

## 컴퓨터를 이용한 콘크리트의 믹싱관리

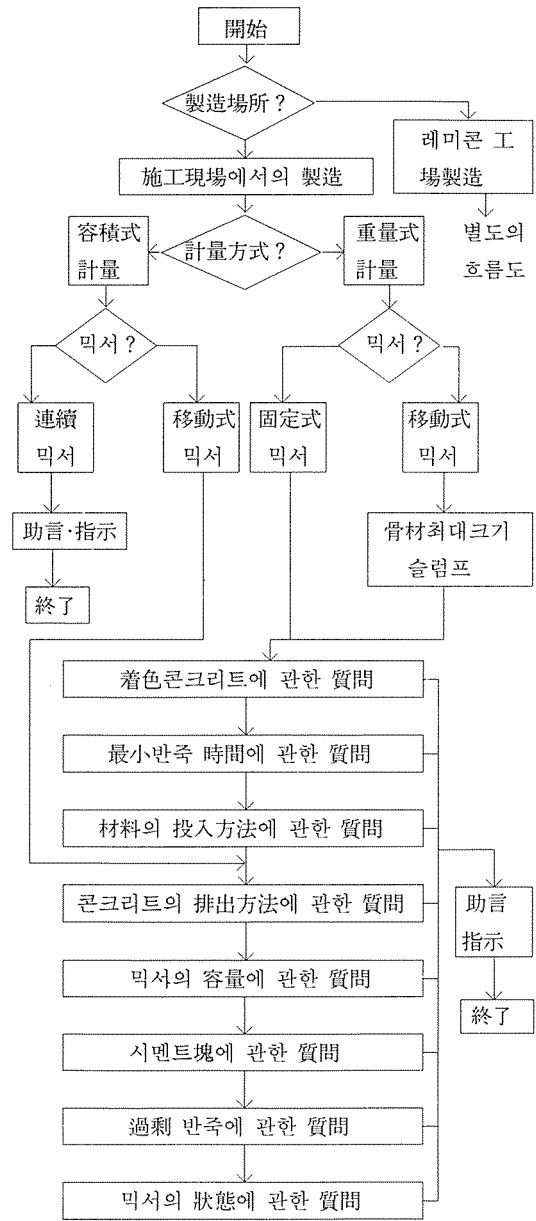
최근에 컴퓨터를 이용한 콘크리트의 품질관리에 관심이 높아지고 있다. 그 중에서도 콘크리트의 반죽관리를 위하여 컴퓨터를 응용한 사례를 소개한다.

이것은 Celik, Thorpe와 McCaffer에 의해 개발된 전문가 시스템(expert system)으로 배합상의 여러가지 변동상황을 효과적으로 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램 지원 시스템인 것이다. 본시스템에서는 많은 기술서적이나 전문가(expert) 등의 지식을 지식베이스로 축적하여 시스템 이용자에게 여러가지 조언을 한다. 따라서 경험이 적은 기술자에게도 고품질의 콘크리트를 컴퓨터와의 간단한 대화만으로 제조할 수 있게 되었다.

시스템의 구조는 재료의 계량 방법의 검토와 믹싱방법의 검토로 대별된다. 계량 방법의 검토 목적은 콘크리트가 소요의 품질을 확보할 수 있도록 재료의 계량을 적절하게 하는 데 있다. 시스템 이용자의 요구에 부응하여 최적의 계량 방법이 선정되고, 게다가 관련한 얼마간의 조언이 제시된다. 예를 들면 레미콘공장의 콘크리트를 사용하는 경우에는 콘크리트의 발생방법에 관한 조언이 지시된다. 또 현장 콘크리트를 제조하는 경우에는 사용해야 하는 계량장치 및 그 장치를 사용할 때의 주의사항등이 지시된다.

믹싱방법의 검토에서는 사용하는 계량설비에 부응한 최적 믹싱방법이 선정되고, 그런 경우의 유의점등이 제시된다.

