

440.98
15.92
C5

연구보고서
안전연97-19-40

자동화 · 무인화 기술자료 개발에 관한 연구

1997. 12. 31

EM19705
~~001280~~ (198.4.16)



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업안전연구사업의 일환으로 수행한 “자동화·무인화 기술자료 개발”에 관한 연구의 최종 보고서로 제출 합니다

1997년 12월 31일

주관연구부서: 산업안전연구원
건설안전연구팀

연구수행자: 선임연구원 김일수

목 차

제 1 장 서론	3
1-1. 연구배경 및 목적	5
1-2. 연구기간	6
1-3. 연구방법 및 범위	6
제 2 장 SYSTEM 거푸집 공법	7
2-1. 오리폼의 공법	9
2-2. UFOS 공법	11
2-3. 프리컬럼(FREE COLUMN)공법	14
2-4. BB(BOX BEAM) 시스템 공법	18
2-5. 스테인레스를 사용한 대형 시스템 거푸집	21
2-6. GRC 기둥거푸집	25
2-7. 유닛(UNIT) 기둥거푸집	34
2-8. HMC 슈퍼폼 공법	38
2-9. W-KP 거푸집	42
2-10. 기둥·보 시스템 거푸집	47
2-11. RC·SRC조 바닥거푸집 겸용 단열패널 거푸집	52
제 3 장 자동화·무인화 로봇 및 설비	57
3-1. 좁은공간 자동말뚝 타설장비	59
3-2. 자동 뉴메틱 케이슨 공법	66
3-3. 콘크리트표면 자동고르기 로봇	72
3-4. 철골기둥 자동용접 로봇	78
3-5. 자동용접로봇 「NS 로봇 21」	83
3-6. 인양화물 위치제어 시스템	93
3-7. 습식 내화피복 뿔칠 로봇	103
3-8. 외벽 도장 뿔칠 로봇	109

3-9. 타일 박리검사 로봇	114
3-10. 창문유리 자동청소 로봇	122
제 4 장 결론	125

참고문헌

제 1 장 서 론

1-1. 연구배경 및 목적

1-2. 연구기간

1-3. 연구방법 및 범위

여 백

제 1장 서 론

1-1. 연구배경 및 목적

최근 건설규모의 대형화와 건설물량의 대폭적인 증대는 건설인력 특히 기능인력의 절대 부족과 건설인력의 고령화라는 심각한 사회문제를 야기시키고 있다.

이 배경에는 건설작업이 이른바 3D(Dirty, Dangerous, Difficult)작업으로 인식되었기 때문이다. 특히 건설업은 작업강도가 크며, 열악한 작업환경에다 재해가 많이 발생하는 위험한 작업이 많기 때문에 기능공들의 성역화와 아울러 고임금화되는 현상이 발생되었고 또 특히 젊은 기능공들의 건설업 취업이 해마다 줄어들어 건설기능공의 노령화가 가속되고 있다.

이와 같은 인력난, 고임금화, 고령화를 해소하고 현장에서 재해를 줄이는 동시에 건물의 품질을 확보하면서 공기단축과 생산성을 증대 시키는 공법개발이 건설업의 현안이 되고 있다.

또한 최근 국내건설 환경의 세계화 추세와 OECD 가입 및 WTO 체계로 인하여 세계 각국의 무역장벽이 없어져 국내건설의 해외진출이 활발히 진행되었고 이로인하여 국외에서도 대형공사를 수주하여 활발히 공사를 진행하고 있다. 반면 국외의 선진 건설사들도 앞으로는 고도의 기술력을 바탕으로 국내 건설업 시장에 물밀 듯이 밀려 들어올 것으로 예상된다.

이러한 여건 속에서 국내 건설사들이 기술력을 바탕으로 세계속의 건설사로 성장하기 위해서는 작업능률 향상과 건조물의 고품질 확보는 기본적으로 갖추어야 하며 재해를 발생시키지 않고 안전하게 작업을 할수있게 하는 공법을 개발하여 경쟁력을 확보하는 방안을 최우선적 과제로 하여야 할 것이다.

그러나 국내 건설사들은 건설기술 개발에 대한 투자가 건설업 외형과는 비교가 안될 정도로 선진 건설사에 비해 크게 뒤지고 있으며, 재해발생율도 선진국에 비해 2~3배정도 높아 이에 따른 생산성

감소로 국제 경쟁력에서 크게 뒤지고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구는 국외에서 개발되어 현장적용을 통해 안전성·생산성·실용성이 입증된 System 거푸집과 자동화·무인화 로봇 및 설비에 대한 기술자료를 수집 편집하여 소개하고자 한다.

1-2. 연구기간

1997년 1월 1일 ~ 1997년 12월 31일

1-3. 연구방법 및 범위

가. 연구방법

본 연구는 국외에서 개발된 공법 및 자동화·무인화 로봇 및 설비 중

- 1) 현장적용후 안전성·생산성·실용성이 입증되어 작업능률을 향상시켰으며
 - 2) 건설근로자의 노령화·성역화에 대응할수있고
 - 3) 쉽게 시공할수 있는 System 거푸집 공법과, 자동화·무인화 로봇 및 설비에 대한 관련자료를 대상으로
- Internet 검색과 관련서적을 통하여 해당 자료를 수집 편집하였다.

나. 연구범위

수집된 System 거푸집과 자동화·무인화 로봇 및 설비중 건설현장에서 재해가 많이 발생하는 작업공정과 기능인력 부족으로 인한 노령화 등의 문제를 해소하여 생산성 향상에 도움이 될수있는 자료를 우선적으로 선택하여 편집 하였다

제 2 장 SYSTEM 거푸집 공법

2-1. 오리폼 공법

2-2. UFOS 공법

2-3. 프리컬럼(FREE COLUMN) 공법

2-4. BB(BOX BEAM) 거푸집 공법

2-5. 스테인레스를 사용한 대형 시스템 거푸집

2-6. GRC 기둥 거푸집

2-7. 유닛(UNIT) 기둥 거푸집

2-8. HMC 슈퍼폼 공법

2-9. W-KP 밑창 거푸집

2-10. 기둥 · 보 시스템 거푸집

2-11. RC · SRC조 바닥거푸집겸용 단열패널
거푸집

여 백

2-1.오리폼의 공법

가. 개 요

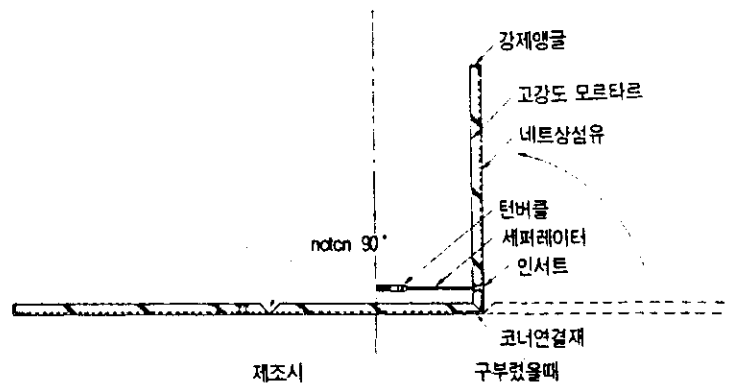
오리폼공법은 모르타르제의 얇은 PC판을 구부려 주로 RC나 SRC의 거푸집으로 사용하는 공법이다.

구부린 PC판을 오리폼이라 하며 평판형상의 얇은 PC판을 구부려 만들기 때문에 다양한 형상의 보 또는 기둥 단면에 쉽게 사용할 수 있다는 점이 이 공법의 특징이다.

1) 오리폼의 제조방법

오리폼은 두께가 25mm이며 고강도 모르타르를 사용하여 만든다. 거푸집으로서의 강도 및 안전성을 확보하기 위해 모르타르에 가늘고 짧은 섬유소를 배합하고, 동시에 판의 표면에 매트(Mat)형 섬유를 부착한다. 모두 신소재계 섬유이다.

구부리기는 모르타르가 경화 한후에 하기 때문에 구부릴 부분에 그림 1 처럼 90°의 Notch를 설치한다. Notch부분이 매트형 섬유만으로 연결되어있는 경우와, 바깥쪽에 플라스틱계의 코너연결재가 매설되는 경우가 있다.



[그림 1 오리폼 제조방법]

2) 사용방법과 시공사례

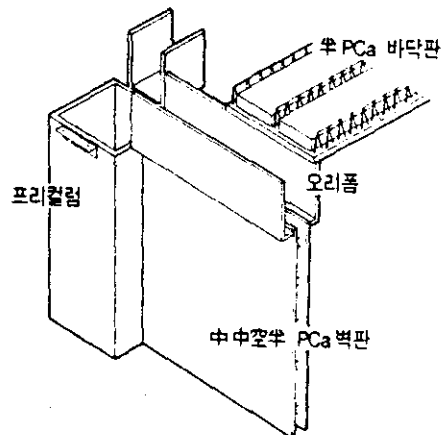
구부릴 때 Notch 면에 에폭시계의 접착제를 도포하면서 경화시키는 동시에 미리 매설한 Insert를 이용하여 측면거푸집 안쪽에서 세퍼레이터를 뚫는다.

오리폼은 시공장소에 충분한 크기의 적치장과 조립장소가 있을 경우 구부리지 않고 평판상태 그대로 출하되지만, 그렇지 않은 경우는 구부린상태에서 다시 스텀립(Strup) 등을 선조립하여 출하하는 방법을 택한다.

보에 설비배관구멍 등이 관통되는 경우나, 작은보가 결합되는 경우 또는 그림 2처럼 벽이 접속될 때에는 그를 위한 개구(開口)부나 슬리브(Sleeve)가 오리폼 평판제조 단계에서 설치된다.

오리폼의 인양에서 설치까지의 평균작업시간은 30분/개이며, 하루에 15개 이상 설치가 가능하다. 오리폼을 사용한 시공실적은 지금까지 3건이며, 이를 거푸집 연면적으로 환산하면 400m²에 달한다.

프리컬럼공법이나 오리폼공법에 사용되는 폼 부재 제조는 여러형상과 소량생산에도 대응하기 쉬우며, 또한 목재 거푸집을 사용한 재래공법에 비하여 삼림자원 보호나 건설폐기물의 감소라는 점에서 월등히 효율적이고, 또한 공업화된 프리패브공법에 비하면 폼 부재가 경량이므로 소형 양중기를 사용해도 되며, 철근의 맞댄 이음이나, 겹치이음시 시공이 편리한 공법이기도 하다. 앞으로는 제작비용과 제작시간 더욱 절감시켜 근로자의 성역화에 대비한 공법으로 개발하고자 한다.



[그림 2 오리폼 시공현황]

2-2. UFOS 공법

가. 개 요

이 UFOS란 Unit Form Support 이란 세단어의 조합으로 이름 붙여진 것이다.

이 이름대로 건축현장에서 콘크리트 타설용 거푸집(Form)과 이를 지지하는 서포트(Support)을 일체화(Unit)한 새로운 시스템 거푸집이다.

한번 조립하면 그 다음부터는 jack-up, down하면서 윗층에 전용할 수 있어 두번 조립할 필요가 없다.

또 좌, 우 양쪽으로 임의로 이동할 수 있기 때문에 거푸집이나 서포트의 조립,해체에 추가비용이 들지 않는다.

또한 이 거푸집 조립·해체에는 고도의 기술과 숙련이 필요없고, 특수 패널 사용으로 간단히 거푸집을 탈형도 할수 있다는 장점이 있다.

거푸집 부분과 서포트 부분의 특징은 다음과 같다.

1) 거푸집 부분

논세서레이터(Non-separator) 공법이므로 RC조는 물론이고 SRC조에도 쉽게 사용할 수 있다.

보너비의 축소 범위가 15cm이내일 경우 바닥패널을 재조립하지 않고도 계속 사용 할 수 있는 구조로 되어 있다.

2) 서포트 부분

주요 부재는 수직재와 수평재의 조합으로 이루어진다. 수직재는 외관과 내관으로 이루어 졌으며, 상하로 신축이 가능하도록 되어있다.

탈형시에는 보춤밑 까지 높이를 낮추어 수평 이동시켜 탈형한다.

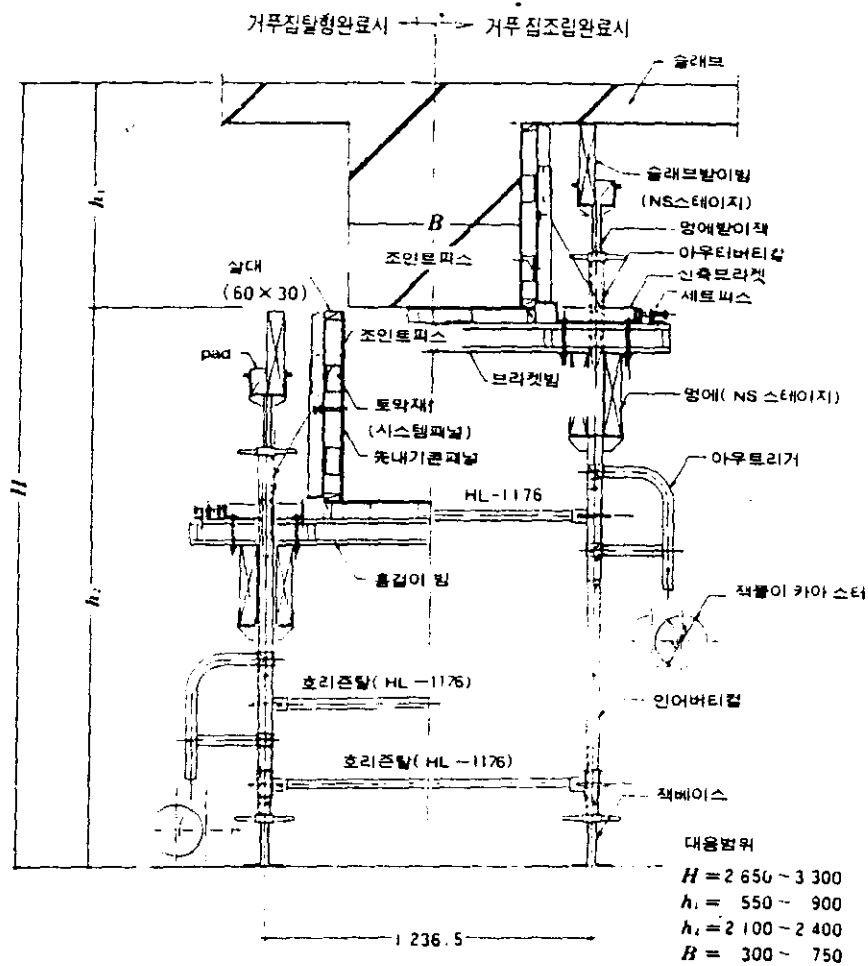
수직재의 허용하중은 3.4t/개이다. 하중에 따라 서포트 개수를 정하므로 길이가 긴 장스팬(Span)에도 사용할 수 있다.

각 유니트(Unit) 마다 캐스터(Caster)가 달려 있으므로 인력으로 수평이동시킬 수 있다.

나.시 공 방 법

1) UFOS의 조립

창고등 적치 장소에서 사전에 조립도에 따라 패널을 가공하여 UFOS를 조립한다.



[그림 1 UFOS 설치도]

2) UFOS의 설치

가) 설치장소에 미리 UFOS Level 조정용 도구를 설치한다.

나) 조립도에 따라 크레인으로 UFOS를 옮겨 Level 조정용 도구위에 설치한다.

다) 외관과 내관의 수직재 연결편을 빼고 소정높이로 맞춘다. 미세조정은 jack-base를 사용 한다.

라) Level 조정용 도구를 제거하고 기둥과 보의 접속부분 양 끝에 조정판을 설치하여 작업을 끝낸다.

마) 슬래브거푸집 및 슬래브철근 조립후 콘크리트를 타설한다.

3) 탈형

가) 체결된 볼트를 푼다.

나) jack base를 5cm가량 풀어 UFOS의 자중으로 형틀이 탈형 되도록 한다

다) 간이 lift를 사용하여 소정의 높이까지 높이를 낮추고 연결편으로 고정한다.

라) 다른 장소로 수평 이동하여 재사용 한다.

다. 시공상의 유의사항

UFOS의 조립도는 최상층까지의 전용횟수를 고려하여 작성한다.

2-3. 프리컬럼(Free Column) 공법

가. 개 요

프리컬럼공법은 얇은 중공(中空)단면의 PC부재를 기둥거푸집 또는 거푸집 겸용 구조부재로 사용하는 공법이며, 프리컬럼이라 일컬어 지는 PC부재 내부 중공 부분에 철근이나 철골을 조립한후 콘크리트를 타설하여 RC기둥 또는 SRC 기둥을 구축한다.

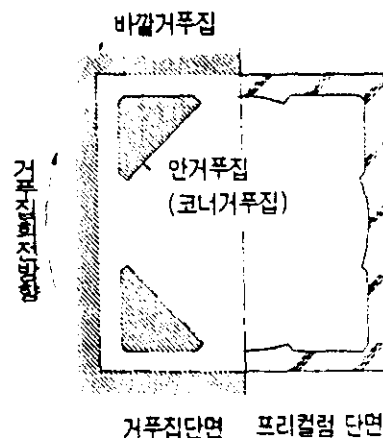
프리컬럼은 각형의 얇은 중공단면을 고속으로 회전시켜 제조한다는 점이나, 콘크리트에 특수한 첨가 재료를 사용하지 않고도 단지 원심력에 의해서만 다져도 압축강도가 높은(500kgf/cm^2)부재를 쉽게 얻을수 있다는 점이 이 공법의 큰 특징이다.

표면은 밀실하고 매끈하기 때문에 세물치장용 기둥에 안성마춤이며, 도장 등을 하는 경우도 마무리 바탕으로서의 정밀도도 뛰어나다.

또 표면에 타일을 먼저 붙여서 성형할 수도 있다.

1) 프리컬럼의 제조방법

정사각형단면의 프리컬럼은 그림 1처럼 정사각형의 바깥거푸집 안쪽모서리부분에만 안거푸집(코너거푸집)을 배치, 거푸집을 저속회전시키면서 콘크리트를 투입하여 두께를 고르고나서 서서히 고속회전시켜 원심력($20\sim 30g$, g : 중력가속도)에 의해 콘크리트를 다져서 폼을 제조한다. 따라서 안쪽 일부는 원형의 단면이 형성된다.



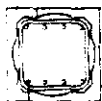
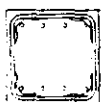
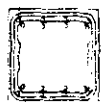
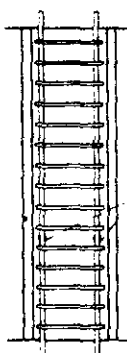
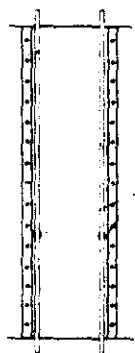
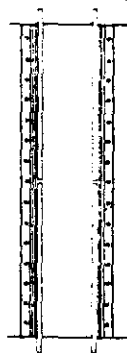
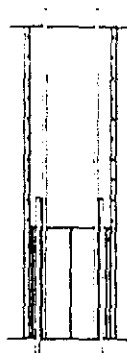
[그림 1 정방형 단면의 프리컬럼]

다지기 작업이 끝난 직후 내면을 고압수로 세정하여 레이턴스나 먼지 등의 불순물을 제거하고, 상온에서 증기양생을 한 다음 탈형하여 대기중에서 양생 한다.

이 거푸집을 거푸집 겸용 구조부재로 사용할 경우에는 프리컬럼과 콘크리트와의 일체화를 피하기 위해 요철면이 있는 코너 거푸집을 사용하고, 내면에는 커터(Cutter)를 설치한다.

2) 사용방법과 시공사례

프리컬럼의 사용방법을 그림 2에 나타낸다.

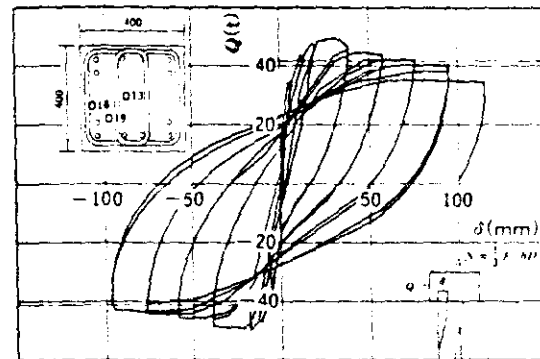
단면	피복콘크리트	후프콘삽입		
		A	B	C
수직구멍너	프리컬럼 후프콘  주근	 	덧근  	구속철판 
수직구멍너	 이때에 철근	 이때에 철근	 덧근	 구속철판
철근이음	압접·용접·기계식 이음 등	맞댐이음		겹침이음

[그림 2 프리컬럼 사용예]

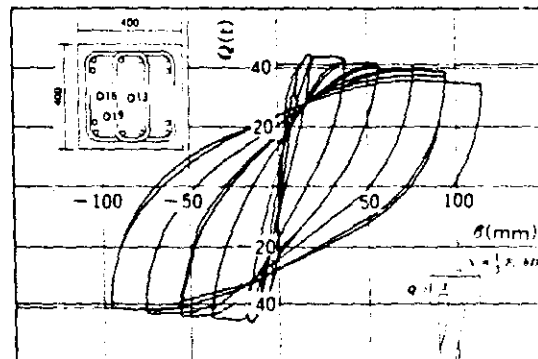
또 미리 프리컬럼단면안에 1)후프근 2) 기둥주근의 맞댐이음용 첨가근 3) 전단보강을 겸한 기둥주근의 겹침이음부분 구속용철판 등을 단독 또는 조합하여 배치해놓고, 중공부에는 주근만 배근하면 콘크리트와 일체화된 구조체로서 대체 이용할 수 있다.

프리컬럼을 거푸집만으로 사용할 경우 중공부분에 배근되는 철근을 피복 콘크리트의 일부 철근으로 이용할 수 있다.

후프(Hoof)근과 주근이 긴결되지 않으므로 건축법(일본)에 저축 되지만, 긴결되지 않아도 기둥부재로서의 구조성능은 그림 3처럼 종래의 RC기둥부재와 동등하다는 것이 실험으로 확인되었다.



프리컬럼기둥



일반 RC기둥

[그림 3 프리컬럼 기둥과 일반 RC기둥의 구조성능 비교]

주근의 이음으로서는 압접이음, 용접이음, 기계식이음, 덧이음, 겹침이음 등 다양한 이음방법을 적절히 채택할 수 있다.

프리컬럼의 바깥치수는 60cm에서 5cm피치로 105cm까지 제작할 수 있으며 두께는 후프근을 내장한 상태에서 50mm ~ 75mm이다. 길이는 임의대로 제작할수 있다.

프리컬럼의 단면으로는 정사각형 단면이 주로 사용 되지만 이밖에 1) 다각형단면 2) SRC 기둥용으로서의 U자형 또는 L자형단면 3) 벽 또는 보접속용의 일부 Notch형 단면 등에도 사용할 수 있다.

프리컬럼의 인양에서 설치까지의 평균 작업시간 1개당 20분 정도이며, 하루에 20개이상 설치가 가능하다.

프리컬럼을 사용하여 시공한 건물은 지금까지 10건인데 거푸집 으로 사용된 경우가 8건, 구조체로 사용된 경우가 2건이다. 건물 용도로는 사무소빌딩이나 창고 따위가 많았으나 앞으로는 고층 집합주택에도 사용할 예정 이다. 지금까지 사용한 기둥 연면적은 5,100m²에 달한다.

또한 거푸집으로 사용된 프리컬럼에 대해서는 프리컬럼 공업협회에 가입하고 있는 제조업자로부터 조달 받을 수 있다. 또 구조체로 사용된 경우는 현재 개별적으로 건축센터로 부터 안전성 평가를 받고 있지만 앞으로는 일반평가를 취득하여 범용화를 꾀할 예정이다.

2-4. BB(BOX BEAM)공법

가. 공법개요

이 거푸집은 집합주택의 벽면에 사용하기 위해 개발된 강재의 대형거푸집이며, BB(BOX Beam) 거푸집으로 불리고 있다. 이것은 강도가 높으면서 경량화된 강재(鋼材)의 세로재(BB)와 그 속을 관통하는 가로재, 강재 판넬로 구성된다.

이 BB거푸집의 특징은

1) 타이볼트(Tie Bolt)만으로 거푸집을 고정한다.

2) 거푸집 탈형은 상하 타이볼트를 풀른후 레벨잭(Level jack)을 풀기만하면 간단히 할 수 있다.

3) 특별한 공구가 필요없이 모든 조립작업을 간단히 할 수 있다.

등을 꼽을 수 있다

아래에 BB거푸집의 부품구성을 설명한다.(그림1, 2)

1) BB: 강성이 높은 철재의 세로재이며, 그 속을 가로재가 관통한다.

2) 관통재: 거푸집의 가로재이다.

3) 조인트재: 관통재와 같은 것이며, 거푸집 상호 이음재로 사용한다.

4) 베이스홈걸이: BB거푸집 기울기와 설치높이 등을 조정한다.

5) Level jack: BB 하부에 설치하여 거푸집의 레벨을 조정한다.

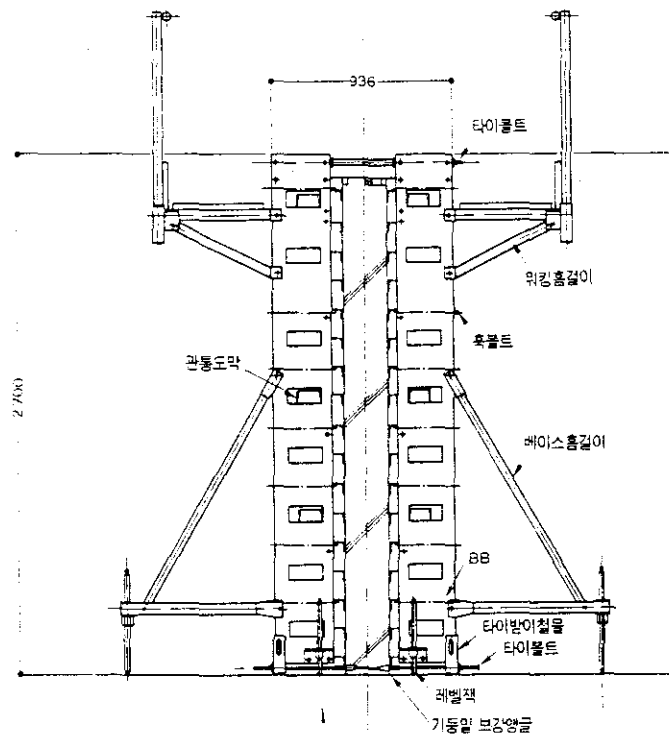
6) 워킹홈걸이(발판설치용 브라켓): 거푸집 바깥쪽에 조립하며 그 위에 발판을 설치하여 작업발판 및 통로 한다.

7) 기둥밑보강용 앵글: 거푸집 설치의 가이드가 되는 앵글이며, 세퍼레이터와 결합한다.

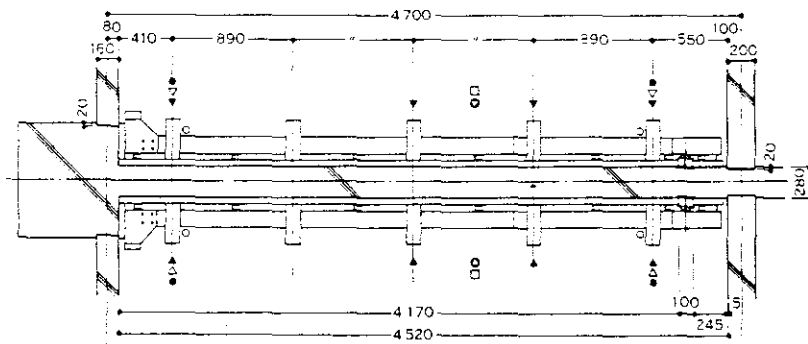
8) 훅(Hook)볼트: 판넬과 BB 하부를 결합시키는 갈고리 모양의 볼트

9) 타이볼트: 거푸집의 세퍼레이터 역할을 한다.

10) 타이받이철물: BB 아래에 결합하는 타이볼트 세트용 철물



[그림 1 BB거꾸집 단면도]



[그림 2 BB거꾸집]

나. BB 거푸집 설치순서

BB거푸집 양중에서 콘크리트 타설까지의 작업순서는 아래와 같다.

- 1) 기둥밑보강용 앵글 설치: 거푸집 설치 전 미리 기준먹매김을 해 놓고, 기둥밑보강용 앵글의 조립도에 따라 세트한다.
- 2) BB거푸집 양중: 양중기로 대형 패널을 소정위치에 내려놓는다.
- 3) 타이볼트의세트(상하 모두 가(假) 체결)
- 4) BB 거푸집 Level조정
- 5) BB 거푸집 설치 조정
- 6) 거푸집의 조인트재을 관통 설치한다.
- 7) 키퍼(Keeper)볼트 체결
- 8) 타이볼트 본(本) 체결
- 9) 워킹 홈걸이(발판설치용 브라케)에 비계와 발판 설치
- 10) 거푸집 검사
- 11) 콘크리트 타설

다. BB 거푸집 탈형순서

탈형순서는 아래와 같다.

- 1) 비계 이동
- 2) 키퍼볼트를 풀른후 조인트재 빼냄
- 3) 타이볼트를 푼다
- 4) Level Jack를 푼다.
- 5) 거푸집 탈형
- 6) 양중기를 사용하여 다음 작업장소로 BB를 옮긴다.
- 7) 옮긴후 BB에 박리제를 도포를 한다.
- 8) 새퍼레이터 분해, 전용
- 9) 기둥밑보강용 앵글 분해, 전용

라. 탈형시 유의사항

탈형시에는 다음 사항에 유의한다.

