위치판넬설치 (지붕보양용)	샌드위치패널	유리면(0.064), 벽재, 50t	M2	○
	크레인(타이어)	20톤	HR	○
	노무비	내장공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의3%	식	○
외벽단열공법	발포폴리스티렌판	비드법 1종, 0.015, 50mm	M2	○
	초산비닐계접착제	스치로폴,암면	KG	○
	감수제	마감제, 미장용	KG	○
	표준보강메쉬	유리섬유, 폭 1m	M2	○
	시멘트	(별도)	KG	○
	노무비	내장공	인	○
	노무비	미장공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의 3%	식	○
스팬드럴-(발코니)	알루미늄 천정재	스판드럴, 200*0.5mm, 무공	M2	×

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
석고판본드붙임 (천정)	석고판	평보드, 9.5×900×1800mm(m²)	M2	○
	석고본드	석고	KG	○
	노무비	건축목공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의3%	식	○
친환경벽지(반자지) 바름	초배지	초배지	M2	○
	초배지	재배지	M2	○
	비닐벽지	실크형, A급	M2	○
	초산비닐계접착제	벽지용	KG	○
	노무비	도배공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의5%	식	○
강화합판마루깔기	노무비	건축목공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	강화마루	8T	m²	○

차. 지붕 및 흙통공사

[표 27] 설계내역(공릉동/모듈러/현장시공/지붕및흙통공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
루프드레인설치	루프드레인	L형, ISRD8570, 100mm	개	○
	잡재료	재료비의5%	식	○
	노무비	형틀목공	인	○
	노무비	미장공	인	○
	공구손료	인력품의3%	식	○
지붕거터	일반구조용 압연강판	1.2mm	KG	×
	ㄱ형강	등변, 25×25×3mm	KG	×
	잡철물제작설치(철제) -강판 가공시	보통	KG	×

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	녹막이페인트칠	1회.2종	M2	×
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.1급	M2	×
	강설	고철, 작업설부산물	KG	×
선홍통	배관용 탄소강관	백관 (SPP), D150, 반제품	M	×
	일반철물	선홍통지지철물, 철재	개	×
	노무비	배관공	인	×
	녹막이페인트칠	1회.2종	M2	×
	조합페인트칠(붓칠)	철재면2회.2급	M2	×

4.3 가양동 도시형생활주택

4.3.1 모듈러 시공 개요

○ 프로젝트 개요

[표 28] 가양동 도시형생활주택 공사개요

제조업체	포스코 A&C	
발주처	서울주택도시공사	
위치	서울시 강서구 강서로 515	
용도	아파트	
모듈 크기(수)	3.3m×8.9m×3.1m (32EA)	
건축면적(건폐율)	371.65㎡	
연면적(용적율)	2,057.91㎡(75.96%)	
층수(높이)	지하 1F, 지상 4F~6F (22.6m)	
주요구조	하부 : 철근콘크리트구조 주동 : 적층형 모듈러시스템	
공사기간	2016.11 ~ 2017.11 (365일) ※모듈설치 및 마감 90일	

○ 프로젝트 설계 특징

- 일반현장시공과 모듈러 시공을 통합하여 설계내역 구성
- 신규 프로세스 추가 : 패널공사, 운반 및 양중공사
- 운반 및 양중공사 공종에 모듈러 유닛 운반, 모듈러 유닛 양중비용 계상
- 모듈러 운반 및 양중에 대한 장비 및 인력의 품목 및 수량 산정
- 모듈러 설치에 대한 추가 공정(볼트조립, joint 접합 등)에 관련된 세부 공종에 대한 비용 별도 산정

[표 29] 모듈러 설치관련 공사비 내역(공릉동/모듈러 설치작업)

공사명	작업공종	세부공종	장비	단위	수량	단가	비고
가양동 아파트	운반 및 양중공사	모듈러 유닛 양중	크레인	EA	32	369,051	설치비 X
		모듈러 유닛 상차 및 운반	크레인+트레일러	EA	32	650,022	
	모듈러 설치작업 합계					1,019,073	

※ 물가상승은 고려되지 않음

4.3.2 모듈러 통합시공(공장제작/현장시공 통합설계)

가. 가설공사

[표 30] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/가설공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
강관비계매기(지상)	강관비계	비계파이프, 48.6*2.3mm	M	○
	안전발판	1829*400mm 13.0kg S.B.C 냉연	매	○
	강관비계 부속철물	이음철물, 연결핀	개	○
	강관비계 부속철물	조임철물, 직교 및 가새	개	○
	강관비계 부속철물	받침철물	개	○
	강관비계 부속철물	양카용철물	개	○
	노무비	비계공	인	○
	공구손료	인력품의5%	식	○
이동식강관말비계	강관틀 비계용 부재	비계기본틀(기둥), 1.2*1.7m	개	○
	강관틀 비계용 부재	가새, 1.2*1.9m	개	○
	강관틀 비계용 부재	수평띠장, 1829mm	개	○
	강관틀 비계용 부재	손잡이기둥	개	○
	강관틀 비계용 부재	손잡이, 1229mm	개	○
	강관틀 비계용 부재	손잡이, 1829mm	개	○
	강관틀 비계용 부재	바퀴	개	○
	강관틀 비계용 부재	자키	개	○
	판재(板材)	외송, 일반(m²)	M3	○
	노무비	보통인부	인	○
강관비계다리(계단식)	강관비계	비계파이프, 48.6*2.3mm	M	○
	강관비계 부속철물	조임철물, 직교, 회전	개	○
	계단식발판	250*900	매	○
	노무비	비계공	인	○
	공구손료	인력품의5%	식	○
JACK SUPPORT설치	조절형잭서포트S2 (임대기본료)	3.0*2.4m(H:3.1~4.9)	본	○
	조절형잭서포트S2 (1일임대료)	3.0*2.4m(H:3.1~4.9)	일	○
	조절형잭서포트S2(설치비)	3.0*2.4m(H:3.1~4.9)	본	○
	조절형잭서포트S2(해체비)	3.0*2.4m(H:3.1~4.9)	본	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
건축물보양 - 석재면, 테라조면	공통자재	하드롱지	M2	○
	합성폴	건설용합성폴	kg	○
	노무비	보통인부	인	○
건축물현장정리	노무비	보통인부	인	○