그림은 현장 콘크리트를 제조하는 경우의 검



施工現場에서의 콘크리트의 반죽

토 흐름도를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 시스템에서 나오는 몇가지의 질문에 답을함으로써 이용자는 관련된 여러가지 정보(지식)를 얻을 수 있다. 예를들면 사용해야만 하는 믹서의 형식이나 최적 믹싱시간등이 지시된다.

이러한 지시는 실제의 전문가의 똑같이 검토 흐름도로부터 인도받게 되고 경제성이나 시간적인 평가까지도 포함하고 있다. 본 시스템의 개발자는 이것을 더욱 발전시켜 콘크리트 전체의 관리를 지원하는 전문가 시스템을 구축하려 하고 있다.

## 새로운 콘크리트養生工法

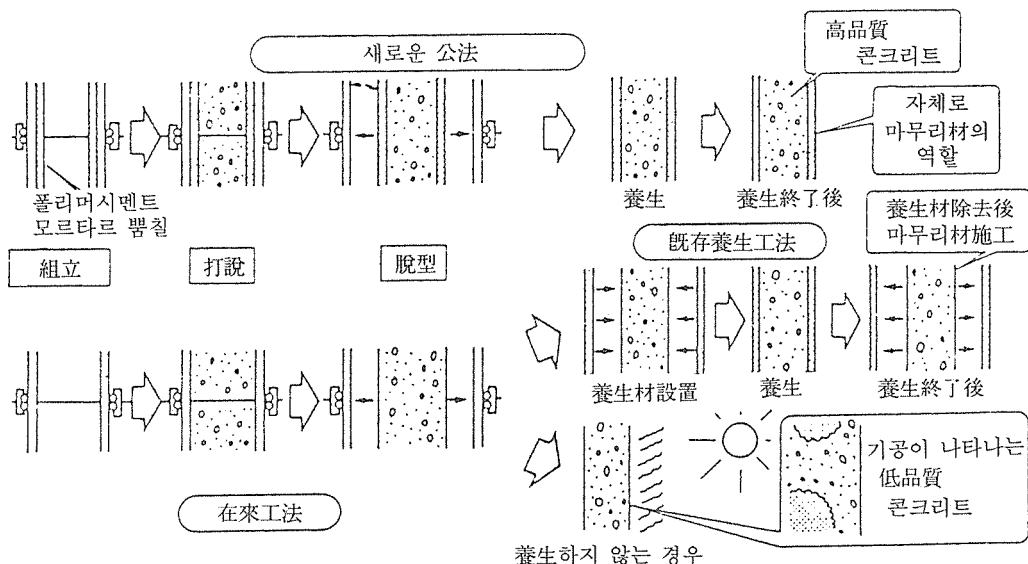
최근에 건축공사의 급증으로 최소한의 형틀 자재를 이용하여 콘크리트를 타설한 후 早期에 脫型하여 사용효율을 높이고, 공사비의 절감, 시공속도의 향상을 도모하기 위한 건축기술이나 새로운 공법에 대한 관심이 높아지고 있다.

日本の 前田建設工業은 공사하기가 쉬우면서도 확실하게 콘크리트를 양생하여 내구성을 높일 수 있는 콘크리트양생기술을 개발했다. 이것은 형틀 안쪽에 폴리머시멘트모르타르를 거푸집 안쪽면에 스프레이로 도포한 형틀을 사용하는 방법이다. 이미 공개적인 實物試驗이 끝나고 곧 현장에 적용할 예정이라 한다. 同社에서는 이 공법을 1986년부터 建設省 建築技術研究所와 공동으로 연구 개발해오면서 이번에 성공적인 결실을 보게 되었다.

기존의 콘크리트 양생방법은 콘크리트에 계속해서 물을 뿌려주거나 시트로 덮어 썩워 수분의 증발을 방지하는 방법들이 주로 사용되었는데 양생효과가 적고 양생후에 부대시설물을 제거해야 하는 등의 번거로움이 남게 된다. 또한 충분한 양생효과를 얻기 위해서는 시공 관리도 곤란할 뿐더러 공사비도 많이 높아지게 되는 것이다.

