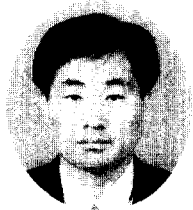


콘크리트 진동제품의 생산현황과 제조방법

Present Situation of Production and Manufacturing Method in Concrete Vibrated Products



이 동 우*



김 석 원**

1. 머리말

국내 PC공법은 지난 91년 3월 건설부가 조립식 주택에 대한 종합대책을 내놓으면서 부터 본격화되기 시작했다고 볼 수 있을 것이다. 당시 건설부가 마련한 공업화 주택보급 확대방안의 골자는 93년까지 연간 건설 물량의 20% 수준을 조립식으로 건설한다는 목표 아래 대한주택공사 및 지방자치단체 발주 물량의 30%, 임대APT의 50% 이상을 조립식으로 짓는다는 것이었다. 이를 위해 주택업체가 PC사재를 생산하기 위한 생산공장을 신·증설하는 경우 금융지원 및 행정적 지원 정책이 발표되었으며 이에 따라 조립식 주택에 참여하고 있던 기존 업체들뿐만 아니라 신규 참여 업체들이 줄을 잇게 되어 91년 당시에 4개 업체에 불과하던 조립식 주택업체가 수년 사이에 10여개의 업체로

늘어나게 되었다. 이와 관련해 업체들의 공장이 많이 들어선 경기도 이천, 여주, 충북 음성 일원이 조립식 자재 생산 벨트를 형성하게 되었으며 각 업체들마다 공장 부지 확보 경쟁이 과열 양상을 띠 정도였다. 또한 신규 참여 업체들은 저마다 자사 제품의 경쟁력을 높이기 위해 외국의 전문 업체들과 기술도입 계약을 체결하고 각종 선진 외국 공법을 도입하여 국내 조립식 주택은 마치 세계 PC공법의 전시장처럼 되었다고 할 것이다.

본고에서는 이러한 국내 PC업체의 전반적 현황과 생산현황 및 일반적인 생산방식에 대한 기본적인 설명에 주안점을 두었으며 PC제품의 제조공정을 사진으로 첨부하여 독자의 이해에 다소나마 도움을 주고자 하였다.

2. 생산 현황

조립식 자재 생산에 참여해 공장을 짓거나 증설한 대부분 업체들은 94년 이전에 공장을 완공함으

* (주)청구 기술연구소 연구개발팀 팀장

** (주)청구 기술연구소 연구개발팀 대리

로써 현재 주택의 공장 생산 시대의 기틀이 마련 되었다고 할 것이다. 현재 가동 중인 PC공장의 연간 생산능력은 10만 가구(15평 기준)에 육박하고 있으나 93년 이후에는 건설물량이 정체상태에 머 무르고 있는 형편이다. 따라서 완전 조립식 공법

을 도입했던 업체들은 수요를 적극적으로 창출하 기 위해서 아파트 시공시 부분 조립식을 도입하는 것은 물론 빌딩의 half slab, curtain wall, 지하 콘 크리트 구조물 등을 공장 생산화하여 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 따라서 향후 부분 PC공법 (복합화 공법)의 개발 및 적용의 확대는 필연적인 것이며 WTO 체제 하에서 PC공장의 활용과 전망 은 정도의 차이는 있겠으나 많은 가능성을 지니고 있다. 95년 기준 각 사별 PC 공장 및 생산 현황은 표 1에 나타내었다.