나. 철골공사

[표 31] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/철골공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
자재반입	MS-BEAM(SS400)	Bㄷ-75*50*9/9~ Bㄷ-330*130*12/12	TON	×
	일반구조용압연강판	SS400, 2.3mm~ SS400, 15mm	TON	
	건축구조용압연강판	SM490, 9mm~ SM490, 25mm	TON	
	경량형강	블랙C형강, 100*50*20, 3.2t	TON	
	고장력볼트	F10T, M16*45 F10T, M20*95	조	
	앵커볼트	M20*L600	개	
철골가공조립(표준라멘 구조)	철골가공조립<소요 부자재량>	전용접부재(Built up)	TON	○
	노무비	철골공	인	
	제경비	인력품의 60%	식	
강판용접(Built)	연강용피복아크용접봉	Φ3.2mm, CR-13	kg	○
	노무비	용접공	인	
부대철골가공조립	노무비	철골공	인	○
앵커볼트설치	노무비	철골공	인	○
기둥밑무수축고름모르 타르	무수축모르타르	GP600	kg	○
녹막이페인트(뽕칠)	방청 페인트	KSM6030(1종 2류), 광명단페인트	L	
	신너	KSM6060, 2종	L	
	잡재료	주재료비의 6%	식	
	노무비	도장공	인	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	노무비	보통인부	인	
	공구손료(경장비)	인력품의 9%	식	
데크슬라브설치	레미콘	서울, 25-24-15	M3	×
	레미콘타설	철근(직타설)	M3	
	진동기손료(엔진, 인력무), S=15cm	Ø45mm(2.61kw), 50~100m3 미만	M3	
	CONC보양	살수	M2	
	철근콘크리트용봉강(이형 철근)	HD-10, SD500, 지정장소도	TON	
	철근공장가공 및 현장조립	보통(미할증), 모듈	TON	
	스터드볼트설치	자동용접, M19*125	개	
	지게차	5.0톤	HR	
	DECK PLATE	SD3-TYPE 상부D13, 하부D8*2	M2	
	데크플레이트설치	10층이하	M2	

다. 미장공사

[표 32] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/미장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
경량기포콘크리트타설	시 멘 트	(별도)	kg	○
	기포액	동물성단백질	L	
	노무비	콘크리트공	인	
	노무비	보통인부	인	
	모르타르펌프	7.5kw	HR	
	모르타르믹서	0.3M3 SET	HR	
	양수기	1.49kw	HR	
	배관파이프	Ø50mm~2.6m	HR	
	공통자재	전력	kwh	
모르타르바름	모르타르 배합(배합품 포함)	배합용적비 1:3, 시멘트, 모래 별도	M3	○
	모르타르 기계타설		M3	
	모르타르 기계바름	인력마감, 구매가 없는 경우	M2	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
창틀주위우레탄폼충전	다목적 폴리우레탄폼	1액형(750mL/CAN)	CAN	○
	노무비	미장공	인	
	노무비	보통인부	인	

라. 방수공사

[표 33] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/방수공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
방수모르타르바름	방수모르타르	1:3	M3	○
	노무비	미장공	인	
	노무비	보통인부	인	
수밀코킹	실링재	실리콘, 1액형방화용	L	○
	수밀코킹(시공비)	재료비 별도	M	

마. 금속공사

[표 34] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/금속공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
경량철골천정틀	인서트	주물, $\Phi 6\text{mm}$	개	○
	인서트설치	거푸집용, 인서트 제외	개당	
	경량철골천정틀	달대볼트, $\Phi 6*1000\text{mm}$	개	
	경량철골천정틀	캐링찬넬, $38*12*1.2\text{mm}$	M	
	경량철골천정틀	마이너찬넬, $19*10*1.2\text{mm}$	M	
	경량철골천정틀	행가밋핀, $110*23*18*2.3\text{mm}$	조	
	경량철골천정틀	찬넬크립, $34*34*1.2\text{mm}$	조	
	경량철골천정틀	캐링조인트, $90*40*13*0.5\text{mm}$	조	
	경량철골천정틀	M-BAR더블, $50*19*0.5\text{mm}$	M	
	경량철골천정틀	BAR크립, 더블	개	
	경량철골천정틀	BAR조인트, 더블	개	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	경량철골천정틀	피스, 3*16mm	개	
	노무비	특별인부	인	
	노무비	보통인부	인	
	공구손료	인력품의 3%	식	
와이어메쉬깔기	용접철망	와이어메시, #8-150*150	M2	○
	소철선	어니일링, 0.9mm	kg	
	노무비	특별인부	인	
발코니투시형난간(돌출형,국기게양대포함)	발코니투시형난간(돌출형)	H=1,200mm	M	○
	노무비	철공	인	
	노무비	특별인부	인	
	노무비	보통인부	인	
천정점검구설치	점검구	AL(백색), 450*450mm	조	○
	잡재료	재료비의5%	식	
	노무비	내장공	인	
	노무비	덕트공	인	
	공구손료	인력품의3%	식	
스틸후레임설치	C-STUD	200*40*20*1.2t	M	×
	잡철물설치(철재)	간단	kg	○

