

콘크리트 공장제품 개발동향 및 생산현황

원심력 콘크리트 공장제품의 제조공법과 생산현황

Recent Method and Status for the Production of Spun-Concrete Products



류 천*

1. 개 요

국가경제의 급속한 발전으로 국내 산업 기반시설의 확충 및 주택 200만호 건설 등의 대단위 건설공사에서 하수도시설, 전기 및 통신시설과 건축구조물의 고층화, 대형화, 연약지반에의 건설 등에 없어서는 안될 중요한 역할을 원심력 콘크리트 공장제품인 홉판, 전주, 파일 등이 하고 있다. 이러한 제품을 생산하는 원심력 공법이 우리나라에 소개된 것은 1945년 이전으로 대략 50년의 역사를 갖고 있으며 초창기에는 주로 수도관, 배수관 등 원심력 철근콘크리트관의 제조에 이용되었고 후에 원심력 철근콘크리트 파일과 콘크리트 전주 등의 제조로 확대되었다.

회전에 의하여 생기는 원심력을 이용하여 콘크리트를 성형다짐하는 원심성형 콘크리트는 1800년대부터 전주, 파일, 파이프 등 중공 원통형 제품에 이용되어졌던 것을 1920년에 호주의 Hume 형

제가 발명한 공법으로 1930년대 미국을 통하여 일본에 소개되었고, 이후 일본을 거쳐 우리나라에 도입된 공법이다. 1960년대 중반부터 KS규격에 원심력 콘크리트의 제반 제품에 대해 규정화된 이

표 1 원심력 콘크리트 규격의 종류 및 변천

규격번호	명 칭	제정	비 고
KSF 4025	원심력 콘크리트 경계블록	1977	1991폐지
KSF 4026	원심력 철근콘크리트 U형	1977	1990폐지
KSF 4027	원심력 철근콘크리트 U형뚜껑	1977	1990폐지
KSF 4028	원심력 철근콘크리트 L형	1977	1990폐지
KSF 4036	원심력 철근콘크리트관용 이형관	1987	
KSF 4301	원심력 철근콘크리트 말뚝	1965	
KSF 4302	원심력 철근콘크리트 전주	1965	1991폐지
KSF 4303	프리텐선방식 원심력 PC 파일	1972	
KSF 4304	프리텐선방식 원심력 PC 전주	1973	
KSF 4305	프스트텐선방식 원심력 PC 파일	1975	1991폐지
KSF 4306	프리텐선방식 원심력 고강도 콘크리트 파일	1983	
KSF 4403	원심력 철근콘크리트관	1966	
KSF 4409	원심력 유공철근콘크리트관	1972	
KSF 2454	원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험방법	1972	

* 정희원, 동부건설 기술연구소 선임연구원

래 많은 발전을 거듭하여, 1970년대 초에 프리텐션을 도입한 원심력 콘크리트가 규격화되었고, 1983년도 부터는 압축강도 800kg/cm² 이상의 고강도 콘크리트의 제품까지도 규격화되고 있는 실정이다. 원심력 콘크리트에 대한 규격의 종류 및 변천과정을 표 1에 정리해 보았다.

이 공법의 특징은 관을 성형할 때 내측몰드를 사용하지 않고 외측 몰드만을 사용하여 원심력으로 제조하므로 성형과정에서 콘크리트 속의 잉여수분이 내측으로 축출되어 콘크리트가 치밀하며 수밀성이 높고, 압축강도도 높다.

본고에서는 이러한 제품의 제조공법 및 생산현황을 살펴보기로 한다.

2. 원심력 콘크리트 공장제품

콘크리트 공장제품은 잘 정비된 공장에서 제조되는 프리캐스트(Pre-cast)콘크리트를 말하는 것으로서 콘크리트 공장제품의 종류나 성능을 알고 공사에 활용하면 비용면이나 공기면에서 유리한 경우가 아주 많다. 자주 쓰이는 콘크리트 공장제품은 한국공업규격에 의하여 표준화되어 있고 종류별, 형상, 치수, 제조방법, 강도, 기타성능, 시험방법 등이 정해져 있는데, 요즘은 그 용도가 급격히 확대되고 수요가 증대되었다. 이것은 콘크리트 공장제품이 현장 콘크리트에 비하여 다음과 같은 장점이 있기 때문이다.