표 1 PC 제품 생산업체 현황

업체명	구분	공장 소재지	부지면적 (평)	연면적 (평)	생산규모 (가구)	기술 도입
강남 건영	완 전	경기 여주군	17,925	566	1,000	자체개발
	조립식	경기 여주군	22,841	2,928	2,000	
금호 건설	완 전	충북 음성군	46,271	4,478	3,500	덴마크 DSBG
	조립식	전남 장성군	29,838	4,214	3,500	
극동 건설	완 전	충북 음성군	43,092	4,604	3,000	스위스
	조립식					프레팜테크
동서 산업	완 전	경기 부발읍	50,000	16,896	2,400	자체개발
	조립식	경기 고양군	15,000	500	960	
		경남 김해시	15,000	500	480	
대우	완 전	이동식			2,000	자체개발
	조립식	PC 플랜트				
동아 건설	완 전	충북 청원군	43,542	4,304	3,000	스위스
	조립식					프레팜테크
삼성 건설	완 전	충북 음성군	41,500	4,248	3,400	스위스 콘츠
	조립식			3,472	3,400	
삼환 까뮤	완 전	경기 이천군	15,986	2,862	1,800	프랑스 까뮤
	조립식	충남 천안군	21,230	2,220	2,400	
		경남 창원군	28,647	2,000	1,800	
세경 산업	부 분	경기 여주군	15,000	2,500	4,000	자체개발
	조립식					
세양 주건	완 전	충북 음성군	43,607	2,210	4,000	덴마크LVI
	조립식					
우림 CONC'	부 분	경기 하남시	13,060	400	3,000	자체개발
	조립식					
우성 건설	완 전	충남 아산군	40,000	6,200	4,000	덴마크DSBG, 필 란드엘리메틱
	조립식					
용마 개발	완 전	경기 여주군	16,719	3,580	3,000	덴마크DSBG, 필 란드엘리메틱
	조립식					
장안	완 전	경북 선산군	39,990	4,392	3,800	필란드 엘리메틱
	조립식					
청구	완 전	충북 음성군	40,000	5,000	5,000	독일 게브루더 크리스타
	조립식					
한성	완 전	경기 성남시	28,547	1,034	3,500	일본 대성건설
	조립식	충남 천안군	40,000	4,000	3,000	스위스 콘츠
한양	완 전	경기 이천군	68,045	8,120	12,000	덴마크 LVI
	조립식	경기 양주군	13,980	1,360	4,000	
현대 산업	완 전	경기 여주군	18,060	3,882	3,000	자체개발
	조립식					
화성 산업	완 전	경북 의성군	45,000	5,000	3,000	스위스
	조립식					프레팜테크

* 생산 규모는 15평 기준

3. 제조 방법

3.1 생산설비

PC공장의 제조설비는 그 공장들의 입지조건에 따라 약간의 차이가 있지만 표 2와 같은 설비를 표준으로 한다.

표 2 생산 설비

구 분	설 비 명	비 고
콘크리트 제조 설비	-원재료 저장 설비	-Remicon의 공급에 의존 하기도 함
	-Batch Plant (계량 장치, 믹서 등)	
철근 가공 조립 설비	-철근 저장 설비, Crane류, 절단, 휩가공 설비, 조립 Yard	-용접철망등 특수 가공은 전문업자에게 의주
	부재 성형 설비	-거푸집류 : Mould, Pallet 고정용 치공구 -탈형 및 운반 장치 : Crane, Hoist -기타 : 기류 집의 정비 및 보관장
콘크리트 운반 타설 설비	-운반 : Forklift, Hopper	
	-타설 : Feeder, Spreader	
	-충진 : Vibrator, Compactor	
가열 양생 설비	-양생 : 보일러, 온도 제어 및 기록 장치 양생조동	Steam, Oil, Gas, 전기양생 →각 공장별 여건에 따라 장 단점 파악후 설치
부재 저장 설비	-저장 Yard, Crane류, Stockstand	
공해 방지 시설	-음 : 소음, 진동 방지 시설	
	-물 : 배수중화 시설	
	-대기 : 집진시설	
시험 검사 설비	-원재료 및 콘크리트 시험, 검사 설 비, 각종 측정 기구류, 시험실	
기 타	-자체 창고 : 용접 철물, 선부착 부 품류 -협력업자 사무실, 후생 시설	