바. 지붕및흡통공사

[표 35] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/지붕및흡통공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
드레인설치	루프드레인	ISRD1610, 100mm	개	○
	플로어드레인	75mm, ISFD302	개	
	발코니드레인	발코니, PVC100mm	개	
	잡재료	재료비의5%	식	
	노무비	형틀목공	인	
	노무비	미장공	인	
	공구손료	인력품의3%	식	
스텐레스선흡통	배관용 스테인리스 강관	SUS관, D80*1.5T	M	○

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	배관용 스테인리스 강관	SUS관, D100*1.5T	M	
	일반철물	선홈통지지철물, 스텐	개	
	노무비	배관공	인	
에어컨슬리브(PVC) 통기용슬리브(PVC)	일반용 경질염화비닐관(접착제)	PVC관(VG2), D100	M	○
	노무비	배관공	인	
스텐처마홈통	스테인리스강판	STS304, 1.2mm	kg	○
	잡철물제작설치(스테인리스)	보통	kg	
	일반철물	선홈통지지철물, 스텐	개	
	강설	스텐레스	kg	

사. 창호공사

[표 36] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/창호공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
알루미늄창	AL 프로젝트	불소수지 100mm	M2	×
	AL 고정창	불소수지 100mm	M2	×
스틸도어	철재후라쉬도아(방청1회) 문틀包	100*45*1.6T 0.9*2.1 편개	M2	×
	유성페인트(붓칠)	철재면, 2회. 1급	M2	×
	스텐창호(헤어라인)-밀틀	60*150*1.5T	M	×
플라스틱도어	욕실문	여닫이, 800 x 2100/PD, 140, 문선1면, 틀	EA	×
	욕실문	멤브레인, 7.5*21/PD, 짝	EA	×
	욕실문(포켓도어)	18*21/PD, 230, 문선1면, 틀	EA	×
도아체크달기	노무비	건축목공	인	○
	노무비	보통인부	인	
	공구손료	인력품의 2%	식	
도아록설치	노무비	건축목공	인	○
	공구손료	인력품의 2%	식	
플로아힌지설치	노무비	창호공	인	○
	노무비	보통인부	인	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	공구손료	인력품의 2%	식	

아. 유리공사

[표 37] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/유리공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
유리끼우기 - 판유리, 복층유리, 삼중유리	노무비	유리공	인	○
유리주위코킹	실링재	실리콘(비초산), 유리용, 창호주위	L	○
웨더코킹	실링재	실리콘(비초산), 구조용	L	○
	실링재(백업재)	조인트휠라	M	
구조용코킹	실링재	실리콘(비초산), 구조용	L	○
노턴테이프	노턴테이프	10mm	M	×

자. 석공사

[표 38] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/철골공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
테라조타일붙임(바닥)	테라조타일	일반타일, 400*400*25mm	M2	○
	모르타르 배합(배합품 포함)	배합용적비 1:3, 시멘트, 모래 별도	M3	
	대리석/테라조판붙임(습식, 시공비)	바닥	M2	
육실문하부씰설치	인조대리석(400*400)	글로톤, GP,MJ,SK,MA, 17mm	M2	×
	에폭시수지계 접착제	석재용	kg	×
	대리석/테라조판붙임(습식, 시공비)	바닥	M2	○

차. 타일공사

[표 39] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/타일공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
타일압착붙임	바탕고르기	바닥, 15mm	M2	○
	바닥, 압착바름 5mm	0.04~0.10이하, 타일C, 회색줄눈	M2	
타일접착붙임	타일 접착 붙이기	벽, 0.04~0.10이하	M2	○
	접착 붙이기 줄눈 설치	벽, 0.04~0.10이하	M2	
	타일시멘트	줄눈용, 백색, 3500/25	kg	

카. 도장공사

[표 40] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/도장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
유성페인트(붓칠)	유성페인트(붓칠) - 재료비	철재면, 2회 칠, 1급	M2	○
	유성페인트(붓칠) - 노무비	철재면, 천장, 2회 칠	M2	
걸레받이용 페인트	바탕만들기 - 친환경	석고보드면(줄퍼티)	M2	○
	수성 페인트	아크로글로시(내부), 낙서방지	L	
	신너	KSM6060, 1종	L	
	퍼티,PUTTY	319퍼티, 백색	kg	
	연마지	연마지, #120~180, 230*280	매	
	노무비	도장공	인	
	노무비	보통인부	인	
다채무늬도료(친환경페 인트)	바탕만들기 - 친환경	석고보드면(줄퍼티)	M2	○
	다채무늬용 도료	하도,프라이머	kg	×
	다채무늬용 도료	중도	L	×
	다채무늬용 도료	상도,투명	L	×
	신너	도료용희석재, 인코트용	L	×
	노무비	도장공	인	×
	노무비	보통인부	인	×
	공구손료 및 경장비의 기계경비	인력품의 1%	식	×