- ① 공장생산이므로 기후에 관계없이 생산이 가능하다.
- ② 공장에서 제조되기 때문에 품질관리가 용이하고 우수하며 균일한 품질의 제품을 얻을 수 있다.
- ③ 공장에서 미리 제작되어 현장으로 운반되므로 현장에서는 양생기간이 필요없으므로 공사기간을 단축할 수 있다.
- ④ 항상 숙련된 기능인력에 의해서 제품이 생산된다.
- ⑤ 현장에서 형틀, 지보공, 타설준비 작업 등이 필요하지 않다.

3. 원심력 콘크리트 공장제품의 제조공법

원심력 콘크리트 공장제품을 크게 구분하여 보면 홑관이라고 불리는 원심력 철근콘크리트관, PC파일 및 전주로 구분할 수 있다. 이러한 제품들에 대한 제조공법에 대하여 살펴보기로 한다.

3.1 원심력 콘크리트 공장제품의 제조

콘크리트 공장제품의 제조는 일반 콘크리트 구조물의 시공과 다를 바가 없으며, 콘크리트 표준시방서에 준하여 이루어지지만 제품에 따라서는 두께가 얇다던가, 조기 탈형이 필요하다든지 하여 일반적으로 고강도가 요구되기 때문에 보통 콘크리트에 적용되는 시방을 그대로 적용할 수는 없다.

3.1.1 재료

콘크리트에 사용되는 재료로는 시멘트, 모래, 자갈 등이 있으나 그중에서도 굵은 골재의 최대치수는 일반적으로 330mm이하, 제품 최소두께의 2/5 이하 또는 철근 순간격의 4/5 이하로 한다. 특히 큰 단면의 제품은 굵은 골재의 최대치수를 40mm까지 해도 좋다.

철근과 PC 강재는 철근콘크리트용 봉강(KS D 3504), 철근콘크리트용 재생봉강(KS D 3527), PC 강선 및 PC 강연선(KS D 7002), 그 외에 철선(KS D 3552), 연강선재(KS D 3554), 경강선재(KS D 3559)가 쓰인다.

3.1.2 콘크리트의 배합

콘크리트 공장제품에 쓰이는 콘크리트의 배합은 제품의 종류나 다지는 방법에 따라 상당히 다르나, 기계적인 다짐이 원칙이기 때문에 단위수량이 적은 된 반죽의 콘크리트가 사용되고, 단면이 작아서 고강도가 요구되며 또 조기에 탈형할 필요가 있기 때문에 물-시멘트비는 50% 이하의 것이 많다.

콘크리트 배합 설계시에는 단위 시멘트량을 크게하고 물-시멘트비는 적게하여 모래 / 자갈을 적게하여야 원심력 성형시 재료 분리에 의한 시멘트

페이스트층이 적게 형성된다. 특히 잔골재의 밀도가 원심력 다짐에 영향을 크게 미치므로 주의해야 하고 0.6mm이하의 세립자의 점유율이 적으면 분리현상이 일어나 페이스트층 밑이 떠있는 현상이 발생한다. 따라서 잔골재가 굵은쪽으로 치우칠 때는 세립자를 혼합하여 사용하여야 한다.

주요한 제품에 사용되는 콘크리트의 배합에는 표 2와 같다.

표 2 콘크리트의 배합

콘크리트 제품의 종류		굵은골재 최대치수 (mm)	단위 시멘트량 (kg/m ³)	물-시멘트 비 (%)	슬럼프 (cm)	28일강도 (kg/cm ²)
원심력다짐 제품	전주,파일	15~30	400~500	37~45	4~10	400~500
	흙관	15~25	350~450	38~53	4~8	300~450
	스편파이프	10~20	400~440	38~43	4~8	400~450

3.1.3 철근의 조립과 피복두께

철근의 교점을 연결하는 방법은 성역화의 영향에 의해서 스폿용접하는 방법이 많이 쓰이고 있고 규격제품을 대상으로 하는 철근의 자동편성기(自動編成機)가 쓰이고 있다. 점용접부(點銲接部)는 일반적으로 피복강도가 저하하므로 용접방법을 적절하게 관리하여 이의 영향을 적게하여야 한다.