- 1) 탈형시 하중을 양중기에 무리하게 부담시켜서는 안된다.
- 2) 탈형시에는 풀러놓은 조인트재의 키퍼볼트는 호스핀으로 고정하고 매달아 옮길때 떨어지지 않도록 한다.
- 3) 분해한 하부타이볼트나, 깔철판은 큰패널과 함께 운반하도록 한다.
- 4) 키퍼볼트, 혹 볼트류, 너트 등의 이완을 점검한다

2-5. 스테인레스강을 사용한 대형시스템 거푸집 공법

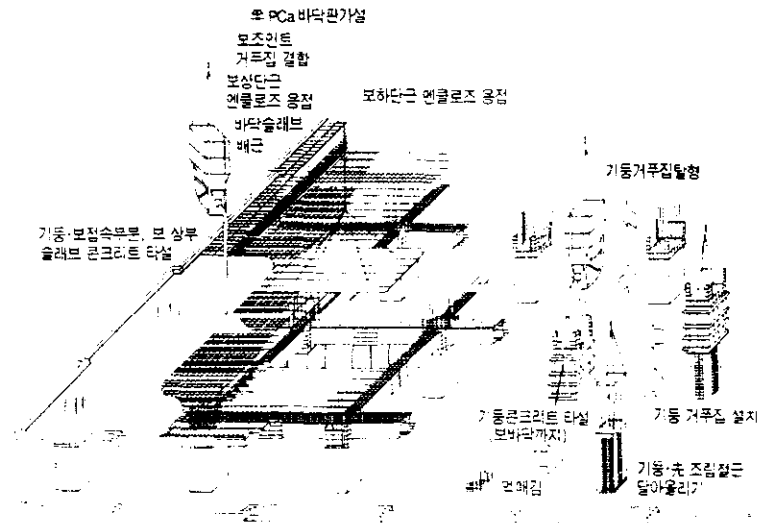
가. 공법개요

이 공법은 최근 건설현장의 인력난에 대응하여 개발된 시스템거푸집의 일종으로 후도건설(주)이 개발한 것이며, RC조와 PC 부재로 구성된 시스템 거푸집 중의 하나이며 장스팬·중하중의 적층 창고건물에서 기둥개수 개 적은 건물에 적절하다.

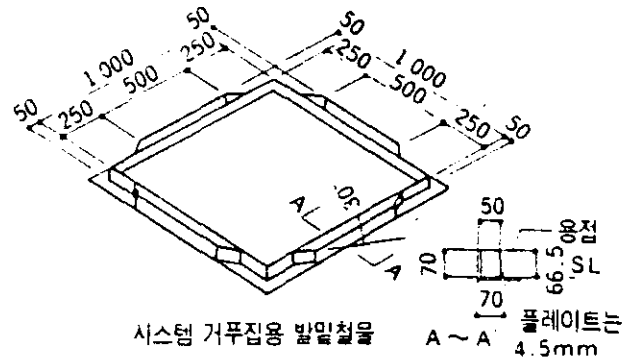
이번 이 거푸집을 사용한 현장은 스펠이 $6.7\text{m} \times 14\text{m}$ 이고, 층높이가 6.4m , 적재하중이 $1\text{t}/\text{m}^2$ 인 보통건물의 3층분량을 지지한 기둥지름이 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 의 커다란 건물이다. 이 거푸집은 단가가 다소 비싸지만 재래 거푸집공법의 거푸집 손료와 설치에서 콘크리트 타설까지의 시공기간을 감안하면 이 거푸집이 비용, 공기, 품질, 및 근로사정 등에 많은 장점이 있다.

이번에 개발된 거푸집은 전용횡수를 32회로 설정하여 기둥폭·높이 등을 감안하여 내구성이 있는 스테인리스강을 채택하였고 또 탈형시의 양중기(Crane) 충격에 견디 내도록 보강하여 정밀도 확보에 노력하였다. 또 거푸집 주변에 카아스터(Caster)와 볼박이 강재비계를 설치하여 철근의 정밀도확보와 콘크리트 타설을 원활히 하는데 사용하였다.

1개 공구의 기본사이클은 1공구당 24일이며 3거푸집 조립·해체·콘크리트 타설 등의 작업사이클은 2일 걸린다.



[그림 1 공법 작업개요도]



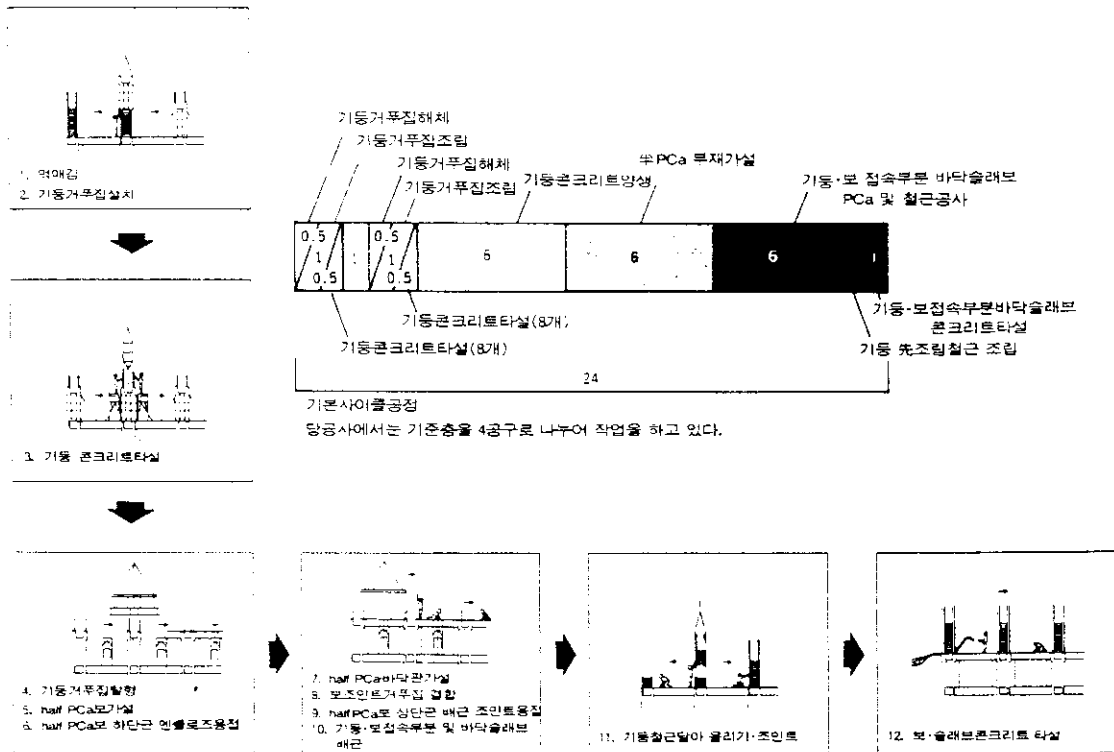
[그림 2 기둥 벽배김]

나. 대형시스템거푸집 시공순서

- 1) 시스템거푸집 위치 설정정밀도를 확보하기 위해 PC판의 톱콘크리트(두께 100mm)의 소정위치에 강제철구를 매설한다.
- 2) 선조립된 기둥 철근을 매달아 전용커플러로 주근에 접속시킨다.
- 3) 거푸집을 양중기로 인양하여 긴결한다.
- 4) 기둥콘크리트를 타설한다.(VH분리타설)
- 5) 거푸집을 둘로 분리하여 탈형한다

이하 1)~5)의 작업을 반복 실시하여 기둥을 만들어 강도 확인후 PC보, 반(Half)PC 상판을 설치하여 보부분 및 상판 톱콘크리트 타설로 1공구의 공정이 끝난다.

기둥 14개, PC보 24개, 슬래브 1.152㎡에서 24일이 소요되었다. 또 콘크리트의 품질관리는 본사가 개발한 Expert시스템으로 컴퓨터에 의해 관리된다



[그림 3 시공순서]

다. 시공상의 유의사항

1) 이 시스템 거푸집은 스테인레스강을 사용한 관계로 전용횟수에 따라서는 재래공법에 비해 cost-up이 될 우려가 있다. 즉 기본 설계단계에서 시공계획을 수립하여 기둥단면의 균일화를 꾀함이 필요하다.

2) 시공전 기능공 양성이 필요하다. 이번 시공에는 목공 2명, 비계공 3명, 토공 7명의 총 12명이 1팀으로 구성되어 먹매김에서부터 설치, 해체까지 진행하였다.

3) 거푸집 설치작업을 원활히 진행하기 위해 거푸집용 철구의 정밀도를 확보한다.

4) 설치, 탈형에는 양중기를 이용하기 때문에 다른 작업공정도 고려하면서 면밀한 시공계획을 세워야 한다. 또 탈형시의 콘크리트 강도유지도 중요한 포인트이다.

2-6. GRC 기둥 거푸집

최근 건축현장에서는 숙련근로자(특히, 거푸집 목공등)의 부족이라는 타 이틀이 신문지상을 메우고 있다. 더욱이 젊은이들의 3D(dirty, dangerous, difficult) 작업 외면으로 고령화나 임금상승은 나날이 더해지고 있으며, 근로자의 수는 날이 갈수록 감소될 것이 예상되며 그에 따라 건설 비용의 상승이 염려된다.

이같은 배경에서 시공의 합리화·성역화·공기단축을 목적으로 PC 공법이 개발되었다. 하지만 이 PC공법은 각종 신청 허가에 필요한 시간의 제약, 접속부분의 일체성 확보, 대형 양중기의 투입 등 설계시공에 있어서는 여러 문제점이 발생 되었다.

또한 장래 늘어날 기계화시공에 대응할 수 있는 것으로 강도가 높고 경량인 두께가 얇은 거푸집에 의한 거푸집 PC 공법의 개발이 이루어지고 있다. 필자는 얇은 거푸집 재료로서 여타 재료에 비해 값싸고 제조실적이 풍부한 유리섬유보강시멘트(이하 GRC)를 착안하여 중층건물의 현장 시공에 적용, 재료특성 및 구조성능 효과에 관한 연구를 하여 GRC거푸집 제작에서 시공에 이르는 전 과정의 품질관리, 시공관리를 검토후 시공성에 대한 효과를 확인하였다.

또한 최근들어 지구 환경문제 측면에서 거푸집 PC공법인 경우 합판의 원료인 북재의 가설재로서의 보호에의 기여도 기대하고 있다.

여기서는, GRC 거푸집 시공시 역학적 특성 및 구조성능에 관하여 서술한다.

가. GRC 거푸집의 예

필자는 총면적 433.7㎡, 4층짜리 RC라멘조 이며 기둥이 69개인 건물 기둥 전부에 초경량(두께 20mm)인 GRC 기둥 거푸집을 채택 사용 하였다.

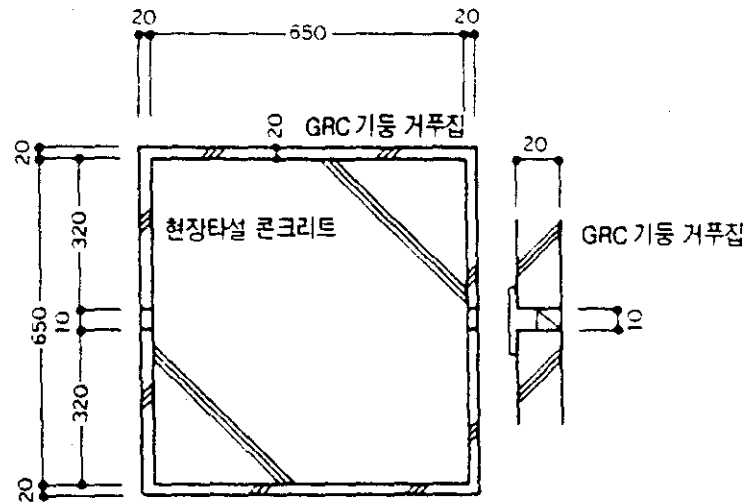
이 건물 층높이는 1층, 4층이 3.3m, 2층, 3층이 2.8m, 기준스팬이 6.35×7.20m, 6.35×5.20m이다. 이 건물은 주택지와 인접해 있으므로 소음대책을 강구하여야 했으며, 부지가 좁아 작업장의 확보 및 대형양중기의 사용이 곤란한 건물이라는 점에서 PC공법으로 기둥, 보, 작은보, 바닥, 발코니 등의 RC부재에 전면적으로 얇은 PC부재로 구성되는 거푸집 PC공법(GRC공법)을 채택하였다.

현장에서의 거푸집 공사를 일절 없앤 결과 구체공사에서 약 43%의 인원절감에 성공하였다. 또 거푸집 폐자재의 발생을 줄여 깨끗하고 조용한 현장 작업공간을 만들었다.

나. GRC 기둥거푸집의 제조 및 형상

이 공법에서는 GRC의 여러가지 제조법중에서 비교적 곁힘 강도를 높일 수 있는 Direct spray공법을 채택하였다. 그림 1은 GRC기둥거푸집 형상을 나타낸다. GRC 기둥거푸집은 두께 20mm의 형단면을 크램프(Cramp)로 체결하여 □ 자형의 폐쇄단면으로 되어있다. 보 PC거푸집과 교차하는 부분은 보 PC거푸집 설치가 가능 하도록 Notch를 마련하고 있다.

GRC 기둥 거푸집의 두께 및 크램프 간격은 사용하는 GRC의 재료 특성 및 콘크리트의 축압으로 일본 건축학회의 거푸집 설계지침에 준하여 구하였다.

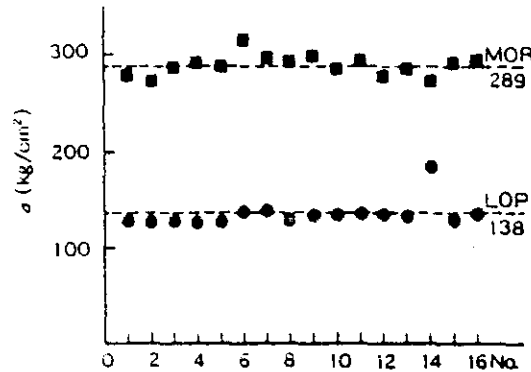


[그림 1 거푸집 형상(기둥)]

다. GRC 재료특성

유리섬유로 시멘트모르타르를 보강한 GRC는 다른 시멘트 제품이나 콘크리트 제품에 비해 대단히 큰 인장, 굽힘 강도를 지니고 있다. 이 같은 성질을 갖춘 GRC를 사용함으로써 다른 PC공법의 거푸집에 비해 훨씬 얇은 20mm의 기둥거푸집을 만들 수 있다.

그림 2에 본 건물 기둥거푸집에 사용한 GRC의 굽힘시험 결과를 제시한다. GRC의 탄성비례한계강도 $LOOP = 125 \sim 159\text{kg/cm}^2$ (평균 135kg/cm^2)이고, 최대굽힘강도 $MOR = 257 \sim 334\text{kg/cm}^2$ (평균 290kg/cm^2)이며, 일반 콘크리트 모르타르보다 4~5배의 강도를 지니고 있다.



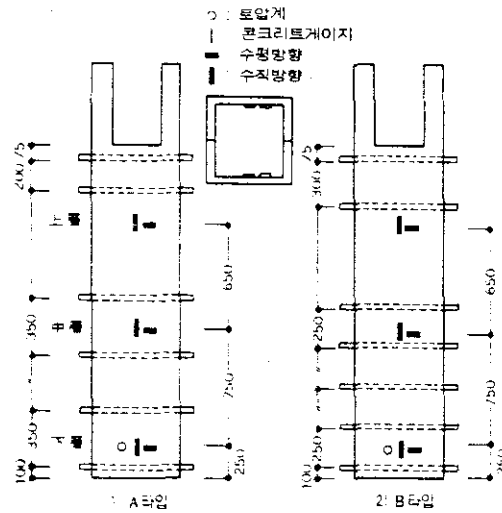
[그림 2 GRC패널 굽힘강도 시험결과]

라. GRC 기둥거푸집 타설실험

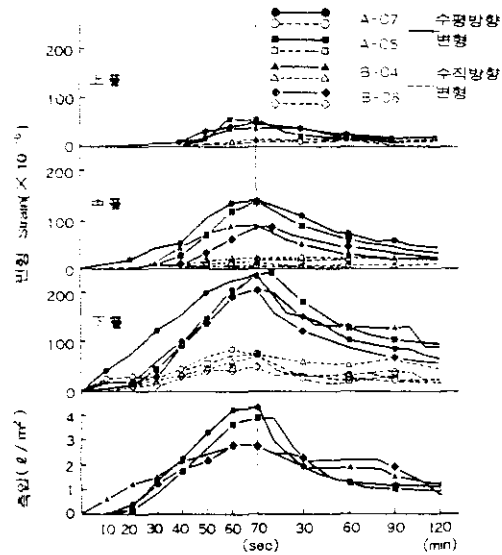
초정량인 GRC 기둥거푸집의 재료특성 및 거푸집으로서의 설계법 확인을 위해, 그림 3처럼 실제건물의 기둥콘크리트 타설시 측압 및 GRC 기둥거푸집의 표면 변형을 측정하였다. 콘크리트 타설은 펌프타설로 하고, 슬래브는 슬럼프가 18cm인 보통 콘크리트를 사용하였다. 타설은 개당 약 60~70초에 끝났으며, 계측은 타설시에는 10초 간격으로 실시 하였고 타설완료 후에는 10분 간격으로 실시하였다.

그림 4는 콘크리트 타설시 측압 변형과 시간과의 상관관계를 제시한다. 콘크리트의 측압은 타설완료시에도 $2.8 \sim 4.3\text{t/m}^2$ 로 거푸집 설계지침에 의한 거푸집 설계치 측압의 4.8t/m^2 보다 작은값으로 되어있다. 또 크래프에 평행한 방향의 변형이 직행방향의 변형보다 큰 값을 보이고 있다. 최

대변형치는 200×10^{-6} 정도로 탄성비례 한계치인 변형 500×10^{-6} 보다 아주 작은 값으로 되어있다. 타설이 끝난 뒤에는 시간의 경과에 따라 측압, 변형의 값이 모두 줄어들었다.



[그림 3 계측점 위치]

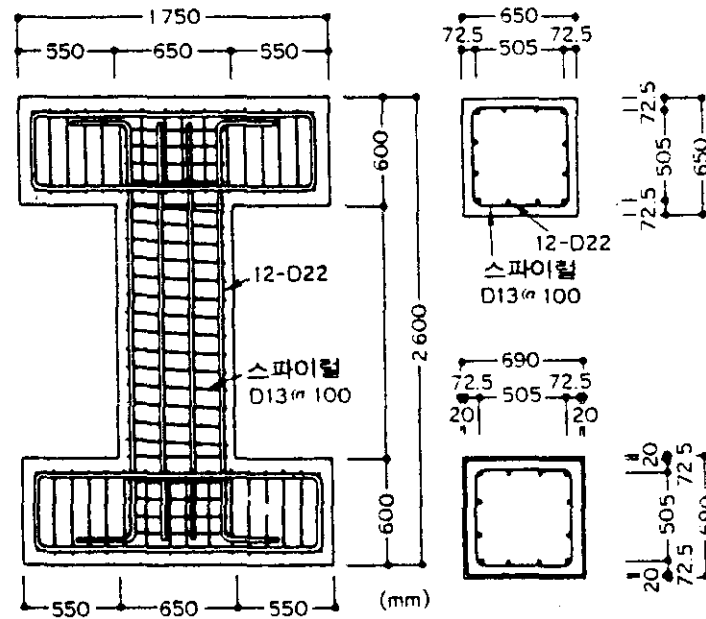


[그림 4 측압 및 변형의 시간경과]

마. GRC 기둥 거푸집 PC 기둥의 굽힘 · 전단실험

얇은 외부 RC 기둥의 설계방법 확립을 목적으로 시공건물 기둥과 동일한 단면, 동일한 치수의 실물크기 단면인 시험체에 대해 굽힘 · 전단실험을 실시하여 GRC기둥거푸집의 보강효과에 관하여 검토하였다.

시험체는 그림 5처럼 시공건물과 동일한 단면형상 · 배근으로 이루어진 GRC-1과 재래공법과 동일한 RC-1의 두 개의 시험체이다.



[그림 5 시험체 배근도]

GRC-1, RC-1 모두 구조체 치수가 6,565cm에 주근이 12-D22, 스파이럴 후프근이 D13@100인 시험체이다. GRC거푸집의 살두께를 20mm로 하고 내부면은 메탈칠망으로 처리하였다. 표 1~표 3에는 시험체에 사용한 재료의 시험결과를 제시한다.

S:C	물 시멘트비 (%)	감수제 혼합물 (%)	짧은 섬유 혼합물(%)	
			38mm	25mm
7:10	33	0.5	3.4	1.5

[표 1 GRC 조합도]

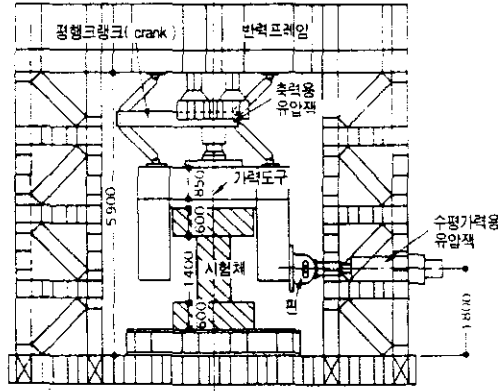
시험체명	압축강도(kg/cm ²)	인장강도(kg/cm ²)
RC-1	192	20.1
GRC-1	257	23.4

[표 2 콘크리트 재료시험 결과]

	공칭 단면적 (cm ²)	항복강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	종 류
D13	1.27	3,560	4,935	SD295A
D22	3.87	3,917	5,310	SD345

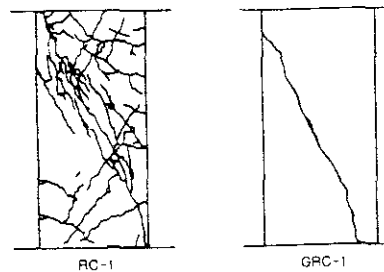
[표 3 철근의 재료시험 결과]

가력(加力)방법은 그림 6과 같은 시험장치 사용하였으며, 축방향응력도를 $\sigma_0=36\text{kg/cm}^2 (\approx 0.15F_c)$ 로 하였다.



[그림 6 가력장치도]

그림 7에서는 시험체의 파괴상태를 제시한다. RC-1은 굽힘균열 발생후 비스듬한 균열이 발생하고 동시에 후푸근이 항복하여 최대 인장강도에 도달 하고나서 내력이 급속히 저하하여 전형적인 전단파괴가 발생 되었다.



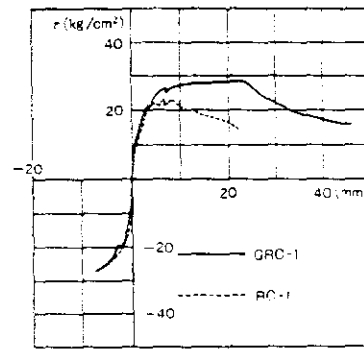
[그림 7 최종파괴 현상]

GRC-1은 굽힘균열이 거푸집 정착부분에서 발생하였고 GRC거푸집 표

면에서는 균열이 발생치 않았다. 102.1t에서 주근이 인장 항복하여 소성
을 4.0 근처에서 GRC 거푸집 표면에 한개의 비스듬한 균열이 발생하였
다.

최종 파단에 이르기까지, GRC거푸집 표면에 다른 균열이 발생하였다.

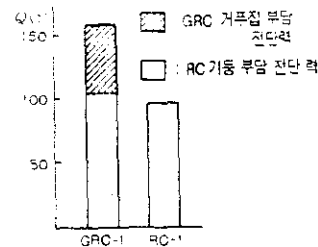
그림 8에 하중-변형곡선을 제시한다. GRC-1은 RC-1에 비해 내력이
20%정도 증가하여 변형성능도 상당히 향상 되었으며 전단파괴형 기둥에
서도 GRC거푸집을 사용함으로써 굽힘 파괴형으로 개선할 수 있음이 확
인되었다.



[그림 8 하중-변형 곡선]

바. GRC 거푸집의 전단저항

외부 GRC 기둥거푸집 내부 유리섬유의 전단저항으로 인하여 변형성능
이 향상된 것으로 보인다. 그래서 GRC의 전단보강효과를 이론적으로 파
악하기 위해 GRC거푸집 PC 기둥의 전단보강 내력식(耐力式)을 제안하여
실험결과와 비교검토 하였다.



[그림 9 전단력의 부담율]

상세한 것은 생략하지만, GRC의 굽힘 시험결과를 바탕으로 전단내력을 GRC 거푸집과 내부 RC부분의 누계치로 표시했다.

표 4는 계산치와 실험치를 비교한 것이다. 전단 파괴한 RC-1의 실험치는 전단내력 계산치와 잘 일치하지만, 굽힘 파괴한 GRC-1의 실험치는 전단내력 계산치보다 낮은 것으로 나타났다. 또 이는 GRC 거푸집 전단 저항의 34%에 해당하여 GRC-1에서는 전단내력의 증가로 전단파괴에서 굽힘파괴로 이동한 듯 하다.

GRC 기둥거푸집의 시공성능 및 구조성능을 검토하였으나 PC부재가 상당히 경량화되어 시공능률이 향상되어 구체공사의 구조성능을 기대할 수 있음이 확인되었다. 기둥 외의 보·슬래브·벽부재의 거푸집에 GRC를 사용한 실험예는 거의 없지만, 동일한 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

		실험치	계 산 치				실험치/계산치		
시 험 체		Q_u (t)	Q_{su1} (t)	Q_{gf} (t)	Q_{su2} (t)	Q_{mu} (t)	Q_{su2}/Q_{mu}	Q_u/Q_{mu}	Q_u/Q_{su}
실험	RC1	108.9	95.8	-	95.8	115.6	0.83	0.94	1.14
	GFRC-1	135.5	104.7	54.8	159.4	131.1	1.22	1.03	0.85

Q_u : 실험치의 최대하중

Q_{su1} : 전단중국내력의 계상치(거푸집은 제외)

Q_{gf} : 유리섬유의 전단저항

Q_{su2} : $Q_{su1} + Q_{gf}$

Q_{mu} : 굽힘중국내력의 계산치(단, 산정시에는 GRC거푸집 외단을 압축축으로 함)

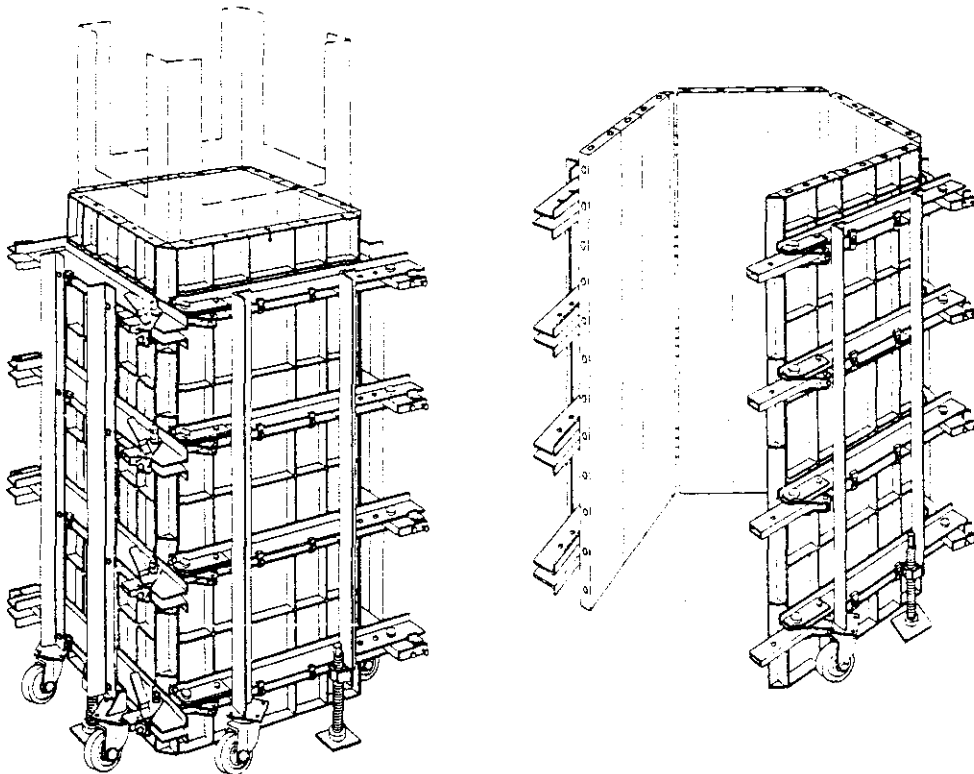
[표 4 GRC 거푸집 PC기둥의 실험결과]

2-7. 유닛(Unit) 기둥거푸집

가. 공법개요

초고층 RC조 건축물에서의 거푸집 공사에서는 작업공정수의 절감이나 작업내용의 간략화를 실현하여 작업의 효율화와 노무의 평준화를 이루는 것이 중요하며 적은 노력으로 짧은 공기를 달성하는 조건이기도 하다. 「Unit기둥거푸집 1형」은 이들 문제를 종합적으로 해결한 시스템거푸집 공법이다. 이 거푸집은 종래 사용한 거푸집작업의 내용을 재검토하여 “거푸집공사=조립작업”적인 이미지를 불식하고 세로재와 가로재를 일체로 하여 Unit화 함으로써 등근 세퍼레이터·폼타이 등의 체결작업을 모두 없앤 거푸집이다.

구체적으로는 기둥 4면의 각각의 거푸집은 모두 편과 코너록(고정철물)으로 접속되어 있어서 코너록의 핸들 조작만으로 거푸집이 병풍처럼 여닫히는 기구이다. 따라서 이 핸들 조작외에 조립해체 등의 작업은 전혀 필요없다.(그림 1)



[그림 1 유닛 거푸집]

나.공법의 특징

거푸집패널에 가로재, 세로재 등 조정장치를 결합한 일체형이므로 한 번 조립한 뒤에는 조작부분 이외는 만질필요가 없어서 전체적인 조립해체가 전혀없다. 거푸집은 코너 개방부분 말고는 모두 핀으로 조인트되고 개방 부분도 코너록의 핸들조작으로 조립과 해체가 끝난다.

해체후 이동전용은 Unit에 세트된 카아스터(Caster)를 이용하여 쉽게 이동 시킬수 있다. 거푸집의 청소나 정비도 소정장소에 옮겨서 할 수가 있다.

기둥단면 치수 변경은 코너의 조인트핀 교환으로 단번에 끝난다. 패널 일부 재조립은 신속히 작업할 수 있다. 거푸집 레벨조정이나 설치는 조정 잭을 돌려서 간단히 할 수 있다. 번거로운 조작이 전혀 필요없다. 거푸집의 세트업(Set-up)에 필요한 도구는 해머와 라켓스패너 두 개만 구비하면 된다.

거푸집 사양은 대략 표 1과 같다. 면판재는 강재거푸집(메탈폼)을 사용하고 있으므로 조합에 의해 여러가지 치수에 대응할 수 있다.