타. 수장공사

[표 41] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/수장공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
석고보드	석고보드	평보드, 9.5*900*2400mm(m ²)	M2	×
AL몰딩설치	경량철골천정틀	몰딩(AL), W형 15*15*15*15*1.0	M	○
	잡재료	재료비의5%	식	
	천정몰딩설치	재료비 별도	M	
석고판나사붙임(바탕용, 천정)	석고보드	평보드, 9.5*900*1800mm(m ²)	M2	○
	석고판 나사 고정(바탕용) - 시공비	천장, 1겹 붙임	M2	
석고판본드붙임(천정)	석고보드	평보드, 9.5*900*2400mm(m ²)	M2	○
	노무비	내장공	인	
	노무비	보통인부	인	
	공구손료	인력품의 1%	식	
	석고본드	석고	kg	
섬유강화시멘트판 붙임	섬유강화시멘트판	CRC보드, 6.0mm	M2	×
	못	일반못 N50	kg	○
	노무비	건축목공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
목재몰딩설치	MDF(중밀도섬유판)	9.0*1220*2440mm(m ²)	M2	×
	노무비	건축목공	인	
	인테리어시트(PVC계)	목무늬 멤브레인	M2	
목재커텐박스설치	MDF(중밀도섬유판)	15*1220*2440mm(m ²)	M2	×
	노무비	건축목공	인	
	노무비	보통인부	인	
	공구손료	인력품의 2%	식	
	인테리어시트(PVC계)	목무늬 멤브레인	M2	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
합판붙임 (모듈상부바닥)	OSB합판	12mm	M2	×
	노무비	건축목공	인	○
	노무비	보통인부	인	○
	공구손료	인력품의 3%	식	○
비닐시트깔기-전면접합	비닐시트	퓨전, 3.0T*1830	M2	○
	PVC계 바닥재 - 시트 깔기	주재료 제외, 전면접합	M2	
걸레받이설치	MDF(중밀도섬유판)	9.0*1220*2440mm(m ²)	M2	○
	초산비닐계접착제	창호목공용	kg	
	노무비	내장공	인	
	인테리어시트(PVC계)	목무늬 멤브레인	M2	
친환경벽지바름 친환경천장지바름	도배 - 합판·석고보드면	재료비, 종이벽지, 그라비아, A급	M2	○
	도배 - 합판·석고보드면	노무비, 벽, 천장	M2	
재료분리대(바닥)	스테인리스강판	STS304, 1.5mm	kg	×
	일반구조용압연강판	2.3mm	kg	×
	일반구조용압연강판	1.6mm	kg	×
	잡철물제작설치(스테인 리스)	간단	kg	○
	잡철물제작설치(철재)	간단	kg	○
	강설	스텐레스	kg	×
	강설	고철, 작업설부산물	kg	×
인조대리석마루귀틀 /현관	인조대리석(400*400)	글로톤, MS, 20mm	M2	×
	인조석 시공비	걸레받이설치(H100~150)	M2	×
	스틸후레임설치	□-150*100*3.2t, 아연도	M	○
경질우레탄뿔칠	경질우레탄뿔칠	100mm	M2	×
DRY WALL	석고보드	평보드, 방화 12.5*1200*2400mm(m ²)	M2	×
	섬유강화시멘트판	CRC보드, 4.5mm	M2	
	C-RUNNER	102*40*0.8t	M	
	C-STUD	100*45*0.8t	M	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	STUD-SPACER	SP-65,75	개	
	CORNER BEAD	40*40*0.5t	M	
	힐티양카	NK-27	개	
	Metal Screw	φ 4.2*13mm	개	
	집성스크류	φ 4*32mm(1¼")	개	
	집성스크류	φ 4*44mm(1¾")	개	
	유리면보드	밀도48kg/m³, 100mm	M2	
	보온핀	50t용	개	
	조인트테이프	7.5cm 일반	M	
	퍼티,PUTTY	319퍼티, 회색	kg	
	실링재	실리콘(비초산), 방화용	L	
	노무비	철공	인	
	노무비	내장공	인	
	노무비	도장공	인	
	노무비	보통인부	인	
파이어스탑재설치	파이어스탑재	50*25mm	M	×
	노무비	내장공	인	
층간바닥구조완충재설 치(바닥)	층간바닥구조완충재	30mm	M2	×
유리면판 - 벽, 천장	유리면보드	밀도48kg/m³, 150mm	M2	○
	암면판 - 벽(핀 사용)	노무비, 두께 50mm 기준	M2	
	암면판 - 벽 설치시 (핀 사용)	소모재료비, 두께 50mm 기준	M2	
복합단열재 본드붙임	PP중공판	난연 3mm	M2	×
	압출발포폴리스티렌판	압출, 비중0.03, 10mm	M2	
	초산비닐계접착제	스치로폴, 암면	kg	
	노무비	내장공	인	
커텐월백패널설치	합금화용융아연도금강판	갈바륨, 1.20mm	kg	○
	유리면보드	밀도24kg/m³, 50mm	M2	
	잡철물제작설치(철재)	간단	kg	

