

# 레디믹스트 콘크리트의 品質管理와 檢査方法에 대하여

金 生 彬

〈東國大學校 工科大学 土木工學科 教授〉

## 目 次

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. 概 要           | 4. 3 콘크리트의 비비기   |
| 2. 레미콘의 종류와 호칭강도 | 4. 4 운 반         |
| 2. 1 레미콘의 종류     | 5. 品質管理          |
| 2. 2 호칭강도        | 5. 1 製造設備의 管理    |
| 3. 品 質           | 5. 2 材料의 品質管理    |
| 3. 1 強 度         | 5. 3  적절한 配合의 選定 |
| 3. 2 슬럼프 및 공기량   | 5. 4 콘크리트의 品質管理  |
| 4. 製 造           | 5. 5 檢査方法        |
| 4. 1 材料의 貯藏設備    | 5. 6 檢査結果에 대한 조치 |
| 4. 2 計量設備        | 6. 結 論           |

## 1. 概 要

레디믹스트 콘크리트(Ready Mixed Concrete)는 잘정비된 콘크리트 製造設備를 갖춘 工場으로 부터 수시로 구득할 수 있는 굳지 않은 콘크리트를 말하며, 수요자가 지정한 配合의 콘크리트나 工場임의로 배합설계된 콘크리트를 곧 現場까지 운반, 배달하는 것이다.

近年에 와서 레디믹스트 콘크리트(간단히 레미콘이라 한다)의 급속한 보급으로 특수한 경우를 제외하고 크고 작은 콘크리트 構造物의

건설에 거의가 레미콘이 이용되고 있는 실정이다. 레미콘은 1916년에 美國에서 처음 개발되어 판매되었고, 우리나라에서도 1990년 4월 현재 레미콘 會社數는 195個로 工場數도 295個에 이르고 있으며 레미콘의 年生産能力은 9,890萬m<sup>3</sup>를 넘고 있다.

레디믹스트 콘크리트에 관한 한국공업규격의 KS F 4009는 1967년에 制定되었으며, 1986年 5월에 개정되어 “레디믹스 콘크리트”라 명명되었고, 레미콘의 區分, 品質規定, 製造, 試驗方法 및 檢査方法등 실정에 맞도록 고쳐졌으며 또

표 2.1 보통콘크리트·굵은골재 최대치수 19mm 또는 25mm인 경우(공기량 4%)

호칭강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) 슬럼프(cm)	135	150	160	180	195	210	225	240	255	270	300	350	400
5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
15	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●

표 2.2 보통콘크리트·굵은골재 최대치수 40mm인 경우(공기량 4%)

호칭강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) 슬럼프(cm)	135	150	160	180	195	210	225	240	270	300
5	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
8	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
12	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
18	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●

표 2.3 경량콘크리트·굵은골재 최대치수 15mm 또는 19mm인 경우(공기량 5%)

호칭강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) 슬럼프(cm)	135	150	160	180	195	210	225	240	255	270	300
5	●	●	●	○	●	●	●	○	●	○	○
8	●	●	○	○	●	●	●	○	●	○	○
12, 15	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○

공장에서의 품질관리의 방법이 보다 구체적으로 명시되었다.

## 2. 레미콘의 종류와 호칭강도

### 2.1 레미콘의 종류

KS에 의하면 레미콘의 종류를 標準品과 特注品으로 나누고 있다.

(1) 표준품 : 표준품은 콘크리트의 종류, 굵은골재의 최대치수, 호칭강도 및 슬럼프에 따라

구분하여 표 2.1~표 2.4에 표시한 ○표로서 호칭강도와 슬럼프를 조합한 것이며, 이것은 기왕의 실적에서 출하량이 더욱 많은 배합으로 선정한 것이다. 또한 표준품에서는 호칭강도를 보증하는 재령은 28일로 하고, 보통콘크리트인 경우 공기량 4%, 경량콘크리트의 경우에는 5%의 공기량을 의무적으로 갖는 AE콘크리트로 해야 한다.

(2) 특수품 : 특수품은 표 2.1~표 2.4에서 지시한 호칭강도와 슬럼프를 조합한 것 중 ○표 및 ●의 것으로 호칭강도를 보증하는 재령이 28일 이외의 경우, 특수시멘트 혹은 혼화제

표 2.4 보통콘크리트·굵은골재 최대치수 40mm인 경우(공기량 4%)

슬럼프(cm) \ 호칭강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	휨 45
2.5	0
5	0
6.5	0

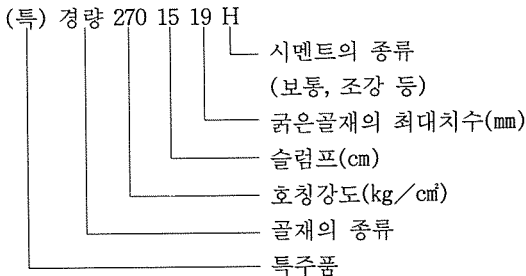
료를 쓸 경우, 임의의 공기량의 AE콘크리트 또는 AE제를 쓰지않는 콘크리트 등을 포함한다.

### 2.2 呼稱強度

호칭강도란 KS규격제정시 콘크리트 표준시방서(건설부 제정, 1962년 제정 1988년 12월 4차 개정)에서 규정한 設計基準強度( $\sigma_k$ )와 구별하기 위하여 마련한 용어로서 레미콘의 상품으로서의 강도구분을 나타내는 겉보기의 강도인 것이다. 이 호칭강도는 KS F 4009의 4.항 품질(아래 3.항 참조)규정에 주어진 조건으로 보증되는 강도를 말한다.

레디믹스트 콘크리트의 호칭방법을 예로서 표시하면 아래와 같다.

보통 210 8 25 N



## 3. 品 質

레미콘에서 요구되는 품질은 워커빌리티나 強度 뿐만 아니라 構造物에 따라 耐久性, 水密

性 및 건조수축 등도 있다. 그러나 상거래의 편이상 짐내리는 지점에서 콘크리트 강도, 공기량 등이 다음에 주어진 조건에 合格하면 만족되는 것으로 하고 耐久性, 水密性, 건조수축 및 마모 저항 등을 특별히 중요시 하는 경우에는 材料, 配合의 선정에서 충분히 고려해 주어야 한다.