3.2 제조 방법

3.2.1 개요

콘크리트 진동제품은 거푸집에 콘크리트를 타설하고 강한 vibrating을 주어 성형하는 방식으로 된 비빔 콘크리트와 일반 콘크리트가 사용되고 있다. 된 비빔 콘크리트는 성형하여 즉시 탈형하는 것으로 관, 평판, 경계석, U자홈, 블록류 등 비교적 소형으로 비구조적이며 대량 생산되는 제품에 사용되며 성형 직후 탈형해도 변형되지 않기 때문에 통상 30~35%의 물시멘트비로 극히 된 비빔으로 해야 한다. 다만 즉시 탈형하기 때문에 콘크리트 표면은 다음날 탈형한 것과 비교하면 약간 뒤지지만 주로 매설되므로 품질에는 아무런 관계가 없다.

일반 콘크리트를 (W/C : 40~60%) 사용하는 PC(Precast Concrete)공법은 주택의 대량 수요와 품질 향상을 위한 사회적 요구에 따라 공공 주택의 대량 건설을 계기로 최근 일반화된 공법이다. PC제품은 주로 외부에 노출되어 주생활과 직접적인 관계가 있기 때문에 제품의 사용 목적과 사용 부위에 따라 형상, 치수, 외관, 강도 등에 세심한 주의를 기울여야만 한다. 또한 생산 효율과 제품 성능을 높이기 위해서 촉진 양생 방법이 쓰여지고 생산량에 따라 mould 수량이 증가하고 야적 공간이 확보되어야 하는 등 공장 부지의 대규모화가 필요하다.

3.2.2 종류

공장에서의 제조 방식은 제품의 종류에 따라 달라지지만 수평 타설식과 수직 타설식의 2가지 방식이 있다.

가. 수평 타설식

수평 타설식은 타설 방식에 따라 고정평 타설식과 이동평 타설식(흐름식)이 있으며 탈형시 mould를 기울일 수 있는지 없는지에 따라 탈형시의 콘크리트 소요강도가 대폭적으로 달라진다. 고정평 타설식은 mould가 고정되어 있으며 원재료와 공원이 mould에서 mould로 이동해 가고 제품은 탈형되기까지 고정된 mould에서 제조되는 방식이다. 이 방식은 생산 규모가 적거나 기존 공장에서

소량의 특수 제품을 별도 생산하는 방식에 적당하다.

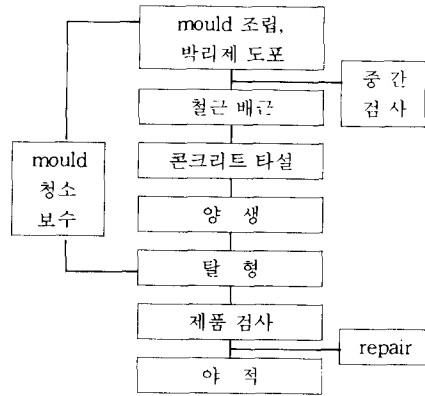


그림 1 일반부재의 수평타설식 생산공정

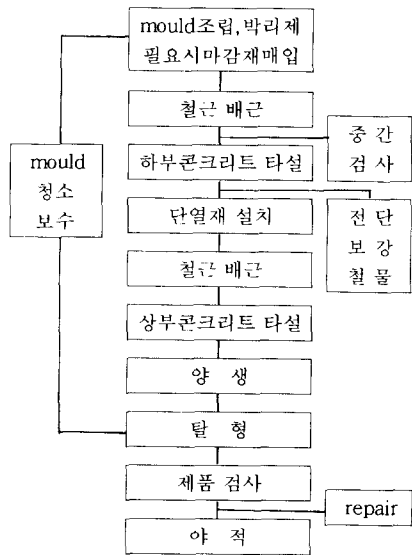


그림 2 Sandwich panel 생산공정

이동평 타설식은 mould가 바닥 위 line에 따라 이동해 가고 각 제조 공정은 그 line위에 설치되어 있으므로 재료공급 및 공원배치를 각 부위에서 할 수 있다. 그러기 위해서는 기계화, 장치화가 필요하여 초기 투자비에 대한 부담이 있지만 어느 정도 생산량이 많아지면 효율적인 방식이다. 또한 수평 타설식은 적용 부위에 따라 일반 부재(바닥

판, 속빈 바닥판, 내외벽, 난간 등)와 sandwich panel(외벽 부재) 제작 방식의 2가지 type이 있다.