여기에 소개하는 공법은 형틀의 안쪽에 폴리머시멘트모르타르를 뿜칠하여 형틀을 제거한 후 콘크리트표면에 양생층을 형성시키는 기술이다. 이렇게 되면 내구성이 높은 콘크리트가 얻어지게되며 확실한 양생효과를 가져온다. 폴리머시멘트는 아크릴계의 것을 시멘트 중량의

새로운 工法과 在來工法의 概念과 特徵



15% 정도 혼입한 모르타르를 사용하게 되며 형틀 안쪽면에 3mm 두께로 뿔칠한다. 이 모르타르층은 형틀제거시에 콘크리트에 부착되어 콘크리트의 성능개선과 내구성을 향상시킨다. 또 이렇게 하면 콘크리트에 부착된 모르타르층이 마무리材의 역할도 하게되어 시공의 합리화도 이룰 수 있다. 그리고 양생층에 여러가지 顔料를 섞어주면 아이보리色, 赤色, 綠色 등의 다양한 색깔을 가지는 콘크리트표면을 창출할 수 있으며 형틀표면이凹凸등의 모양을 갖춘 거푸집을 사용하면 단 한번의 콘크리트 타설로 표면마무리와 내구성이 높은 콘크리트구조물을 지을 수 있게 된다.

이제까지의 시험결과에서 거푸집의 충격에 의한 폴리머시멘트층의 박리상태를 검사하기 위해서 20%의 수지를 혼합한 시험체(900×900)를 높이 40cm에서 수직낙하 시켜본 결과 20회 이상의 시험에서도 표면의 벗겨짐 현상이 거의 일어나지 않았다. 뿐만아니라 폴리머시멘트와 거푸집과의 접착력, 착색성, 시공성 등에서도 모두 양호한 결과를 보여주었다고 한다.

앞으로 다소 개선의 여지가 남아 있지만 거푸집공사와 양생공사를 한번에 처리하여 高品質콘크리트를 경제적으로 시공할 수 있다는데 그 장점이 있다 하겠다.

## 굵은골재의 액체질소에 의한 pre-cooling

日本の 다께나까(竹中) 土木은 매스콘크리트 타설시의 내부온도 상승을 억제하는 사전냉각 공법의 하나로서 굵은골재에 액체질소를 뿌려 냉각한 「crycrete」 공법을 다께나까(竹中) 公務店, 大陽酸素, 三菱重工業과 공동개발 실용화했다.

이 공법은 콘크리트 제조 플랜트의 굵은골재 저장소 저부에 액체질소를 주입한 노즐을 설치

하고, 아랫쪽의 계량기에 낙하하기 전에 굵은골재를 사전에 냉각한다. 이렇게 함으로써 여름철 공사에서도 온도균열을 제어할 수 있는 매스콘크리트용 골재를 준비할 수 있다.

지금까지 pre-cooling 방법으로는 콘크리트에 얼음을 섞거나, 모래를 액체질소로 냉각하는 등 몇가지 방법이 개발되어 있지만, 동공법에서는 굵은골재를 냉각함으로써 개개의 골재 내부에 장시간동안 냉각효과를 가질 수 있다는 장점이 있다. 또 모래나 얼음과 같이 냉각에 의해 결빙할 두려움이 없으므로, 공정상 특별한 처리가 필요없고, 기존의 레미콘 플랜트에서도 충분히 사용가능하며, 설치 비용이 적게 드는 것이 특징이다.

다께나까土木에서는 홍수조정댐용으로 건설 중인 「시모아자하라댐」(높이 25m, 길이 98m의 중력식 콘크리트 댐)에 동공법을 적용해 본 결과 그 실용성을 확인했다.

1m<sup>3</sup> 콘크리트의 제조온도를 1°C저하되는 데 필요한 액체질소량은 7~9kg이며, 콘크리트에 액체질소를 직접분사하는 중래공법과 비교해서 1/2만 사용해도 된다. 굵은골재의 냉각은 골재 사이에 공극이 있으므로 비효율이라 생각할 수 있지만, 일단 굵은골재를 냉각한 액체질소가 기화하는 열로써 다음에 투입하는 굵은골재를 냉각하는 효과가 있고 입경 20~40mm 정도의 자갈이라면, 결빙도 없어 냉각효율도 높다.