또 콘크리트는 비교적 배합이 좋고 다짐을 충분히 하기 때문에 일반 철근콘크리트 구조물의 경우보다 피복두께를 작게 할 수 있다. 피복두께는 철근지름 이상으로 다음 표 3의 값 이상으로 하는 것이 일반적이고 원심력 다짐이나 특수한 다짐으로 만든 제품에서는 경험에 의하여 최소 피복두께를 9mm 까지 할 수도 있다.

표 3 피복두께(mm)

외기에 노출된 면 흙이나 물에 직접 닿는 면 내구성에 대하여 고려할 필요가 있는 면	12
외기에 노출되지 않는 면 현장타설 콘크리트로 덮여진 면 내구성을 고려하지 않는 면	8

3.2 원심력 콘크리트의 제조관리

3.2.1 제조공정

원심력으로 성형하는 콘크리트 제품은 용도에

따라 제조공정도 약간 상이하므로 원심력 철근콘크리트관과 원심력 철근콘크리트 파일(원심력 철근콘크리트 전주포함)로 나누어 설명하기로 한다.

1) 원심력 철근콘크리트관은 우수관, 하수관 등으로 배수관으로 이용되므로 제조공정상 다음 사항에 유의하여야 하며 제조공정은 다음 그림 1과 같다.

- 내면이 평활해야 한다.
- 이음부에서 누수가 발생해서는 안된다.
- 콘크리트가 치밀하여야 한다.(수밀성)

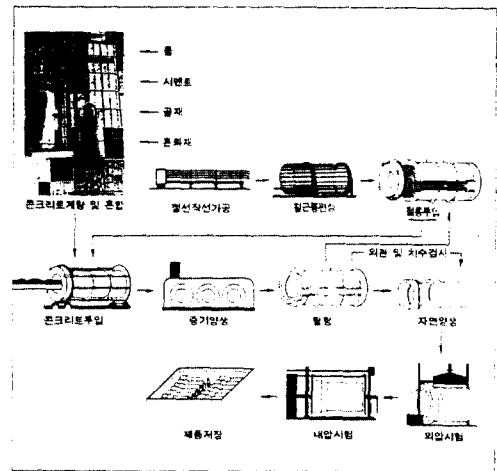


그림 1 원심력 철근콘크리트관의 제조공정

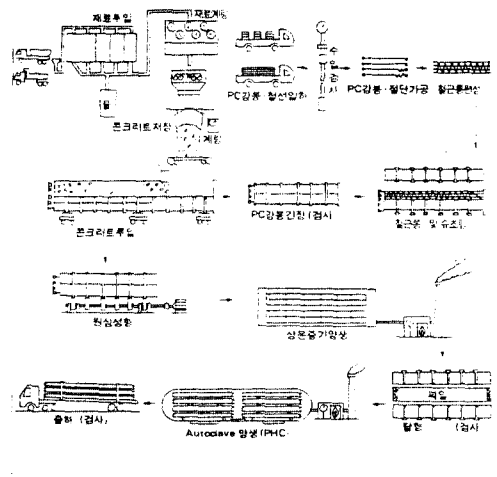


그림 2 파일의 제조공정

2) 원심력 철근콘크리트 파일은 타격시 큰 타격 에너지에 의해 두부가 손상되거나 파일의 몸체에 균열이 발생하여 파일의 지지력을 저감시키고 구조체의 안전에 유해한 영향을 줄 수 있으므로 제조 공정상 주의하여 제작하여야 하고 전주의 생산 방법도 파일의 생산방법과 비슷하며 제조공정은 그림 2와 같다.

- 항두와 슈는 몸체에 직각이어야 한다.
- 몸체의 벽두께는 일정하게 유지되어야 한다.
- 접합부의 콘크리트 강도가 몸체의 강도와 동등 이상이어야 한다.

3.3 원심력 콘크리트의 성형방법

콘크리트 공장제품의 성형은 원심력, 진동(내부 진동, 거푸집 진동, 진동대), 충격, 로울전압(電壓), 가압, 진공 등을 이용한 기계적 다짐등 여러 가지 방법이 많이 사용되지만 여기에서는 원심력을 이용한 다짐방법에 대해서 살펴보기로 하자.