### 3.1 強 度

레미콘의 강도는 다음의 2조건을 만족하여야 한다.

(1) 1회의 시험결과는 구입자가 지정한 호칭강도의 85% 이상이어야 한다.

(2) 3회의 시험결과와 평균치는 구입자가 지정한 호칭강도 이상이어야 한다.

이 경우 시험의 재령은 표준품인 경우 28일, 특수품의 경우에는 구입자가 지정한 재령으로 한다.

### 3.2 슬럼프 및 공기량

슬럼프 및 공기량은 구입자가 지정한 값에 대하여 표 3.1 및 표 3.2의 범위내에 것이라야 한다.

표 3.1 슬럼프의 허용차

슬럼프 (cm)	허용차(cm)
2.5	± 1
5또는 6.5	± 1.5
8이상 18이하	± 2.5
19이상	± 1.5

### 3.2 공기량의 허용차

콘크리트의 종류	허용차(%)
5%이하	지정값의 ± 1
5%이상	지정값의 ± 1.5

표 4.1 계량오차의 한도

재 료	계량오차(%)
시멘트·물	1
혼화제 용액	2
혼화제·골재	3

## 4. 製 造

### 4.1 材料의 貯藏設備

(1) 시멘트의 저장설비는 品種別로 구분되어 있고, 風化를 방지할 수 있는 것이어야 하며, 시멘트는 보통 bulk로 운반되므로 밀폐사이로가 사용된다.

(2) 골재의 저장설비는, 粒度, 表面水率 등이 되도록이면 균등한 골재를 공급할 수 있어야 한다. 이 때문에 종류 품종별로 각각의 칸을 가지고, 크고 작은 골재가 분리하지 않는 구조로 해야 한다. 또한 바닥은 콘크리트구조로 하여 배수설비를 만들고, 이 물질이 혼입되지 않도록 해야 한다. 특히 寒冷地에서는 골재의 凍結이나 氷雪의 혼입을 막기 위해 적당한 덮개시설을 해야 하고, 罫中에서도 골재의 건조나 온도상승을 막고, 일광의 직사를 막을 수 있는 적당한 시설이 필요하다.

(2) 혼화재료의 저장설비는 종류, 품종별로 구분하고 혼화재료의 품질변화가 생기지 않도록 되어 있어야 한다.

### 4.2 計量設備

(1) 材料의 계량에서 시멘트, 골재 및 혼화제는 무게로 계량하고 물과 혼화제(용액을 사용하는 것으로 함)는 무게나 부피로 계량한다. 다만 계량기는 각 재료의 1회 계량분에 대하여 표 4.1에 주어진 오차내로 계량할 수 있는 정밀도의 것이어야 한다. 다만, 계량의 오차에는 계량기 그 자체에 의한 오차와 투입방법에 의해 일어나는 오차가 있으며 표 4.1의 값은 이들 양자를 합친 오차를 규정한 것이다.

(2) 레미콘 工場에서는 다른 配合의 콘크리트를 몇종류라도 연속하여 出荷할 수 있어야 하므로, 미리 수종의 배합을 set해 놓고, 간단한

조작으로 배합을 변경할 수 있는 설비가 요구된다. 이것을 mix-selector 장치라 한다.

(3) 콘크리트 품질 변동의 더욱 큰 원인은 모래의 표면수이다. 모래의 표면수가 변화할 때마다 計量器를 고치는 것은 수고가 들고 잘못되기 쉽다. 이 때문에 moisture-compensator(水分補正裝置)를 설치한다. 이것은 잔골재와 물의 계량기를 연동시켜 간단한 조작으로 表面水에 대응한 계량의 보정을 하는 장치이다.

### 4.3 콘크리트의 비비기

(1) KS F 4009규정에 의하면 믹서는 고정믹서 또는 트럭믹서로 하며, 고정믹서에는 強制 혼합믹서와 可傾式 믹서가 있다.

강제 혼합믹서는 KS F 8009「강제 혼합 믹서」에 맞는 것으로 한다.

강제 혼합믹서는 비비기 성능이 좋고, 된 비비기의 콘크리트도 쉽게 균등하게 비벼낼 수 있으며, 비비기 시간을 단축시키며, 제조능력이 크며, 플랜트의 높이를 낮게할 수 있는 등의 이점이 있다.

(2) 믹서의 비비기 성능은 날개의 마모등에 의해 점차 변화되므로 반년에 1회정도로 정기적으로 성능시험을 한다. 즉 KS F 2455「믹서로 비빈 콘크리트 중의 모르타와 굵은골재량의 변화율(차) 시험방법」에 따라 시험했을때 콘크리트 중의 모르타의 단위용적 중량차가 0.8%이내, 또 단위굵은골재의 차 5%이내(이 값이 5% 이상이 될 때에는 믹서의 날개의 모양, 경사각 등의 기구적 결함이 있다고 판정된다)이어야 한다.

토목학회 콘크리트 표준시방서, 시공편 5.2.3항에서 비비는 시간은 믹서안에 재료를 투입한 후 가경식 믹서일 경우에는 1분 30초이상, 강제혼합믹서일 경우에는 1분 이상을 표준으로 하고 있다. (경량콘크리트인 경우에는 각각 2분 이상 및 1분이상으로 한다).

#### 4.4 운 반

(1) 콘크리트의 운반에는 다음의 성능을 가진 트럭믹서 또는 트럭 에지테이터를 사용하며, 운반차는 혼합한 콘크리트를 충분히 균일하게 유지하고, 재료분리를 일으키지 않도록 쉽고도 완전하게 배출할 수 있는 것이어야 한다. 즉 운반차는 콘크리트의 1/4과 3/4의 부분에서 각각 시료를 샘플링하여 슬럼프 시험을 하였을 경우, 그 양쪽의 슬럼프 차가 3cm이내가 되는 것이어야 한다.