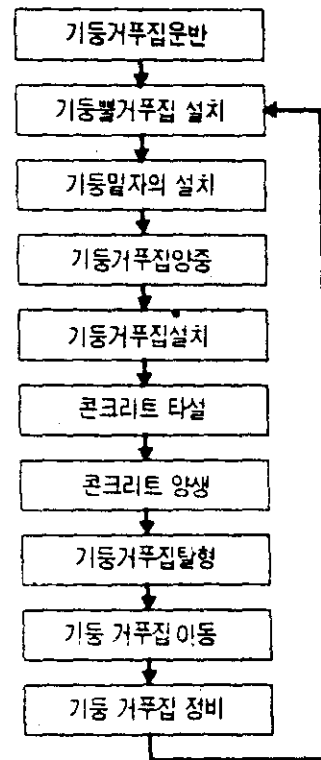
적용단면 치수	750~1,050(mm)
거푸집 높이	1.8~3.6(mm)
패널	강재거푸집 패널
표준중량	800kg

[표 1 거푸집 사양]

다. 시공순서

표준 시공흐름은 그림 2와 같다. 실제 시공에 있어서는 거푸집 양중때 3~4기 정도의 거푸집을 모아 양중하므로 작업의 효율화를 꾀할수 있다. 시공시에는 다음 사항을 주의한다.

- 1) 콘크리트의 페이스트 제거 및 박리제 도포는 반드시 한다.
- 2) 각부에 결합된 볼트 등의 이완을 체크한다.
- 3) 거푸집 양중때는 반드시 전용 구멍을 사용한다.



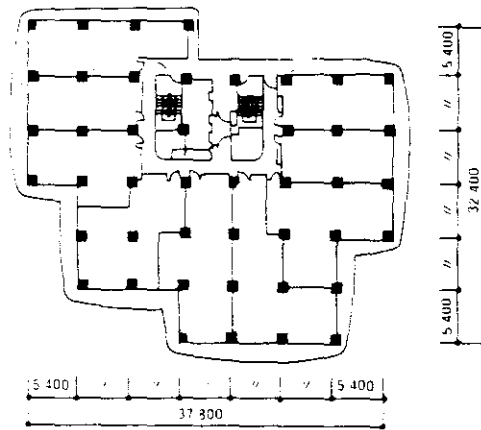
[시공 2 Flow Chart]

라. 시공사례

시공사례에 관하여 간단히 소개한다. 건물개요는 그림 3과 같다. 이 작업장에서는 이 거푸집을 45기 채택하여 1층에서 33층까지 전용하였다. 시공중 기둥단면 치수의 변경은 최대 1,050(mm)에서 최소 800(mm)까지 6회 변화하였다

실제 시공 Flow를 보면 1개 층당 8일이 소요되었으나 이 거푸집작업에는 조립작업에 하루, 해체운반에 반나절, 결국 실가동 1.5일이소요 되었으며 콘크리트 타설을 제외하고 기둥부분의 거푸집시공(설치에서 해체까지)을 끝낼수 있다. 인원은 거푸집 적치장에서 화물을 올리는데 1명, 시공층

에서의 거푸집 조립에 3명, 거푸집 레벨이나 설치조정 등 작업에 2명이 배치되어 작업이 진행되었고, 이 작업의 총소요 인원은 6명이었다. 따라서 1일 1인당 7.5기의 기동거푸집을 조립·해체하는 셈이 되고 시공면적은 전층 평균 1일 약 34㎡/인 이었다. 거푸집 조립만 파악한 경우 보통 재래공법에 비해 약 4배나 시공능률이 향상 되었음이 확인되었다.



[그림 3 시공현장 평면도]

2-8. HMC 슈퍼폼 공법

최근 사회간접자본과 생활기반시설 정비의 절실한 요구 때문에 건설공사의 절대량은 급격히 늘어나고 있다. 한편 정보화의 흐름속에서 사회의 제반사항에 대한 의식도 점차 변화하여 이른바 3D의 직업이 외면 되었다. 특히 건설업 중에서도 콘크리트 직종 인력의 만성적 부족이 계속되고 있다. 또 비단 인력부족 측면만이 아니고 풍요로운 사회환경을 공유하는 측면에서도 3D문제에 적극 대처하는 것이 우리의 책임이다.

더욱 범세계적인 자연환경 보호운동의 확산으로도 알 수 있듯이 “풍요로운 생활을 영위한다.”는 명분아래 대량의 삼림자원을 사용, 그것을 산업폐기물로 처리하는 일은 이제 더 이상 허용할 수 없는 상황이 도래되었다.

이러한 배경을 재빨리 파악하여 기본재료의 개발에서부터 수많은 시공실험을 거듭하여 개발된 거푸집이 HMC 슈퍼폼공법이다.

가. 슈퍼폼 공법의 특징

슈퍼폼은 HMC*로 불리는 고강도 특수모르타르를 소재로한 시멘트계의 압체거푸집이다. 슈퍼폼은 그 자체가 성형 시멘트 부재로서의 강도를 지니고 있다. 그 때문에 토막재가 필요없어서 종래의 합판공법에 비해 아주 소량의 가설자재로 조립된다. 미리 공장에서 길이·단면치수에 맞추어 제작되어 있음은 물론이고 보의 Notch·설비 슬래브·각종 인서트에 사용되고 있다. 따라서 현장에서는 표준화된 연결철물로 조립하는 경작업만 하면 된다.

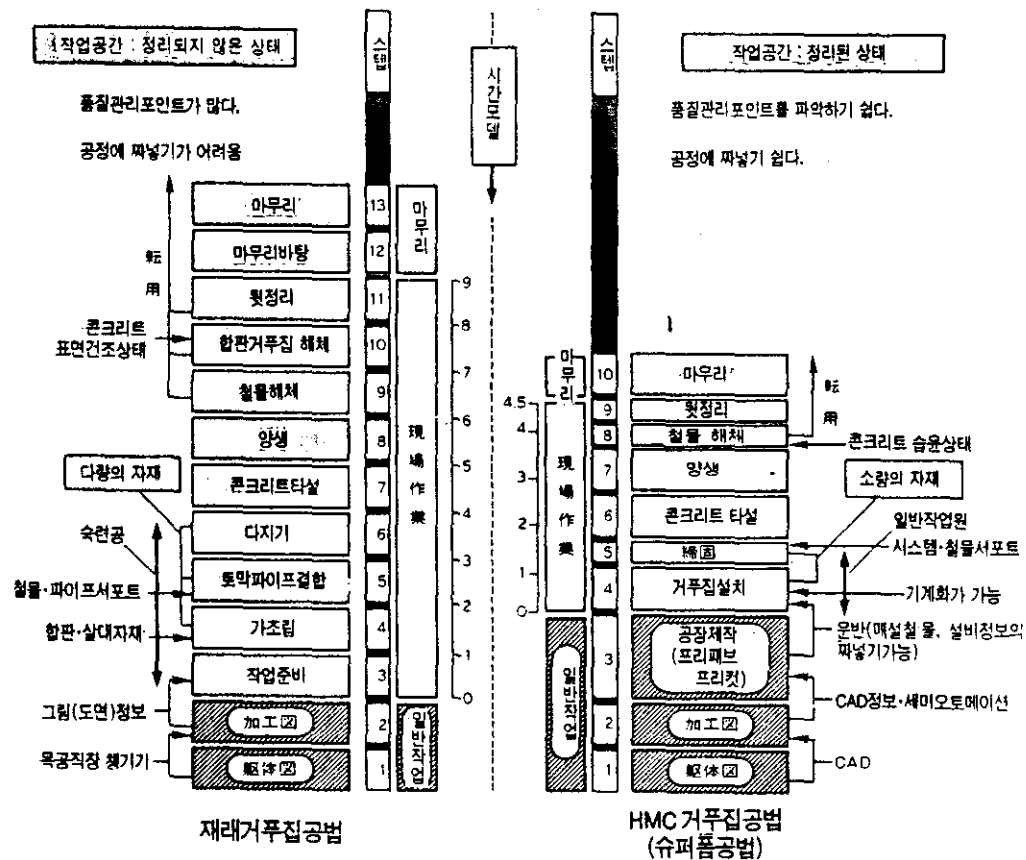
다음에 작업능률을 한번 고찰해 보자.

4인이 한팀이 되어 하루에 300set의 부재를 결합하면 400~500m²/일의 시공이 가능하며, 100m²/인 이상의 시공능률이 된다. 지금까지의 시공실적으로도 이 결과를 뒷받침하고 있다.

* 시멘트·초미립슬래브·특수 첨가재를 혼합한 분체에, 열경화성 멜라민 수지를 섞은후, 가열 양생에 따라 얻어지는 고강도 시멘트 硬化體, 高粘性이면서 加振에 의해 우수한 유동성을 보이기 때문에 3차원의 얇은 압체거푸집의 제작에도 적용이 가능. HMC에 細骨材를 섞은 몰탈은 재래 몰탈의 수 배의 강도를 보인다.

공장제작은 일반 PC제품처럼 강재거푸집을 사용하기 때문에 제품정밀도는 높고 표면도 매끄러우며, 마무리 바탕으로도 사용이 가능하다. 현재는 타일을 부착한 외장용 슈퍼폼의 공급도 실현되어 있다.

시공 스텝을 포함한 합리화 비율을 재래공법과 비교하면 그림 1처럼 된다.



[그림 1 재래식 거푸집 공법과 슈퍼폼 공법 비교]

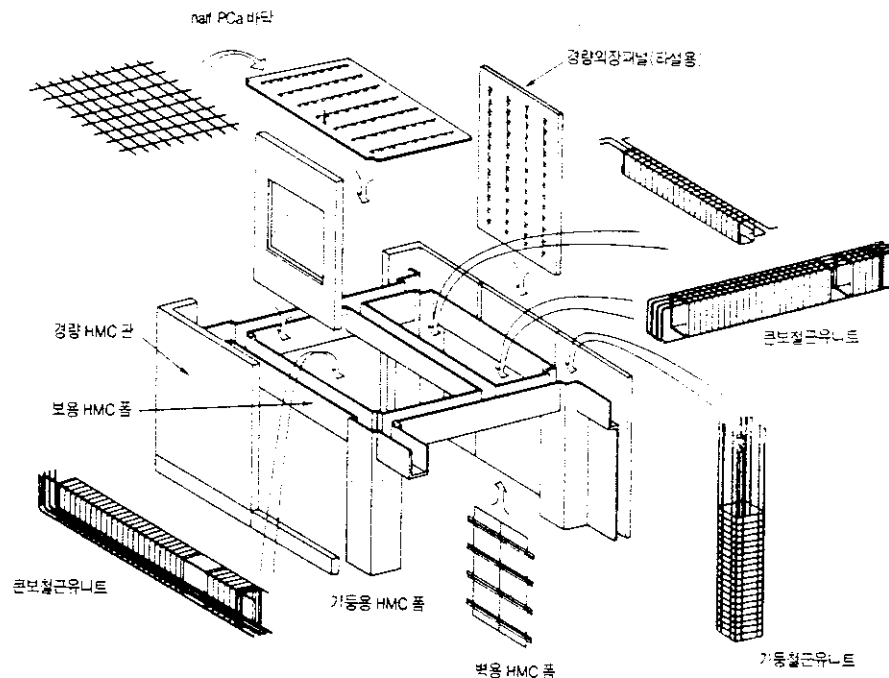
이 거푸집을 현장에서 작업하면 재래식 공법에서는 숙련공에 의한 작업 준비, 토막파이프나 기타 자재결합, 다지기 등의 힘든 작업이 일반작업원들이 쉽고, 간단히 작업 할수 있는 작업으로 바뀌었음을 알수 있다. 콘크리트 타설후에도 거푸집해체·전용·뒷정리 와같은 많은 노무를 필요로 하는 작업이 대폭 축소되었다.

해체·뒷처리 공정등의 축소된 효과를 수치화하여 표현하기는 어려우며, 안전관리를 포함한 현장관리상의 장점을 수치로 표시하기는 더욱 어렵다. 2차적인 요소이기는 하나 HMC는 투수성이 없다. 이 때문에 오랫동안 콘크리트를 습윤상태로 유지할 수 있어서 구체의 강도등 품질향상에도 기여 한다.

또한 현장 납품전의 공정도 공장생산을 위주로 하므로 재래공법으로는 실용화하기 어려운 CAD화·자동화가 진행되고 있다. CAD에 의해 작성된 도면에서 슈퍼폼을 Pre-cut하는 기술도 실용화되어 있다.

나. 표준시공순서

시공순서는 그림 2와 같다.



[그림 2 HMC 슈퍼폼 시스템 시공모델]

- 1) 기둥철근 선조립 Unit의 조립
- 2) 기둥 Unit 설치
- 3) 보 Unit 설치
- 4) 슬래브 PC 조립
- 5) 보철근 선조립 Unit 조립
- 6) 슬래브 와이어메쉬 조립
- 7) 콘크리트 타설

이와 같이 각 공정이 분리 시공 되는 반면, 전체 공정수가 적은 관계로 품질관리 포인트를 확실히 할수 있다는 점도 주목할 만하다.

이로서 건물의 최종 품질을 각 공정별로 실시하는 생산시스템 적용이 쉬워진다.

대형공사에 많이 사용되는 PC 라멘공법과 비교하면 다음과 같은 특징이 있다.

- 1) 구조적인 문제로 인한 특별한 설계변경이 필요 없다.
- 2) 철근이 현장조립인 관계로 PC와 조립시 철근조립 정밀도 관리가 거의 필요 없다.
- 3) 경량이므로 채래공법에서 사용하는 소형 크레인을 사용할수 있다

SRC조 등 크레인을 효과적으로 이용할수 없는 경우에 대비하여 슈퍼폼 조립용 매니플레이터도(Manufulator)도 개발 되었다.

슈퍼폼이 경량이므로 매니플레이터의 소형화가 가능하며, 비교적 콘크리트 타설이 어려운 곳 에서도 매니플레이터를 조금만 보강하면 작동이 가능하다.

사용할수 있는 곳도 다양하여 기둥, 보, 벽, 슬래브에도 사용할수 있다.

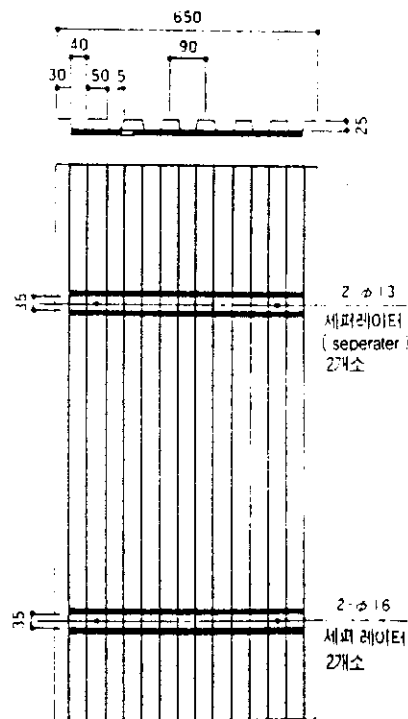
2-9. W-KP 거푸집

가. 공법개요

이 공법은 주로 이음보 및 기초의 거푸집으로 사용되며, 소재료로 키스톤플레이트(홈깊이 25mm, 두께 0.4~0.8mm)를 사용한다. 키스톤플레이트의 리브방향을 세로로 사용하여 보춤에 따라 적절히 중간에 리브와 직각 방향으로 철근($\phi 13 \sim \phi 19$)을 끼워 그 양 끝에 세퍼레이터를 삽입하여 보쪽거푸집으로 사용한다. 여기서 설명하는 것은 모두 밑창거푸집용으로 사용한 것이며, 콘크리트 타설후 폼을 제거하는 작업이 전혀 없다.

키스톤플레이트의 주요재원은 표준너비는 650mm 및 325mm이며 공장에서 패널로 생산된다.

보춤 1,200mm까지는 세퍼레이터를 사용하지 않는다.



[그림 1 키스톤플레이트 설치도]

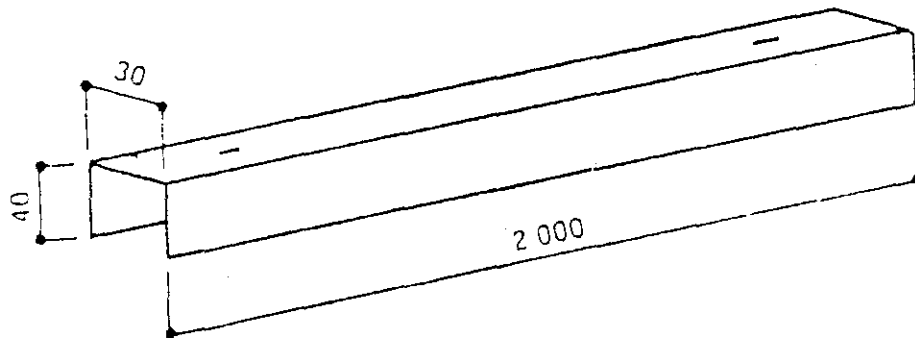
그 이상의 보춤인 경우는 콘크리트 측압을 감안하여 공장에서 중간부분에 가로철근을 적당한 간격으로 용착한다(그림 1). 논세퍼레이터인 경우는 위아래에 러너($\square 400 \times 300 \times 12$)를 사용하고 다시 너비고정재(FB-300 $\times$ 32)를 소정간격으로 부착한다.

보춤이 1,200mm이상인 경우 그림 1처럼 가로철근 방향 양 끝에 구멍을 내어 거기에 세퍼레이터를 삽입, 폼타이를 사용해서 고정한다.

이같이 패널화된 부재를 결합해가기 때문에 나누기에 의해 너비방향에 우수리가 생긴 경우는 조정재용 키스톤플레이트인 너비 325mm짜리를 사용하고, 다시 L형(L-1500 $\times$ 1500 $\times$ 5)을 사용하여 각각의 우수리 부분을 처리한다.

나. 시공방법

우선 미리 측면거푸집 부착위치에 먹칠하여 러너(그림 2)을 공기해머를 사용하여 부착한다.



[그림 2 러너]

이 러너를 기준으로 키스톤플레이트 패널을 설치해간다. 양단 및 중간부분에 조정재를 사용하여 너비 방향을 조정한다. 설치한 각 패널상부에도 러너를 끼워 거푸집의 수평, 수직을 맞춘다.

논세퍼레이터의 경우(보춤 1,200mm이하)는 상, 하에 러너를 부착하고, 또 상, 하부에 스페이서(Spacer)를 부착 하기만 하면 된다. 중간에 세퍼레이터를 삽입하는 경우 가로철근을 양끝에 삽입해서 폼타이로 긴결한다.

기초둘레 등은 상황에 따라 세퍼레이터를 사용하지 않고 시공 할 때도 있다.

이음보와 접속된 바닥판이 있는 경우 이 W-KP 거푸집의 상부 러너를 이용하여 W형상의 수평서포트를 부착하면 보와 바닥에 동시에 콘크리트를 타설할 수 있다. 이 경우 W-KP 거푸집은 상판으로 부터의 하중을 분담할 수 있는 부재로가 된다. 이러한 시공은 공기 단축과 이로인한 경제성에 크게 기여할 수 있을 것이다.

다. 시공시 주의사항

1)이음보 바닥부분 콘크리트의 수평조정을 하고나서 러너를 결합한다.

2)블록모서리·오목모서리 등의 모서리 부분은 평판을 L형으로하여 둘레를 간편히 한다.

3)기초 등에서 세퍼레이터 길이가 길어질 경우 위의 러너를 이용하여 귀잡이재를 사용하든지 바깥쪽에서 하중을 지지하는 방법도 적절히 도입하여 능률을 향상 시킨다.

라. 시공사례(외벽공법)

1) 공법개요

이것은 철골조의 외벽 구체에 사용된 경우이다.

미리 외벽이 되는 안쪽부분에 W-KP 거푸집을 사용, 그 주위를 앵글로 W-KP 거푸집의 키스톤플레이트재와 용착 한다. (그림 3). 다시 벽철근이 되는 용접철망을 더블로 조립 하고, 이때 널말뚝철물 등을 사용하여 용접철망의 위치를 고정한다.

외벽과 설치된 구조부재와의 조임은 각 패널 네귀에 쥘쇠를 설치하고 콘크리트를 타설한다.

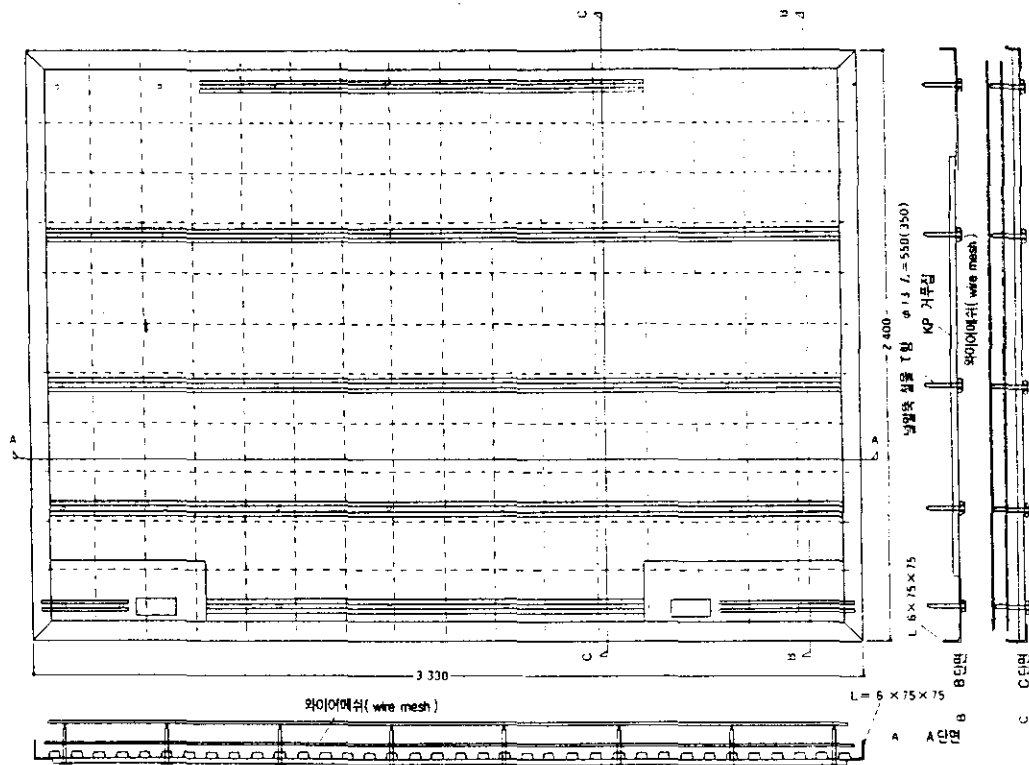
다음에 외벽 바깥쪽에 종래 사용되던 거푸집(대형목제거푸집 또는 강제패널)을 사용하여 널말뚝 철물을 사용 세퍼레이터와 결합한다.

2) 시공방법

공장 또는 현장에서 미리 강재들을 제작하여 이를 수평면에 설치한다. 거푸집이 되는 키스톤플레이트(0.5~0.8mm)을 깔고, 너비방향의로 키스톤플레이트 이음매를 1.5산 정도 겹친다.

다음에 널말뚝철물 등을 사용, 벽철근이 되는 용접철망을 소정위치에 고정하고 다시 바깥쪽 거푸집의 세퍼레이터를 결합한다. 이때 콘크리트 타설시의 측압을 계산하여 안쪽이 되는 키스톤플레이트 부분에 적절한 간

적으로 가로철근을 결합하여 고정하고, 각 패널마다 콘크리트를 타설하며, 타설은 미니펌프를 사용한다.



[그림 3 상세도]

3) 시공시 주의사항

현장에서 패널을 제작할 때에는 문제가 안되지만 공장에서 제작한 경우 수송중 비틀림 등에 유의하여 설치시에 지장이 없도록 한다.

콘크리트타설에 있어서는 소형펌프카 또는 소형 타설호스 등을 사용한다.

2-10. 기둥·보 시스템 거푸집

가. 공법개요

기둥·보 시스템거푸집공법은 RC조·SRC조를 대상으로 규격화된 거푸집에 의해 시공의 시스템화를 꾀할 목적으로 개발된 공법이다. 이 거푸집은 콘크리트를 VH분리타설하고, 기둥과 보밀의 높이가 일정(층높이의 변화와 보춤의 변화를 동일층에서 한다.)하며, 단면치수의 변화율이 일정(기둥과 보의 단면변화를 동일층에서 동일치수로 함)한 조건에서 가장 좋은 기능적인 효과를 거둘수 있다.

이공법의 특징은

- 1) 조립·탈형이 빠르고 탈형하자마자 다음 공구에서의 세트가 가능
- 2) 거푸집 준비량이 종전보다 줄어든다.
- 3) 인원이 적어도 되며 또한 숙련공이 필요없다.
- 4) 작업장 내에서의 가공이 없으므로 전용후 작업장에 부재가 남지 않는다.
- 5) 바로 아래층 보 중앙에 윗층의 하중이 실리지 않는다.
- 6) 보 중앙에 용접용 개구부가 있어도 보거푸집 설치후에도 보주근 용접이 가능하다 등이다.

시스템거푸집의 시공결정 포인트는

- 1) 라멘구조를 위주한 건물이며, 특히 초고층건물 일때.
- 2) 공기단축을 요구할때.
- 3) Half Slab과 철근 선조립 공법 등의 조합으로 공사전체의 성력화를 요구할때 등이다.

또한 구체 설계단계에서 부터의 거푸집 시공계획을 수립 함으로써 능률적인 시공을 할 수 있다.

나. 기둥시스템거푸집

기둥시스템거푸집은 4장의 패널과 타이로드, 윙너트, 스틱핀으로 구성되며 해머 만으로 조립이 가능하다. 발밑에 레벨을 조정하는 볼트를 갖추어 놓아 콘크리트 마무리면이 다소 변화하더라도 대응할 수 있는 구조로 되어 있다.패널은 면판에 Film Coating 합판을 사용, 전용회수의 증가를 가능 하게 하였다. 패널틀은 알루미늄제와 스틸제가 있는데 모두 전용을 고려하여 견고하게 만들어져 있다. 또 패널은 공장생산이므로 높은 정밀도가 유지되어 조립시 시공효율이 좋다.

다. 보시스템거푸집

보시스템거푸집은 보측면쪽, 보바닥(보가 길 적에는 보측면쪽, 보바닥 조정판 있음) 패널, 전용 빔클램프, 멩에제, 서포트 등으로 구성되며 패널의 면판은 기둥처럼 필름코팅합판을 사용하고, 틀은 철재이며 공장생산으로 높은 정밀도를 유지한다. 또 전용 빔(Beam)클램프와 멩에제 사용으로 보에 세퍼레이터를 전혀 사용하지 않는 논세퍼레이터공법을 가능케한다.

또 이시스템 거푸집에는 이동용 카아스터(Caster)가 부착되어 윗층으로의 이동이 쉽다는 등의 장점이 있다.

1)시공방법(그림 1 시공 Flow Chart 참조)

가) 먹메김

기준층 슬라브 콘크리트 타설이 끝나면 기둥주위에 먹메김을 한다(가능하면 위치 확인용 먹메김도 해준다)

나) 반입은 납품 스케줄에 따라 부재를 납품한다.

다) 기둥보강용 앵글 설치는 먹메김 줄에 맞추어 기둥보강용 앵글을 세트한다.

라) 기둥 패널세트

① 기둥패널의 면판에 박리재를 바른다.(매번 반드시 한다)

② 거푸집패널 아랫부분에 달려있는 높이 조정용 볼트를 설정한 치수에 맞추어 조정해준다

③ 패널을 기둥보강용 앵글 위에 설치하고, 코너부분 구멍에 타이볼트를 끼워 워너트로 쥘다. 이때 면판의 수직상태를 추로 확인하면서 설치한다(워너트는 균등히 쥘다.)

④ 기둥패널 4장이 조립 되면 조립면에 틈·턱·솔·프레임의 이완 부위가 없는지 체크하고 다시 안치수를 확인한다.

⑤ 추를 따워 거푸집의 수직서포트를 밀고 당겨 조정하면서 기둥거푸집 Unit를 고정한다.

마) 기둥목 거푸집의 세트

① 미리 조립된 거푸집에 박리재를 바른다.

② 양중기를 사용하여 정해진 기둥위치에 거푸집을 내려놓는다

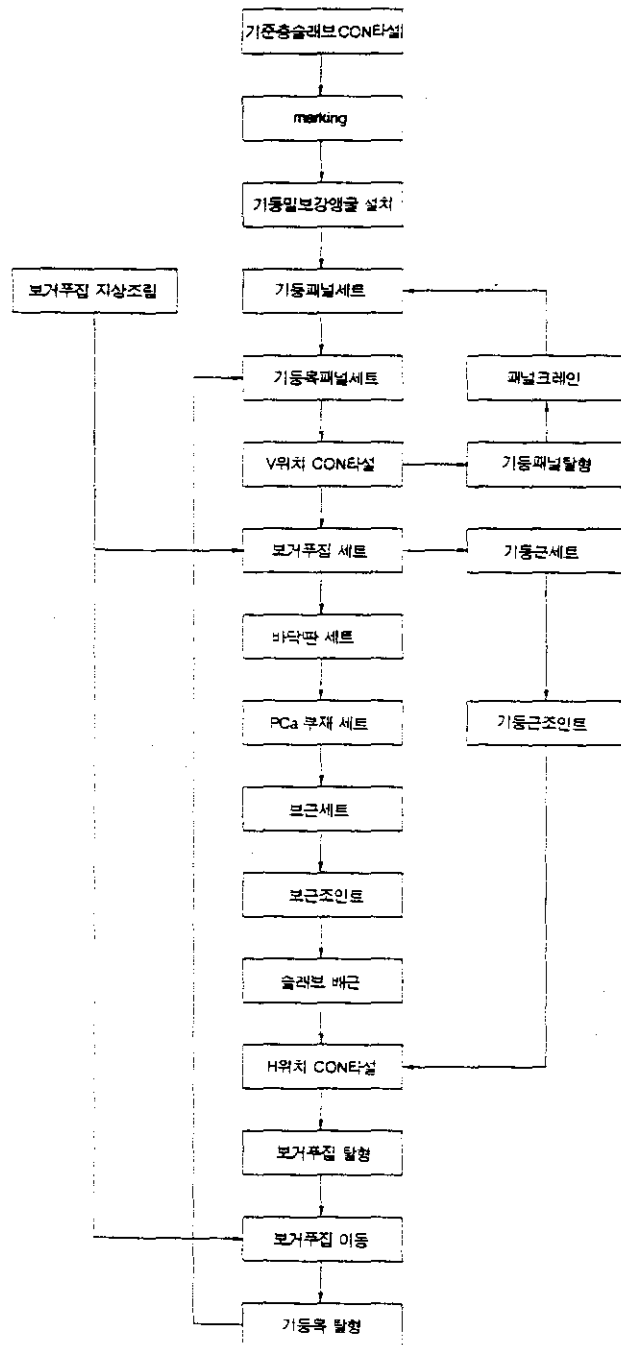
③ 밀창 P콘이 필요한 부분에 P콘을 설치한다.