원심력 다짐은 철근배근된 형틀속에 콘크리트를 부어놓고 회전에 의하여 발생하는 원심력을 이용하여 성형하고 다지는 것으로 그 효과는 원심력의 크기에 비례하며 원심력의 크기는 중력가속도 g의 배수로 표시한다.

원심가압하는 방식에는 차륜식과 팽이를 돌리는 것같이 축이 회전하는 자이트식이 있으나 일반적으로 진동다짐 효과가 좋은 차륜식을 많이 쓴다.

참고로 회전에 의한 원심력은 다음식과 같다.

$$f = m \times \frac{(2\pi r n)^2}{r} \times \frac{1}{m} = 4 r \pi^2 n^2$$

f=원심력(g)

m=질량

r=회전반경(cm)

n=회전속도(rps)

g=중력가속도(980cm/sec²)

3.3.1 원심력 철근콘크리트 파일

원심력 다짐은 다음의 3단계로 표 4와 같이 회전속을 변경하여 행하는데 적당한 회전속도, 회전시간은 콘크리트 배합, 몰드와 원심기의 상태 등에 따라 상이하므로 공장에서 실험에 의하여 최적값을 구하여야 한다.

표 4 단계별 회전수

구 분	회전수(r.p.m)	시간(분)
저속회전	100~170	4~2
중속회전	200~330	4~2
고속회전	400~500	8~4

회전 속도에 의한 원심력은 표 5와 같다.

표 5 회전속도에 의한 원심력

ID	t(cm)	r(cm)	n(rps)	f(g)
300	6.0	18.0	7.0	35
400	7.5	23.8	6.0	34
500	9.0	29.5	6.0	43
600	10.0	35.0	5.0	35
700	11.0	40.5	5.0	41
800	12.0	46.0	4.5	37

일반적으로 주의해야 할 사항은 아래와 같다.

- ① 회전속도를 높이면 다짐률은 상승하나 재료 분리가 일어나며 몰드나 원심기에 무리가 가므로 다짐시 원심력은 30~40g 정도가 실용상 적당하다.
- ② 몰드의 회전은 원활하여야 하며 원심대 물러의 표면에 요철이 있을 경우 정상적인 회전이 어렵고 진동이 불규칙적으로 발생하여 콘크리트의 다짐효과가 감소할 뿐 아니라 단면이 편심을 이루게 된다.
- ③ 저속회전은 몰드내의 콘크리트를 균등하게 분포시키기 위하여 반드시 필요하며, 회전속도는 저속에서 중속, 고속순으로 이행하여야 한다. 만일 저속회전을 생략하면 콘크리트가 편중되어 콘크리트 두께가 일정하지 않게 된다.

실험에 의하면 원심력이 클수록, 물-시멘트비가 클수록 콘크리트 다짐률은 커지나 원심력이 과대하게 작용하면 재료분리가 발생하며 물-시멘트비가 너무 크면 콘크리트의 압축강도가 떨어지므로 실험에 의하여 원심력, 시간, 물-시멘트비 등의 최적값을 구하여야 한다. 슬럼프가 2cm이상이면 작업성에는 이상이 없다.

3.3.2 원심력 철근콘크리트관

원심력 성형시 회전속도는 파일과 같이 고속 회

전시 30~40g을 표준으로 하며 관리기준은 회사에 따라 차이가 있으나 대략 다음 표 6과 같다.

표 6 원심력 회전속도와 시간

내경 (mm)	구분	회전수 (r.p.m)	시간 (분)	40g 회전수
200~400	저속	150-250	3-5	$\phi 300$ t=30mm r=16.5cm n=8r.p.s 480 r.p.m
	중속	200-300	2-3	
	고속	300-600	10-15	
450~600	저속	100-150	3-5	$\phi 500$ t=42mm r=27.1cm n=6r.p.s 360 r.p.m
	중속	150-200	2-3	
	고속	200-400	15-25	
700~1800	저속	80-120	5-10	$\phi 1200$ t=95mm r=64.8cm n=4r.p.s 240 r.p.m
	중속	100-150	3-4	
	고속	150-300	20-30	