(2) 트럭 믹서나 트럭에지테이터로 레미콘을 운반하는 경우 운반시간의 한도는 상온(20℃)에서 품질이 실용상의 변화가 없을 것으로 보는 범위에서는 일반적으로 1.5시간이내로 하고, 온도가 높은 경우에는 1시간이내로 하는것이 바람직하다.

(3) 덤프트럭으로 포장용 콘크리트를 운반시, 운반시간은 혼합을 하기 시작하여 1시간이내로 한다. 운반시간의 한계는 도로의 평탄성, 기온 등에 따라 다르므로 공사지점에서 배출할 때의 콘크리트 표면에서 1/3과 2/3의 부분에서 각각 시료를 채취하여 슬럼프 시험을 하였을 경우 그 차가 2cm이상 되지 않는 범위에서 운반시간을 정하는 것이 좋다.

## 5. 品質管理

생산자 즉 레디믹스트 콘크리트 공장에서는 출하되는 콘크리트의 品質을 보증하기 위하여 필요한 품질관리를 해야 하며, 관리시험의 결과를 구입자가 요구할 때는 제시할 수 있어야 한다.

콘크리트의 품질관리란 콘크리트의 품질변동에 따른 目標을 정하여 제조중 이상이 인정될 경우에는 즉시 교정조치를 취하여 그 품질을 소정의 범위내로 들게하는 것이다.

레디믹스트 콘크리트 공장에서는 제조설비의 관리, 재료의 품질관리, 製造工程의 관리, 관리상태에 따른 적절한 배합의 선정, 비벼진 콘크리트의 품질관리 등이 필요하다.

### 5.1 製造設備의 관리

計量器의 精密度, 믹서 및 운반차 등의 성능 검사의 방법 및 회수를 알기쉽게 표 5. 1에 표시한다.

### 5.2 材料의 品質管理

材料의 품질에 대해서는 工場自體에서의 기준을 정하여 材料가 入荷할 때 받아들이기 檢査를 실시해서 품질이 보증된 材料를 구입하도록 해야한다. 받아들이기 항목 및 시험회수를 알기 쉽게 표 5. 2에 표시한다.

#### (1) 시멘트

시멘트의 시험은 設備나 시험기술면에서 레미콘 工場에서 실시한다는 것은 일반적으로 콘

표 5. 1 제조설비의 관리

설 비	관리 항목 및 시험방법	시험 회수	비 고
계 량 기	정밀도 : 정하중 시험	1회/년	※ 슬럼프별로 비비는 양, 비비기 시간을 체크한다.
믹 서	비비기 성능 : KSF2455*	1회/6월	
운 반 차	에지테이터의 성능 : KSF4009	1회/6월	

란하다. 또 製造工場에서 품질관리를 충분히 하고 있기 때문에 시멘트 製造工場의 시험성적표에 의한 체크로 검수하고 있는 것이 실정이다. 그러나 入荷時의 눈보기검사나 콘크리트 시험 결과 등으로 부터 의문이 있으면 곧 시멘트 제조업자에 연락해서 적절한 조치를 취하지 않으면 안된다.

(2) 骨 材

콘크리트 용적의 약 70%를 차지하고 있는 골재의 성질은 콘크리트의 여러가지 性質에 영

향을 미치는 것은 당연하다. 최근에 와서는 骨材資源의 不足으로 海砂등을 사용하는 경우가 많은데 이와같은 海砂를 사용한 철근 콘크리트나 프리스트레스트 콘크리트 構造物에 있어서 해사에 포함되는 鹽化物의 양이 많으면 콘크리트속의 鋼材가 녹슬며 경우에 따라서는 구조물의 耐荷力을 低下시키는 경우도 있다. 이 鹽化物의 함유량 限度에 대하여 KS F 4009「레디믹스 콘크리트」에서는 천연골재(잔골재)는 염분의 한도가 KS F 2515「골재 중의 염화물 함유량 시험 방법」에 따라 시험하였을 때 0.04%이

표 5. 2 재료의 받아들이기 검사

재료별	시 험 항 목	시 험 방 법	시 험 회 수	비 고
시 멘 트	신선도	눈으로 보기, 손으로 만져 보기	입하할 때마다 全車	
	품 질	KSL5201 KSL5210 KSL5211 KSL5401	1회/1월	제조공장의 시험 성적표로 체크함
골 재	외관·이물질	눈으로 보기	입하할 때마다 全車	석질이나 입형등, 나무 조각이나 큰 돌의 혼입
	체가름시험 : 크기와 분포	KSF2502 눈으로 보기	1회/월 입하할 때마다 全車	
	비중및 흡수율(경량굵은 골재)	KSF2503, KSF2504 KSF2533	1회/월 생산지 품질의 변화가 인정될 때마다	경량골재는 입하할 때마다
	유해물 함유 : 유기불순물 점토덩어리 연한석편 No200체통과량 비중 2.0액체에 뜨는 것	KSF2510 KSF2512 KSF2516 KSF2511 KSF2513	1회/월 생산지나 품질의 변화가 인정될 때마다	유해물 함유량의 한도는 콘크리트 표준시방서, 시공편 3. 4. 3(잔골재) 3. 5. 3(굵은골재)를 참조할 것
	단위용적중량	KSF2505	1회/월	
	염화물함유량	KSF2515	1회/월	
	골재의 닦음시험	KSF2508, KSF2520	1회/월 생산지나 품질의 변화가 인정될 때마다	콘크리트 표준시방서, 시공편 3. 5. 4항 참조할 것 골재 생산자의 시험성적표도 좋음
	안정성시험	KSF2507		
	浮粒率시험	KSF2531		
	물	水質	水道法 수질시험	1회/년
혼화재료	플라이애쉬	KSF4049	1회/월	제조공장의 시험성적표로 체크한다.
	혼화제	KSF2560		

하러야 하며, 0.04%를 초과한 것에 대해서는 주문자의 승인을 얻어야 한다. 다만, 그 한도는 0.1% 이하를 원칙으로 한다.라고 규정하고 있지만 구체적인 명시가 없기 때문에 이 자체만으로는 이해하기가 좀 어려운 실정이다. 따라서 건설부 발행, 콘크리트 표준시방서. 시공편의 3. 4. 5 「해사」의 해설에서는 염화물의 함유량 한도를 다음과 같이 규정하고 있다.