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
	강설	고철, 작업설부산물	kg	
층간방화구획설치	합금화용융아연도금강판	갈바륨, 1.20mm	kg	○
	잡철물제작설치(철재)	간단	kg	
	유리면보드	밀도24kg/m³, 50mm	M2	
	노무비	건축목공	인	
	강설	고철, 작업설부산물	kg	
	수밀코킹(□10*10mm)	방화용, 세대현관문(실외측)	M	
방습지설치	방습지설치	바닥	M2	○
	방습지설치	벽	M2	

파. 패널공사

[표 42] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/패널공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
데크패널설치	데크패널	150t(PIR),TPO쉬트	M2	×
샌드위치패널설치	샌드위치패널	50t,PIR	M2	×
칼라강판설치(외벽)	칼라강판	1.2t,불소수지,틀포함	M2	×
칼라강판설치(띠장)	칼라강판	1.2t,불소수지,틀포함	M2	×

하. 골재/운반비

[표 43] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/골재/운반비)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
시멘트	시멘트	분공장도(포)	포	×
모래	모래	서울, 자연사, 도착도	M3	×
시멘트운반비 /포장품(하치장→현장)	시멘트운반비 /포장품(하치장→현장)	L:20km이내, 구역화물(12ton)	포	×

거. 운반및양중공사

[표 44] 설계내역(가양동/모듈러통합시공/운반및양중공사)

품명	구분	규격	단위	표준품셈 적용
모듈러유닛상차및운반	크레인(타이어)	70톤	HR	○
	트럭트랙터 및 평판트레일러	30톤	HR	
모듈러 양중	크레인(타이어)	200톤	HR	○
	크레인(타이어)	70톤	HR	○
	노무비	비계공	인	×
	노무비	철골공	인	×

4.4 대화동 연구시설

4.4.1 모듈러 시공 개요

○ 프로젝트 개요

[표 45] 스마트건설지원센터 제2센터 공사개요

공사명	스마트건설지원센터 제2센터 건립공사		 조감도
발주처	한국건설기술연구원		
위치	경기도 고양시 일산서구 고양대로 315 한국건설기술연구원 내		
공사규모	대지면적	99,173.9m ² (가용부지 4,478.52m ²)	 배치도
	연 면 적	1807(547평), 지상 3층	
	공 사 비	47억원(VAT포함)	
공기	착공일로부터 9.5개월('21.4~'21.1)		
계약방식	설계시공 일괄입찰, 공동도급		
공사형태	박스형 모듈러(77%, 69EA + 비모듈 시공(23%))		



그림 64. 사업대상지역 현황

○ 모듈러 현장 설치 개요

- 모듈러 설치 일정 : 2021년 11월 30일 반입(현장설치 2주)
- 시공 모듈 : 3.0×6.0m(49EA), 3.0×7.8m(18EA), 3.0×9.0m(2EA)
- 모듈러 시공일정 : 2021년 11월 30일 반입(현장설치 2주, 모듈러 설치작업 8일)