## RCCP포장이 아스팔트포장보다 경제적

호주는 국토가 넓어 도로기술이 상당히 발달해 있으며, 최근에는 RCCP공법에 대한 기술개발이 활발히 진행되고 있다.

여기서는 호주시멘트협회의 선임기술자인 J. R. Hodgkinson씨의 보고내용을 인용하여 호주의 RCCP시공기술의 특징을 요약·소개한다. ① 콘크리트의 제조는 대개 ARAN社 제품을 사

용하여 현장플랜트를 채용한다.(국도가 넓고, 현장에서 가까운 곳에 레미콘 공장이 없는 것과 함수율의 관리를 엄밀하게 하기 위해서) ② 페이바는 서독 ABC社의 타이탄을 주로 사용(진동바가 높은 에너지를 내고 다짐율이 90%를 상회) ③ 20mm이하의 골재를 사용하고 워커 빌리티를 좋게 하기 위하여 플라이애쉬등을 첨가하며 W/C 50%정도를 사용한다. (골재 82%, 시멘트 13%, 물 5%가 적당) ④롤러에 의한 다짐은 무진동으로 2회, 진동을 주면서 4~6회, 타이탄롤러 순으로 시공한다. ⑤포장두께가 20cm 이상이면 2번으로 나누어서 시공하는 데 1층과 2층과의 결합을 좋게 하기 위하여 시멘트 모르타르로 뿔칠한 후 2층 시공을 한다. ⑥양생기간은 초기에 10분 정도 물을 뿌려준 후 3~7일 정도 양생한다. ⑦수축이음의 간격은 포장두께의 30~35배 정도로 하고 팽창이음을 고려할 필요가 없다.

이상에서 호주의 RCCP공법의 특징을 요약하였는데, 1987년의 시공실적이 17만㎡이며 최근에는 그 시공실적이 3배 이상으로 급증하고 있으며, 앞으로도 더욱 늘어날 전망이다. 이처럼 호주에서 RCCP공법이 점차 인기를 끄는 것은 기존의 아스팔트포장보다 10%정도, 보통의 콘크리트포장보다 20~25%정도까지 공사비를 줄일 수 있다는 데 있다.

## 동독, 시멘트규격 새로 개정

동독의 시멘트규격(TGL-28101)이 10년만에 새로 개정되었다. 개정된 주요내용은 제1부(포틀랜드시멘트 PZ, 분쇄혼화제 함유 포틀랜드시멘트 ZPZ), 제3부(분쇄혼화제 및 충전혼화제), 제7부(PC강재 ST-140/160 및 용접철근), 제9부(술어 및 정의), 제10부(기호, 포장, 수송, 적재 및 저장)등인데 TGL-28101의 개정과 동시에

시멘트 시험 방법외의 다른 관련 규격들이 TGL-28102~TGL-28105로 새로 제정되어 1990년 1월 1일부터 시행되고 있다. 개정된 내용중에서 특징적인 것은 시멘트의 유효알칼리 함량을 엄격히 제어하고 있으며, 양생기간에 따른 적절한 강도 발현성을 갖도록 규정하고 있다.

## 시카고의 高強度콘크리트 현황

시카고에서 고강도콘크리트가 개발된 것은 1962년의 6,000psi(420 kgf/cm<sup>2</sup>) 콘크리트가 만들어지면서 시작되었는데 1989년에는 31층의 건물인 W. Wacker Drive의 건설에 실리카폼을 혼입한 980 kgf/cm<sup>2</sup>의 초고강도콘크리트가 실제 건물에 사용되기에 이르렀다.

### <구조설계>

고강도콘크리트는 기둥이나 플로어에 따라서 다른 강도가 쓰이게 되는데 14,000 psi~4,500psi(1,190~315 kgf/cm<sup>2</sup>)의 콘크리트를 채용한다. 이것은 기둥의 단면을 줄이고 床의 유효면적을 키우게 되어 경제적이기 때문이다. 즉 3,000psi의 콘크리트에 비하여 14,000psi의 콘크리트는 강도가 4.7배에 이르게 되고 강도별 가격은 3,000psi에서 45\$/yd<sup>3</sup>가 되어 약 3배의 가격에 이른다.