(가) 보통의 철근콘크리트나 포스트텐션방식의 프리스트레스트 콘크리트의 경우에는 해사에 포함되는 염화물의 허용한도의 표준을 해사의 절대건조중량에 대하여 Nacl로 환산하여 0.1%로 한다.

(나) 내구성이 특히 요구되는 철근콘크리트나 프리텐션방식의 프리스트레스트 콘크리트의 경우에는 해사에 포함되는 염화물의 허용한도의 표준을 해사의 절대건조중량에 대하여 Nacl로 환산하여 0.04%로 한다. 상기의 허용한도를 초과하는 해사는 물로 씻거나 기타의 방법을 써서 허용한도 이하로 해서 쓰거나 또는 염화물 함유량의 정도에 따라 책임기술자의 지시에 의하여 적절한 조치를 강구해서 사용하는 것이 좋다. 그러나 무근 콘크리트 구조물에 사용한 콘크리트에서는 염화물 함유량의 한도를 따로 정하지 않아도 좋다.

### 5. 3 적절한 배합의 選定

品質變動에 따른 목표는 일반적으로 配合強度를 말한다. 이 配合強度는 앞의 3.(品質)항에서 지시한 품질조건으로 정해지지만 이 품질조건은 검사를 중점으로 정했기 때문에 母集團을 완전하게 표시하고 있지 못하다. 즉 不良率을 明示하고 있지 않으므로 不良率은 임의적으로 선정해도 좋은 것이다. 지금 不良率을  $P=1/741=0.0013$ 으로 하면 配合強度는 다음식으로

표시된다.(해설 1참조)

$$\left. \begin{aligned} m &\geq 0.85 \cdot S_L + 3\sigma \\ m &\geq S_L + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{3}} \end{aligned} \right\} (5.1)$$

여기서  $m$  : 配合強度,  $S_L$  呼稱強度

(해설 1)

그림 5. 1은 품질의 분포가 정규분포하고 있을 때의 곡선으로서, 평균값을  $m$ , 표준편차를  $\sigma$ 라 하면, 평균값보다 표준편차의  $t$ 배 만큼 작은 품질  $x_0=m-t \cdot \sigma$ 가 생기는 확률  $p$ 는 표 5. 3과 같게 된다.

따라서 증가계수  $\alpha$ 는 다음식으로 표시된다.

$$\alpha = \frac{m}{S_L} \geq \frac{0.85}{1-3V} : V \geq 0.10$$

$$\alpha \geq \frac{1}{1-1.732V} : V < 0.10$$

여기서,  $\alpha$  : 증가계수  $V$  : 변동계수( $V=\sigma/m$ )

식(5. 2)에서 증가계수와 변동계수와의 관계를 그림으로 나타내면 그림 5. 2의 파선으로 표시된 곡선으로 표시된다. 이 그림에서 실선으로 표시된 곡선은 콘크리트 표준시방서. 시공편의 4. 2(2)의 조건 즉, “콘크리트의 배합강도( $\sigma_r$ )는 일반적인 경우 현장에서의 콘크리트의 압축강도의 시험치가 설계기준강도( $\sigma_{sk}$ )이하로 되는 일이 1/20이하의 확률로 일어나서는 안된다”라는 조건에 의해 그려진 것이다.

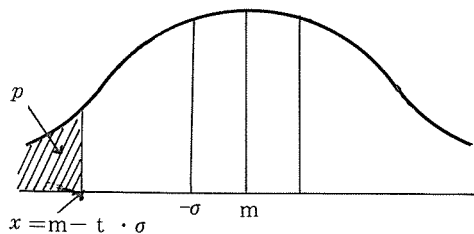


그림 5. 1

표 5. 3  $m-t \cdot \sigma$ 이하의 품질이 생길 확률  $p$

$t$	0	0.5	0.674	0.842	1.0	1.282	1.5	1.645	1.834	2.0	2.054	2.327	3.0
$p$	0.500	0.308	1/4	1/5	1/6.3	1/10	0.067	1/20	1/30	0.023	1/50	1/100	0.0013

이 양쪽 그림에서 같은 변동계수값이 대한 증가계수값은 레디믹스트 콘크리트의 경우가 일반콘크리트에 비해 크므로 배합강도는 레디믹스트 콘크리트 쪽이 큰 값으로 된다. 그러나 KS표시 허가공장 등 양호한 관리가 실시되고 있는 레미콘 공장의 변동계수는 10%정도 또는 그 이하로서 이 정도의 변동계수이면 양자의 배합강도의 차는 무시할 수 있을 정도이기 때문에 일반적인 경우 설계기준강도에 상당하는 값을 호칭강도로 보아도 좋을 것이다.

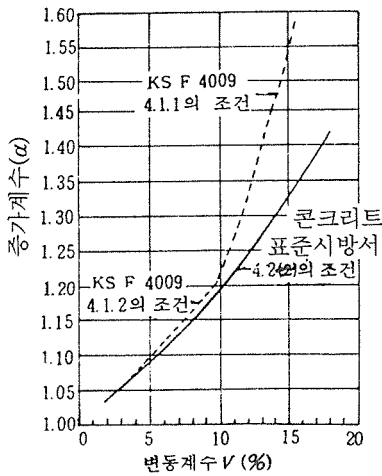


그림 5.2 변동계수와 증가계수와의 관계

#### 5.4 콘크리트 품질관리

콘크리트의 品質管理로서는 적당한 관리특성을 선정하여 이 시험치를 관리도에 plot한다. 이때 시험치가 管理限界를 벗어나면 이상이 있다고 인정하여 교정조치를 취한다.