나. 수직(Battery) 타설식

수직 타설식은 수평 타설식에 상부 mould를 첨부하여 90° 세운 형태로 PC판의 표면 마무리 공정을 없앨 수 있어 제품의 제작 효율이 좋으며 2매 1조의 수직 타설식을 Twin형, 5~8매 1조의 것을 Battery형이라고 부르고 있다. 모두 타설 전문공을 조직하고 숙련되면 생산성은 매우 좋다. 다만 판 중앙에 개구부가 있거나 판 단면형상이 복잡한 것은 제조가 곤란한다.

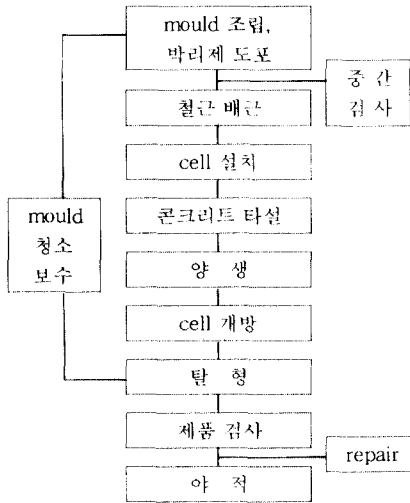


그림 3 수직 타설식(Battery)생산 공정

3.2.3 부재 제조 계획

가. 공정 계획

PC의 생산은 대부분 주문생산 시스템이므로 제작도 작성, 공장의 생산 능력, 야적장의 면적, 출하 능력, 수송 계획, 현장 조립 시기 및 조립 능력 등을 충분히 검토하여 부리가 없는 정연된 생산 계획을 세워 두어야 한다. 특히 유의할 점은 공장 제조 시점으로부터 현장 조립공사 개시일까지의 여유 공기가 없으며 도면 변경 등으로 인한 제작도 결정의 지연에 의해 생산 공정이 압박받는 사례가 많으므로 전체 공정 계획시 생산 시점에 대한 충분한 고려가 있어야 한다.

나. 부재 제작도

부재 제작도는 제작자측에서 작성하는 것이 통례로 되어 있으나 설계도의 의도를 충분히 이해한 후에 거푸집의 공통화나 제조공정의 단축 등 제조 효율의 향상, cost down에의 기여 등을 염두에 두고 정확히 작도해야 한다. 최근 CAD의 보급에 따라 작도의 합리화가 도모되고 있으나 특히 내외장 마감이나 설비 관련의 시방 결정이 지연되는 경우도 있어서 거푸집이나 선 부착 부품류의 발주, 납품에 지장을 주지 않도록 설계자등 관계자와의 면밀한 협의가 필요하다.

3.2.4 제조 공장에서의 제작 순서

가. mould 조립

PC제작 설계 도면이 완성되면 형틀 제작 도면을 작성하여 mould를 제작한다. 현재 공장에서 사용하고 있는 mould의 재료는 주로 철판과 대형 angle을 사용한다. 이때에 구조용 접합 철물, 문틀, 전기 부품, 목벽돌, sleeve 등을 고정시킬 수 있는 cotter류를 제작하여 mould 및 pallet에 치부시킨다. 형틀 제작이 완료되면 외기에서 장기간 방치되는 관계로 부식 방지용 방청 도료를 바른다.