3.4 양생

양생이란 굳지 않은 콘크리트를 성형다짐후 일정기간 동안 온도, 하중, 건조, 충격, 파손 등의 유해한 영향을 받지 않도록 충분히 보호 관리하면서 굳지 않은 콘크리트의 온도와 습도를 유지하고 적절한 경화와 재료의 만족할 만한 수화(水和)작용이 원만히 진행하도록 유지해 주는 것을 말하는데 원심력을 이용한 콘크리트 공장제품의 경우는 콘크리트의 강도를 높이고 몰드의 회전수를 높이기 위하여 증기 양생방법을 채택하고 있고, 오토클레이브(autoclave)양생을 병행하여 생산하는 제품도 있다.

3.4.1 증기양생

증기양생 방법은 설비비가 비교적 저렴하고 관리가 쉬운점 등의 장점이 있기 때문에 널리 사용되고 있다. 증기양생을 한 경우의 강도는 그 후 수중양생을 하더라도 성형후 최초부터 수중양생을 한 것보다 작으며, 성형후 곧 증기를 통한다든지, 온도를 올리는 속도가 빠르다든지, 최고온도가 너무 높으면 그 차이는 더욱 커진다. 이것은 가열에 의한 기포나 자유수의 팽창에 의한 압력, 내외의 온도차에 의해 생기는 응력, 골재와 시멘트 풀과의 열팽창계수의 차에 의해 생기는 응력 등에 따라 내부에 결합이 생기기 때문이다. 이와 같은 결합의 발생을 최소한으로 하기 위해 콘크리트의 배

합, 제품의 종류, 단면의 형상, 치수, 소요강도 등을 고려하여 미리 치밀한 증기양생계획을 세워서 양생관리를 철저히 해야한다.

증기 양생방법은 KS, JIS 등에 규정되어 있으며 다음과 같다.

- ① 콘크리트 혼합완료 후 3시간 이상 방치후 증기 양생을 시작해야 한다.
- ② 온도상승속도는 1시간당 20℃이하로 해야한다.
- ③ 최고온도는 65℃ 이하로 해야한다.
또한 미국의 PC 학회에서 규정한 증기양생 지침은 다음과 같다.
- ① 혼합된 콘크리트가 응결을 시작하기 전에 증기를 통하지 말아야 한다.
- ② 양생실의 온도가 10℃ 이하일때는 10~20℃가 되도록 서서히 증기를 통하여도 무방하다.
- ③ 성형후 증기를 통하는 시간은 일반적으로 4시간 정도가 적당하다.
- ④ 온도상승 구배는 통상 22℃/h로 한다.
- ⑤ 최고 온도는 통상 66℃로 한다. 이 온도보다 낮은 온도(예를들면 55℃~60℃)로 하는 것이 효과적이다.
- ⑥ 소정 온도에 이르면 콘크리트 강도가 나올때 까지 계속한다.
- ⑦ 증기를 잠근 후 온도하강 구배는 온도상승 구배보다 완만하게 하는 것이 좋다.
- ⑧ 양생실내의 증기가 외부로 누출되지 않도록 주의하여야 한다.
- ⑨ 양생온도는 자동 조절되도록 한다.
- ⑩ 증기는 직접 콘크리트나 몰드 등에 통하지 않도록 주의하여야 한다.

위에 서술된 방법대로 도표를 그려보면 다음 그림 3과 같다.

증기 양생시간은 몰드 탈형시의 콘크리트 압축 강도를 기준으로 조정하여야 하나 대기 온도를 20℃로 가정할 때 최고 온도 양생시간을 0으로 한 다하여도 최소한 8.5~9시간 정도가 소요된다. 따라서 강제몰드의 회전시간은 제작 소요시간을 감안할 때 12시간이 소요된다.