##### (1) 管理特性

품질관리로서의 특성치란 관리의 대상이 되는 품질로서 콘크리트의 성질 중 數量的으로 나타내는 것이다. 레디믹스트 콘크리트 공장에서는 비벼진 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 물·시멘트비의 측정치 또는 공시체의 壓縮強度를 특성치로 보던 된다.

콘크리트의 壓縮強度는 콘크리트品質의 良否를 판단하는데 가장 유용한 관리특성이며, 특히 材令 28日의 압축강도는 일반적으로 部材의 設計, 配合設計의 기본이 되고 있기 때문에 꼭 시험을 해야 한다.

그러나 압축강도는 결과를 판명하는데 時日을 요하기 때문에 品質의 異狀을 속히 발견한다는 입장에서 보면 특성치로서 적당치 않다. 따라서 아직 굳지 않은 콘크리트의 性質中 압축강도에 밀접한 관계가 있는 것을 특성치로 선정하여 그 시험결과로서 材令 28日의 壓縮強

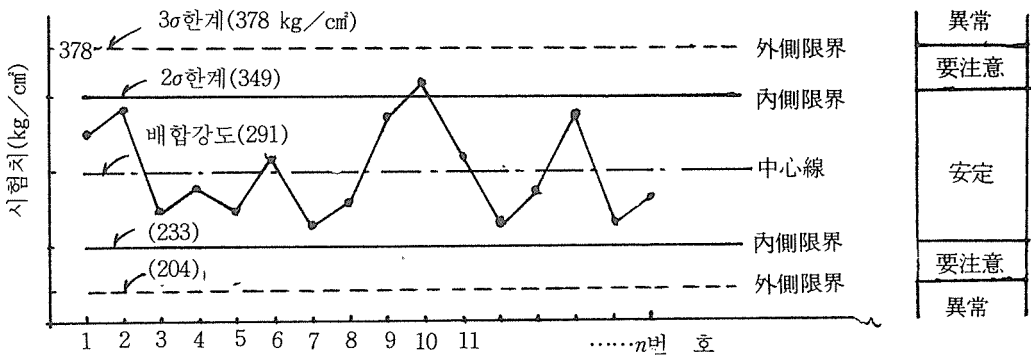


그림 5.3 관리도



도를 추정하고 관리를 진행시키며 후일 압축강도 시험을 하여 이를 확인하는 것이 더욱 효과적인 방법이다. 이 목적을 위해 물·시멘트비의 측정시험이나 축진강도시험이 효과적이다.

### (2) 管理圖

관리도를 이용하면 품질이 변동상황을 쉽게 판단할 수 있으며 이상한 결과를 즉시 발견할 수 있는 장점이 있다. 관리도는 그림 5. 3에서 보는바와 같이 橫軸에 시료번호(日時順)를 縱軸에 시험를 취하여 plot하고 이들 점을 순차로 연결시킨 것이다. 이 때 관리 한계선을 그리는 데 관리 한계에는 여러가지 있으나 보통은 3σ 限界가 쓰여지고 있다.

3σ限界란(평균치 ±3×(표준편차))를 上下의 한계로 취한것으로, 품질의 분포가 正規分布인 경우에는 3σ한계 밖에 plot된 확률은 0.13%×2=0.25% 이하이기 때문에 (그림 5. 4 참조), 3σ 한계 밖의 plot된 것은 이상을 나타낸 것으로 판단된다. 통상 2σ한계선도 그려 2σ한계선과 3σ 한계선 사이에 plot된 것은 要注意로 판정할 수 있다.

그림 5. 1(표 5. 3)을 참조하면 2σ한계 밖에 plot되는 확률은 2.3%×2≃5% 정도이다.

관리도에는 調整用管理圖와 解析用管理圖가 있는데, 조정용 관리도는 品質의 平均值와 벌어짐의 표준치가 과거의 실적으로 부터 알고 있는 것으로 즉, 母集團을 알고 있는 경우이다. 따라서 레디믹스트 콘크리트 공장에서 항상 出荷되는 품질의 콘크리트는 이종류의 관리도를 적용할 수 있다. 解析用管理圖는 품질의 평균치와 벌어짐의 표준치를 모르고 있는 경우에 쓰이는 것으로 母集團의 平均值와 分散을 경험적으로 추정하는 것이다. 즉 되도록 빨리 20~30개의 시험치를 얻어 이의 平均值와 벌어짐을 구해서 이것을 母集團의 平均值와 벌어짐을 가정하여 관리한계를 정한다. 現場에서 비비는 콘크리트는 보통 이 종류의 관리도를 적용하게 된다.(해석용 관리도에 관한 예를 해설 2.에서 취급한다).

### (3) 管理圖에 의한 품질관리

레디믹스트 콘크리트 공장에서 호칭강도 240 kg/cm<sup>2</sup>, 변동계수 10%로 하여 콘크리트를 만드는 경우의 強度에 관한 調整用管理圖를 그려본다. 이때 平均值 및 관리한계는 다음과 같다. 그림 5. 3에서 中心線은 配合強度이므로 (식 5. 2 참조)

$$\begin{aligned} \text{中心線 } m &= \alpha \cdot S_L = \frac{0.85}{1-3V} \times S_L \\ &= \frac{0.85}{1-3 \times 0.1} \times 240 = 291 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore 3\sigma \text{한계} : m \pm 3 \cdot V \cdot m &= 291 \pm 3 \times 0.1 \times 291 \\ &= 291 \pm 87 = 378 \text{ or } 204 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\sigma \text{限界} : m \pm 2 \cdot V \cdot m &= 291 \pm 2 \times 0.1 \times 291 \\ &= 349 \text{ or } 233 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

上記와 같이 보통은  $\bar{x}$ -관리도를 그려,  $\bar{x}$ 에 대하여 관리해 나가면 된다. 기타의 관리방법으로는 어떤 적당한 기간의 平均強度를 나타내기 위하여 계속해서 시험한 k회의 移動平均強度  $\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$ 나, 배치(batch)간의 변동을 나타내기 위하여 인접한  $\bar{x}$ 의 차 R'등의 관리도를 그리는 것도 바람직 하다.(해설 2, 참조).