검사를 필한 형틀을 지정된 line위에 배치하여 mould를 해체한 후 청소를 실시한다. 형틀 청소는 형틀 제작 후 처음 부재를 제작할 때 뿐만 아니라 부재를 탈형한 후에도 매번 청소를 실시한다. mould 주변에 붙어 있는 콘크리트 찌꺼기, 바닥의 먼지, 각종 cotter 주위의 이물질 등을 진공청소기 및 wire brush, 수직칼 등으로 깨끗이 닦아낸 후 부재의 탈형을 용이하게 하기 위해서 탈형제를 바른다. 탈형제로는 유성 및 수용성 용액을 탈형 방법, 부재 표면의 기포 발생, 마감 방법 등을 고려하여 분무기등으로 도포하며 요철이 심한 문틀, 각종 cotter 주위에는 구리스등을 얇게 발라 박리 효과를 크게 한다.

나. 철근 배근 및 부품 매설

mould 조립이 끝나면 현청도에 의거하여 미리가공 조립된 철근을 배근하고 탈형 보강관과 hook용 철근을 걸속시킨다. 접합 철물, 문틀, 전기 부품, 목벽돌 등도 삽입하여 고정시키며 slab판

의 발코니 및 측 세대의 roof 등은 상부 mould를 추가로 조립시킨다.

다. 중간 검사

PC부재 제작과정 중 가장 중요한 것은 중간 검사과정이다. Mould의 조립 상태, 철근 배근 간격과 피복 두께, 결속 상태 점검, 집합 철물, 전기 pipe 및 각종 부품의 치부상태 등을 체크리스트에 의거 세밀하게 체크한다. 만일 중간 검사 과정에서 잘못된 부분이 체크되지 않은 채 콘크리트를 타설하게 되면 구조용 PC 부재로서 가치를 발휘할 수 없기 때문에 특히 주의하여 검사를 실시하여야 한다. 일반적으로 mould의 허용 오차는 제품 허용오차의 1/2로 한다.

라. 콘크리트 타설

검사가 끝난 형틀 내부에 batch plant에서 혼합한 콘크리트를 타설한다. 이때 콘크리트를 밀실하게 충전하기 위해서 수직 봉형 진동기로 진동시키거나 콘크리트 표면을 평활하게 하기 위하여 table vibrating으로 수평진동한다. Table vibrating 시에는 물시멘트비를 낮추어 극히 된비빔 콘크리트(slump 값=5~6cm)로 한다.

마. 양생

콘크리트 타설이 완료되면 표면미장작업을 위하여 양생용 sheet를 덮고 보일러에서 발생시킨 열을 이용하여 콘크리트를 촉진양생시킨다. 콘크리트의 양생은 부재탈형, 운반, 적치 과정상의 휨, 뒤틀림, 균열 등 변형방지에 중대한 영향을 미치게 되므로 콘크리트의 부재별 초기 양생시간 등의 양생방법 및 기준이 철저히 준수되어야 한다. 촉진양생에 의한 경우 전양생기간, 온도 하강 기간, 탈형후 양생기간 등에 대한 기준을 정하고 이를 따른다. 초기 양생은 20시간 미만을 원칙으로 하고 이 기간 동안 mould의 온도는 10℃ 이상을 유지해야 하며 부재의 급속한 건조로 인한 건조 수축 균열, 변형 및 표면 색상의 변화 등 부재에 유해한 결점이 발생되지 않도록 주의하여 양생한다.

콘크리트가 일정 수준 이상 경화되면 표면처리를 위하여 최후손 마감, 솔질 마감, 나무 흠손 마감 등으로 구분하여 미장작업을 실시하고 콘크리트 표면의 미장작업이 완료되면 다시 양생 sheet를 덮고 본 양생을 시킨다. 이때 양생조 내의 온도는

80℃ 이하로 하며 콘크리트 내부의 급격한 온도상승으로 인한 crack을 방지하기 위하여 1시간에 15℃이내에서 서서히 온도를 상승시킨다. 탈형강도가 100kg/cm² 이상이 될 때까지 (통상 500℃·H 이상) 강제 양생을 하며 계절별로 주위 온도에 따라 조절한다. 아래 그림은 PC 제품의 일반적인 양생 cycle을 나타낸 것이다.