증기양생을 한 콘크리트의 성질을 살펴보면

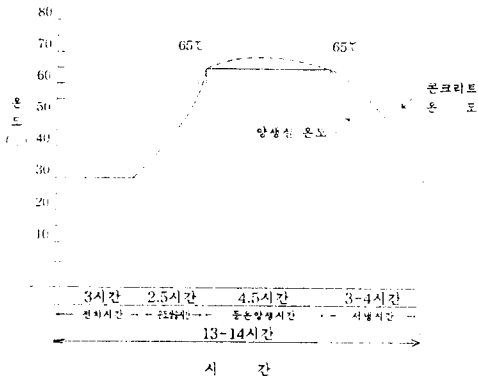


그림 3 표준 증기양생 방법

다음과 같다.

- 압축강도 ; 수중양생을 한 콘크리트보다 장기강도에서 떨어진다.
- 인장강도 ; 수중양생을 한 콘크리트보다 장기강도에서 떨어진다.
- 휨 강도 ; 수중양생을 한 콘크리트보다 장기강도에서 떨어진다.
- 탄성계수 ; 압축강도의 경우와 같으나 그 차이는 거의 없다.
- 용적변화 ; 건조수축은 부배합인 경우 15~25% 정도 적으며 빈배합인 경우 30~40% 적다.
- 내 구 성 ; 습윤양생한 콘크리트에 비하여 떨어진다.
- 수 밀 성 ; 습윤양생한 콘크리트에 비하여 떨어진다.

3.4.2 고온 고압 증기양생(autoclave curing)

100℃를 넘는 온도에서 그 온도에 해당하는 포화수증기압으로 양생하는 것은 시멘트의 수화반응을 촉진하고, 규산질물질을 첨가하면 수산화 칼슘과 수화반응을 일으켜 규산칼슘수화물을 생성시키는 등 대기압 증기양생에 비하여 많은 이점이 있다. 규산질분말을 첨가하여 수화반응에 이용할 경우는 우선 대기압하에서 어느정도 경화시킨후 180℃, 10기압 정도에서 8~10시간의 양생이 적합한 것으로 알려져 있다. 고온 고압 양생은 파일이 나 고강도를 필요로 하는 제품에 많이 이용되고 양생방법은 그림 4와 같고, 고온 고압양생의 장점

은 다음과 같다.

- 1) 재령 24시간 양생시 28일 강도를 얻을 수 있다.
- 2) 수중 양생한 콘크리트에 비하여 건조수축은 약 1/2정도이다.
- 3) 황산염에 대한 저항성이 약간 증가한다.
- 4) 골재에 염분이 포함되지 않는 한 콘크리트 표면에 백화현상이 발생하지 않는다.
- 5) 양생이 끝나면 수분함량이 적어 건조수축 균열이 발생하지 않는다.

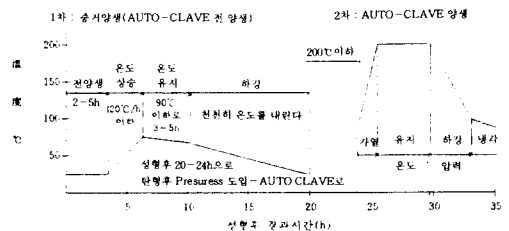


그림 4 고온 고압 양생 방법(PHC 파일)

4. 원심력 콘크리트 공장제품의 생산현황

원심력 콘크리트 공장제품의 생산현황을 1993년, 1994년, 1995년에 걸쳐서 살펴보면 원심력 철근콘크리트관(흙관)의 수요는 A형의 생산은 줄어드는 데 반해 B형의 생산은 늘어나고 있는 것을 알 수 있다. 그 이유는 흙관의 접속방법이 칼라(collar) 접합보다 수밀성이 좋은 고무링 접합 방식의 사용이 늘어났기 때문이며, 생산현황을 지역별로 자세히 살펴보면 표 7과 같다.