### <조합>

콘크리트 강도의 관리재령은 경제적인 이유에서 56일이다. 이렇게함으로써 관리재령 28일의 저강도콘크리트와 거의 동등한 코스트에 상당한다. 10,000psi이상의 콘크리트조합에서는 슬러리타입의 실리카폼과 수화열에 의한 온도상승을 억제하기 때문에 지연제를 혼입하게 된다. 기둥부분의 콘크리트 내부의 최고온도는

시카고 Mercantile Exchange에서 66°C에서 .38°C까지 줄일 수 있다. 약 20일후에는 바깥온도와 거의 같다. 14,000psi의 조합조건 및 기타 콘크리트의 품질관리 결과를 <表 1>, <表 2>에 표시되어 있다.

기서 얻어진 자료는 ACI의 고강도콘크리트 363 위원회의 자료로 유용하게 활용하게 된다.

製造設備	Yard 1	--
管理材令56日設計基準強度	14,000psi	96MPa
調合強度	15,687psi	108MPa
平均値	16,139psi	111MPa
標準偏差	939psi	6.5MPa
變動係數	5.8percent	--
最大値	18,040psi	124Mpa
最小値	14,165psi	98MPa
試驗回數	40	--
ACI의 規定	Passes	--

## 늘어나는 GRC시장

최근들어 인건비의 급등으로 건축공사에서는 콘크리트 공장제품의 사용이 필수적으로 되면서 앞으로 국내에서도 전반적인 PC제품의 활성화가 기대된다.

이미 미국은 「GRC패널의 플랜트와 생산을 위한 품질관리 매뉴얼」을 1991년에 완성하기 위해 기초조사에 착수하였고, 호주 등에서도 PCI의 매뉴얼을 기초로 하여 자국의 실정에 맞는 「GRC의 설계·제조 매뉴얼」을 만들고 있다. 또한 일본은 GRC공업회를 중심으로 자동화생산시스템, 내구성 향상, 건조수축의 개선, 아라미드, 탄소섬유 등의 다른 섬유와의 복합사용 방법 등에 대해서 검토하고 있다.

1989년도 기준으로 조사된 세계각국의 GRC 시장규모는 다음과 같다.

<表 1> 14,000psi콘크리트의 조합조건과 강도시험결과

콘크리트強度		變動係數 (%)	標準偏差		平均値		打設量	
psi	MPa		psi	Mpa	psi	MPa	yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
17,000	117	--	--	--	--	52	40	
14,000	96	5.8	939	6.5	16,139	111	1110	
12,000	83	6	684	4.71	13,331	92	775	
10,000	69	5	346	2.4	11,526	79	1596	
8,000	55	5	409	2.8	10,207	70	1376	

<表 2> West Wacker Dr. Project에서 고강도콘크리트의 품질관리 결과

### <타설>

W. Wacker Drive에 타설한 콘크리트의 양은 40,100yd<sup>3</sup>(30,476m<sup>3</sup>)이다. 또 8,000~17,000psi의 고강도콘크리트는 기둥과 기둥-슬라브의 접합부에 타설하였는데 전체의 약 16%에 해당된다. 기둥과 내진벽의 콘크리트는 2yd<sup>3</sup>(1.5m<sup>3</sup>)의 바켓트를 이용하여 타설하고 기둥슬라브는 4,000psi의 콘크리트를 펌프로 압송한다.

이 프로젝트에서는 17,000psi콘크리트 강도, 크리이프, 건조수축 등의 물성을 조절하기 위해서 기초의 기둥과 시험체 중에 계측기를 설치하여 장기거동을 측정하게 된다. 앞으로 여

국 별	GRC 메이커수	연간시장 규모(억원)	주요 GRC 품목
영 국	약 50사	330	주택, 건축용
서 독	약 25사	100	물결판, 바닥재
스 위 스	2사	.	단열부재
스 페 인	3사	130	외장재
이탈리아	8사	50	외벽패널
프 랑 스	30사	93	"
네델란드·벨기에	8사	19	"
미 국	약 60사	600	커튼월
호 주	12사	150	고층건물 외장재
남아프리카	12사	60	건축, 광산관계
일 본	54사	930	최근 토목 분야에도 진출