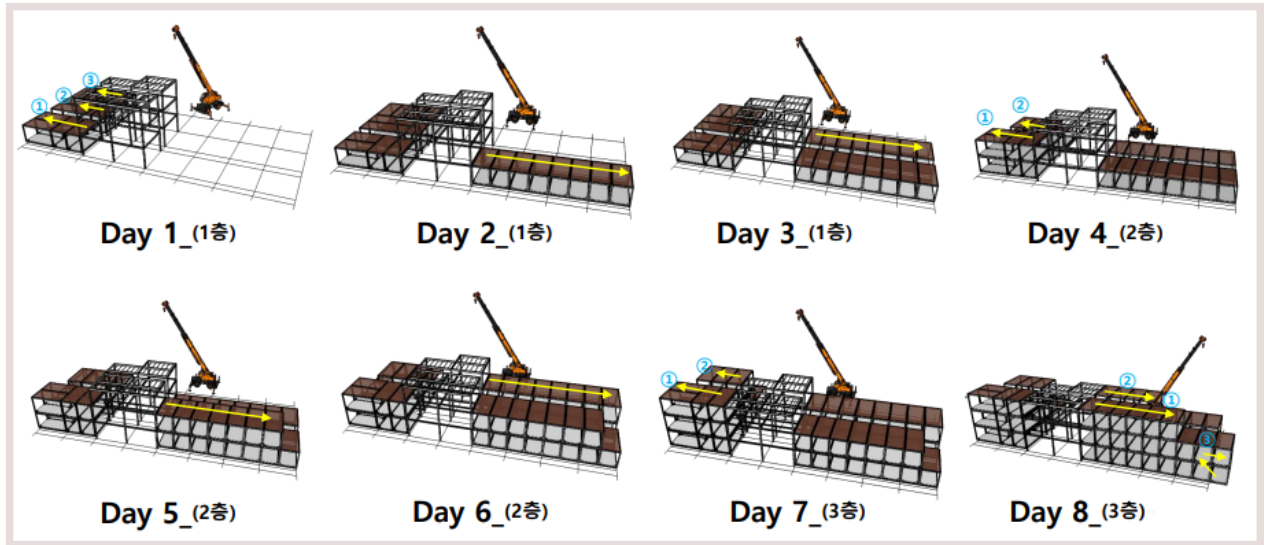


그림 65. 모듈러 설치 작업 일정

○ 프로젝트 특징

- 일반현장시공과 모듈러 시공(공장+현장시공)으로 구분하여 설계내역 구성
- 일반현장시공은 표준품셈에 의한 일위대가를 산정하여 설계내역 구성
- 모듈러 시공부분은 경비로만 설계내역 구성
- 신규프로세스 : 모듈러 운반 및 설치공사 공정 추가
 - 모듈러 및 모듈 복도판 운반, 모듈러 설치 장비, 모듈러 설치에 대한 경비 산정

[표 46] 모듈러 설치관련 공사비 내역(대화동/모듈러 설치작업)

공사명	작업공종	세부공종	장비	단위	수량	단가	비고
대화동 스마트제2 지원센터	모듈러 운반 및 설치공사	모듈러 운반	크레인+트레일러	EA	69	806,047	경비로 산정
		모듈러유닛 양중	크레인(280ton)	EA	69	555,548	
		모듈러 설치	unit	EA	69	302,767	
	모듈러 설치작업 합계					1,664,362	

※ 물가상승은 고려되지 않음

4.4.2 모듈러 통합시공(공장제작/현장시공 통합설계)

가. 가설공사

[표 47] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/가설공사)

품명	규격	단위	수량
건축물현장정리(M)	철골,철근CON조	M2	1,410
건축물보양-타일(M)	톱밥	M2	102
건축물보양-콘크리트(M)	살수	M2	1,499
모듈러보양(M)	천막	M2	7,851.60
모듈러보양(M)	지붕:OSB합판9T+TYVEK	M2	1,609.20
모듈러조인트보양테이프(M)	부틸테이프W:250	M	834
모듈러설치시안전난간	L:6.0m	SET	5
모듈러설치시안전난간	L:7.8m	SET	3
모듈러설치시안전난간설치,해체		SET	84

나. 철근콘크리트공사

[표 48] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/철근콘크리트공사)

품명	규격	단위	수량
철근콘크리트용봉강	철근콘크리트용봉강,이형봉강(SD350/400),HD-10,지정장소도	TON	3,825
철근콘크리트용봉강	철근콘크리트용봉강,이형봉강(SD350/400),HD-13,지정장소도	TON	7,598
철근,현장-보통가공및조립(M)		TON	11,091
레미콘	레미콘,경기(파주,고양),25-24-150	M3	187
레미콘(마감무근)	레미콘,경기(파주,고양),25-18-80	M3	1
철근콘크리트타설/펌프차(32m)(M)	슬럼프=15,1일타설량=50~100m3미만,붐타설	M3	186
무근콘크리트타설/펌프차(32m)(M)	슬럼프=8~12,1일타설량=50~100m3미만,붐타설	M3	1
합판거푸집설치및해체(M)	복잡3회,수직고7m까지	M2	22
방수턱설치(레미콘,철근자재별산)(M)	100*200	M	69
방수턱설치(레미콘,철근자재별산)(M)	120*200	M	62
방수턱설치(레미콘,철근자재별산)(M)	150*200	M	2
PC파라펫설치비(M)	W120*H420	M	21

품명	규격	단위	수량
PC슬래브공장제작(M)	T120	M3	39
PC슬래브테두리앵글제작설치(모듈공사)	L-120*120*8	M	648

다. 철골공사

[표 49] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/철골공사)

품명	규격	단위	수량
H형강	SS275,H-125X125X6.5X9 외	TON	148.365
C형강	SS275,C-75X40X5/7	TON	9.369
C형강설치(M)	SS275,C-75X40X5/7	TON	9.369
C형강	C-70X6	TON	0.875
C형강설치(M)	C-75X6	TON	0.875
봉강	RODBAR Ø22	TON	2.72
무늬강판	6mmcheckedplate	TON	0.83
철판	6mmPLATE 외	TON	24.737
고장력볼트	고장력볼트M16 외	EA	2,517
양카볼트	M16HILTIHSL-3 외	EA	618
스터드볼트	Studbolt Ø19	EA	5,741
무수축모르타르충전(M)		M3	1
양카볼트설치(M)		EA	587
고장력볼트본조임(M)		TON	174.248
철골가공조립(M)		TON	174.248
철골세우기(M)		TON	174.248
DECKPLATE(트러스)	(상단D12, 하단D10*2)	M2	1,493
데크플레이트설치(M)	10층이하(자재별도)	M2	1,493
스터드볼트설치/자동용접(M)	Studbolt Ø19	개소	5,467

라. 돌공사

[표 50] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/돌공사)

품명	규격	단위	수량
인조대리석세면대	W700xL1350	EA	1
인조대리석세면대	W700xL1400	EA	4

품명	규격	단위	수량
인조대리석세면대	W700xL1440	EA	1
화강석소변기,대변기턱(건식)(M)	125*30mm(도면명기없음)	M	3
화강석소변기,대변기턱(건식)(M)	300*50mm(도면명기없음)	M	26

마. 타일공사

[표 51] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/타일공사)