④ 기둥거푸집과 기둥목거푸집은 연결편을 사용하여 잇는다.

바) V위치콘크리트 타설

① 필요에 따라 진동기를 사용한다. 또 진동 중에는 워너트의 이완이 없는지 주의한다.

② 타설은 버킷(bucket)으로만하여 보밀위치에서 콘크리트타설을 멈춘다.



[그림 1시공 Flow Chart]

사) 보거푸집 세트

① 미리 조립된 보거푸집을 양측기로 윗층에 달아올려 소정 위치에 내려놓는다

② 보거푸집은 2개의 Unit으로 분할되어 있으므로 각부분에 부착된 높이조정 Unit을 조절하여 연결한다.

③ 각부분의 조정용 Unit을 사용하여 보너비와 기둥복 거푸집 너비가 맞도록 미세이동한다.

④ 높이 조정용 Unit으로 보거푸집의 상단과 기둥목의 상단이 맞도록 고저를 조절한다.

⑤ 보바닥 조정판과 보쪽 조정판을 세트한다. 보쪽 조정판은 기둥복 거푸집과 썸기로 연결한다.

⑥ 박리제를 바른다

아) 바닥판용 서포트 세트

서포트 스탠드(Stand)를 사용하여 바닥판용 서포트를 세워 보사이의 레벨에 맞춘다.

자) 기둥패널 해체

① 서포트 등의 조립된 부재를 해체한다.

② 윈너트를 풀어 타이로드를 분리한다

③ 기둥거푸집과 기둥목거푸집을 연결하고 있는 연결편을 분해한다.

④ 높이조정용 볼트를 풀면 패널은 자동으로 탈형된다. 만약 박리하지 않는 경우는 외부에서 다소 진동을 준다.

⑤ 기둥보강용 앵글을 해체한다.

⑥ 해체된 기둥패널·윈너트 등의 부재를 쌓아둔다. 또한 패널은 다음 공구에 대비한다.

차) 바닥판의 세트

카) PC부재의 세트

타) 보철근의 세트

파) 용접용 개구부의 세트후 지정된 보쪽의 각파이프를 분리한다.

하) 보철근의 용접

거) 용접용 개구부의 복구

너) 슬래브 철근배근

더) 기둥철근의 용접

러) H위치 콘크리트 타설

H위치(보·슬래브)의 콘크리트를 타설한다. 타설중에는 서포트핀의 탈락이나 썬기류의 탈락, 이완에 주의한다.

머) 보거푸집의 해체 및 이동

① 보거푸집 2개의 Unit를 연결하고 있는 각파이프 및 패널록(Pannel Lock)을 분리하여 모서리를 자른다.

② 보거푸집과 기둥거푸집을 연결하고 있는 썬기를 분리한다.

③ 빔크래프의 플레이트부분 바깥쪽에 달려있는 볼트를 풀고 다시 플레이트를 지지하고 있는 잭을 풀러 보쪽 패널이 해체 가능한 상태로 한다.

④ 전용 Bar를 사용하여 빔 크래프부분을 비롯한 보쪽 패널이을 해체한다.

⑤ 각부의 높이조정용 잭을 풀러 보 Unit가 자중으로 박리되게 한다.

⑥ 보 거푸집을 옮겨 다음 공구에서 사용한다.

버) 기둥목 거푸집 해체

① 기둥패널의 소패널을 서로 연결하고 있는 볼트를 풀어 해체가능한 크기로 분할한다

② 밑창 P콘용 나비너트가 있는 부분에 대해서는 나비너트를 풀어 P콘과의 모서리를 자른다.

③ 밖에서 진동을 가하든지, 또는 패널 바깥쪽에서 작은 Bar로 비틀든지해서 패널을 분리한다.

④ 분리된 패널 및 부재는 쌓아두고 다음 작업에 대비한다.

2-11. RC · SRC조 바닥거푸집겸용 단열패널 거푸집

가. 개요

RC · SRC조 바닥거푸집겸용 단열패널(피크워크)은 압축 발포폴리스틸렌 판의 고밀도 그레이드(JIS A9511 B류 3종 적합품)스타링폼 EK와 특수필름을 일체로 성형하여 가공한 거푸집겸용 단열패널이다.(그림1)

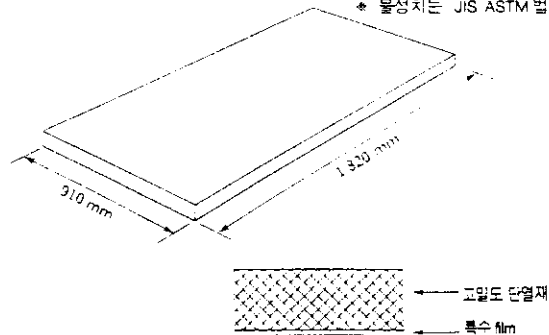
제품규격

제품두께	30 mm
너비	910 mm
길이	1820 mm
단열재 JIS 규격	JIS A 9511 B 유보온판 3종
기타	특수 필름 전면 부착

표준물성치

항목	단위	시험법
열전도율	30일후	1.22
	10년후	0.023
압축강도	kg / cm ²	3.0 JIS A 511
굽힘강도	kg / cm ²	7.3 JIS A 511
굽힘강성	kg / cm ²	500 JIS A 511
(cm-반응)		
흡수율	g / 100 cm ²	0.01이하 ASTM C 272
기타	특정표본은 사용하지 않는다.	

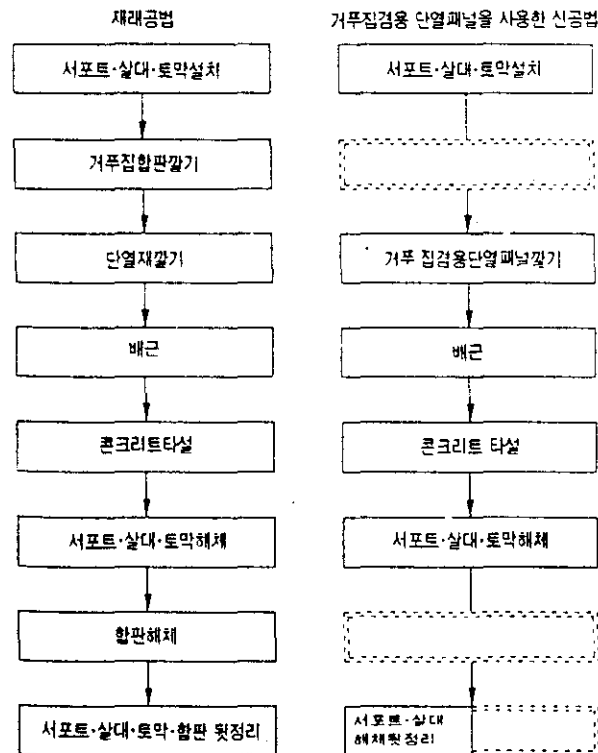
* 물성치는 JIS ASTM 법에 의한 표준치이다.



[그림 1]

RC·SRC조에 있어서 최하층 슬래브 바닥이 높을 경우 일반적으로 바닥에 있는 피트(Pit)의 높이는 900mm~1,200mm이고 거푸집으로 합판을 사용하는 재래공법에서는 탈형 해체 때에 합판의 해체가 곤란하여 비용이 많이 드는 단점이 생긴다.

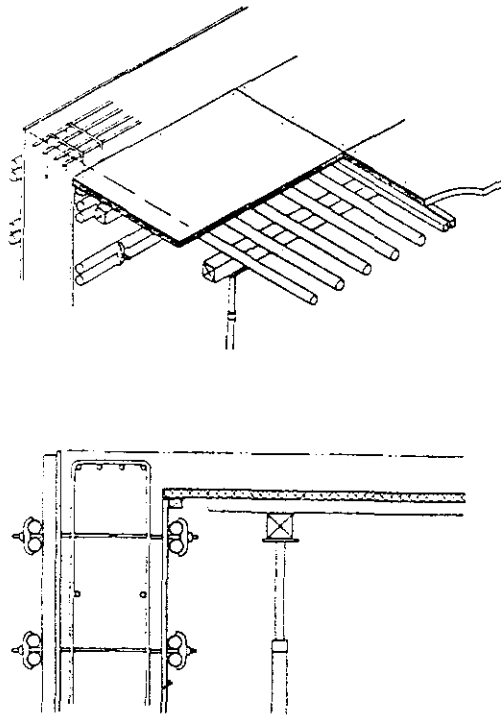
그러나 이 공법에서는 단열재 자체가 거푸집을 겸하기 때문에 지금까지 따로 시공하던 단열재는 거푸집 설치시을 한 번에 할 수 있다는 효율적인 장점 때문에 설치공정이 대폭 단축된다. 해체에 있어서도 단열재가 밑창거푸집으로 사용되기 때문에 해체비용이 이드는 거푸집 해체·철거 작업이 필요없게 되어 해체시간의 절감과 공정 단축을 꾀할 수 있게 되었다(그림 2)



[그림 2 재래공법과의 비교]

나. 시공순서

- 1) 거푸집 합판이 필요없으므로 거푸집 겸용 단열패널을 규정 피치로 설치한 토막위에 특수필름면을 아래쪽으로하여 직접 간다.
- 2) 단열재용 스페이서를 사용하여 배근한 다음 재래공법처럼 콘크리트를 타설한다..
- 3) 밑창거푸집 겸용이므로, 양생후에는 서포트, 덩애 및 장선의 철거만으로 작업은 끝난다(그림3)

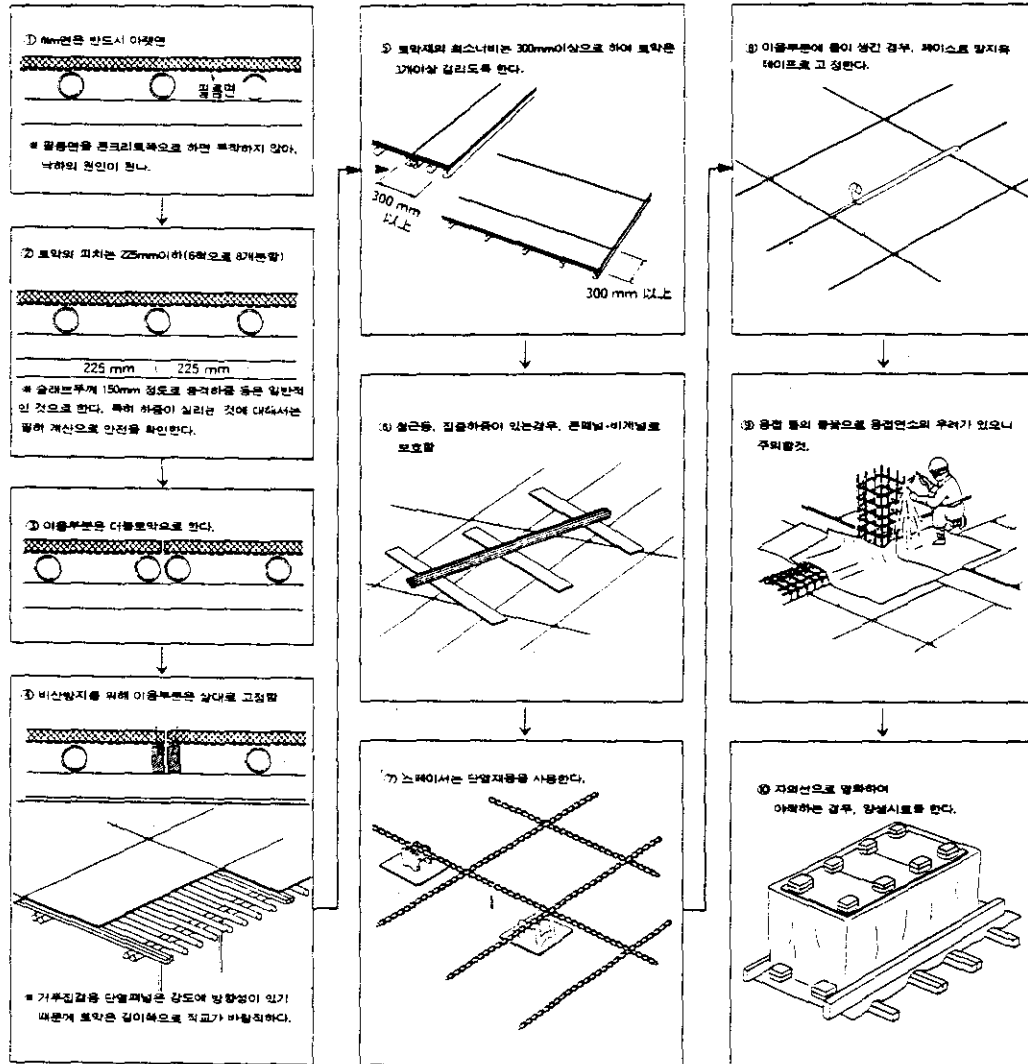


[그림 3 시공 상세도]

다. 시공상 유의사항

- 1) 특수필름면은 반드시 아랫면 토막쪽에 설치한다(필름면이 콘크리트쪽에 오면 구체와 부착하지 않아 낙하의 원인이 된다)
- 2) 토막의 피치는 225mm이하, 6척으로 8등분한다.(슬레브두께는 150mm 정도이며 충격하중 등은 일반적인 것을 적용한다. 특히 하중이 실리는 것에 대해서는 반드시 계산을 통해 안전성을 확인한다)

- 3) 이음부분이 완료되지 않도록 멩애나 장선으로 가고정을 한다.
- 4) 철근 등 집중하중이 작용하고 있을 때에는 큰패널이나 비계널 등으로 보호하여 거푸집겸용 단열패널에 직접 하중이 실리지 않도록 한다.



[그림 4 시공 Flow]

5) 스페이서나 인서트는 단열재 전용용품을 사용한다.

6) 이음부분에 틈이 생겼을 때에는 페이스트 누출 방지용 테이프를 사용한다.

7) 피트(Pit) 가까이에서 용접·압접작업이 행해지는 경우 용접 등의 불꽃으로 인한 용융연소를 피하기 위해 적절한 보호를 한다.

8) 거푸집 겸용 단열패널은 합성수지 발포체 이므로 자외선으로 인해 열화하는 성질을 갖고 있으며, 이 열화가 강도에 영향을 미친다. 이 때문에 현장에서 야적되는 경우에는 양생시트 등으로 자외선이 닿지 않도록 하는 한편 부설후에는 신속히 콘크리트를 타설한다.

제 3장 자동화 · 무인화 로봇 및 설비

3-1. 좁은공간 자동말뚝다설 장비

3-2. 자동 뉴메틱 케이스 공법

3-3. 콘크리트표면 자동고르기 로봇

3-4. 철골기둥 자동용접로봇

3-5. 자동용접로봇 「NS 로봇 21」

3-6. 인양하물 위치제어 시스템

3-7. 습식 내화피복 뿔칠 로봇

3-8. 외벽도장 뿔칠 로봇

3-9. 타일 박리검사 로봇

3-10. 창문유리 자동청소 장비

여 백

3-1. 좁은공간 자동말뚝타설장비

최근 도심지에서는 지하건설이나 역세권 재개발공사가 급증하고 있으며 그 규모도 날로 대형화 하고 있다. 그러나 이같은 장소에서의 흙막이말뚝 시공에는 작업 공간의 제한에 따른 말뚝길이나 크레인등의 시공기계 사용 및 시공시간 등에도 제약이 따른다.

또한 지금까지 사용되어온 몽겐말뚝타설기나, 가로식 바이브로(Vibro) 해머는 시공능력뿐만 아니라 작업성에 문제가 있었다.

이러한 여건 때문에 이들 문제를 해결하여 기초공사의 효율화를 꾀하는 일이 프로젝트 공기 확보에 필수 불가결한 요소가 되었다.

이 장비는 위와같은 요구 조건 때문에 개발 된 것이고, 이 장비는 유압식 고주파 바이브로 해머와 승강장치를 조합하여 사용함으로써 종래의 시공 기계에 비해 말뚝타설능력과 작업성을 대폭 향상시킨 게 큰 장점이다.

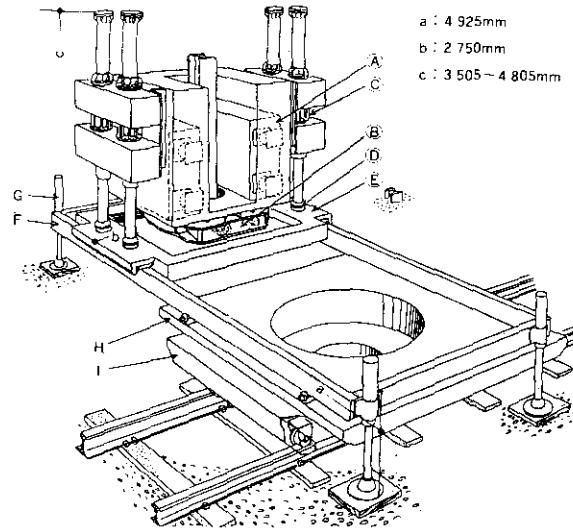
가 좁은공간 자동말뚝타설장비 개요

1) 장치구성

표 1은 좁은공간 자동말뚝타설장비의 중량 및 구성도 이며, 그림 1은 좁은공간 말뚝타설장비의 개념도를 나타낸다.

장비명칭	중량(Kg)	장비명칭	중량(Kg)
A. 항타기 본체	6,075	G. 압(아웃리거)	1,000
B. 척	2,525	H. 시회대	2,500
C. 승강장치(승강부)	3,372	I. 이동대차	4,450
D. 승강장치(잭결합부)	908	기 타	300
E. 승강장치(베이스)	2,300	총 계	24,790
F. 압(압물체)	1,360		

[표 1 좁은공간 말뚝타설기의 중량표]



[그림 1 좁은공간 자동말뚝타설 장비 개념도]

가) 유압식 고주파 바이브로해머(기진체: 세로 3축좌우 대칭형)

나) 척

다) 방진고무(4개 x 4면 = 16개)

라) 승강장치(유압잭 x 4개, 잭 결합부분, 베이스)

마) 암(암몸체 · 아웃트리거 x 4개)

바) 선회대

사) 이동트럭

아) 제어기기(제어판 · 밸브유닛 · 리모콘박스)

자) 유압파워 유닛(엔진식)

2) 특징 및 효과

이 장비는 말뚝 중간부분을 척으로 고정하고, 승강장치로는 샤크리프트 방식을 사용하여 자동적으로 막뚝을 박는 방식이며, 아래와 같은 특징 및 효과가 있다.

가) 유압식 고주파 바이브로해머에 방진고무를 사용하여 승강장치를 지지하는 구조로 하였다. 이 기기에 의해 해머를 승·하강시켜 대형 크레인이 필요 없어지고, 데드스페이스(Dead Space)도 없어져 제한높이 한계까지 막뚝을 박을수 있다.

나) 유압식 고주파 바이브로해머 기진체는 세로로 3축인 좌

우동대칭형으로 되어있고 척을 중공형 거머지기방식으로 하였다. 이 때문에 1개 말뚝의 제한 높이를 길게 할수 있다.

다) 이 장비는 말뚝타설시 지반의 상태를 해머출력(유압모터압력)시 장비가 스스로 판단하여 승강장치의 하강속도를 자동제어하는 시스템으로 개발 하였다. 이 시스템에 따라 말뚝박기가 안전하게 이루어지게 되었다.

라) 암(Arm)의 아웃트리거(Outtrigger)에는 말뚝타설장비가 기울어 저도 자동으로 레벨을 수정하는 오토레벨링시스템을 채택하였다.

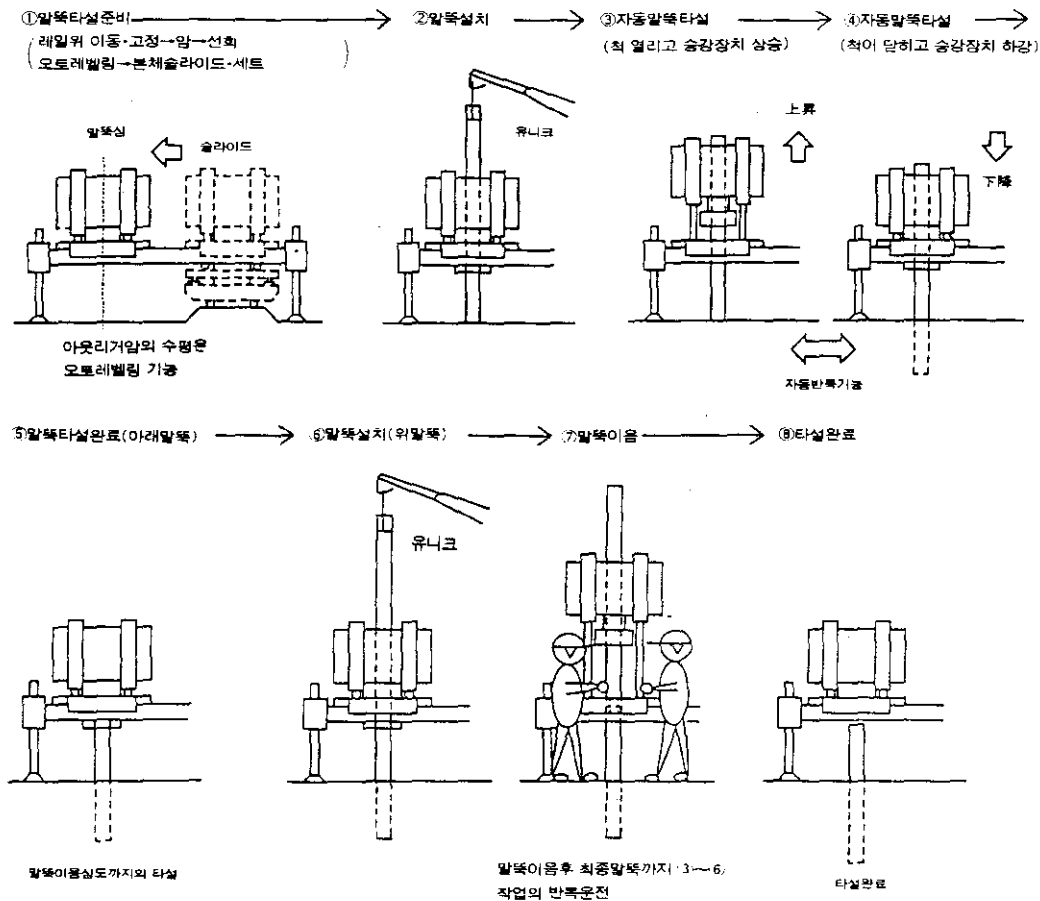
3) 주된 사양

이 장비는 말뚝박기를 자동으로 하는 것이며 조작자가 말뚝타설 상황을 가까이서 보면서 리머콘으로 조작할 수 있다
표 2는 그 주된 사양이다.

항 목		사 양			
기 진 기	구동방식	유압모터 · 기어구동방식			
	진동수(vpm)	2,200	2,400	2,600	3,000
	기진력(tf)	43.8	52.1	61.2	81.5
	공전시 진폭(mm)	1.3			
	공전시 가속도(gal)	7.3	8.6	10.2	13.6
유압 모터	형 식	피스톤모터(F12-40)			
	출 력(ps)	80 x 2			
	최고출력(kgf/cm ²)	310(엔진정격출력230/2,000ps/rpm)			
척	최고출력(kgf/cm ²)	210(진동수2,400vpm일 때 압축력 58t)			
	적 용	H형 강(250~350mm)			
방진 고무	스프링상수(kgf/cm ²)	27.0			
	최대전단하중(kgf)	3470.0			
	최대전단처짐(mm)	128.5			
편심모멘트(kgf/cm)		810.0			

항 목	사 양
진 동 중 량(tf)	6.0
승 강 중 량(tf)	12.0
밀어붙임하중(tf)	15.0
주 요 치 수(mm)	W2,750 x L4,925 x H3,505

[표 2 좁은공간 자동말뚝타설장비의 사양]



[그림 2 작업순서]

나. 작업순서

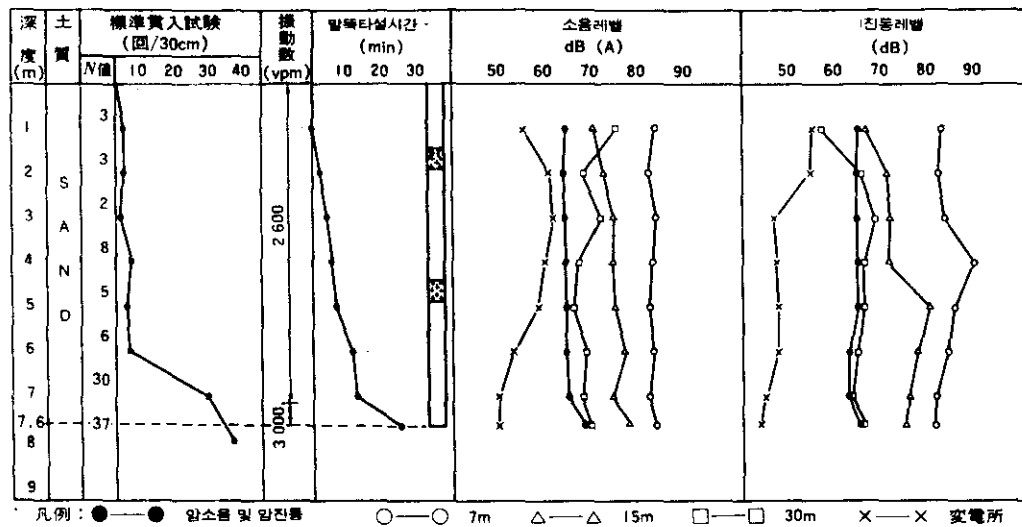
그림 2는 작업순서를 나타낸다. 말뚝설치용 소형 크레인이 몸체에 부착되어 별도의 말뚝설치용 크레인이 필요없어져 이로인한 작업공간 및 작업효율이 월등히 높아졌다.

현재 이 장비의 현장실험을 끝내고 프로젝트에의 적용을 검토 중이다. 또한 실험 결과 다음과 같은 사실을 확인 하였다.

1) 말뚝타설능력

그림 3에서와 같이 N값이 40 정도인 사질토에 PHC 300 x 3M x 3개(볼트이음 2개소 있음)말뚝을 7.6M 까지 근입할수 있었다. 동일 조건으로 한개짜리 말뚝인 경우 8.9M 까지 근입할수 있었다.

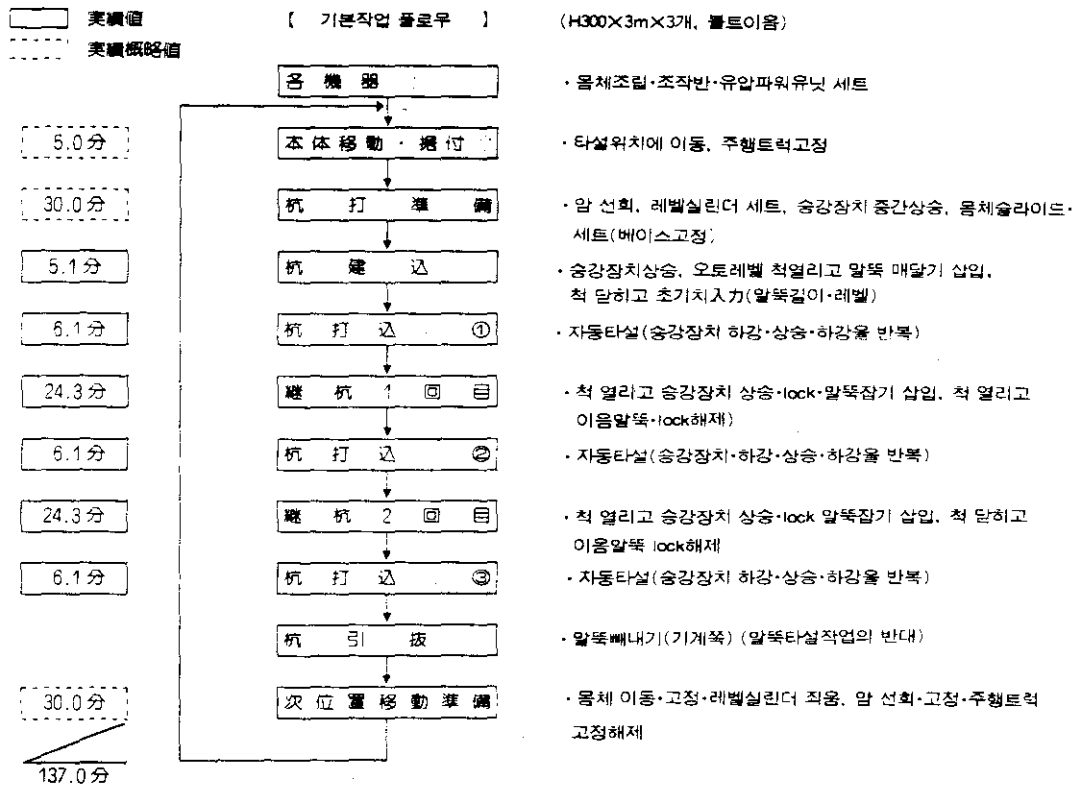
해머 : SEV-40 말뚝 : H300X3mX3개(볼트이음 3개마다)



[그림 3 말뚝타설결과]

2) 말뚝타설 사이클

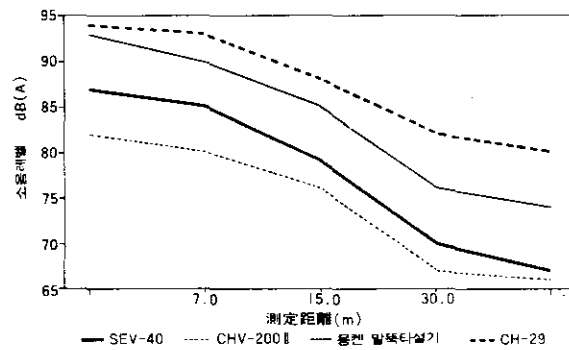
그림 4처럼 타설속도는 평균 약 0.5m/min 가 된다. 일련의 작업중 말뚝이음 작업에 시간이 많이 소비되어 시간단축과 말뚝타설 저항을 줄이기위한 말뚝이음 방법을 연구해야 하는 것으로 나타났다.