관리도에 의한 품질의 평가는 그림 5. 3에서와 같이 관리도에 plot된 점이 2σ限界內에 있으면 대체로 정상상태이며, 2σ限界와 3σ限界內에 있으면 要注意로 보고, 3σ限界를 벗어나면 이상한 상태가 생겼다고 판단해도 좋다. 시험치가 限界線內에 分布하고 있을 때도, 中心線의 상하에 대체로 동수가 분포하고 있을 때는 安定한 상태로 보아도 좋지만 中心線의 한쪽에만 점이 계속해 있던가 점이 윗쪽 또는 아래쪽으로 이동해 가는 경우에는 주의를 요한다. 보통 中心線의 한쪽으로 5점 계속나타나면 要주의, 6점 나타내면 조사개시, 7점 나타내면 기술적인 분석을 해야 한다.

### (해설 2)

어떤 工事現場에서 각회에 3개씩의 공시체를 채취하고, 材畚 28日 압축강도를 20회 시험한 결과가 표 5. 4에 표시되어 있다. 이 자료로 부터 각회의 시험의 平均강도  $\bar{x}_k$  계속해서 시험한

표 5. 4 시 험 치

회 수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	296	272	276	288	302	304	290	302	290	316
	276	280	261	284	326	318	294	310	326	290
	282	292	252	270	308	320	304	322	288	308
회 수	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\sigma_c'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	302	288	298	292	276	328	310	288	298	276
	290	266	296	304	256	314	318	266	303	270
	310	290	280	322	261	324	304	272	296	288

표 5. 5

회 수	압 축 강 도(kg/cm <sup>2</sup> )			평균치 $\bar{x}$	$\sum_{i=1}^5 \bar{x}_i/5$ (kg/cm <sup>2</sup> )	R' (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\bar{x}-300)^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	시 험 치						
	$x_1$	$x_2$	$x_3$				
1	296	276	282	285	—	—	225
2	272	280	292	281	—	4	361
3	276	261	252	263	—	18	1369
4	288	284	270	281	—	18	361
5	302	326	308	312	284	31	144
6	304	318	320	314	290	2	196
7	290	294	304	296	293	18	16
8	302	310	322	311	303	15	121
9	290	326	288	301	307	10	1
10	316	290	308	305	305	4	25
11	302	290	310	301	303	4	1
12	288	266	290	281	300	20	361
13	298	296	280	291	296	10	81
14	292	304	322	306	297	15	36
15	276	256	261	269	290	37	961
16	328	314	324	322	294	53	484
17	310	318	304	311	300	11	121
18	288	266	272	275	297	36	625
19	298	308	296	301	296	26	1
20	276	270	288	278	297	23	484
계				5,884	—	355	5,974
평 균				$\bar{x}$ =294.2	—	$\bar{R}'$ =17.8	298.7

5회의 移動平均強度  $\sum_{i=1}^5 \bar{x}_i/5$  및 인접한  $\bar{x}$ 간의 차 R'의 관리도를 그려본다.

이 예제는 解析用管理圖의 보기이다.

우선 각회의 시험치에 대하여  $\bar{x}$  ( $\bar{x}-300$ )<sup>2</sup>,  $\sum_{i=1}^5$

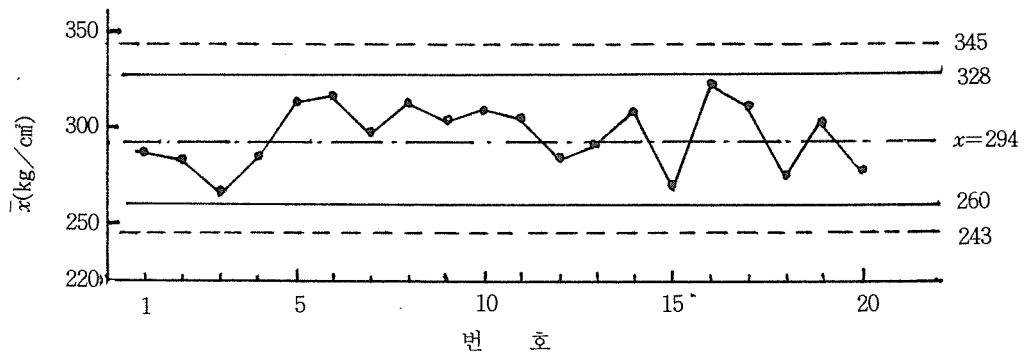


그림 5.4  $\bar{x}$ 관리도

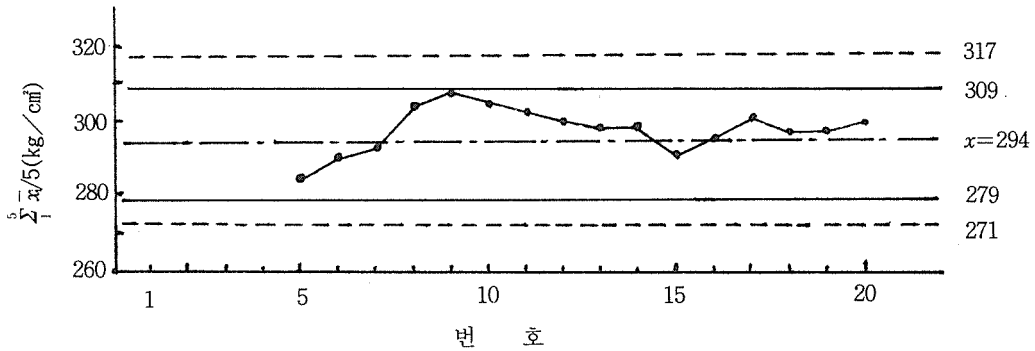


그림 5.5 移動平均  $\frac{\sum_{i=1}^5 \bar{x}_i}{5}$ 의 관리도

$\bar{x}/5$  및  $R_5$ 를 계산한다.(표 5.5 참조).