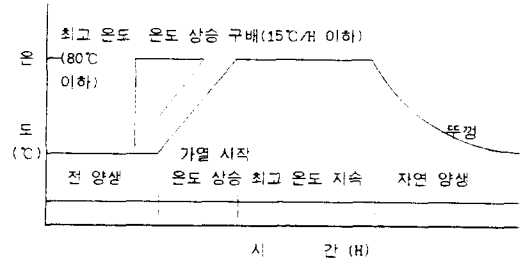


그림 4 표준 양생 Cycle

바. 탈형

본 양생이 완료된 콘크리트 부재를 탈형하기 위해서는 콘크리트 부재와 동일한 조건하에서 제작된 공시체의 강도시험을 실시한다. 이 경우 압축 강도에 대해서는 조합강도 관리를 위한 표준 양생 공시체와 PC부재와 동일한 양생조건(가열양생 및 탈형후 출하일 까지 부재의 양생 조건)이 되어야 하고 부재의 탈형시 출하일 및 보증일에 대한 각각의 재령에 있어서 강도관리를 할 필요가 있다. 강도 시험은 주로 압축 강도 시험을 하는데 탈형 강도는 100kg/cm² 이상이 되어야 탈형가능하므로 미달시 소요강도에 이를 때까지 보양한다. 강도시험에 합격한 부재는 제품명을 표시한다. 표시는 제품명 이외에 형별, 층별 제작 일자를 구분하여 표시하게 되며 표시가 완료된 부재는 tilt-up시켜 탈형후 검사대에 세워 놓는다.

사. 제품 검사 및 repair

검사대에 세워 놓은 부재는 표면 마감 상태, 집합부의 위치, 전기pipe의 막힘 여부, crack 등을 검사한다. 이때 소요의 품질에 만족되지 않는 결함등은 그 정도에 따라 필요한 수정을 하여 재검사를 실시한다. 제품검사를 하여 합격한 부재는 저장 야드로 옮기고 출하시에는 육안으로 이상이

없는가를 다시 확인한 후 시공현장에 수송된다.

아. 저장

고정 공장에서는 통상 전용 야적장이 설치되어 부재의 형상에 따라 적절한 저장방식이 채용된다.

여기에서는 부재의 중별, 제조일, 출하일 별로 정리하여 부재에 유해한 균열, 손상 등을 주지 않도록 소운반 횟수를 줄이는 등의 배려하에 부재를 안전하게 저장하는 것이 중요하다.

	<p>◀① 철근조립 용접철근을 형틀에 set 하고 진기배관, 매설칠물 등을 설치</p>	
	<p>▶② 콘크리트 타설 콘크리트를 타설하고 진동기로 진동한다.</p> <p>◀③ 양생 미장후 양생실에 넣어 강제 양생 한다.</p>	
	<p>▶④ 탈형 Tilting, 탈형하여 검수후 야적장으로 운반한다.</p> <p>◀⑤ 야적장 여기에서 자연양생되어 경화가 완전히 이루어 진다.</p>	
	<p>▶⑥ 운반 현장조립 일정에 따라 현장으로 운반한다.</p> <p>◀⑦ 조립 기초콘크리트 타설후 조립.</p>	
	<p>▶⑧ 완성 완전조립식 공법으로 조립이 완료된 아파트 외관.</p>	

사진 1 PC 제품의 공장 생산 및 현장 시공

합격된 제품은 크레인에 의해 저장 야드로 옮겨져서 출하시까지 야적시킨다. 야적 기간은 콘크리트 압축강도가 270kg/cm² 이상이 될 때까지 저장한다. 이때 4℃이상의 습윤상태를 유지해야 하고 필요시 살수나 슈트로 보양하는 등의 후양생을 하여 콘크리트 부재의 급격한 건조방지 대책을 실시하는 경우도 있다.