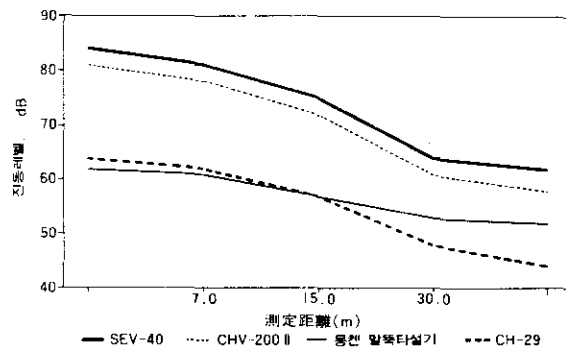
[그림 4 기본작업 Flow]

3) 소음·진동

동일 지반에서의 재래 말뚝타설 장비와의 소음·진동레벨 비교치를 그림 5와 6에 제시한다. 소음에 대해서는 재래기기보다 낮은 값으로 나타났으나, 진동에 대해서는 약간 높은 것으로 나타났다. 하지만 이 장비는 소음·진동 모두 15M를 초과한 지점에서의 법규 제한치(소음 15dB, 진동 75dB)를 만족한 것으로 나타났다.



[그림 5 소음레벨 비교]



[그림 6 진동레벨 비교]

3-2. 자동 뉴메틱 케이슨 공법

가. 개요

케이슨 공법의 CAISSON 이라는 단어는 프랑스어의 CAISSE(박스)에 연유한다고 한다. 케이슨 공법은 잠함공법으로 불리우듯이 박스를 가라앉히는 공법이다. 지상에서 구축한 벽체 구조물의 내부바닥면 지반을 굴착하여 케이슨 구체 중량 및 부가하중 등의 중력을 이용해서 케이슨을 침하 시켜 소정 지지층에 도달 시킨다.

케이슨 공법은 압축공기의 사용여부에 따라 뉴메틱 케이슨 공법과 오픈 케이슨 공법으로 분류 된다.

압축공기를 사용하는 뉴메틱 케이슨 공법은 간단한 원리를 응용한다. 컵을 거꾸로 세워 그 속의 공기가 새어 나가지 않도록 수중에 가라 앉히면 컵속의 공기는 압축되지만 물이 없는 공간이 확보 된다. 이것은 컵속의 공기압과 수압이 평형이 되기 때문이다. 이 평형상태를 이용하여 굴착하는 공법이 뉴메틱 케이슨 공법이다. 즉 케이슨 하단에서 2.0M 가량 위에 바닥 덮개(작업실 천정 슬래브)를 설치하여 그 밑에 작업실을 만들어 이 부분에 지하 수압과 같은 압력의 압축공기를 집어 넣으면 작업실 내의 지하수의 침투를 저지할 수 있다. 이로 인하여 작업실 안에는 작업이 가능한 대기와 같은 상태가 유지될수 있어서 고기압하에서의 작업 조건만 만족 시키면 지상과 마찬가지로 굴착 작업을 할 수 있다.

나. 뉴메틱 공법의 발자취

뉴메틱 공법은 1841년 프랑스에서 탄생하였다. 트리제르가 압기공법을 사용하여 지하수면 밑 약 20M 까지 쇠통을 침하시킨 것이 효시라 한다. 압기 공법에 의한 최초의 기초는 영국 로체스터교 기초의 뉴메틱 파일 이었으며, 1851년에 시공 되었다.

미국에서는 1868년에 전래되어 미시시피강을 횡단 하는 세인트루이스교나 뉴욕시의 맨하탄과 브루클린을 연결하는 브루클린교가 이공법을 사용하여 건설되었다. 뉴메틱 공법의 발상지인 프랑스 에서는 파리의 상징인 에펠탑의 기초가 1886년에 이 공법으로 시공 되었다.

에펠탑은 프랑스혁명 100주년을 기념 하는 1889년 만국 박람회에 대비하여 건설 되었으며, 이 탑 4개의 주각중 세느강 쪽 주각은 각각 4개의 케이슨 기초에 의해 건설되었다.

일본에서는 1923년 관동 대지진 후 스미다강 교량 복구시에 히라이시씨에 의해 처음 도입 되었다. 복구작업을 한 교량중 맨처음 나가시로교(橋)가 건조 되었고, 이어서 세이슈교(橋), 쿠라마에교(橋) 등이 건조 되었다. 케이슨 기초는 교량 기초로서의 이미지가 강하지만 건축 기초로도 많이 사용 되고 있다

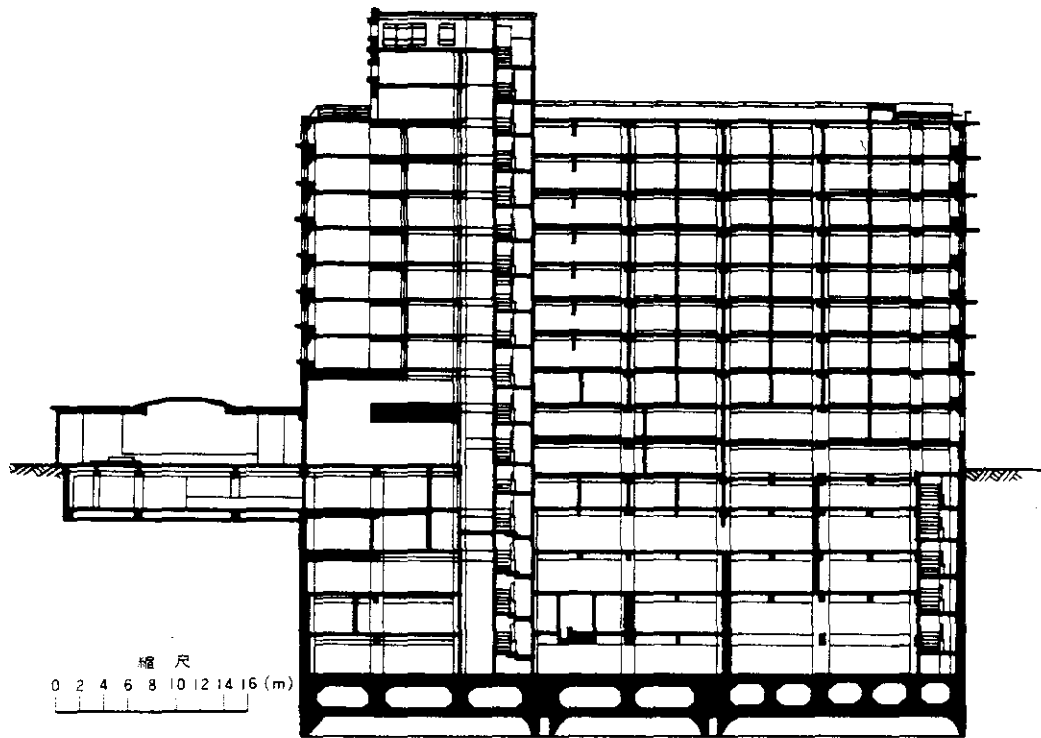
초기 형식은 막뚝기초의 개념을 계승한 것이며, 단독의 소형 케이슨을 여러개 침전시켜 대구경 말뚝으로 사용하였다. 도쿄백화점 동관과 히바야의 NHK 도쿄방송회관 등이 이 형식으로 구축 되어 있다.

케이슨의 특징을 살린 형식으로 널리 사용 된 것이 벽식 케이슨 방식이다. 이 방식은 지하 구체 부분이 흙막이를 겸한 케이슨을 침전시켜 내부를 개착에 의해 구축하였다. 히바야의 제일생명본사 사옥이나 시부야의 도쿄백화점 서관 등이 이 형식으로 건설 되었다. 또 뉴욕시 맨하탄 마천루를 형성하는 초고층 빌딩의 대부분이 이 형식으로 구축 되었다. 그 중에서도 대표적인 연방은행빌딩의 물막이 주위벽은 지하 5층, 깊이 25.9M 인 시가구획 1블록 전체를 모두 케이슨으로 시공한 실로 광대한 것 이다.

케이슨 공법의 특징을 최대한 살린 형식은 빌딩 지하실 전체를 대형 케이슨으로 구축하는 방법이다.

이 방법 에서는 지하실 벽을 지상에서 구축하기 때문에 시공이 확실하여, 연약 지반이나 피압수가 있는 지반에서의 시공이 가능해진다. 또 기존 구조물에 근접한 구조물의 건축도 가능하다.

도쿄 데이코쿠호텔 제2신관(그림 1)등이 이 방법으로 건설 되었으며 지하철 8호선의 진사역 등 지하철 역사의 구축에도 사용되었다. 또한 이 형식을 한층 발전시킨 방법으로 케이슨과 말뚝기초를 함께 사용한 복합기초 공법도 있으며, 하수도의 펌프장이나 종말처리장 등에 많이 사용 되고 있다.



[그림 1 동경데이고쿠호텔 제 2신관]

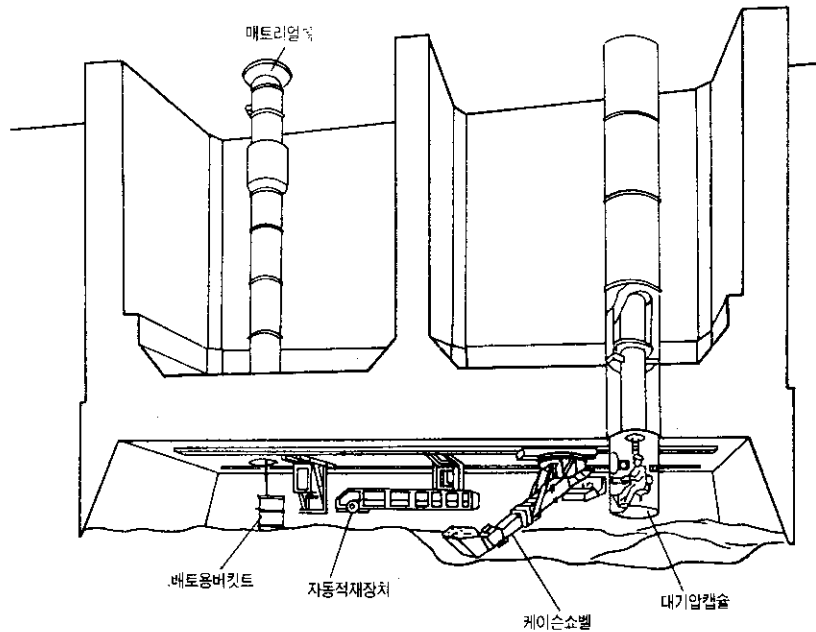
다. 자동화 경위

뉴메틱 케이스 공법은 모든 지반에 적용할수 있으며 기초구조로서의 신뢰성도 높아 수많은 시공 실적을 남기고 있다. 그러나 고기압 하에서 작업이 수행 된다는 문제점이 있다.

뉴메틱 케이스 공법의 무인화 및 자동화는 우선 굴착기계의 개발 부터 시작 되었다. 최초에 개발된 전동 불도저는 압토 굴착방법을 사용했으나 굴착토 채적이 증가되는 문제점이 발생되었다.

다음에 개발된 전동 백호우는 스푼(Spool)굴착을 할수 있어서 이 점(굴착토의 체적증가)이 개량 되었다. 그러나 이들 굴착 기계는 소형 경량 이므로 절삭력에 한계가 있는 데다, 굴착기계가 지면상을 주행 때문에 연약한 지반에서의 주행작업이 곤란하였다.

이들 결점을 보완하는 측면에서 굴착기계가 작업실 천정 슬래브에 설치한 레일을 현가 주행하는 케이슨 쇼벨이 개발 되었다. 케이슨 쇼벨은 천정슬래브가 굴착기계를 잡아주기 때문에 충분히 큰 절삭력이 나오는 동시에, 주행레일을 주행하기 때문에 굴착 지면의 상태에 좌우되는 법이 없어 트래케빌리티(Trafficability)가 확보 되었다.



[그림 2 무인굴착 시스템]

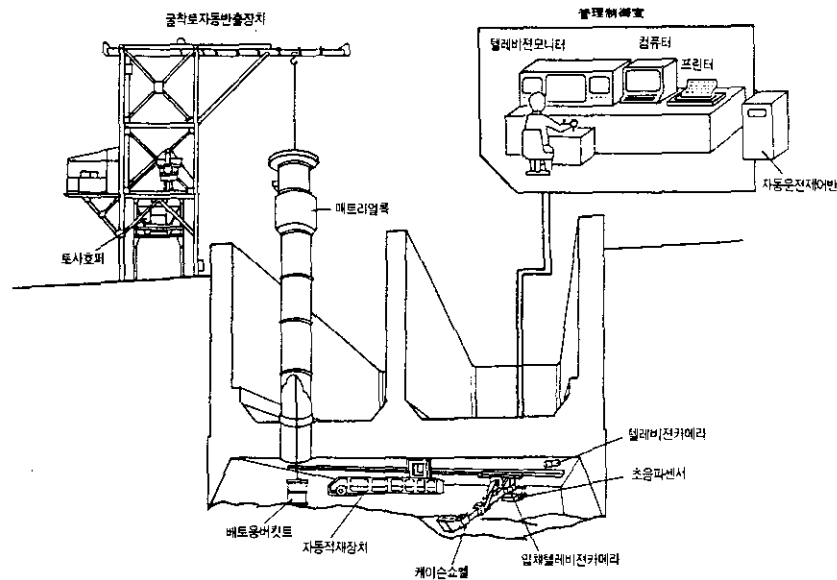
또 천정주행식 케이슨 쇼벨의 개발은 굴착지반의 무인화를 가능케 하였다. 무인 굴착 시스템(그림 2)은 케이슨 작업 실내에 설치된 대기압 상태의 캡슐내에서 케이슨 쇼벨을 원격 조절한다.

이 캡슐은 샤프트(Shaft) 하부에 설치되어 있는 작업실의 기밀성을 유지시켜 항상 작업장을 대기압 상태로 유지 시킨다.

캡슐은 작업실내의 압축공기를 이용하여 승강하며 전동모터에 의해 선회한다. 또 케이슨이 이상 침하한 경우 안전벨브가 작동하여 자동적으로 상승한다. 캡슐 속에는 케이슨 쇼벨 및 자동제어장치의 원격 조작 설비와 창문으로 부터 시야 사각이 되는 부분을 비쳐주는 모니터가 부착되어 있다. 자동제어장치는 상하동작 및 수평 이동이 가능한 전동벨브 콘베이어를 주체로 한 것이며, 케이슨 쇼벨로 굴착한 토사를 일시적으로 모아 두었다가 그 일정량을 한번에 흙 운반용 버킷에 투입한다. 이 무인 굴착 시스템은 많은 시공실적을 남겼다.

또한 무인굴착 시스템을 더 한층 발전시켜 케이슨공법의 자동화가 개발 되고 있다.

자동화 케이슨공법(그림 3)에서는 지상의 관리 제어실에서 케이슨 굴착 및 침하 제어에 필요한 정보를 수집하여 텔레비전 모니터를 보면서 작업실내 기계를 원격조작 또는 운전한다.



[그림 3 자동화 케이슨공법]

지상으로 부터 원격조작 되는 텔레비전 카메라만으로는 정보가 불충분 하므로 케이슨 쇼벨의 상대 위치나 굴착기 칼날 부분의 굴착 지반 상황을 초음파 센서로 측정하며, 동시에 CRT에 그래프로 표시한다.

또 굴착토의 적재등 단순 반복 작업은 자동 운전을 시켜 작업능률 향상 시켰다.

고기압 작업의 무인화로 인하여 뉴메틱 케이슨 공법은 깊은 굴착 작업에 대한 제한이 해소 되었다. 그러나 굴착 기계의 고장 등 불의의 사태에 대한 대비가 충분히 검토 되어야 한다. 특히 잠함기압이 3kgf/cm^2 을 초과할 경우에는 감압병등 인체생리에 바람직 하지 않는 장애의 발생 가능성이 높아진다. 이들 장애를 예방하기 위해서는 호흡가스로 헬륨혼합가스(헬륨·산소 또는 헬륨·질소·산소)를 사용하는 것이 효과 적이다.

호흡가스를 헬륨 혼합 가스로 하는 기술은 심해 잠수 기술로 불리우며, 해양기술과학 기술센터에서는 대륙붕 개발에 대비하여 수심 300M(압력 30 kgf/cm^2)까지 연구를 완료 했다.

수년전부터 심해 잠수 기술을 뉴메틱 케이슨 공법에 응용하는 연구가 발전되어 작업기압 7kgf/cm^2 에서의 인체 실험까지 끝나 실용화 단계에 진입 하려고 하고 있다.

도심지 과밀화에 따른 토지부족 및 땅값 폭등은 근접 시공을 불가피 하게 하고 있다. 뉴메틱 케이슨 공법은 가설 흙막이벽이 필요없어 부지를 최대한 이용할수 있는 공법으로도 검토되고 있다.

또 시공기계가 소형이므로 진동이나 소음이 작고 주변지반에 영향이 적다는 점 등도 도심지에 적합한 공법이라 할 수 있다.

한편 대형화의 연구도 진행되어 도쿄항 연락교(레인보우 브리지) 기초에 바닥면적 $3,150\text{m}^2(70 \times 45\text{M})$ 의 케이슨을 해면밑 45.6M 까지 침설 시켰다.

또 뉴메틱 케이슨 공법은 지하철이나 펌프장에서 하고 있는 것처럼 여러개의 케이슨을 인접 시공하여 서로 연결 일체화 하는 것도 가능하다. 따라서, 비교적 쉽게 지하공간 증축을 꾀할수 있다.

3-3. 콘크리트표면 자동고르기 로봇

근래 건설업계에서는 근로자의 3D 업종 기피 문제로 인하여 각 제네콘을 중심으로 로봇화의 연구·개발이 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 콘크리트 공사는 전형적인 3D 작업이며, 또한 근로 조건이나 작업환경이 유독 열악하여 성역화·자동화에 대한 필요성이 절실 해졌다.

(주)다케나카 공무점에서는 콘크리트공사 일련 작업의 자동화·로봇화에 박차를 가하며 지금까지 사용되어온 콘크리트 타설 장비대신 “수평 디스트리뷰테” “콘디스크레인”과 직접 마무리 작업에 사용하는 “서보로봇”을 개발, 실용화 하였다.

여기서는 고르기 작업에 관한 작업로봇중 공장, 사무실, 빌딩, 창고 등 장스팬 바닥에 적합한 “가더식 콘크리트 자동 고르기 기계(스크리드 로봇)”에 관하여 소개한다.

가. 개발배경

콘크리트 바닥고르기란 타설된 콘크리트를 가래나 스쿱 등으로 어느정도 표면을 고르고 나서 잣대 등으로 상단 레벨 작업을 하는 표면고르기 작업이다. 콘크리트 바닥의 레벨 정밀도는 거의 이 고르기 작업에서 결정되며, 다음공정인 쇠흙손질에서는 잔요철의 수정은 되지만 레벨수정은 되지 않는다.

수동 바닥고르기 작업에서는 다음과 같은 문제점이 있다.

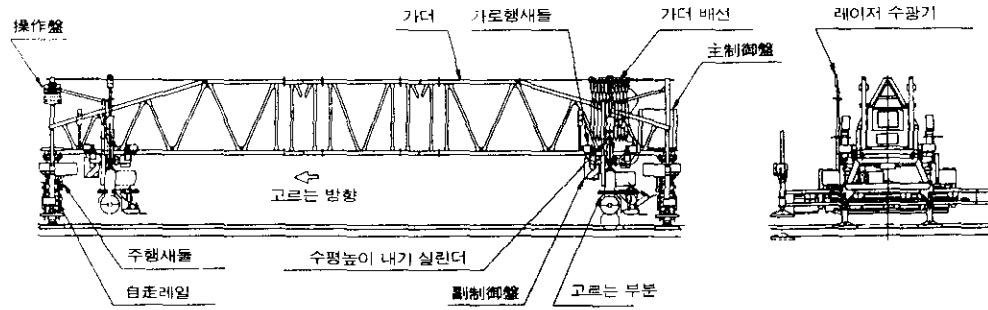
- 1) 작업원의 기능차로 인한 바닥레벨의 차등.
- 2) 콘크리트 워커빌리티(Workability)에 따라 작업부하가 변동된다.
- 3) 작업의 대부분이 수동 작업이다.
- 4) 숙련공의 부족·고령화가 심각하다.

이들 문제점을 해결하기 위해 콘크리트 자동 고르기 기계가 개발되었다.

나. 장비의 구성·사양

이 기계는 자동 조정 기능을 갖춘 레일위를 주행하는 가더에 자동 제어되는 고르기 부분을 장착하여 가더에 따라 한줄씩 콘크리트를 고른다.

가더는 레일 위를 주행하며 레일 끝부분에 도달하면 자동적으로 레일을 앞쪽으로 이동한다. 장비의 구성 및 사양을 그림 1 및 표 1에 제시한다.



[그림 1 전체개요]

명칭	콘크리트표면 자동고르기
형식	CFR-350GII
치수	(L)6.4~19.4 x (W)4.3 x (H)2.3m
가더길이	6~19m(1피치)
고름폭	4.5~17.5m
고름부분	2가닥스큐류방식, 길이1.6m
횡행속도	0~0.8m/초
주행속도	0~0.3m/초
운전모드	전자동, 레벨자동, 수동
전원	3상 200/220 5KVA

[표 1 사양]

1) 고르기 부분

고르기 부분은 여분의 콘크리트를 콘크리트 축방향으로 반송하여 레벨작업을 하는 반송설비, 두 가닥을 감은 스크류(Screw), 고름면을 매끈하게 하여 골재를 가라앉히는 진동판, 가더위를 횡단하는 횡행재들, 스크루와 진동판을 가더의 처짐이나 바탕의 요철등에 영향 받지

않고 항상 수평하고 소정 높이로 제어하는 서브 실린더 등으로 구성 된다(그림 2). 횡행재에 의한 고르기 너비는 1.6M 이지만 시공에서는 약간 넓이를 넓게 한다.

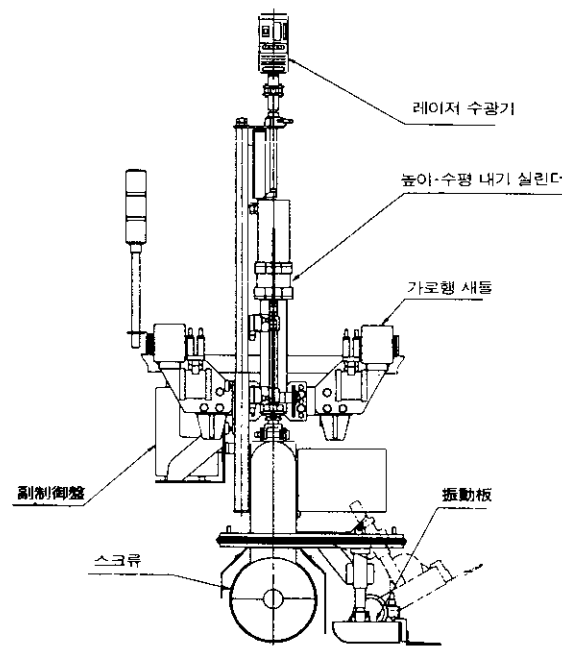


그림2 고르기 부분의 개요

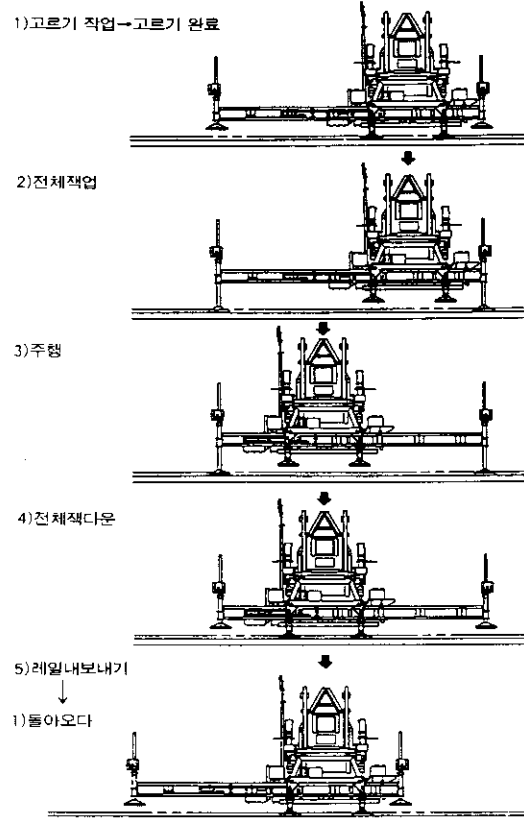
[그림 2 고르기 부분의 개요]

2) 가더

트러스 구조인 가더는 경량화를 피하기 위해 알루미늄 합금을 사용하고 끝부분 가더는 3M, 중간부분은 1M와 2M로 분할 할수 있고 가더 길이는 1M 피치로 최소 6M에서 최대 19M 까지 선택 가능하다.

3) 주행새들(Shaddle), 자주레일

가더 양단의 주행 새들은 레일 앞과 뒤의 잭으로 주행새들을 들어 올린 상태에서 레일 위를 움직인다. 레일 끝 부분에 도달하면 잭을 오무려 주행새들 제어부의 높이를 낮추어 레일을 부상 시킨 상태로 주행롤러를 역회전 시켜 레일을 앞쪽으로 내보낸다. 레일 변환 상황을 그림 3에 나타낸다.



[그림 3 레일 변환상황도]

4) 제어부분

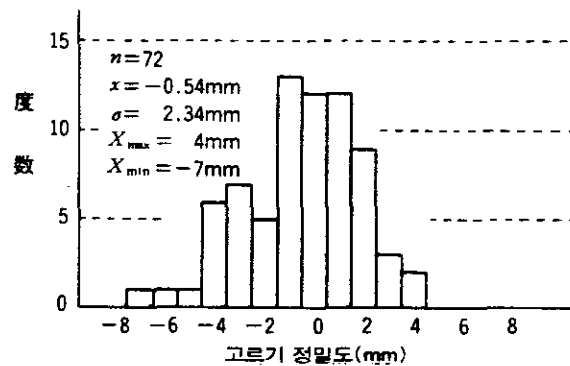
제어부분은 가더위의 주제어반과 조작반, 고르는 부분에 탑재한 부제어반으로 나뉘어지며, 주제어반은 프로그램을 컨트롤 하며, 각종 I/O로 구성되며 외부 센서(경사계·레이저레벨·로터리 엔코더 등)로부터의 정보를 처리하여 각 부분을 제어 한다.

다. 시공실적

현재 3대의 자동콘크리트 기계가 작동하고 있으나 시공실적은 '92년 2월 까지 24곳의 작업장 약 94,300m² 달한다.

라. 고르기 정밀도

시공실적 중에서 면적 약 7,220m²의 약 65%를 콘크리트 자동 고르기 기계로 시공한 공장의 바닥 콘크리트의 예를 들겠다.

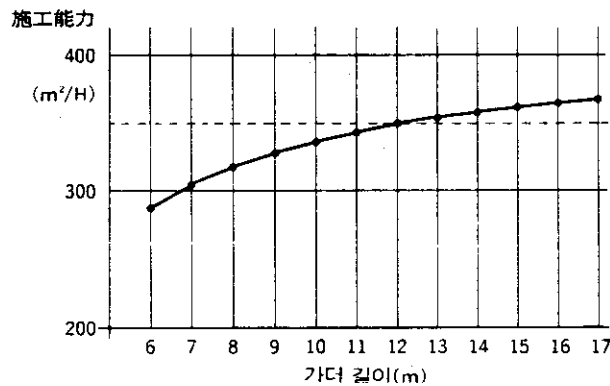


[그림 4 고르기 정밀도]

바닥 레벨을 5m 피치로 측정한 결과 고르기 오차가 최대 +4mm, 최소 -7mm, 평균 -0.54mm, $\sigma=2.34\text{mm}$ 였다(그림 4). 이에 의해 수동작업에 의한 바닥 고르기 정밀도($\sigma=426\text{mm}$)에 비해 표면레벨편차가 적어 정밀도가 높다는 것을 보여 주고 있다.

마. 시공능력

이 기계의 능력을 계산하면(그림 5), 가더길이 12m를 사용 하였을 때 약 350m²/h의 시공능력이 있는 것으로 나타났다. 실제시공 에서 는 가더 길이 13~17m에서 한번 고를때 타설대기 등의 로스(Loss) 시간을 포함하여 시공능력이 180~240m²/h 였다. 이 값을 슬래브 두께 180cm 로 환산하면 약 32~43m²/h 가 되어 수동작업 타설 속도와 비교해도 충분히 경제성이 있는 것으로 나타났다.



[그림 5 시공능력]

또한 시공면적 1,000m²에서는 기계작동자 1명, 미장공 4~5명, 토공 2명 정도의 인원으로 시공하므로 재래공법에서 필요하던 미장공 8~10명, 토공 3~4명에 비해 20~40%의 인력을 절감하게 되었다.

콘크리트 자동고르기 기계의 개발로 타설·고르기·직접 마무리 같은 콘크리트공사 일련의 시스템화가 가능해져 작업환경의 개선과 구체의 품질향상에 효과를 올리고 있다.

3-4. 철판기동 자동용접 로봇

건설현장에서의 용접작업은 철판재의 접속이나, 큰보와 기둥과의 접속등 철판구조의 건물을 중심으로 널리 행해지고 있다.

용접작업은 작업부하가 크며, 큰보 위에서의 작업과 같은 비계 및 발판이 불안정한 곳에서의 위험한 작업을 많이 하는데다, 숙련을 필요로 하는 작업이다.

이와같은 원인으로 용접작업자의 취업이 감소하고 있으며, 특히 젊은 일손이 부족하여 최근과 같이 건설물량이 급증 했었을 때는 더욱 심각한 인력난이 발생 하였다.

이 때문에 이러한 문제 해결의 한 방법으로 제네콘의 각사와 제조회사가 중심이 되어 현장 작업에 적합한 용접로봇 개발이 1990년 정부터 급격히 부각 되었고, 표 1에서와와 같이 여러 업체에서 용접로봇이 개발하여 현장에서 사용되었다.

개발연도	기 종	적 용 대 상	개 발 회 사
1992년	기동용접로봇	기동-기동접합	清水建設(株), 삼택건설(주)
	기동용접로봇	기동-기동접합 (BOX 형)	大林(株), 日立造船(株)
	기동용접로봇	기동-기동접합 (원형)	(株)竹中工務店 住金容接工業(株)
	큰보용접로봇 (NS-21)	기동-큰보접합	(株)竹中工務店 日鐵容接工業(株)

[표 1 용접로봇 개발 사례]

개발 방향으로서는 1회 용접량이 많고, 연속 용접 작업시간이 길며, 또 능숙한 숙련을 요구하며, 인력난이 심각하여 로봇화의 효과가 크다고 여겨지는 기동 접속용 용접로봇을 개발기로 하였다.

가. 로봇화의 목적

앞에서 설명한 것처럼 현장에서의 용접작업은 작업부하가 높고 위험한 작업이 많아 인력난을 가중 시켰다. 작업능률도 용접공의 일상 용접 길이는 60~70m 이기 때문에 용접공 2사람의 1일 작업량은 기둥 2개/일(기둥너비 600mm, 두께 28mm)의 시공량이 평균이며, 또한 외부조건에 의한 작업량의 제한으로 작업능률 향상도 어려웠다.