---

---

## 아라미드섬유를 이용한 PC보

---

---

최근들어 건설업계에서도 여러가지의 신소재가 사용되고 있는 데, 그 중에서도 각종의 長섬유를 수지와 결합시킨 FRP로드는 경량, 고강도, 내부식성이 우수한 성질을 갖고 있어 강재에 대체할 수 있는 콘크리트 보강재로서 주목받고 있다. 기존의 FRP를 긴장재로 이용한 PS콘크리트는 부착강도가 적고 충분한 정착이 어려우며 일정 이상의 힘을 가할 수 없는 결점이 있었다. 그러므로 부착강도가 크고 변형성능이 높은 FRP 긴장재의 개발이 필요하였다.

日本 鹿島建設에서는 日本아라미드와 공동으로 신소재 아라프리(네덜란드의 아쿠조사가 개발)를 이용한 PC부재를 개발하였다. 여기에 사용되는 FRP는 長섬유로 가공된 것인데 재료의 중요한 특징은 ①종래의 원형단면 대신에 板狀으로 되어 있어 단면적에 대한 부착면적이 많고, 부착강도가 크다. ②코일狀으로 감겨 있어 운반이 용이하다. ③긴장용 정착장치는 새로 개발된 쿠사비방식을 채용하여 정착효율이 좋고 정착작업도 용이하다.

이 재료를 사용한 PC보의 力學的 특성도 상당히 개선시킬 수 있는데, 종래의 FRP긴장재보다 3배이상의 변형능력을 갖게 되며 설계하중의 2배이상의 하중하에서 균열이 발생할 경우에도 균열분산이나 균열폭의 제어가 가능해진다.

또 耐부식성, 비자성의 성질도 가지고 있

어 자기부상열차용의 교량구조물, 가이드웨이 등에 효과적으로 사용될 수 있다.

---

---

## 미국 레미콘업계에 기업통합의 바람

---

---

미국 산업계 전체에서 기업합병, 매수의 기운은 과거 10년간 현저히 증가하였으며 시멘트, 레미콘, 골재, 콘크리트제품 등의 분야에서도 미국내외의 기업에 의한 매수·통합등의 경향이 현저하다.

레미콘업종의 경우 역사적으로 가족경영 중심의 소규모기업으로 시작한 경우가 많았고 이제까지 10년 이내에 도산하거나 그만둔 회사가 많았다. 10년 전에 미국에는 4,500여社の 레미콘회사가 존재하여 외형자본은 약 1%에 불과하였으나 현재는 50社정도가 전 미국 레미콘 총생산량의 40%이상을 점유하면서 外資系기업의 25%를 점유하기에 이르렀다. 레미콘업종 참여는 비교적 어렵지 않으나 장기적으로 충분한 이익을 보장할 수 없고, 상당한 자본투자가 선행되어야 한다. 그리고 수송코스트가 미국의 경우에는 제품코스트의 3~4배를 웃돌고 제품의 불량문제, 건설업경기사이클에 의존도가 높은 등의 문제점이 있다.

향후 미국에서는 이런저런 이유로 골재업을 포함한 통합에 의한 대기업화가 진행될 것이며, 앞으로 1~2년은 시멘트회사의 매수에 의한 수직통합의 형태가 많이 나타나게 될 것이다.

<발췌 : Concrete Products 93(1) pp. 37~43, 1990.>

美國 레미콘 協會의 技術情報資料가 當協會에 到着되었으므로 本資料를 利用할 會員社는 企劃課에 問議하시기 바랍니다. (編輯者註)