(1)  $\bar{x}$ 管理圖: 각회의 시험의 平均值  $\bar{x}$ 의 標準編差( $\sigma$ )와 平均值( $\bar{x}$ )를 구한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{n}{n-1} \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{n} - \bar{x}^2 \right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{n}{n-1} \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{x}_i - a)^2}{n} - (\bar{x} - a)^2 \right\}}$$

$$(\bar{x} - a)^2 = (\bar{x} - 300)^2 = (294.2 - 300)^2 = 33.6$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{x}_i - a)^2}{n} = \sum_{i=1}^{20} \frac{(\bar{x}_i - 300)^2}{20} = 298.7$$

$$\text{따라서 } \sigma = \sqrt{\frac{20}{20-1} \{298.7 - 33.6\}} = 16.7 \approx 17$$

中心線  $\bar{x} = 294(\text{kg/cm}^2)$   
 $3\sigma$ 限界  $\bar{x} \pm 3\sigma = 294 \pm 3 \times 17$   
 $= 345 \text{ or } 243(\text{kg/cm}^2)$   
 $2\sigma$ 限界  $\bar{x} \pm 2\sigma = 294 \pm 2 \times 17$   
 $= 328 \text{ or } 260(\text{kg/cm}^2)$

이상에 의해 관리도를 그리면 그림 5.4와 같게 된다.

(2) 移動平均強度  $\frac{\sum_{i=1}^5 \bar{x}_i}{5}$ 의 관리도

中心線  $\bar{x} = 294(\text{kg/cm}^2)$   
 $3\sigma$ 限界  $\bar{x} \pm 3 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{k}} = 294 \pm 3 \times \frac{17}{\sqrt{5}}$   
 $= 317 \text{ or } 271(\text{kg/cm}^2)$   
 $2\sigma$ 限界  $\bar{x} \pm 2 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{k}} = 294 \pm 2 \times \frac{17}{\sqrt{5}}$   
 $= 309 \text{ or } 279(\text{kg/cm}^2)$

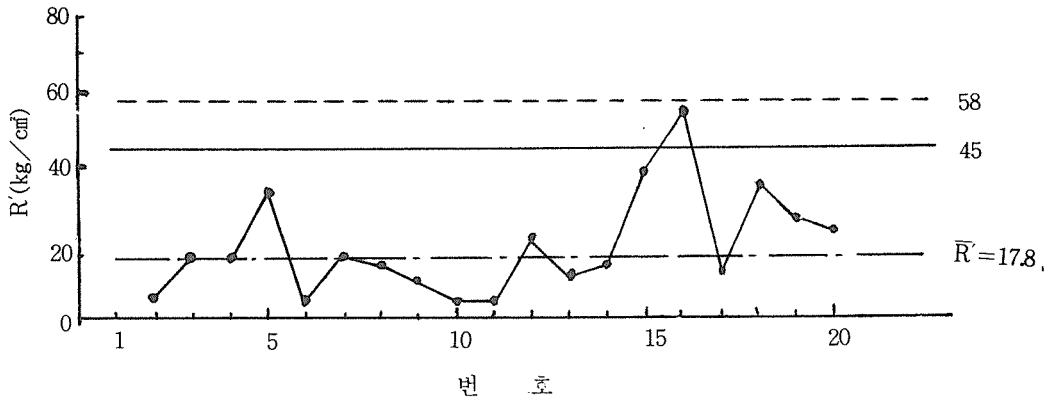


그림 5. 6 R의 관리도

이상에 의해 관리도를 그리면 그림 5. 5와 같게 된다.

(3) 인접한  $\bar{x}$ 간의 차 R'의 관리도

中心線  $\bar{R} = 17.8(\text{kg}/\text{cm}^3)$

3 $\sigma$ 限界  $d_3\bar{R} = 3.27 \times 17.8 = 58 \text{ or } 0 (\text{kg}/\text{cm}^3)$

2 $\sigma$ 限界  $d_2\bar{R} = 2.51 \times 17.8 = 45 \text{ or } 0 (\text{kg}/\text{cm}^3)$

여기서  $d_3$  및  $d_2$ 는 統計學的인 계수로서 표 5. 6과 같다.

표 5. 6  $d_3$ ,  $d_2$ ,  $d_4$  및  $d_5$ 의 값

N	2	3	4	5	6
$d_3$	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00
$d_3'$	0	0	0	0	0
$d_2$	2.51	2.06	1.86	1.74	1.67
$d_2'$	0	0	0.14	0.26	0.33

이상에 의해 관리도를 그리면 그림 5. 6과 같게 된다.

5. 5 檢査方法

레디믹스트 콘크리트의 검사는 生産者가 製品의 品質保證을 위해 행하는 自己檢査와 購入者가 배달된 콘크리트의 合格여부 판정을 위한 받아들이기 검사가 있다. 다만, 검사방법은 둘 다 같기 때문에 生産者가 하는 自己檢査를 구입자가 입회함으로서 받아들이기 검사로 대체

하는 경우도 있다. 검사는 원칙적으로 집내리는 지점에서 채취한 시료에 대하여 행하며, 레디믹스트 콘크리트의 검사는 일반적으로 슬럼프시험 공기량 및 압축강도(포장콘크리트의 경우는 휨강도)시험을 한다. 기타 경량 콘크리트인 경우는 단위용적중량, 콘크리트의 부피, 최고 또는 최저온도 등에 대하여 검사한다.

(1) 슬럼프 및 공기량에 의한 검사

슬럼프 및 공기량의 허용한도는 표 3. 1 및 표 3. 2에 표시한 바와 같다. 즉 눈으로 전수검사하고 이상이 있다고 인정될 때 검사를 한다. 실제로는 시험회수를 生産자와 구입자가 협의해서 정하며, 검사를 진행하면 된다.