아울러 기량을 필요로 하며 고품질의 용접을 확보해야 한다.

이렇게 문제가 많은 작업이기 때문에 용접작업의 로봇화의 필요성이 절실하여 인원감축, 작업능률향상, 작업부하경감, 고품질확보를 목적으로 개발이 진행 되었다.

나. 개발의 경위와 목표

이번 여기에 기술하는 철골기둥 자동용접로봇은 1988년에 시미즈 건설이 개발을 위한 현장조사를 실시하여 1990년부터 미쓰비시중공업(주)과 공동개발 한 것이다.

또한 개발에 즈음하여 (주)토쿄철골교량 제작소의 협력도 있었다.

개발에 있어서는 다음에 제시한 개발목표를 설정 하였다.

- 1) 아크타임울을 향상시키기 위해 박스(Box)의 코너 부분까지 포함한 자동연속용접을 가능케 한다.
- 2) 용접공 1명으로 여러개의 자동용접로봇을 조작케 한다. 이를 위해 조작 및 준비작업을 쉽게 할수 있도록 한다.
- 3) 다양한 종류의 기둥형상에 적용할수 있도록 범용성을 갖춘다.
- 4) 규정에 만족한 철골제작 정밀도, 설치정밀도의 범위내에 있도록 한다

다. 적용대상

위와 같은 목표를 설정하여 개발에 착수, 1992년 6월에 1호기를 완성시켜 토쿄내의 현장에 적용 하였다.

이 자동용접로봇의 적용대상은 표 2와 같다

항 목	내 용
기 등 형 상	BOX기둥, 원형기둥, H형기둥
기 등 치 수	BOX기둥의 경우, 550~1,200mm
기둥판 두께	80mm이하
개 선 각 도	25, 30, 25
루 트 캡	6~12mm

[표 2 적용대상]

이 용접로봇을 현장에 적용해본 결과 철골제작 정밀도 및 설치 정밀도에 있어서 일반적인 작업범위 내에서는 시공에 문제가 없는 것으로 나타났다.

또 효율면에서 본 경우 판 두께가 두껍고, 기둥너비가 넓은 기둥의 시공 일수록 효율적인 것으로 나타났다.

더욱 이 장비는 현재 철골건축공사에 많이 사용되고 있으나, 토목공사 등 여타 용접 공사에서도 가로보기 현장용접용으로 사용 가능한 것으로 밝혀졌다.

라. 로봇 시스템의 개요

1) 시스템의 주된 사양은 표 3과 같다.

항 목		사 양
로 봇 몸 체	치 수	L300 x W300 x H300(mm)
	중 량	18kg
	주행방식	레일주행방식
	제어방식	레이저센서에 의한 개선형상, 토치위치 제어
	구동축수	4개
	용접자세	가로보기식
레일	형 식	8분할 방식
용접	실드가스	CO ₂ , MAG가스
방법	용 접 기	350A, 와이어직경 Ø1, 2

[표 3 용접로봇 사양]

가) 용접로봇 몸체

CO₂ 또는 MAG 가스를 실드 내부의 가스로 사용하여 구동축 4개로 가로보기 용접을 자동으로 하며, 레이저 센서를 사용한 개선형상의 인식기능을 갖춘 센서로 부터의 정보와 데이터를 대조하여 토치 목표 위치등을 제어해서 용접한다. 또 로봇에 의한 용접형태를 레일에 따라 기둥 둘레를 연속적으로 한바퀴 용접하고 나서 다시 반전하여 용접하는 자동용접 방식을 채택 하였다.

나) 주행레일

로봇 이동을 안내하는 레일이며, 기둥에 부착하여 사용 한다. 레일도 최대 8등분이 가능하지만 작업자는 통상 4등분할 하여 기둥에 부착 사용할수 있다. 4등분할인 경우 1절의 최대 중량은 13Kg 이다.

레일 구성은 직선부분과 코너부분으로 나뉘어지며, 직선부분의 교환으로 너비가 넓은 기둥에도 사용이 가능하다.

다) 운반용 반송 트럭

제어장치나 와이어 공급장치 등을 반송하는 트럭이며, 데크 플레이트(Deck Plate) 등에서도 주행이 가능하다.

이밖에도 로봇의 제어 장치나 CO₂ 또는 MAG 가스, 용접기 등으로 시스템이 구성 된다.

2) 시스템의 특징

이 시스템에는 당초 설정한 개발 목표를 달성하기 위해 특별한 기능과 구조로 구성되어 있다.

주된 내용은 다음과 같다.

가) 아크타임아웃을 향상을 위해서 코너 부분을 포함한 4면 기둥 연속용접이 가능한 용접방법 채택 함.

나) 용접공 1명으로 2~3대의 장비 취급이 가능하며 인원을 줄일수 있게 함

이를 위한 대책으로 레이저 센서를 사용한 제어방법을 채택하여 Teaching이 필요 없어 다루기 쉽게 되었다. 또한 레일을 소형, 경량의 분할식으로 하여 간단히 작업 준비를 할수 있게 되었다. 로봇 자체 중량도 18Kg인 경량 이므로 작업자 1명이 설치 가능하다.

다) 주행레일 교환으로 각기둥, 등근기둥 등 여러가지 기둥

형상에 사용할수 있는 범용성이 있다.

라) 레이저 센서에 의한 자동제어로 용접재 형상 변화에 따른 대응이 가능하며 고품질의 용접이 이루어 진다.

마. 현장적용시 주의사항

로봇용접에 있어서의 주의할 점은 시공환경, 특히 개선면, 접속면의 녹과 빗물 등의 수분에 주의 해야 한다.

일상 작업에서도 주의해야 할 점이지만 완전한 예열 등 처음 용접시에 특히 유의 해야 한다.

바. 적용결과

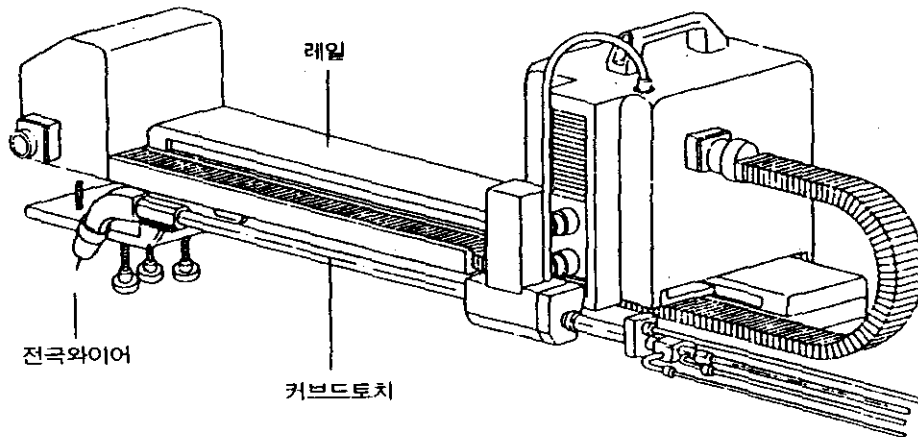
로봇은 1992년 4월 개발을 끝내고 6월 도쿄도내 현장에서 시공하였다. 시공대상인 기둥 형상은 Box 기둥이며 기둥너비 650mm, 판두께 32mm, 개선각도 25 °이다.

시공 시간은 기둥 1개당 약 4시간이 걸렸다. 이는 재래식 용접 보다 한명당 2~3배의 작업효율이 높아졌다. 이 현장에서의 시공결과를 바탕으로 개량을 거듭하여 더욱 완성도를 높이고 있다.

3-5. 자동용접로봇 「NS 로봇 21」

1991년 3월~7월에 걸쳐 철골건축공사 현장의 현장용접에 「NS로봇 21」 사용 방안을 전면 채택 하였다(그림 1). 현장 사용에 앞서 “우선 공장용접부터”라는 의견도 있었으나, 응용문제가 보다 많이 요구되는 현장용접에의 이용시 그 진가가 발휘될수 있다는 판단하에 현장에 먼저 도입된 것이다. 연구자와 시공자가 혼연 일체가 되어 여러 가지 현안문제에 도전하여 품질면과 능률면에서 상당한 성과를 거둘수 있었다.

또한 데크 플레이트(Dcek Plate) 위를 주행 할수 있는 정도의 경량 이면서, 조작이 편리한 용접작업차를 개발하기 시작하여 1992년 5월에 시험을 끝냈다. 용접로봇에 의한 현장 용접은 충분히 실용화 단계에 도달하여 앞으로는 숙련공의 고령화 등 사회적 배경과 더불어 그 보급이 가속화 될 것이라 생각 된다.



[그림 1 NS 로봇 21]

가. 철골건축과 용접로봇

철골현장 용접의 로봇화가 검토되기 시작하여 수년이 경과 하였지만 실제로 사용된 사례는 극히 드물다.

공장에서조차 용접로봇이 효과적으로 사용되고 있는 부위는 기둥 맞춤블록 용접 등 일부에 한정 되었으며, 본격적인 사용은 「NS 용접로봇 21」의 개발 이후 부터이다.

철골건축용접의 특징은 다음과 같다

- 1) 용접 길이가 비교적 짧고, 용접작업을 하여야할 곳이 많다
- 2) 용접 부분은 각각의 형상, 용접자세, 판두께, 정밀도 등이 각각 달라 거의 모두 그 조건이 조금씩 다르다.
- 3) 철골부재는 외형과 중량이 커서 용접 작업장소를 이동하는 데는 별도의 설비가 필요하다. 용접의 패턴화는 가능하지만 여러 조건을 모두 만족시키는 로봇화는 대단히 어렵다.

또한 용접기를 고정하고 용접 토치만 이동하는 재래식 방법은 적용범위가 한정 된다.

이런 점을 감안하면 Handling 이나 Teaching 등이 쉽고, 조건 변화에 유연하게 대응할수 있으며, 품질이 안정된 용접을 할 수 있는 자동용접기가 철골건축용 용접로봇이 되어야 한다.

나. 용접로봇의 개발 방향

1) 경제성 · 실용성 · 발전성

「가격이 싼뿐 아니라 적용범위가 넓으며 투자효율이 좋다. 잔 일을 해낼수 있고 사용의 편리성으로 초보자라도 사용할 수 있다. 이와 더불어 장래에 발전성이 있는 로봇」가 개발 목표이다.

즉 경제성 · 실용성 · 발전성이 용접로봇 개발의 3원칙이다.

2) Man - Machine System

완전한 무인화는 이론적으로 가능하지만 변화 무상한 철골부재에 대해 모두 사용할 수 있는 경제성있는 로봇의 개발은 무리이다.

따라서 인간의 검지, 처리능력을 잘활용한 Man-Machine System을 이 로봇에 적용한다.

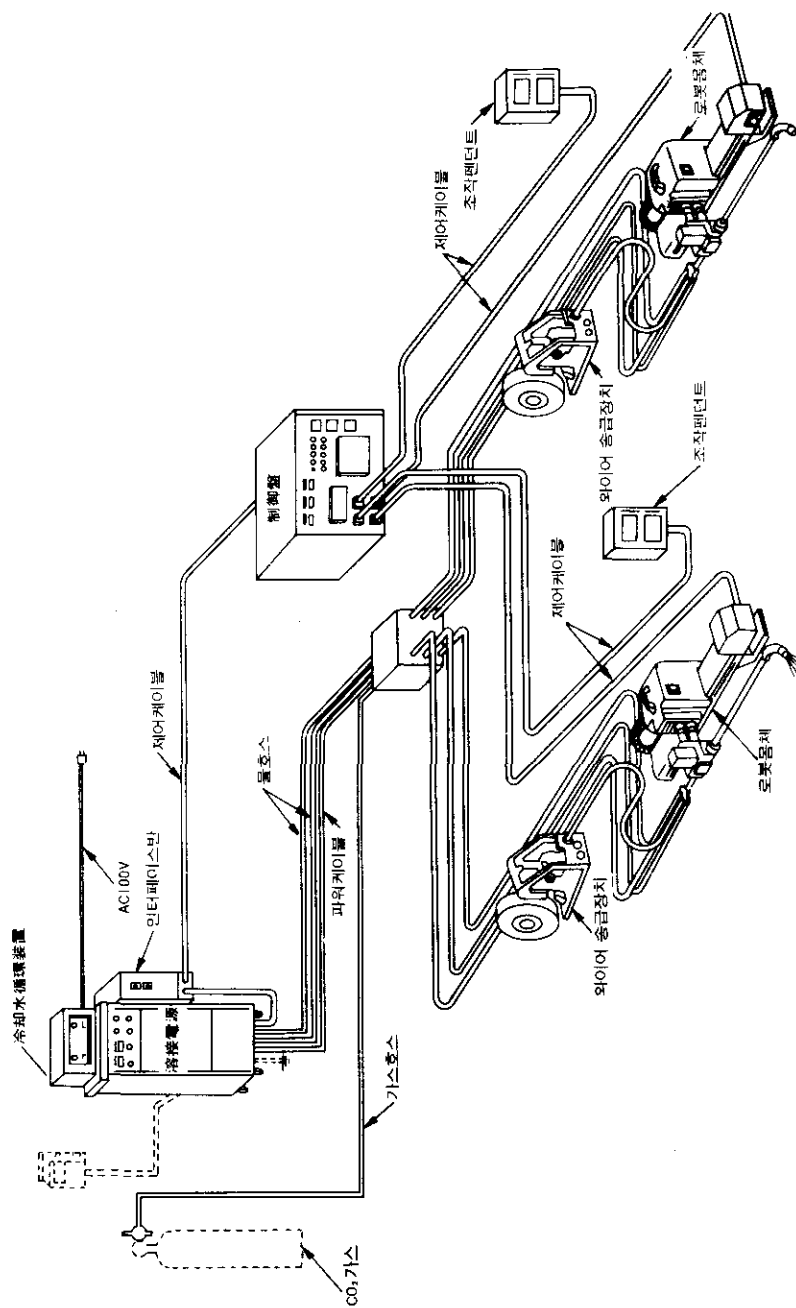


그림2 기기구성

다. 용접로봇의 특징

1) 경량소형의 직행형 로봇

용접의 진행에 따른 아크의 이동에는 직행 3축과 토치 회전에 의한 단순한 방식을 채택 한 것이며, 로봇 몸체 중량은 20Kg으로 경량이다. 용접토치로는 축심 둘레에 회전기구를 갖춘 커브토치를 채택하여 각종 용접자세나 보밀 플랜지의 스카럽통과 같은 비좁은 곳에서의 용접도 가능하다.

2) 효율적인 21 시스템

이 용접로봇은 앞 페이지 그림 2처럼 2 set의 단말 부분(로봇 몸체, 와이어 공급장치 등)과 1set의 공통부분(전원, 제어반 등)에 의해 시스템이 구성 되어 있다.

한쪽 단말에서 용접하는 동안 다른한쪽 단말에서 용접 준비나 뒤틀 처리를 한다. 즉 2대의 로봇이 전원과 제어반을 공유하는 시스템이다. 용접길이가 짧은 철골건축용으로 제작된 것이며 아래와 같은 장점이 있다.

가) 약 1.5대의 비용으로 2대분의 기능을 한다.

나) 기기의 반송, 수용 공간이 줄어든다.

3) Part Component System

용접로봇을 구성하는 레일, 로봇몸체, 토치 등 각 파트의 방향변환이나 교환이 쉽게 이루어져 다양한 용접 조건에 사용이 가능케 한 것이 Part Component System 이다.

현재는 일부만 실용화 되어 있으나 장래에는 다양한 용접프로그램의 개발로 실용화 할수 있도록 할 계획이다.

4) 제어시스템

로봇의 두뇌 역할을 하는 제어 시스템은 인식, 판단, 실행으로 구성 되지만 이 용접 로봇의 특징은 「인식과 판단」에 있다.

가) 인식

이른바 Teaching 작업이며 용접패턴, 개선치수등을 아래에 의해 로봇에 인식 시킨다.

① 용접패턴

용접자세, 개선방향, End 처리조건, 와이어의 종류 등 제반 요소의

조합에 의한 용접패턴을 Job Number로 분류하고 있으며, 이를 달대 공 등에 의해 3자리 숫자로 지시 한다.

지금은 약 20의 Job를 준비하고 있으나 필요에 따라 Job를 늘릴 수 있다.

② 판단

이 용접로봇의 특징의 하나는 용착금속의 적층설계를 논리연산으로 하는 점이다. 데이터베이스형과는 달리 용접가능 범위를 넓고 연속적인 것으로 변환 시킬수 있다.

예컨데 아래보기 L형 용접인 경우 루트캡의 변동에 따라 토치의 진행 속도와 위밍폭을 변화 시켜 일정두께의 용착금속을 형성하는 방법을 취하고 있다. 이 때문에 큰 테이퍼 캡을 용접할 수 있다.

5) 용접적용 범위

이 용접로봇은 직행 3축 방향의 움직임과 토치축 둘래의 회전 및 토치축 여타방향에 장착을 바꾸어 표 1에 제시한 작업을 할수 있다

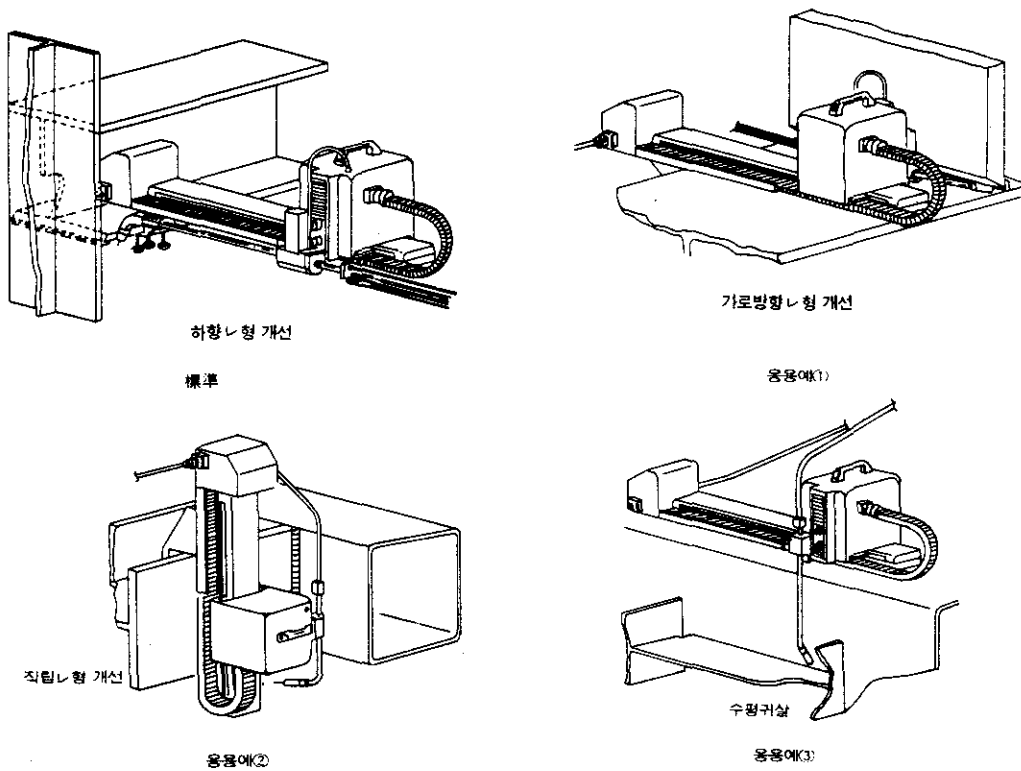
용접자세	개선행상	판두께(mm)	루트캡(mm)
아래보기T이음	L형 30~50	12~50	3~15
아래보기평이음	L형 30~50	12~50	3~15
가로보기T이음	L형 35	12~32	3~15
가로보기평이음	L형 35	12~32	3~15
수 평 귀 살	-	4~15	-
직 립 T 이 음	L형 30~40	20~32	3~15

주)다중용접은 모두 뒷담쇠붙이

[표 1 용접조건]

라. 현장 적용

고베시 서구의 컴퓨터 연구 관련 생산시설의 건설에 있어서 철골 생산 시스템 합리화 시도의 일환으로 구조적으로 크리티칼한 기둥 및 보의 현장 용접에 고품질, 고기능과 고지능화가 요구되어 이 로봇 용접을 채택 사용 하였다.



[그림 3 파트 컴퍼넌트 시스템]

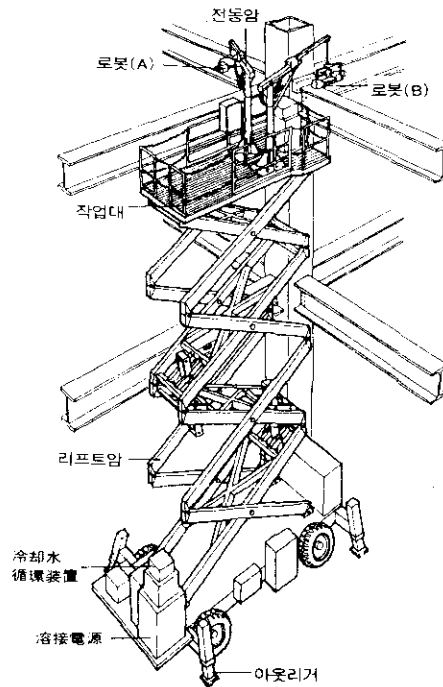
1) 로봇 반송설비

단말 부분은 30Kg 으로 경량화 되어 있으나, 철골공사중인 작업현장에서 인력만으로 조작하는 것은 매우 곤란 하다.

현장에서 로봇용접의 성패는 어떻게 기계를 효율적으로 이동 시키느냐에 달려 있다.

이 공사에서는 로봇의 이동을 최소화 하기 위해 상·하층으로 이동을 하여 기둥 단위로 용접을 하고 다음에 다른 기둥으로 수평이동하는 방법을 채택 하였다.

로봇의 반송과 작업원의 이동에는 기존 높은 곳에 위치한 작업장으로 근로자가 직접 이동하는 방법을 개선하여 용접로봇 1식과 조작용 암(Arm)을 설치한 그림 4에 나타낸 작업차를 사용였다.



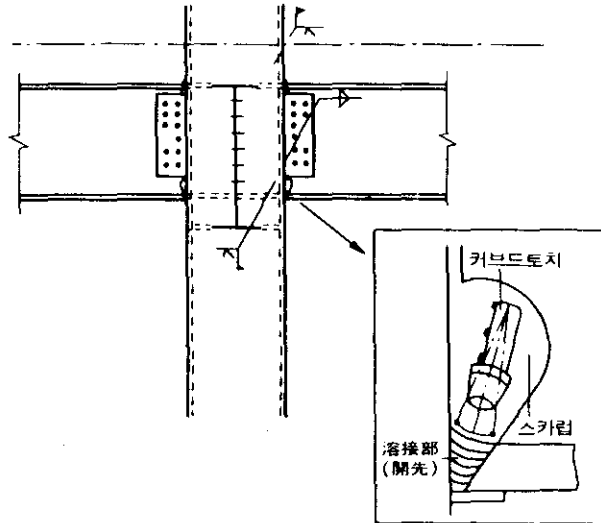
[그림 4 용접작업차]

이 작업차는 용접부분의 도달 높이가 12M이고 1절 3층분의 기둥, 보접속을 한번에 할 수 있다. 그러나 총 중량이 5.5t 인 관계로 주행 바닥이 콘크리트 바닥에 한정 되기 때문에 콘크리트타설, 양생후에 용접공사에 착수 해야 하는 단점이 있다.

2) 현장적용 평가

이 용접로봇용으로 용접한 부위는 전 접속 부분의 약80%에 해당되는 1,400 개소, 6mm 귀살 환산으로 약 10,000m 이다.

로봇 용접의 대상이 된 기둥, 보 접속부분을 그림 5에 나타낸다



가) 품질

용접부분의 샘플링 검사로 초음파 검사를 실시 하였다.

초기에는 실험실에서 경험하지 못한 세찬 비바람이나, 진동, 누전 등으로 인한 작업의 어려움이 발생하였고, 불합격된 곳도 2개소가 검출 되었다. 그러나 방풍 대책이나 용접대책 및 소프트웨어의 개량으로 650의 검사개소(평균 샘플링의 50%)에서 용접결함이 전무하여, 100%의 합격 되었다.

나) 작업능력

두대의 작업차를 사용하여 1절(1, 2층)에서는 2층분, 2절(3~5층)에서는 3층 분량의 기둥과 보를 용접 하였다.

초기에는 2명의 작업원이 1대의 작업차를 타고 용접을 실시하여

작업능률도 재래식 용접보다는 조금 떨어 졌으나, 후반에는 1명이 작업할수 있게 되어 작업능률이 6mm 귀살용접으로 환산하면 86m/1인으로 되어 능률이 대폭 향상 되었다.

3) 비, 바람 대책

용접은 탄산가스실드 때문에 바람이 강할 때에는 방풍 조치가 필요하다. 로봇용접에서는 항상 아크를 직접 보면서 작업을 할 필요가 없으므로 국부적인 방풍 커버를 사용하였다.

이 방풍 커버는 커다란 방풍시트가 필요없게 될 뿐 아니라 용접불뚝의 비산이나 다른 작업자에게 아크불꽃이 직접 보이게 되는 것을 방지 하는 등 부차적 효과도 있다. 비에 대해서는 작업중 불가피 하게 제어반 등에 덮는 시트를 하지않을 경우 작업차 전체에 시트를 쳐 보호하였다.

4) 조작

용접로봇의 조작에 어느정도 훈련이 필요한지, 또 자질로서 무엇이 필요한지 가 과제이다.

본 공사에서는 2일간의 교육과 3일간 연습 실시후 일반적인 반자동 용접과 같은 기량 시험을 실시 하였다.

시험에 투입된 조작용원은 현장 용접작업 이외의 실무경력이 1~2년 있으나, 용접 실무 경력없는 젊은이 2명이 기용하였다.

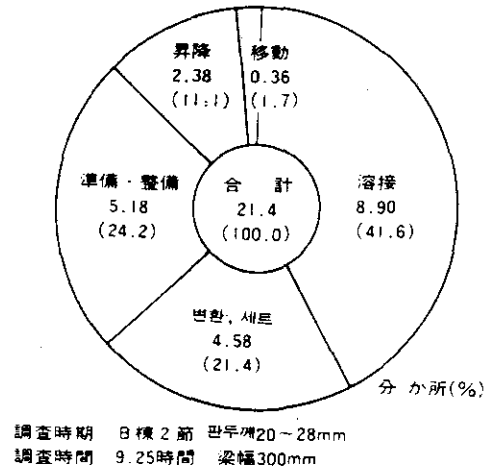
무경험자라도 조작 할 수 있는 로봇이 목표 였으나 용접작업은 위험한 작업인데다 여러가지 응용 문제가 발생할 현장용접 에서는 무경험자는 곤란한 것으로 나타났다.

실수 없이 순서를 터득하기 까지는 상당한 숙달이 필요하며 현장 환경이나 기기조작에 익숙한 단계에서는 능률이 대폭 상승된 것으로 나타났다.

마. 향후 과제

용접로봇을 현장용접에 적용하여 발생된 문제점을 개량 함으로서 최종적으로는 당초 계획 이상의 성과를 얻었고, 한쪽 에서는 이 공법을 널리 보급하기 위해 해결 해야할 몇가지 과제도 있었다.

용접작업시간의 내역은 그림 6과 같다.



[그림 6 용접작업시간 내역]

로봇반송 설비는 작업능률 향상에 크게 영향을 미치는 요소이다. 이 공사에서는 기존 고소 작업차를 기본으로 사용 하였으나 중량, 조작성 등에 한계가 있어 개량 된 고소작업차가 필요하다고 본다.

용접로봇에 관해서는 사용상의 편리성을 더 한층 제고하여 능률을 향상 시키기 위한 개량작업을 하여야 하며, 비바람, 눈, 누전에 대한 완벽한 대책과 고장이나 작업시 발생할 어려움 등에 대해 즉각 대응 할수 있는 시스템 개발이 향후 과제이다

3-6. 인양하물 위치제어 시스템

가. 개요

여기서는 크레인으로 달아올린 하물의 수직축 둘레에 회전을 제어하는 시스템에 관하여 기술한다. 고층빌딩 건설에 있어서는 강풍으로 인해 인양된 하물이 회전해 버림으로써 설치작업이 어려워지는 동시에 이로인하여 작업능률이 저하된다. 이를 방지하기 위해 이 시스템은 3개의 주된 유닛(센싱유닛·제어유닛·작동유닛)으로 구성된다. 이 시스템만 사용할 경우에도 안전성 및 작업효율의 향상에 크게 기여할수 있지만, 장래 전자동화 시공시스템을 개발하여 이 시스템을 일부 사용할 경우에는 그 중요성에서 중요한 서브(Sub)시스템의 하나가 될 수 있다.

일반적으로 초고층빌딩 건설에 있어서는 그 시공층수가 높아지면 질수록 일기에 따라 작업을 못하는 날이 많아진다. 그 주된 요인은 강우와 강풍이다. 강우로 인한 작업불능일은 시공부위가 높아지면 높아 질수록 빈번히 발생한다. 과거의 초고층빌딩 건축공사에서의 작업불능일 발생율을 표 1에 제시한다

빌딩명칭	건물높이	비·바람일	휴무일	실작업일
안전화재빌딩	193.0m	16.5%	17.5%	66.0%
신관센터빌딩	216.0m	13.0%	23.4%	63.6%
신숙NS빌딩	121.5m	17.3%	20.6%	62.1%
제1도청센타	241.8m	14.2%	18.1%	67.7%

[표 1 초고층빌딩건설 공사에서의 작업불능일율]

표 1중 제1청사에서의 일기에 기인한 작업불능일 내역중 강우 5.4%에 대해 강풍 8.8%로 되어 있다. 이 데이터로 강풍이 작업효율에 미치는 영향은 크다고 하겠다.

특히 중량에 비해 큰 면적을 지닌 외벽 PC의 부착작업에 미치는 영향은 실로 엄청나다.

이 때문에 강한 바람 속에서도 매달린 하물이 심하게 흔들리지 않고 희망하는 방향으로 자동 제어되는 시스템을 개발하였다. 개발초기 목적은 외벽 PC 판의 부착작업에서 매달 도구로만 사용하는 것을 목적으로 개발을 추진하였다. 이시스템을 사용하는 경우에 기대할 수 있는 효과에는 아래와 같다.

- 1) 외벽 PC 판을 끌어당길 때 안전성 향상.
- 2) 작업불능일수를 감소시킴에 따른 공기단축.