품명	규격	단위	수량
자기질타일	자기질타일,9mm,바닥(논슬립)	M2	106
자기질타일	자기질타일,9mm,벽체	M2	297
타일붙임/접착붙이기(M)	벽면	M2	288
타일압착붙이기(바탕49mm+압5mm) (M)	바닥(타일C,백색줄눈)	M2	3
타일압착붙이기(바탕109mm+압5mm) (M)	바닥(타일C,백색줄눈)	M2	99

바. 목공사 및 수장공사

[표 52] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/목공사및수장공사)

품명	규격	단위	수량
석고보드	석고보드, 평보드, 9.5*900*1800mm(m ²)	M2	94
열경화성수지천장재	열경화성수지천장재	M2	102
열경화성수지천장재설치(M)		M2	102
불연천장재	불연천장재,암면흡음텍스,12mm	M2	879
악세스후로아(전도성비닐타일마감) /EPS,TPS	t=3.0,h=200	M2	31
악세스후로아(전도성비닐타일마감) /MDF	t=3.0,h=300	M2	14
악세스후로아측판(전도성비닐타일마감) /MDF	h=300	M	3
화장실칸막이	화장실칸막이,큐비클	M2	91
소변기칸막이	W450*H1000	EA	3
세면대칸막이	W710*H2300	EA	3

품명	규격	단위	수량
기저귀교환대		EA	2
합성방부목설치	계단디딤판	M2	30
비닐타일깔기(M)	무석면비닐타일,3.0mm	M2	994
비닐시트깔기(M)	비닐계시트,3.0mm	M2	5
천장재설치(M)	재료별도	M2	940
석고판(나사고정)설치-바탕용(M)	벽,1겹붙임	M2	89
내수합판설치(천장)(M)	T12내수합판	M2	1,216
단열재설치(슬래브하부설치,바닥)(M)	글라스울48K,70mm,자재포함	M2	581
단열재설치(슬래브하부설치,바닥)(M)	PF보드,70mm,자재포함[A17-001]	M2	139
흡음재설치(천장)(M)	T50GLASS+CLOTH	M2	69
흡음재설치(벽)(M)	T50GLASS+CLOTH	M2	89
외벽단열재설치(외기직접)	100mm,글라스울48K,자재포함	M2	824
내벽단열재설치(외기직접)(M)	50mm,글라스울48K,자재포함	M2	179
일면벽체설치(D1)(M)	내벽,T90,T12.5일반GB2PLY+C-STUD 65x45x0.8mm	M2	1076
양면벽체설치(D2)(M)	내벽,T120,T12.5일반GB2PLY(BOTH SIDE)+C-STUD65x45x0.8mm	M2	643
SGP패널	회의실,사무실,마감포함	M2	55
차음충진재(M)	W:100,차음석고보드상부[추가사항.pdf page24] 외	M	331
차음시트(M)	차음석고보드상부,양면[추가사항.pdf page24]	M	570
실란트(일반)(M)	일반석고보드상하부,양면	M	695

사. 방수공사

[표 53] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/방수공사)

품명	규격	단위	수량
우레탄도막방수(M)	비노출,바닥,바탕면면보기포함	M2	102
우레탄도막방수(M)	비노출,벽체	M2	146
우레탄도막방수(M)	비노출,코너보강W200	M	266
수밀코킹(실리콘)(M)	삼각,5mm이하,방균용	M	51
수밀코킹(실리콘)(M)	삼각,10mm,창호주위(양면산출)	M	1,962

아. 금속공사

[표 54] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/금속공사)

품명	규격	단위	수량
금속패널-1(M)	0.8T,글라스울100mm/48K포함	M2	452
금속패널-2(M)	0.8T,글라스울100mm/48K포함	M2	228
금속패널-3(M)	0.8T,글라스울100mm/48K포함	M2	144
금속패널(M)	0.8T,창호주위	M2	69
손잡이	손잡이,장애자용손잡이,대변기용	조	2
손잡이	손잡이,장애자용손잡이,세면기용	조	2
접착형점자블럭(점,선형)(M)	300*300*7	M2	32
타일벽코너가드(M)	스테인리스1.2t*30*30(코킹5*5)(도면 명기없음)	M	70
철재난간설치(M)	H1200,60x12TSTLFB+40x6TSTLFB5E A+60x6TSTLFB(POST)+D35STLPIPEo rWOODpipehandrail	M	44
와이어메시바닥깔기(M)	#8-150*150	M2	7
경량천장철골틀설치(M)	M-BAR,H:1.0M미만	M2	1,013
경량천장철골틀설치(M)	CLIP-BAR,H:1.0M미만	M2	102
천장점검구설치(M)	450*450mm,THK1.6ALframeapppaint fin.[잡상세도-16/8]	EA	3
스테인리스재료분리대(M)	바닥,W45*H30*2.0t[A62-201/S-1]	M	1
철재커텐박스(ㄱ자형,TYPE-A)(M)	150*150*1.2t,STL(도장유)[잡상세도-1 8/D1]	M	97
철재커텐박스(ㄷ자형,TYPE-B)(M)	150*230*1.2t,STL(도장유)[잡상세도-1 8/D2]	M	13
알루미늄쉬트설치	벽,모듈간접합선벽면	M2	243
알루미늄쉬트설치	천장,모듈간접합선천장면,단열재포함	M2	176
AL몰딩설치(M)	W형,15*15*15*15*1.0mm	M	877