파일의 경우는 표 8과 같이 PC파일의 생산은 증가하고 있지 않으나 PHC파일의 생산은 급격히 증가하고 있음을 알 수 있는데 이는 PHC파일이 설계지지를 크게 할 수 있고, 항타에 의한 파일 두부의 손상이 거의 없으며, 휨에 대한 저항력이 크고, 크리프나 건조수축이 현저하게 작다는 장점이 있어서 생산량이 늘어나고 있다.(한국원심력콘크리트공업협동조합 자료참조)

5. 결 론

본고에서는 원심력 콘크리트 공장제품에 대해

표 7 지역별, 연도별 생산현황(출관)

지 역		1993년		1994년		1995년		참 여 공장수
		본	톤	본	톤	본	톤	
서울, 경기, 강원	A형	713,863	447,497	383,973	271,350	234,160	174,283	93년24
	B형	250,418	137,040	614,215	344,291	840,163	510,673	94년22
	합계	964,281	584,537	998,188	615,641	1,074,323	684,956	95년25
충청남도, 충청북도	A형	370,745	217,366	179,266	129,771	120,570	90,450	93년11
	B형	185,387	93,758	241,768	141,520	210,025	131,439	94년12
	합계	556,132	311,124	421,034	271,291	330,595	221,889	95년 9
전라남도, 전라북도	A형	371,807	232,195	252,326	151,297	186,224	126,400	93년10
	B형	94,421	46,824	234,259	121,812	385,842	238,978	94년14
	합계	466,228	279,019	466,585	273,109	572,066	365,378	95년15
경상남도, 경상북도	A형	297,513	173,263	244,233	155,623	173,848	122,123	93년 9
	B형	267,473	133,436	355,639	177,488	435,074	231,385	94년 8
	합계	564,986	306,699	600,072	333,112	608,922	353,508	95년 9
합 계	A형	1,753,928	1,070,3219	1,059,998	706,040	714,802	513,256	93년54
	B형	797,699	411,058	1,425,881	785,112	1,871,104	1,112,475	94년55
	합계	2,551,629	1,481,379	2,485,879	1,493,152	2,585,906	1,625,731	95년58

표 8 지역별, 연도별 생산현황(파일)

지 역	종별	1993년		1994년		1995년		참 여 공장수
		본	톤	본	톤	본	톤	
서울, 경기, 강원	PC	570,766	866,816	537,750	857,903	481,215	825,019	93년17 94년16
	PHC	--	--	80,316	148,679	229,481	443,324	95년15
충청남도, 충청북도	PC	545,160	800,370	488,274	746,265	405,007	660,356	93년16 94년14 95년11
	PHC	--	--	370,900	751,872	623,357	1,419,494	
전라남도, 전라북도	PC	288,790	431,004	255,825	386,539	301,555	474,716	93년11 94년10 95년 8
	PHC	--	--	136,111	260,223	245,861	428,181	
경상남도, 경상북도	PC	242,736	413,055	233,320	403,212	194,821	335,987	93년10 94년 8 95년 6
	PHC	--	--	22,123	44,136	179,897	343,149	
합 계	PC	1,647,452	2,511,245	1,515,169	2,393,919	1,382,598	2,296,078	93년54
	PHC	195,500	365,500	609,450	1,201,910	1,278,596	2,634,148	94년49
	합계	1,842,452	2,876,745	2,214,619	3,598,829	2,661,194	4,930,226	95년40

서 제조공법을 중심으로 콘크리트의 관리방법, 양생방법 및 생산현황에 대하여 살펴 보았다. 각각의 제품들이 갖고 있는 특성에 대해서는 지면관계로 살펴보는 못했지만 21세기를 바라보면서 선진국을 향해 달려가고 있는 우리나라의 경제발전 에 발맞추어서 원심력 콘크리트 공장제품의 중요성은 날로 더해갈 것이고 그 수요 또한 나날이 증대할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 한국공업규격 KSF 4036
(원심력 철근콘크리트 관용 이형관)

2. 한국공업규격 KSF 4301
(원심력 철근콘크리트 말뚝)

3. 한국공업규격 KSF 4303
(프리텐션 방식 원심력 PC말뚝)

4. 한국공업규격 KSF 4304
(프리텐션 방식 원심력 PC전주)

5. 한국공업규격 KSF 4305
(포스트 텐션 방식 원심력 PC말뚝)

6. 한국공업규격 KSF 4306
(프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝)

7. 한국공업규격 KSF 4403
(원심력 철근콘크리트 관)

8. 토목표준품셈, 1993.

9. 건설부 간행 하수도공사 시공관리 지침, 1993.

10. 건설부 간행 하수도 시설기준, 1992.10.

11. 대한토목학회 간행 토목공학핸드북, 1983.