그러나 이 시스템의 본질적인 효과는 향후 개발되리라 예상되는 전자동화건축시공시스템의 일부 부속물로서 그 진가가 발휘되리라 고 보여지며 유용한 하나의 서브시스템이 될 것으로 확신한다.

나. 현장 적용

1) 이 시스템의 개발·도입을 최초 계획한 공사는 “요코하마 랜드마크 타워신축공사”이며, 완성시에는 일본에서 제일 높은 건물(296m)이 된다.

과거에 건설된 초고층빌딩의 시공일지를 살펴보면 이 건물 시공에서도 강풍으로 인한 작업불능일이 상당히 발생할 것으로 예상되었다. 외벽 PC판 부착작업시 강풍에 기인한 작업불능일과 이 시스템을 도입한 후의 효과를 추정하여 표 2처럼 정리하였다.

표에서 알 수 있듯이 작업을 할수 있는 일수가 늘어 월간 가동률이 향상된다.

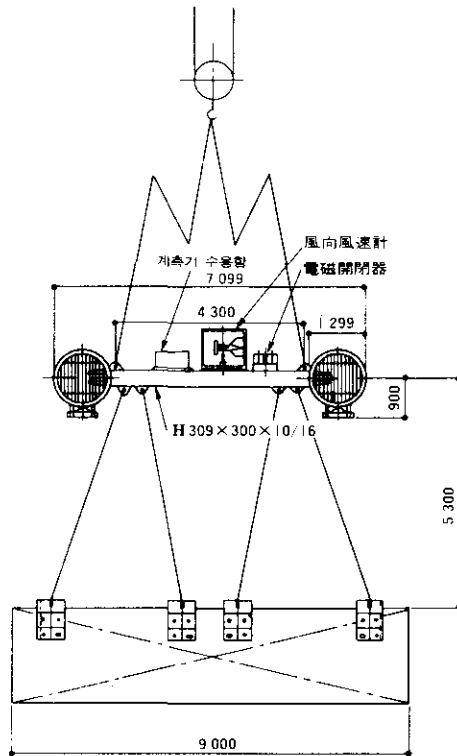
말하자면 효율적으로 공사를 진행할 수 있게 되어 최종적으로는 당해공사의 공기단축으로 이어진다.

항 목	종래작업방식 (이시스템 미사용)	이 시스템 사용	효 과
작업가능 일수	15일/월	19일/월	27%효율 향상
부착패널수	160본/월	200본/월	25%효율 향상
크레인 이동일수	15일/월	19일/월	중기손료 절감
패널부착공정	년 257일	년 205일	공종기간 단축

[표 2 시스템의 도입효과 예측]

특히 이번에 이 시스템의 도입을 계획한 공사(요코하마랜드마크타워 신축공사)는 공기단축이라는 임무를 부여받고 있으므로 이 시스템이 지니고 있는 공기단축 메리트가 높이 평가되어 도입 되었다.

2) 실제 외벽 PC판의 부착작업은 그림 1처럼 크레인에 의해 양중되던 콘크리트 패널을 패널에 부착되어 있는 로프를 잡아당겨서서히 설치위치까지 끌어올린다. 끌어 올리고 난후 패널에 볼트·너트로 죄어 본 구조물에 고정하면 부착작업이 끝난다.



主要項目

定 格 荷 重	2.0t
回 轉 ト リ ン	190kg/m
fan 風 量	950m ³ /min(정방향풍량)
fan 風 速	16.7m/sec
fan 推 力	32.8kgf(計量値)
fan 台 數	2
fan 電 動 機	7.5kW×4台, 인버터전용모터
制 御	누름버튼에 의한 점역운전(좌우단독)
電 源	220V, 50Hz

[그림 1 실험용 달빔]

이 시스템을 사용치 않을 경우 고층건물 시공은 높은 곳에서 작업이 이루어 진다는 점과, 바람이 강한 날에는 콘크리트 패널이 수직축 둘레에서 회전해버림으로써 근로자가 로프를 잡든지 끌어당기는 작업 등 위험부담이 대단히 큰 작업이 수행된다.

이 시스템은 매단 하물의 수평면내 방향을 소정의 방위로 지속적으로 유지 시킬 수 있으므로 로프를 잡는 것과 끌어당기는 작업을 안전하게 할 수가 있다.

다. 기초실험

1) fan 방식

fan을 사용하여 수평면 내에서의 매달을 하물의 자세를 능동적으로 바꾸는 시스템에 관하여 검토를 진행하였는데 fan으로 매단 하물의 자세를 변화시키든지, 바람을 맞으면서 그 자세를 유지하는 따위의 시도는 지금까지 해본 일이 없어서 그 효과·요동에 관하여는 불분명한 점이 많았다. 따라서 구체적인 검토에 앞서서 기본데이터를 얻기 위해 실물크기의 실험을 하기로 하였다. 실험목적은 fan 능력 산정 및 풍력 추정에 있다.

2) 실험

1991년 9월 그림 1과 같은 장치를 사용하여 허공에 3종류의 PC판을 매달아 4가지에 대한 실험을 하였다. 계측항목은 허공에 PC판을 사용했을 때의 회전각속도 및 풍향·풍속이며, 회전각속도 계측에는 레이트자일로를 사용하였고, 풍향·풍속의 측정에는 풍속계를 사용하여 데이터 레코더로 0.5초마다 계측·기록하였다. 위의 실험으로 얻어진 fan의 힘 및 풍압 토크에 기초하여 실험후 검토 실험에서는 다음 두가지 항목을 가정해서 실시하였다.

가) fan의 힘은 회전수의 제곱에 비례한다.

나) 풍압토크는 풍속의 제곱에 비례하여 도구 및 PC판의 수압면적에 비례한다.

라. 시스템의 조립

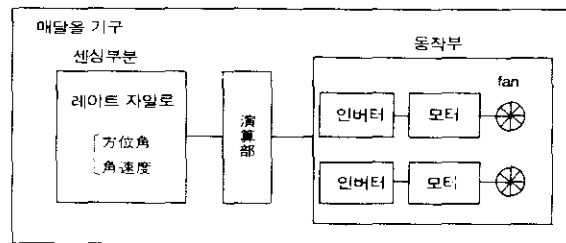
기초실험결과 fan으로 매단 하물의 자세를 잘 제어할 수 있는 가능

성이 커졌으므로 실제의 시스템을 시뮬레이션을 하였다.

시스템은 그림 2처럼 3부분으로 구성된다.

1) 센싱부분

도구 및 PC판의 각속도를 검출하여 이를 적분해서 방위각을 얻는다. 각속도 검출에는 드리프트가 적은 레이트자일로를 사용하여 검출 기록한다.



[그림 2 시스템 구성①]

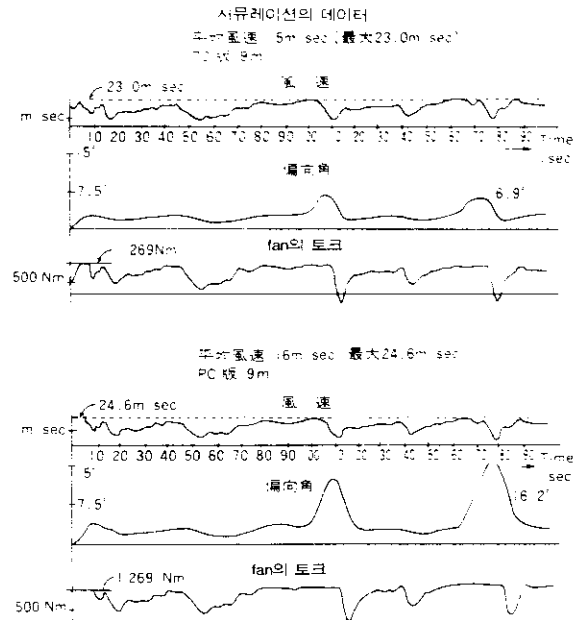
2) 연산부분

센싱부분으로 부터의 방위각·각속도를 얻어 설정된 방위와의 오차신호를 비례미분제어 해서 fan motor에 정회전, 역회전 및 회전수 명령을 내린다.

3) 작동부분

연산부분으로 부터의 명령에 따라 fan motor를 제어한다. 발생된 토크는 회전수의 제공에 비례한다.

기초실험에서 얻어진 실제 풍속 프로파일을 사용하여 9m의 PC판으로 시뮬레이션한 결과를 그림 3에 나타낸다. 그림은 풍속의 프로파일, 설정방위로 부터의 편향각, fan의 출력토크를 가리키고 있다. 이 결과 평균풍속 15m/s(최대 23m/s)까지는 편향각이 적어 충분히 사용할 수 있음을 알 수 있다.



[그림 3 시뮬레이션 결과]

라. 설계

시뮬레이션 결과를 바탕으로 시스템 설계를 하였다.

1) 설계조건

매달 하물은 달기 도구와 4종류의 PC판(최대너비 9m)과의 조합으로 한다. 매달 하물을 달아올릴 준비를 한 다음 양중 중에는 수평면 내에서 $\pm 15''$ 이내의 자세로 제어하면서 결합부분 가까이까지 이동시켜 온 다음에 작업원이 리모트컨트롤(무선)에 의해 결합하기 쉬운 자세가 될 수 있도록 조정할수 있는 시스템으로 한다.

가) 준비작업

위의 작업원에 의해 양중 중인 PC 자세에 거의 가까운 방위로 세트해서 방위를 기억시킨다.

나) 양중

자동제어시 평균풍속이 15m/s 이하이면 방위각을 $\pm 15''$ 이내로

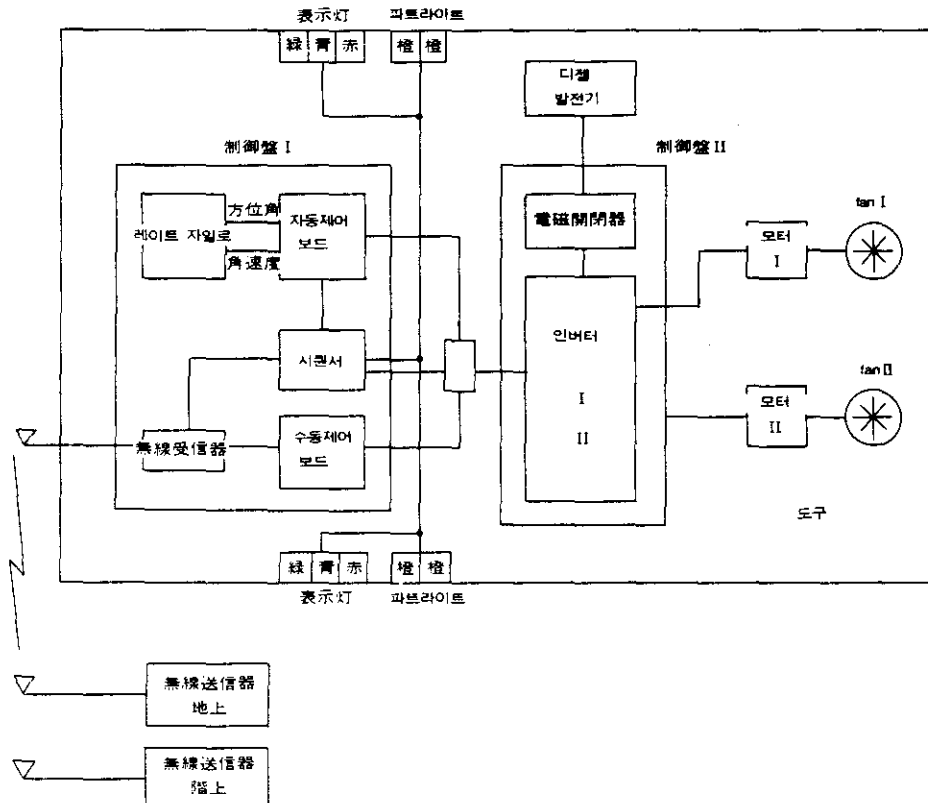
PC판의 자세를 유지 시킨다.

다) 결합

상부 작업원의 수동조작으로 $\pm 15^{\circ}$ 이내로 자세를 맞춘다.

2) 시스템의 구성

시스템은 그림 4처럼 구성되어 있다.



[그림 4 시스템 구성②]

가) 센서

방위센서로는 자기콤파스·자일로콤파스 등도 생각할 수 있지만 현장의 철골 등에 의한 자기 등으로 인해 오차가 생기는 자기콤파스나 시동시간이 길어 취급하기 어려운 자일로콤파스의 사용을 피하였고 각속도 검출에는 드리프트가 적은 레이트자일로를 사용하였다. 레이트자일로로 검출한 각속도를 적분해서 방위각으로 한다.

나) 센서의 출력은 자동제어보드에 입력하여 제어에 필요한 연산을 한다.

다) 연산한 오차신호전압에 비례하여 주파수(최대 60Hz)가 발생하는 인버터 I,II를 통하여 fan motor(7.5kW × 2대)를 제어운전한다. 모터의 최대회전수는 1,800rpm이고 fan의 직경은 900mm 로 한다.

라) 수동모드에 의해 리모트 컨트롤하기 때문에 수동제어보드, 시퀀서 등을 갖춘다.

마) 제어상태를 명시하기 위해 녹색·청색·빨강의 표시등 및 오렌지색 전등을 달기 도구 위·아래에 설치한다.

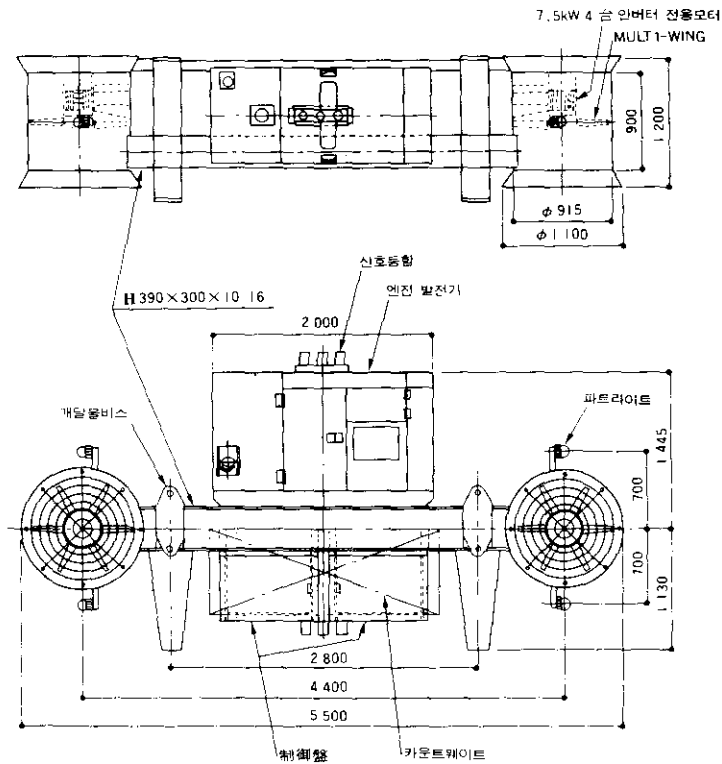
바) 전원장치로서 디젤발전기(44KW)를 사용하고, 개폐기능을 갖춘다.

사) 제어는 모두 무선으로 한다. 무선제어는 지상 및 옥상에서 한다.

시스템의 전체모양은 그림 5와 같다.

定 格 荷 重	1.4t
回 轉 力 矩	133kgfm
fan 風 量	750m ³ /min(常風量時)
fan 風 速	19.7m/sec
fan 推 力	30.3kgf(計量値)
fan 台 數	2
fan 電 動 機	7.5kW×4台, 인버터전용모터
發 電 機	防音型연진發電機 57ps·45kVA
電 源	220V, 60Hz

[주요사항]



[그림 5 시스템 도면]

이 시스템 개발은 1990년 11월부터 검토를 시작하여 1991년 9월에 기초실험을 하였고 이시스템을 1991년 12월에 “요코하마랜드마크타워 신축공사작업장”에 투입 사용 하였다. 그 후 약 한달반이 지난후 무선통신기나 제어회로의 제어계수 등 종합적인 조절 장치를 추가 하여 실용화 하기에 이르렀다. 그 뒤 1992년 3월에 실시한 효과측정 실험결과 실제의 작업조건에서도 효과적으로 작동 한다는 것이 확인되었다. 위의 작업장에서는 이 시스템만용 사용했어도 앞에서 설명한 효과(안전성의 향상·작업효율 제고)를 거두게 되었다.

앞으로는 전자동화건축시공시스템 중 가장 유력한 하나의 서비스

시스템으로 완성하려고 하고 있다.

전자동화 건축공사시스템에서도 종래에 사용한 크레인을 자재양중용 장비로 사용할 경우 매달을 하물이 수직축 둘레에서 회전해 버리는 현상은 막을 길이 없다. 크레인으로 양중한 자재를 설치(부품 결합 또는 조립)로봇가 받아주는 장면 등에서는 매우 중요한 보조 시스템이 될 수 있다.

앞으로는 현재 “요코하마랜드마크타워신축공사”에서 가동하고 있는 이 시스템의 기능을 확인하는 동시에 장래의 전자동화건축시공시스템 중에서의 이 시스템(서브시스템으로서의)의 위치설정·역할·요구되는 기능을 명확히 해두려고 한다.

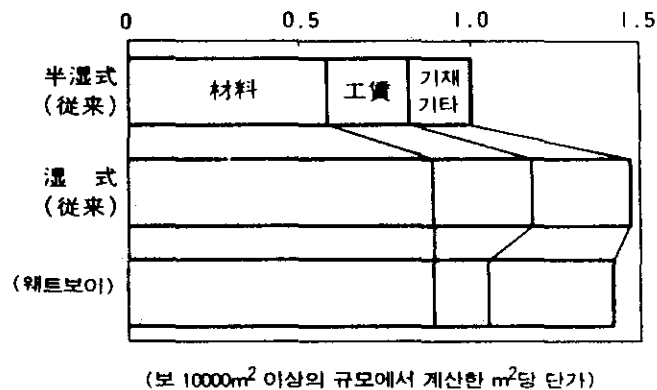
3-7. 습식내화피복 뿔철 로봇

내부피복 시공에는 각종 공법이 있으며, 설계 및 시공조건에 맞추어 최적공법이 선정되지만 일반적으로 시공능률이나 공사단가면에서 현장에서 직접 뿔철 작업을하는 공법이 채택되는 예가 대단히 많다.

이 뿔철공법에도 뿔철재료의 종류에 따라 반습식과 습식의 두 가지가 있는데, 이중 반습식이 내화피복 뿔철공사의 거의 90%를 차지하는 실정이다.

그러나 반습식 뿔철작업은 재료의 튕김이나 분진이 발생하므로 작업환경이 너무도 열악하여 주위의 작업에도 영향을 미치고 있다. 이 때문에 작업장소는 외부 비산방지용 양생포를 전면에 설치하고 작업원은 방진용 의복이나 마스크를 착용하지 않으면 그 속에 작업할 수 없는 상황에 처하게 된다.

습식인 경우는 비교적 분진이 적으므로 양생은 간단히 할 수 있으나 이 또한 재료의 튕김이나 흩날림이 발생하므로 작업원에는 동일한 방진대책이 필요하다.



[그림 1 단가구성비율]

또한 어느 경우든 무거운 뿔칠노즐을 잡고 재료공급호스를 끌고가면서 높은 비계 위에서 부자연스런 자세로 작업하기 일수이며 2~3명이 1조가 되어 교대로 작업을 해야 하는 피로가 심한 작업이다. 이 때문에 작업원의 휴식이 불가피 하고 또 비계간의 이동도 결들여지며 또 사전준비·사후 뒷정리작업을 포함하면 실질적인 뿔칠작업시간은 하루에 고작 3시간에 불과하다.

이같이 내화피복의 뿔칠작업은 열악한 조건 아래서 해야 하기 때문에 작업환경 개선 및 고된 작업으로 부터의 해방·안전성 확보 등 3D 추방대책으로서의 기계화가 요망되며 이에 더하여 숙련공 부족과 고령화 대책이 요구되어 왔다.

내화피복 뿔칠작업의 로봇개발은 비교적 오래전부터 시작되었으며 1987년에는 이미 건설로봇으로서는 최첨단기술인 전자동 내화피복뿔칠 로봇 「SSR-3」이 완성되었다. 또 근년에 들어서도 범용형인 산업용 로봇을 활용한 시스템이 새로 개발되었다.

그러나 고급 시스템은 현장 작업원만으로는 취급하기 벅차고 또한 장비비용이 공사비 증가로 이어져 보급이 지지부진한 것이 현실정이다.

이같이 로봇화 기술의 진행 속에서 「웨트보이」는 직접 공사현장에서 내화피복 뿔칠작업을 하고 있던 사람들이 직면하고 있는 필요에 대응하기 위해 실용성 제일주의인 「누구든지」 「어디서나」 「금방 사용할 수 있는」 간편한 장치를 목적으로 개발된 것이다.

그 결과 오히려 전자동 로봇화시대에는 역행하는 듯하지만 리모콘식 간이로봇이 완성되었다. 뿔칠재료는 우선 뿔칠후 누름작업이 필요없는 습식을 대상으로 개발되었고, 이 장비는 비계를 사용하는 등의 고소 작업이 불필요 하다.

가. 시스템 구성

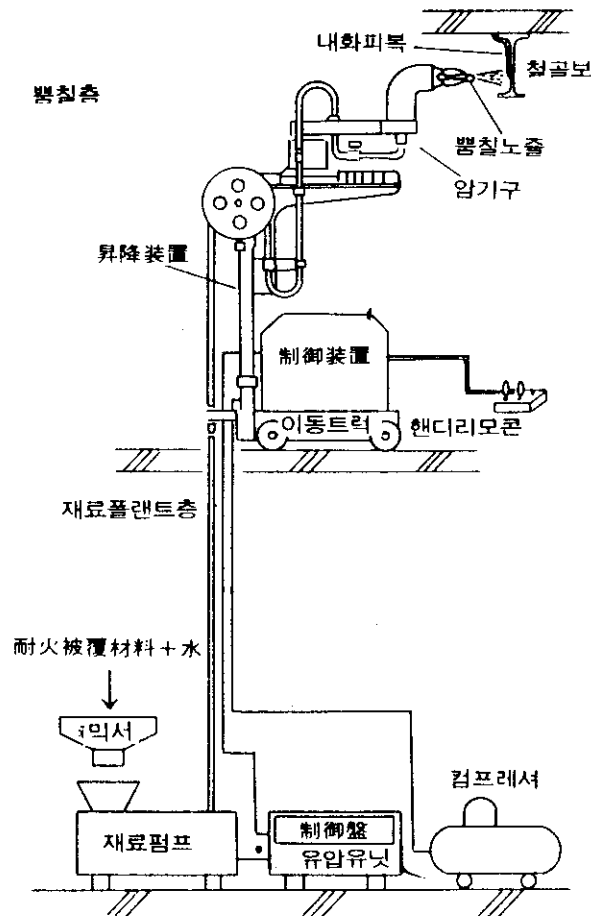
이 장비는 수동작업에 사용되던 재료플렌트와의 조합으로 시스템이 구성되어 있다. 이는 장비의 끝에서 재료공급호스를 분리하여 수동노즐에 옮겨 결합함으로써 재래공법으로도 이용할 수 있다.

이 시스템의 주된 기기구성은 1) Am 기구 2) 승강장치 3) 이동트럭

4) 핸드리모콘 5) 제어장치 6) 재료플랜트 등으로 이루어져 있다.

이장비의 크기와 중량은 특히 롱 스팬 공사시 엘리베이터를 이용하여 양중할수 있게 함을 조건으로 개발되어 이장바는 높이 240cm, 너비 87cm, 길이 230cm에다 중량 900kg인 다소 대형이다.

나. 기능·성능



[그림 2 장비 구성도]

뿔칠범위	상 하	2,300~4,510mm
	좌 우	0~900mm/스크류
	전 후	720mm
전 원	AC100V(배터리 탑재)	
제어방법	리모트 콘트롤 방식	
중 량	900kg	
치 수	전장 2,300mm, 폭879mm,높이2,400mm	
안전장치	압기구 탈형방지 장치	
	비상정지버튼	
	제어이상 보전장치	
	이상강하 멈춤벨브	

[표 1 장비사양]

1) Arm 기구는 뿔칠노즐을 보호하고, 노즐의 상하좌우 어느 방향으로든 180° 자유자재로 움직인다. Arm은 앞뒤로 72cm 이동하고 좌우로는 90cm 반경으로 회전한다.

2) 승강장치는 Arm 기구를 상하로 작동시켜 노즐 위치에서 230cm~451cm의 높이범위를 커버할 수 있다.

3) 이동트럭은 제어장치를 포함한 장비 전체를 탑재하여 전후 주행 10m/min, 좌우주행 10m/min의 속도로 자유로이 바닥 위를 주행한다. 주행모터는 배터리전원을 이용하고 있어서 사전준비 이동에도 아무 지장이 없다.

4) 핸드리모콘은 오퍼레이터가 장비에서 떨어진 위치에서 버튼과 레버조작 만으로 이장비가 마치 스스로 작업하는 것과 같이 움직임을 직접 장비에 전달한다. 뿔칠상태를 직접 보면서 오퍼레이터가 직접 조작하므로 종전의 로봇에서는 어려웠던 복잡한 부위의 뿔칠이나 기설치된 배관 같은 장애물에도 즉시 대응 할 수 있다. 리모콘 박스에는 유선과 무선이 있는데 상황에 따라 오퍼레이터가 선택한다.

5) 제어장치는 핸드리모콘으로 오퍼레이터 조작에 기초한 장

바의 움직임을 제어하는 동시에, 뿔칠면과 노즐의 거리를 일정하게 유지 시키는 자동보정기능과, 뿔칠중점을 입력해 놓으면 자동으로 뿔칠을 하는 자동뿔칠기가 종점에서 노즐의 뿔칠방향을 반전하는 자동반전기능, 그밖의 각종 자동운전 프로그램이 내장되어 있다.

6) 재료플렌트는 종전 수동작업에 사용되던 플랜지식 펌프와 믹서를 그대로 이용하고 있으나, 재료의 개폐는 핸드리모콘으로 오퍼레이터가 제어 한다.

다. 뿔칠작업

1) 사전준비

장비를 리프트 또는 엘리베이터를 이용해서 소정 작업층에 양중하여 재료 플렌트와의 호스류를 접속해서 전원(AC100V)을 연결하면 운전준비가 끝난다.

2) 뿔칠

장비가 뿔칠 할곳에서 미리 이동하여 뿔칠범위를 설정한후 노즐을 좌우 수평으로 흔들면서 뿔칠상황에 따라 하강해가는 것이 기본동작이다. 설정범위내의 뿔칠이 끝나면 그 분량만큼 트럭을 이동해서 다음 범위의 뿔칠을 한다.

노즐의 좌우 이동에는 자동·반자동·수동의 세가지 동작모드가 있으나 어느 모드를 선택한 경우에도 위아래의 움직임만은 오퍼레이터가 뿔칠두께와 마무리상황에 따라 승강스텝의 폭을 조정하면서 수동으로 조작한다.

자동운전은 장애물이 없는 단순한 평면 뿔칠작업에 사용되며 노즐의 좌우동작을 자동적으로 반복하여 넓은 면적의 뿔칠작업을 능률적으로 할수 있다.

반자동운전은 노즐과 뿔칠면까지의 거리를 일정하게 유지할 수 있는 자동보정기능이 작용할 뿐이며, 나머지는 모두 오퍼레이터의 수동조작에 의해 작동된다. 따라서 보의 웹에 관통구가 있는 경우 등 중도에 뿔칠범위가 변화하는 작업에 적합하다.

수동운전은 모든 동작이 오퍼레이터의 조작에 의하여 복잡한 형상을 한 뿔칠면이나, 주변에 배관 등의 장애물이 있는 경우 및 보수·

손질 등의 작업에 사용된다.

3) 뽕정리

뽕칠이 끝나면 재료플랜트에 물을 급수 하기만 하면 간단히 재료 플랜트가 세정된다.

라. 특징

1) 초보라도 금방 숙달되는 장비

간단한 조작으로 작업원이 작업을 할수 있어 1~2일 연습만으로도 간단히 다룰 수 있어서 실용성이 높다.

2) 때묻지 않으며 피로하지 않고 혼자서 할 수 있다.

2~3명이 교대로 하던 뽕칠작업을 간단한 리모콘조작으로 한 사람이 할수 있으며 분진의 영향도 안받고 힘든 일이 없다..

3) 보의 구석구석이나 장애물에도 사용

오퍼레이터가 뽕칠상태를 직접 보면서 리모콘으로 직접조작 하므로 형상 등이 변했을 때 쉽게 대응을 할 수 있다.

4) 비계가 필요없는 안전작업과 작업효율의 대폭 향상.

이 장비의 작동은 모두 바닥 위에서 작동을하므로 고소작업이 없어져 안전성이 확보되는 동시에 비계간 이동시간을 절약할 수 있어서 작업효율도 20% 향상된다.

「웨트보이는 시미즈건설(주)과 니치아스(주) 두 회사의 자동화기술을 바탕으로 숙련기능공의 의견을 진지하게 받아들여 실용성을 목표로 개발 된 것이다.

NS-I 형에서 NS-II형으로 발전된 이설비는 실험 및 현장에서의 실증실험을 거듭하여 개량에 박차를 가하여 최종적으로 현재의 양산형 NS-III형이 완성되었다.

마쿠바리 NM빌딩에서의 일부 시공에 이어 1992년 말 본격적으로 중앙종합청사 6호관에서 사용할 예정이다.

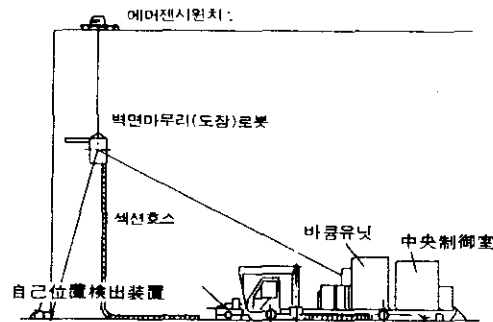
3-8. 외벽도장 뿔칠로봇

외벽 도장공사는 발전소 등으로 대표되는 대형 콘크리트 구조물에서 가설비계나 곤돌라를 사용하여 많은 작업원에 의해 수행되고 있다. 이 작업은 고소작업이므로 위험성이 내재한다는 점, 도료가 흘날리기 때문에 더러워지기 일쑤라는 점, 숙련공 부족으로 품질이 고르지 않는다는점 등 여러 문제점이 내재되어 있다. 이들 문제점을 해결하기 위해 도장공사의 인원감축·안전성 향상·작업환경의 개선·마무리품질의 향상을 목적으로 검토를 시작하여 1988년 1호기를 개발 최초로 도쿄전력 후루시마 제2원자력발전소 현장에 사용하였다. 그 결과 도장속도 약 45~50m²/hr의 실적과 몇가지 문제점이 제기되었다.