자. 운반

공업화 주택의 경우 총액중 운반비가 차지하는 비율이 매우 높기 때문에 공장과 현장의 거리에 좌우되는 운송 cost에 유의해야 한다. 또한 1대의 트럭에 어떻게 효율적으로 부재를 적재하는가, 현장에서 자재관리가 원활하려면 어떠한 순서로 적재하고 어느 시기에 어떤 것을 출하하는가 등을 고려하여야 한다. 현장 조립공사가 시작되면 조립 순서에 따라 부재를 세로쌓기 또는 평면쌓기로 상차시켜 wire로 견고하게 고정시켜 운행중 부재의 파손 및 안전에 충분한 대비가 완료된 후에 출하시킨다.

3.3 제조 공정 사진

일반적으로 maker 관계자가 타사 공장의 생산 공정을 시찰하는 것은 불가능하여 각 PC 업체의 기술개발은 그 공장부지 내에서 이루어지고 있다. 따라서 각 maker의 know-how는 공장에서 생산 과정을 뒷받치는 개개인의 기술에 달려있다. 여기에서는 지면 사정상 각 system에 대해 상세히 소개할 수 없지만 대략의 생산공정을 사진과 함께 간단한 해설로 소개하고자 하였다. 그러나 실제의 생산공정에는 움직임이 있어 정지된 상태로 전달할 수밖에 없는 사진이라는 모체로서는 표현할 수 없는 요소가 너무 많다. 따라서 실제 각 PC 공장 에서 상세한 생산기술이나 dynamic한 현장을 직접 체험해 보는 것을 권하고 싶다.

4. 맺음말

급증하는 주택 수요에 맞추어 주택의 대량건설을 목표로 적용했던 PC공법이 주택 건설 물량을 PC공법으로 확보하는데 큰 성과를 거두지 못했

다. 그 원인을 공장생산방식에서 찾았다면 PC공법의 장점인 기계화, 규격화된 대량 생산방식이 적용되지 못했기 때문이다.

가격과 품질에 문제가 있는 기존의 주문에 의한 다품종 소량생산 방식을 탈피하기 위해서는 표준화 작업에 의한 대량생산 방식이 절대적으로 요구된다. 공업화 주택의 활성화를 위해 부품의 규격화, 품질의 통일화는 설계 표준화와 함께 가장 먼저 이루어져야 할 작업이기 때문이다. 미국과 유럽, 일본 등 선진 산업국에서는 이미 지난 40년대에 건축 표준화작업을 추진하였으며 정책적인 지원에 힘입어 60년대에는 정착상태에 들어가 국가적인 설계자재의 규격화(open system)가 구축된 상태이다. 그러나 현재 국내에서는 건설업체의 ISO 품질 인증 업체가 늘어나면서 업체들이 자사의 현장에 적용하는 내부 규격화(closed system) 정도가 구축된 상태로서 표준화 작업은 아직 지지부진한 실정이다. 그러나 품질경영체제 및 ISO 9000의 지속적인 개선과 공장 제품의 효율적인 관리기법의 도입 등으로 국내 실정에 적합한 공장제품 생산체제가 갖추어 저서 대고객 만족과 신뢰 확보에 주력을 다하며 또한 향후 3D 기피현상과 현장 노동력의 절감에 따른 공업화 및 복합화 공법의 부분 PC공법 개발을 통한 WTO 체제의 준비가 철저히 이루어 질 때 국내 PC업체의 전망은 더욱 더 밝아 오리라 믿는다.

참 고 문 헌

1. 대한 주택 공사, 프리캐스트 콘크리트 부재 제작 및 조립공사 표준시방서, 1993, 4
2. 청구아파트의 공업화 공법에 관한 연구, (주)청구 기술연구소, 1995, 10
3. 건축기술정보, 1995. 6. pp.87-97.
4. 매일경제신문, 1994. 4. 27
5. 이리형, 윤상천, 프리캐스트 공법의 시공 및 품질 관리, 콘크리트학회지, 1994, 10, Vol.6
6. 工業化住宅考, 學芸出版社, 1987. 4