자. 미장공사

[표 55] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/미장공사)

품명	규격	단위	수량
모르타르바름(M)	바닥,80mm	M2	5
기계미장(M)	악세스플로어하부	M2	46

품명	규격	단위	수량
기계미장(M)	무근상부	M2	7
창호주위발포우레탄충전(M)		M	981

차. 창호 및 유리공사

[표 56] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/창호및유리공사)

품명	규격	단위	수량
AG01,150x60알루미늄바/불소수지코팅	0.900x0.300=0.270	EA	3
AG02,150x60알루미늄바/불소수지코팅	2.100x0.300=0.630	EA	1
GD0721	0.700x2.100=1.470	EA	2
플라스틱 창문	0.600x2.300=1.380 외	EA	111
SD0618[점검도아]	0.600x1.800=1.080	EA	14
SD0721	0.700x2.100=1.470	EA	2
SD0821	0.800x2.100=1.680	EA	1
SD1021	1.000x2.100=2.100	EA	40
SD2121	2.100x2.100=4.410	EA	1
SLID1021[제작자1식]	1.000x2.100=2.100	EA	2
138A,THK1.6아연도강판/THK0.8아연도강판위지정도	0.600x0.900=0.540	EA	1
유리문	700*2100mm,강화유리,12mm/ALFrame	EA	2
플로어힌지	유리문	조	2
플로어힌지설치(M)	재료비별도	개소	2
피벗힌지	피벗힌지,140kg이하,K1400	조	45
피벗힌지	피벗힌지,100kg,점검구용	조	14
피벗힌지설치(M)	재료비별도	개소	14
도어핸들	도어핸들,R60,스테인리스	조	58
도어핸들	도어핸들,공정	조	1
도어록설치/일반도어록강재창호(M)	재료비별도	개소	59
복층유리	복층유리,로이,투명,24mm(5mm유리+14mm아르곤+5mm로이유리)	M2	181
접합유리	접합유리,투명,12.76mm	M2	3
창호유리설치/복층유리(M)	유리두께24mm이하	M2	181
창호유리설치/접합유리(M)	유리두께16mm이하	M2	3

품명	규격	단위	수량
복층유리주위코킹(M)	5*5,실리콘(양면산출)	M	1,654
유리주위코킹(M)	5*5,실리콘(양면산출)	M	64
방습거울설치(M)	600mm*650mm,틀포함	EA	2
방습거울설치(M)	600mm*1000mm,틀포함(도면명기없음)	EA	2
방습거울설치(M)	1200mm*1100mm,틀포함	EA	6
PVC방충망	CASEMENT	M2	85

카. 칠공사

[표 57] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/칠공사)

품명	규격	단위	수량
방청페인트(M)	철골면	M2	4,558
녹막이페인트붓칠(M)	철재면,1회,1종(철재도아후레임)	M2	54
유성페인트붓칠(M)	철재면,2회,1급(철재도아후레임)	M2	54
바탕만들기+걸레반이용페인트칠(M)	붓칠,2회,석고보드면(줄퍼티)	M2	51
바탕만들기+수성페인트롤러칠(M)	내부,3회,G.B.면줄퍼티,친환경(진품)	M2	1,311
바탕만들기+수성페인트롤러칠(낙서방지용)(M)	내부,3회,G.B.면줄퍼티,친환경(진품)	M2	17
분진방지용페인트(M)	악세스플로어하부	M2	46

타. 기타공사

[표 58] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/기타공사)

품명	규격	단위	수량
패널조인트설치(M)	외벽,수직	M	261
패널조인트설치(M)	외벽,수평	M	319
층간방화충진제(DECK슬라브)(M)	슬라브-슬라브간20mm공극무수축몰탈 채움[추가사항.pdfpage2,3]	M2	48
층간방화충진제(M)	철골기둥-철골기둥간20mm공극무수축 몰탈채움[추가사항.pdfpage2,3]	M2	1
단열충진제(모듈간단면접합부)(M)	준불연우레탄폼645mmxTHK100mm[추가사항.pdfpage7]	M	319

품명	규격	단위	수량
단열충진재(1층기초모듈단면접합부)(M)	준불연우레탄폼400mmx400mmxTHK280mm,철판포함[추가사항.pdfpage7]	개소	116
방화실란트(DECK슬라브)(M)	슬라브-슬라브간20mm공극	M	404

파. 모듈러 운반 및 설치공사

[표 59] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/모듈러운반및설치공사)

품명	규격	단위	수량
모듈러운반(M)	EA	84	
복도판(M)		EA	14
모듈러설치장비비	280톤크레인	대	11
모듈러설치	모듈(84개)+복도(25개)	EA	109

하. 운반비 및 골재대

[표 60] 설계내역(대화동/모듈러통합시공/운반비및골재대)

품명	규격	단위	수량
철골운반비(M)		TON	186.896
철근운반비(M)		TON	11.423
시멘트운반비(M)		포	146
타일시멘트운반비(M)		포	84
타일시멘트	타일시멘트,압착용,회색	포	70
타일시멘트	타일시멘트,줄눈용,백색	포	14
모래		M3	13