여기서는 이 문제점을 해결하여 개발된 2호기(Kumagai Finsking Robot 2호기, 이하 KER-2로 표시)의 개요 및 시공사례를 소개한다.

가. KER - 2의 개요

그림 1의 구성도처럼 KER-2는 벽면도장로봇 몸체·진공유닛·중앙제어실·비상원치 등으로 구성된다. 표 1에 구성기기의 주된 사양을 제시하며 아래에 그들 특징을 열거한다.



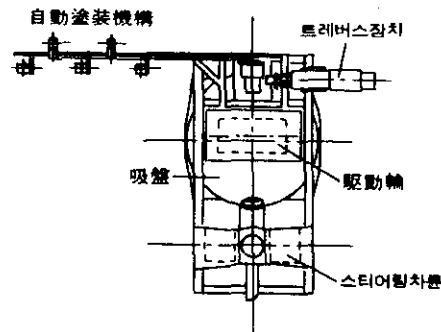
[그림 1 KER-2 구성도]

명 칭	
[도장로봇]	
●벽면주행트럭	형 식: 집중부압 흡착형 차륜구동 주행방식 주행속도: 최대10m/min 적재하중: 130kg 외형치수: 810 x 1,430 x 690mm 중 량: 약250kg
●자동도장장비	형 식: 자동뿔칠 도장방식 외형치수: 1,100 x 150 x 59mm 중 량: 약16kg
[시스템트럭]	
●진공유닛	형 식: 루프 플로어형 동 력: 45kw 외형치수: 2,200 x 3,300 x 2,500mm
●중안제어실	컴 퓨 터: 로봇운전제어용, 데이터입력, 운전감시용 외형치수: 900 x 1,200 x 1,500mm
●컴프레서	토출압력: 7kg/cm ² 동 력: 20PH
오토텐션장치	형 식: 상부설치형 동 력: 1.5kw 외형치수: 2,500 x 2,000 x 1,300mm
자기위치 검출	형 식: 삼각측량방식 동 력: 25w 외형치수: 400 x 430 x 410mm
도장펌프 유닛	형 식: 플랜지형 구동방식: 에어방식 외형치수: 700 x 1,400 x 1,500mm

[표 1 구성기기 주요사양]

1) 도장로봇 몸체

그림 2의 개요도처럼 몸체 중앙에 있는 흡입구를 통해 벽면에 부착되어 앞·뒤 두 개의 바퀴에 의해 상하·좌우 자유자재로 벽면위를 주행할 수 있는 벽면주행트럭에 자동도장기구를 장착한 것이다. 이 자동도장기구에는 각종 도료에 사용할수 있는 도장 건(Gun)을 5개 까지 장착(고정식·스윙식이 선택가능)할 수 있다. 장착 위치는 트럭 머리부분·좌측 아무 곳이나 가능하여 벽면전체의 도장을 가능케 한다.



[그림 2 도장로봇 개요도]

2) 중앙제어실

중앙제어실은 각종 센서를 사용하여 로봇작동을 컨트롤하는 센싱 기능, 작동기구가 정확히 작동하고 있는지를 확인하는 감시기능 및 운전중에 예기치 않은 이상이 발생한 경우 로봇을 멈추게 하는 비상정지 기능으로 나뉘어 진다. 운전자는 이들 기능을 모든 중앙제어실 안에 있는 컴퓨터를 사용하여 주행조건을 입력함으로써 여러가지 주행패턴으로 자기위치·자세 등을 인식하면서 자동으로 도장을 할 수가 있다.

2) 비상원치(Emergency Winch)

정전 등의 원인으로 로봇 몸체가 낙하할 위험이 생겼을 때 로봇 몸체를 그 자리에 와이어를 사용하여 록(Lock) 하기 위한 안전장치

다. 정상시에는 로봇 몸체의 상승·하강에 연동되어 일정한 텐션(Tension)으로 와이어를 풀어주든지 감아주든지 하는 기능으로 되어 있으며 와이어 상태를 조정한다.

3) 그밖의 장치

이밖에 주행트럭 흡입부에 부압을 발생시키기 위한 진공유닛, 도장 기구에 도료를 압송하기 위한 도장펌프유닛, 삼각측량방식으로 로봇의 절대위치를 측정하는 자기위치검출장치 등이 있다. 또 진공유닛·중앙제어실 등은 이 설비의 기동성을 갖추게 하기 위해 유닛볼이 등이 이동용 차량에 탑재되어 있다.

나. 시공사례

KER-1은 1989년 홋카이도 전력발전소 고체폐기물 저장고 외벽에서 내구성이 뛰어난 아크릴고무계 탄성도료(초벌바름·재벌바름·무늬뿔칠·정벌바름 두 번합계 5층뿔칠)을 사용하여 약 2,000m²의 도장공사를 하였다.

그 결과 KER-1은 시공속도에서 1공정당 231m²/일의 실적을 얻었다. 이 로봇은 작업원 3명(운전자·도료관리자·전체감시자)이 작동하고 있으므로 1인당 시공속도는 전공정에서 약 15.4m²/일이 된다.

이를 곤돌라로 할경우의 표준시공속도 9~10m²/일과 비교하면 약 1.6배 정도 효율이 높다. 도장 품질은 사전에 뿔칠실험을 하는 등의 품질관리를 실시했기 때문에 수동에 의한 뿔칠과 동등이상의 결과를 얻었다. 또 장비조작을 벽면에서 떨어진 곳에서 하는 관계로 고소작업이 아니고 안전성이 확보된데다 더욱이 작업환경도 많이 개선되었다.

그러나 이 도장공사를 통해 개선할 항목으로 아래의 것이 발생되었다.

- 1) 도료뿔칠량이 도장위치의 고저차와 펌프의 맥동에 따라 변동한다.
- 2) 비상원치를 탑재한 트럭이 견인식이므로 기동성이 떨어진다.
- 3) 도료의 흘날림 방지커버 속에 다량의 도료가 부착된다.

이들 문제점을 해결하여 개량을 한 KER-2를 1990년 간사이전력원 자력발전소에서 적용하여 개량 효과를 확인하였다.

이상과 같이 KER-1의 개발·실시사례를 소개했는데 이 연구소에서는 개발된 장비에 대해 세번씩 현장에 적용하고 이때의 문제를 추출하여 그 대책을 강구하여 개량을 거듭함으로써 현재의 도장로봇 KER-2를 드디어 완성하였다.

이 외벽도장품칠로봇은 벽면 마무리작업의 자동화 연구의 하나로 개발한 것이며, 본사에서는 이 시리즈의 일환으로 자동세정로봇의 개발과 벽면자동진단시스템의 개발을 해서 일련의 벽면 마무리작업의 자동화·유지·보수공사 등에 폭넓게 사용하는 것을 검토하고 있다.

3-9. 타일박리검사 로봇

외벽타일의 박락사고를 미연에 방지하기 위해 외벽타일의 박리상태 검사는 건물 관리자에게 중요한 관리항목으로 되어 있다. 이를 위해 종전에는 사람이 해머로 외벽타일면을 타격하여 그 소리의 차이를 귀로 들어 분간함으로써 타일이 양호한지 박리하고 있는지의 판단을 해왔다.

그러나 육감에 의한 검사방법은 박리의 판정을 정확히 하지 못할 뿐더러 장시간에 걸친 고된 작업인 동시에 높은 곳에서의 작업이므로 위험한 작업이기도 하였다.

또한 사람손에 의한 검사에서는 검사결과의 기록을 남길 수 없으므로 판단에 객관성이 결여된다.

이 시스템은 종전의 수동작업을 기계화 함으로써 이 장비가 자동적·정량적으로 박리했는지, 양호한지의 판단을 한다.

또 박리한 부분에 대해서는 박리깊이 판정을 해서 결과를 타일벽면에 그림으로 표시할 수 있다.

가. 타일박리검사 로봇의 개요

1) 검사원리

외벽타일을 일정한 운동량으로 타격하면 그림 1처럼 박리한 부분은 건전한 부분보다 높은 음압을 나타낸다.

또한 박리한 부분에서는 그림 2처럼 깊은 곳은 얇은 곳보다 큰 반발력을 보인다.

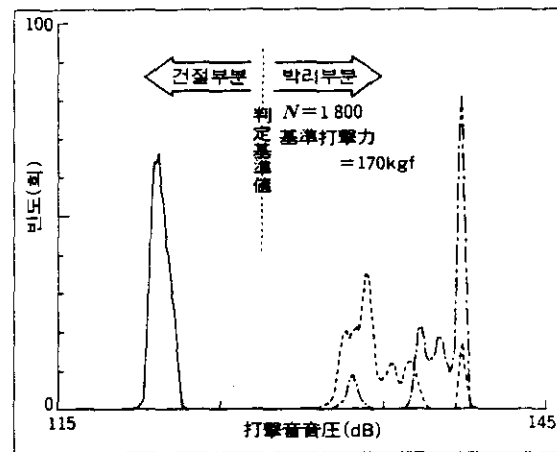
다만 그림 1, 그림 2의 실선은 양호한부분, 파선은 깊은 박리부분, 1점 쇄선은 얇은 박리부분의 특성을 표시한다.

이같이 타일박리검사로봇은 타일의 부착상태에 따라 음압과 반발력의 크기에 차이가 나타나는 특성을 이용하여 양호한부분, 깊은 박리부분·얇은 박리부분의 판정을 한다.

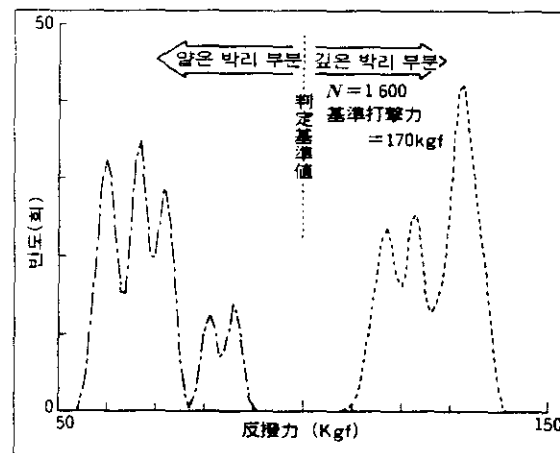
2) 처리 flow

판정작업 흐름은 그림 3과 같으며, 처리순서는 다음과 같다.

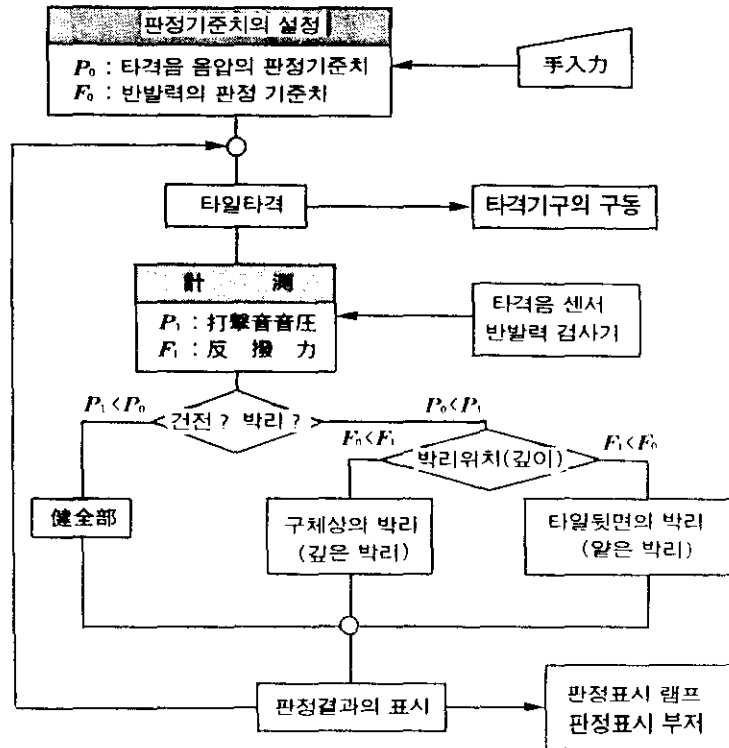
가) 검사작업에 앞서서 미리 검사대상 타일과 같은 타일의



[그림 1 양호부분과 박리부분의 타격음 음압특성]



[그림 2 박리 깊이에 관한 반발력 특성]



[그림 3 판정처리 작업흐름도]

타격음과 반발력에 관한 판정기준치를 검사기에 설정한다.

나) 전자식 해머로 타일을 타격한다.

다) 타격음 음압을 마이크로폰으로 타일면으로부터의 반발력을 해머에 부착한 반발력 센서로 검사한다.

라) 타격음 음압이 판정 기준치보다 작을 경우에는 양호하다고 판단한다.

마) 타격음 음압이 판정 기준치보다 크고 반발력이 판정기

준치보다 클 경우에는 깊은 박리부분으로 판정한다.

바) 타격음 음압이 판정 기준치보다 크고 반발력이 판정 기준치보다 작을 적에는 얕은 박리부분으로 판정한다.

사) 판정결과는 검사위치 정보와 함께 수신 신호를 제어부분에 전송하여 프린트로 출력시킴과 동시에 기억 장치에 데이터를 보존을 한다.

아) 벽면도를 작성한다.

3) 장비 구성

타일박리검사 로봇의 장비구성은

가) 타격부분

나) 달아맨 이동부분

다) 구동부분

라) 제어부분

마) 조작반

바) 빌딩외형도면 입·출력용 컴퓨터 및 플로터 로봇 몸체

4) 주된 사양

이 장비는 외벽타일의 박리진단을 자동적으로 하는 것이며, 오퍼레이터가 원격 무선조작으로 개시 버튼만 누르면 간단히 작동되며 제어반에 명령을 내리면, 이장비는 시퀀서에 의한 반자동제어로 검사작업을 개시하고, 그 결과를 즉시 판정하여 프린터로 출력한후 3.5인치 플로피 디스크에 데이터 보존을 한다.

5) 시공시 유의사항

가) 계획시

① 측정원에 의한 측정대상 및 건물주변의 사전조사

㉞ 건물옥상 파라펫 부분의 형상, 강도 및 장애물 유무

확인

㉞ 지상부분 주변형상확인(연못 또는 정원등이 있을때에는 비계 설치가 필요하다)

㉞ 측정대상면 요철 유·무 확인

② 박리판정기준치 설정을 위한 타일의 사양·재질 확

인

③ 건물도면 등 자료의 컴퓨터 입력

나) 작업시

① 지상부분 작업공간 확보

② 구동전원 확보

③ 이동 및 작업준비 변경 때에 약간명의 보조가가 필요

요

다) 안전대책

① 타격부분 · 이동부분 · 구동부분의 낙하방지대책

② 우천 · 풍속 10m/sec 이상에서는 작업을 중지한다.

6) 사용실적

니혼세이메이오카야마빌딩 2,700㎡

국립근대미술관 860㎡

건설부 에도가와사무소 6,116㎡

오사카학원대학 8,500 ㎡

나가하마시민회관 2,200㎡

나. 특징 및 도입효과

1) 특징

가) 재래방식으로는 판정이 불가능한 박리깊이의 판정을 할 수 있다.

박리깊이는 박리부분이 타일 뒷면의 박리인지, 바탕 모르타르와 구체콘크리트 사이의 박리인지의 판정을 하는 것이며, 이 판정데이터는 박리부분의 보수방법 결정에 도움이 된다.

나) 박리판정결과는 컬러모니터에 나타난 건물도면에 표시되며 임의의 부분확대, 박리깊이 표시 등 누구나 알기 쉬운 표시가 된다.

다) 위의 표시는 컬러 플로터(A1 사이즈)로 출력할 수 있다.

2) 도입효과

가) 검사를 위한 비계가 필요없다.

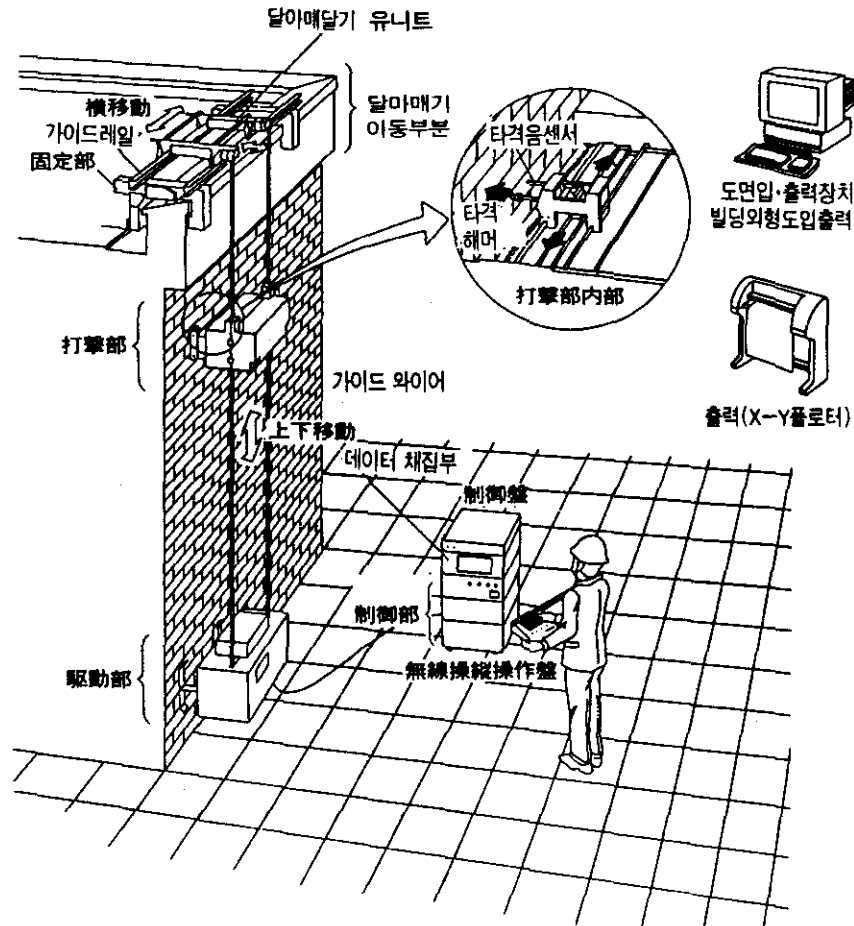
나) 박리판정의 오차를 없애고, 자동적으로 신속히 검사 할

수 있다.

다) 고소 작업을 없애 안전한 작업을 할 수 있다.

라) 측정결과를 자동적으로 도면에 플롯 함으로써 객관적이고 정확한 표시가 이루어진다.

다. 휴대형 타일 박리검사기



[그림 4 시스템구성도]

박리검지강도	타일안쪽면	직경 5cm이상
	구체와 바탕물탈간	10 x 10cm 이상
검 지 속 도		약 0.1초/점
시공속도(측정간격 10x20cm)		60m ² /시간
조 작 방 식		원격무선조작
제 어 방 식		시퀀스에 의한 반자동
데 이 테 의 표 시		액정패널에 의한 리얼타임 표시
데 이 터 출 력		프린터
데 이 터 보 존		3.5인치 디스켓
장 비 중 량		약600kg
전 원		AC100V, 약1KW
사 용 조 건		온도 0~40도, 습도 20~85%
조 사 가 능 벽 면		수직벽면
내 구 성		비와 눈 불가, 풍속 10m/s 이하

[표 1 휴대형 타일박리검사기 주사양]

카지마(주)에서는 특수한 형상의 건물이나 벽면 모서리부분, 소규모 검사 등을 대상으로 혼자 운반할 수 있고, 박리검사 로봇과 같은 검사원리의 휴대형 타일 박리검사기도 개발하였다.

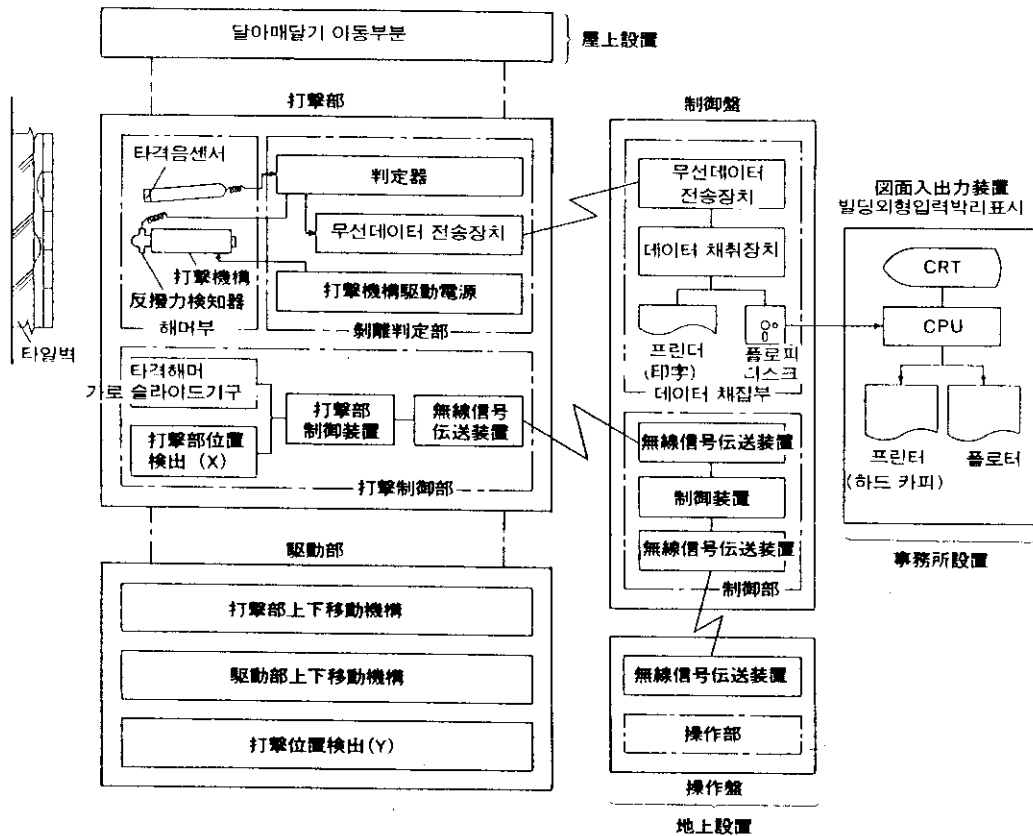
이 검사기는 한사람이 고소작업차 등을 이용하여 간편하고 정확한 박리검사를 하기 위해 개발되었으며, 장비구성과 작업상황을 그림 4에, 기능블록도를 그림 5에, 주된 사양을 표 1에 나타낸다.

대규모 벽면검사에서 위력을 발휘하는 현가형 타일 박리검사로봇은 건물 모서리 부분이나 소규모 벽면검사에 적합한 휴대형 타일 박리검사를 벽면규모나 검사목적 등에 따라 구분 사용함으로써 세밀하고 정밀도가 높은 검사가 가능해졌다.

이같은 검사기가 건물의 유지보전업무에 사용되어 타일 박락으로 인한 재해예방을 기대하고 있다.

또한 이 장비는 카지마건설(주) 건설사업본부 기계부 기계센터에서 해당공사의 견적·측정과 실시·판정 결과보고까지 일괄해서 수행한다.

또한 현가형 타일 박리검사робот 비매품이지만 휴대형 타일 박리검사기는 시판하고 있다.



[그림 5 기능블록도]

3-10. 창문유리 자동청소 장비

건물의 창문유리를 자동으로 청소하는 장비는 일본에서 1974년 신주꾸에 있는 스미토모빌딩에 설치된 것이 제 1호다.

그후 보급이 꾸준히 증가되어 현재는 많이 사용되고 있으며, 근년 창문유리 자동청소 장치의 수요가 급증하고 있다.

그 배경에는 건물의 인텔리전트화라는 이미지를 부각시키는 장치라는 점, 높은 곳에서 안전사고를 극소화 한다는 점, 고령화 및 인력난에 대체할수 있다는 점, 건물 내부의 프라이버시 유지의 필요성과 건물 미관 유지에 소요되는 비용의 절감을 들 수 있다.

창문유리 자동청소 장비는 종(從)형장비와 횡(橫)형장비로 구분 된다. 여기서는 이들 장비의 사례를 소개한다.

가. 종(從)형 자동청소장비

이 장비는 건물의 창문유리를 위아래 방향으로 청소 하는 장비이며, 레일위를 주행 이동하는 루프카와 Arm을 통해서 와이어 로프로 달아내려 실제로 건물의 창문을 자동청소하는 청소 설비로 구성된다.

일일 작업을 종료하고 루프카를 보관하는 작업과 같은 조작자가 직접 하는 것을 제외하고는 루프카를 건물의 청소면에 주행이동시켜 자동청소 개시의 스위치 버튼을 누르기 까지의 준비단계와, 그동안 일련의 창문 청소 작업은 자동청소장비가 자동으로 작업을 수행한다.

자동청소를 하는 건물쪽은 청소시에 청소설비가 외부의 외력에 의해 흔들리지 않도록 위 아래 쪽으로 이동케 하는 가이드레일이 설치되어 있으며, 이 레일은 청소작업의 정밀도를 요구하는 창문유리 자동청소 장비를 요구할 때 함께 사용된다.

청소는 청소설비가 하강하면서 이루어 진다. 창문 유리면에서 청소 헤드(Head)가 물을 뿜으면서 회전부러쉬로 창문에 붙어 있는 이물질을 제거하고 고무로 창문을 깨끗이 닦아낸다. 또 오수는 자동적으로 회수 된다.

이 동작을 반복하여 건물 맨 아래 창문 유리 청소가 끝나면 청소 설비는 루프카 위치까지 상승한후 다음 스펀으로 이동하여 청소를 반복한다. 그동안 청소 설비 내부에 있는 오수의 배수 및 맑은물의 급수는 자동 조절 된다.

나. 횡(橫)형 자동청소장비

이 설비는 건물의 창문 유리를 가로쪽으로 청소 하는 장비 이며 횡으로 연속된 창문을 청소 하는 설비이다.

이 장비 구성은 레일위를 주행 이동하는 루프카와 루프카에서 암(Arm)을 통해 와이어로프로 달아내린 청소설비 전용케이지 및 청소 몸체로 구성된다.

전용케이지에는 청소설비를 설치할수 있는 탁찰장치가 있다.

청소 작업은 우선 세로로 이동 할수 있는 설비를 이용하여 건물의 소정 위치까지 전용케이지를 루프카로 운반한다.

청소 설비는 전용케이지에 부착된 상태에서 하강하여 청소작업층에서 횡으로 연속된 창 상하에 부착된 가이드레일에 설치된다.

여기까지의 작업은 조작자에 의해 작업이 진행 된다.

전용케이지를 번어난 청소 설비는 배터리를 전원으로 하여 자동청소 하면서 창문유리면을 가로 방향으로 움직이며 청소를 한다.

주행중 가이드레일에 장애물이 있는 경우에는 자동적으로 탐지하여 멈춘다. 필요에 따라 역주행해서 출발점으로 되돌아 올수 있도록 제어 한다.

청소 방법은 종형 자동청소장비와 거의 같다.

다. 향후의 자동청소기

현재의 창문유리 자동 청소장치는 아직 사람과의 합동 작업이다.

청소면의 이물질에 대한 판단 기능도 건물의 오차에 의한 동작수정기능을 갖추지 않았다.

단적으로 말하면 일률적인 프로그램에 의해 창문유리면을 확인하면서 청소를 반복하는설비에 불과하다.

이 설비를 자동청소로봇으로 명 하기에는 아직 이른다.

하지만 앞으로는 현재의 자동청소설비에 여러 기능을 추가하여 기능을 향상 시켜 자동화 무인화 로봇 및 설비로 발전시키는 것이 가능하다고 본다.

제 4 장 결 론

여 백

제 4 장 결 론

본 연구는 최근 국내 건설환경의 내적환경(고임금화, 성역화, 고령화)과 외적환경(국제화, 개방화)의 급변에 따른 국내 건설업의 대응방안 중 내적환경과 외적환경에 대응할수 있으며 이로 인한 생산성증가와 산재감소에 일익을 담당 할수있는 System 거푸집 공법과 자동화·무인화 로봇 및 설비에 대한 국외자료를 Internet 검색과 관련 문헌을 수집을 통하여 편집하였다.

외국에서 개발된 자료를 수집하고 편집을 하면서 향후 국내 건설업이 나아가야할 여러 방향중 한 방향으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 향후 건설업은 무역보호 장벽이 없어져 국내건설업의 해외진출은 물론 국외의 선진 건설사들이 고도의 기술력을 바탕으로 국내에 물밀 듯이 밀려들어올 것으로 예상되어 국내 건설사들도 재래방법만 가지고서는 건설시장에서 도태되므로 기술개발에 투자를 시급히 하여야 할것이며
2. 건설업의 성역화로 인한 고임금화와 고령화로 인한 저생산성을 극복하여 생산성을 증가시킴과 아울러 경쟁력을 확보하기 위해서는 로봇화, 시스템화에 대한 연구를 활발히 하여야 하며
3. 30%정도를 점유하고 있는 건설업의 산재를 감소시키기 위해서는 「안전하고, 쾌적하며, 건강하게 작업할수 있는 작업환경 조성」을 하여야 한다. 이를 위해 건설공사 특성상 재해가 많이 발생하는 가시설물의 시스템화연구와 공종별 산재 분석을 통하여 재해가 많이 발생하며, 자동화 등의 효과가 좋고 이로인한 생산성이 증대 될수있는 설비에 우선적으로 자동화·무인화 공법개발에 대한 연구를 하여야 할것으로 사료 된다.

참 고 문 헌

1. _____, 산업안전보건법
2. 노동부, “산업재해분석”, 1993~1996
3. 한국산업안전공단, “건설현장 안전진단 보고서” 1994~1997
4. 한국산업안전공단, “중대재해 조사보고서” 1991~1997
5. 장기인, “건축시공학”, 보성문화사
6. 선병택, “건축시공학”, 창지사
7. 대한건설협회, “건설공사 신공법 사례집”, 1992
8. “건설기술정보”, 1992~1997
9. 대림기술연구소, “대림기술정보”
10. 전인식, “가설거푸집공법”, 1987
11. 한국산업안전공단, “고층빌딩 자동유리청소장치”, 1996
12. LG건설 기술연구소, “LG건설기술”

자동화 · 무인화 기술자료 개발에 관한 연구

연구보고서 (건안연 97-19-40)

발 행 일 : 1997. 12. 31

발 행 인 : 원 장 이 한 훈

연구수행자 : 선임연구원 김 일 수

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업 안전 연구원

건설 안전 연구팀

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : 032)5100-848~852

인 쇄 : 성일문화사 02)267-3676