Publicaion Number	T I T L E
<u>RESEARCH</u>	
Pub. 53	Effect of Curing Condition on Compressive Strength of Concrete Test Specimens, by D.L.Bloem, reprinted October, 1969.
<u>TECHNICAL</u>	
Pub. 76 JRL NO. 6	Variations in Portland Cement, by Stanton Walker and D.L.Bloem, authorized reprint from ASTM proc., Vol. 58, 1958
Pub. 106	Cooling Ready Mixed Concrete, published by the Engineering Division, June, 1962.
Pub. 108 JRL No. 12	Tests of Water—Reducing Retarders, by R.D.Gaynor.
Pub. 113 JRL No. 13	Effects of Aggregate Properties on Strength of Concrete, by D.L.Bloem and R.D.Gaynor, authorized reprint form ACI Journal, October, 1963. Also Published by NAA as Cir. 90.
Pub. 119 JRL No. 15	Concrete Strength Measurement—Cores vs. Cylinders, by D.L.Bloem, authorized reprint from ASTM Proc., Vol. 65, 1965. Also published by NAA as Cir. 96.

Pub. 127 JRL No. 17	High Strength Air—Entrained Concrete, by R.D.Gaynor, March, 1968. Also published by NAA as cir. 103
Pub. 128 JRL No. 18	Concrete Strength in Structures, by D.L.Bloem, authorized reprint from ACI Journal, March, 1968. Also published by NAA as Cir. 104
Pub. 130	Cold Weather Ready Mixed Concrete, a publicaion of the engineering division, September, 1968.
Pub. 131	Study of ASTM Limits on Delivery Time, by R.C.Meininger, a publication of the Engineering Division, February, 1969.
Pub. 133—79	In—Place Concrete Strength Evaluation—A Recommended Practice, Committee on Research, Engineering and Standards, October, 1970, revised September, 1979.
Pub. 146	Some Influences on Admixture Requirements in Concrete, G.M.Bruiere (Paper presented at the 6th Annal Conference of the National Ready Mixed Concrete Association of Australia) September, 1974.
Pub. 147	One Look at Concrete Compressive Strength, by R.D.Gaynor, November, 1974.
Pub. 152	An Outlone on High Strength Concrete, by R.D.Gaynor, May 1975.

Pub. 156	Aggregate Abrasion Resistance, Strength, Toughness, and Related Properties, by R.C Meininger, reprinted from STP 169B, published by ASTM, 1978. Also published NAA as Cir. 124.
Pub. 157	Ready Mixed Concrete, by R.D. Gaynor, reprinted from STP 169B, published by ASTM, 1978.
Pub. 161	Evaluating Cement Variability—The First Step,(A Discussion of the New ASTM Method C917—80 and the Past, Present and Future for Cement Uniformity Evaluation), by Donald J.Peters, April, 1980.
Pub. 165	Cement Strength Uniformity—A Ready— Mix Producer's View, by Bill M. Scott, December, 1981.
Pub. 167	The Effect of Slag Cement in Concrete, by G.M. Idorn, April, 1983.
Pub. 171	Effect of Temperature and Delivery Time on Concrete Proportions, by R. D.Gayneor, R.C.Meninger and T.S. Khan. Authorized reprint form ASTM, 1985.

Pub. 174	Guide to the Selection and Use of Hydraulic Cements, ACI Report 225R—85 (Authorized reprint, 1986).
Pub. 176	High Strength Concretes: The Two Edged Sword, by Weston T.Hester, 1989.
Pub. 177	Handing,Placing, Finishing and Curing Concrete, by Eugene D.Hill Jr., October, 1989.
CIP 1	Dusting Concrete Surfaces
CIP 2	Scaling Concrete Surfaces
CIP 3	Crazing Concrete Surfaces
CIP 4	Cracking Concrete Surfaces
CIP 5	Plastic Shrinkage Cracking
CIP 6	Joints in Concrete Slabs
CIP 7	Cracks in Concrete Basements
CIP 8	Discrepancies in Yield
CIP 9	Low Concrete Cylinder Strength
CIP 10	Strength of In—Place Concrete
CIP 11	Cruing In—Place Concrete
CIP 12	Hot Weather Concreting
CIP 13	Concrete Blisters
CIP 14	Finishing Concrete Flatwork
CIP 15	Chemical Admixtures for Concrete
CIP 16	Flexural Strength of Concrete
CIP 17	Flowable Fill Materials
CIP 18	Radon Resistant Buildings