(2) 強度에 의한 검사

強度檢査를 위한 시험회수는 150m³당 1회를 원칙으로 하며, 3회의 시험결과의 平均値로 合格여부를 판정하기 때문에 1lot의 크기는 약 450m³가 된다. 따라서 450m³씩 구분하여 검사한다. 그러나 構造物의 크기, 1구획의 크기, 하루의 치는 量 등에 따라 1lot의 크기는 반드시 450m³는 되지 않는다. 예로서 600m³인 경우 100m³마다 시험을 하여 300m³를 1lot로 할 것인가, 또는 200m³마다 시험을 하여 600m³를 1lot로 취급할 것인가는 당사자간의 협의에 따른다. 또 출하량이 적어 300m³ 미만의 경우에는 공장에

서의 관리시험과 결과를 겸해서 합격여부의 판정을 내려도 좋다.

1회의 시험결과는 임의의 1운반차로부터 채취한 공시체 3개의 시험치의 平均値로 한다. 이때 공시체의 材畧은 標準品인 경우 28일, 特產品의 경우에는 호칭강도를 보증하는 材畧으로 하여 공시체의 양생은 20°C의 水中으로 한다.

強度에 의한 合格條件은 3. 1항에서 제시한 2조건으로서 다음 식으로 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_i &\geq 0.85 \cdot S_L \\ \bar{x} = \frac{1}{3} (\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3) &\geq S_L \end{aligned} \right\}$$

여기서,  $\bar{x}_i$ : 임의의 1회의 시험결과  
 $\bar{x}$ : 3회의 시험결과의 平均치  
 $S_L$ : 호칭강도

## 5. 6 檢査結果에 대한 조치

검사결과 所要의 품질의 콘크리트를 얻지 못했다고 판정되는 경우에는 다음의 조치를 취한다.

(1) 계속해서 제조하는 콘크리트를 所要의 품질의 것으로 하기 위해서는 不良으로 된 原因을 확인하고 이에 따른 조치를 행한다. 즉 使用재료, 配合, 제조과정, 시험방법 등을 재검토하고 原因이 판명되면 이에 따라서, 예로서 使用재료를 변경한다던지 配合強度를 높여 배합을 수정하는 등의 조치를 취한다.

(2) 不良으로 판명된 콘크리트를 사용한 구조물에 대한 조치는 다음과 같다. 코야시험, 비파괴시험 등을 실시해서 구조물의 콘크리트의 품질을 확인하여 設計荷重作用時까지 所要의 품질의 콘크리트가 되지 않는다는 것이 확인되면 養生期間을 연장하던가 適當한 補強을 하는 등의 조치를 취한다. 그러나 이와 같은 조치에도 再生不可能하거나 콘크리트의 品質이 극히 나쁜 경우에는 갈아치워야 한다.

## 6. 結 論

最近에 와서 레디믹스트 콘크리트의 보급은 급속히 성장하여 도시에서는 물론 地方의 奧地에 까지, 중요한 공사 뿐 아니라 小規模 공사에서 이의 의존도가 높아가고 있는 실정이다. 또한 시멘트를 비롯하여 混和材料등의 使用재료의 개발과 아울러 콘크리트의 配合, 비비기, 치기등 기계에 의한 施工이 발전하여 좋은 品質의 콘크리트를 손쉽게 얻을 수 있게 되었고, 동시에 콘크리트에 관한 설계, 시공기술도 현저한 발달을 보아 콘크리트 구조물의 品質과 信賴度가 점차 높아가고 있다고 본다.

보통 콘크리트 構造物의 耐久壽命은 콘크리트 配合이나 施工조건 및 주변여건에 따라 달라지지만, 일반적인 경우 50年 이상의 장기사용에 대해서도 별 문제없이 계속 제기능을 충분히 발휘할 수 있는 耐久的인 구조물로 평가된다. 그러나 상기의 제조건 중 하나라도 소홀히 하거나 결여되어 있으면 콘크리트 構造物은 다른 鋼構造物에 대하여 耐久年限이 저하되기 때문에 配合이나 施工관리를 철저히 하고 施工후의 유지관리에도 깊은 주의가 필요하다.

최근에는 시멘트의 원활한 공급부족현상으로 레미콘의 需給문제가 대두되고 있으나 이는 일시적인 문제로 본다.

89年末現在의 레미콘 現況統計를 보면 레미콘의 生産能力 9,422萬m<sup>3</sup>에 대해 出荷實績은 4,938萬m<sup>3</sup>(시멘트 使用량으로 환산할 때 레미콘의 單位시멘트량을 320kg/m<sup>3</sup>로 하면 1,580萬ton의 시멘트가 레미콘에 사용됨)로 총시멘트 生産量의 반이상이 레미콘에 轉用되고 있는 실정이다.

量的인 面만으로 볼때 그 동안 레미콘業界는 상당한 성장을 해왔고 또 앞으로도 계속 뻗어나갈 것으로 믿는다. 그러나 현실 문제로 量的인 것보다는 質的인 문제가 더욱 重要하다고 본다. 근간에 콘크리트에 관심있는 사람과 레미

콘에 관해 논의해 보면 누구나 異口同聲으로 레미콘 品質에 관하여 많은 관심을 갖고 있고 실제 筆者도 그 동안 現場에서의 에지테이터 트럭에서 레미콘의 投下과정에서 不用水를 사용함에 의해 콘크리트 品質을 손상시키는 요인을 많이 목격한바 있다.

레미콘의 品質은 레미콘 plant에서 아무리 精選해서 제조한다해도 운반과정이나 치기과정에 소홀히 한다면 所要의 強度를 얻지 못한 다

는 사실은 眞理인 것이다. 따라서 레미콘의 品質향상과 기술축적을 위해서는 자체적으로 技術研究所를 開設하여 문제점을 해결함과 동시에 새로운 콘크리트 개발에 적극적인 투자를 아끼지 말아야 할 것이며, 콘크리트 기술에 관한 지식과 기능 및 경험이 풍부한 기술자를 많이 상주시켜 항상 레미콘의 品質관리에 만전을 기해야 할 것이다.

## 質 疑 應 答

**레미콘(READY MIXED CONCRETE)에 관한 모든 質問에  
답을 드립니다.  
(Question & Answer)**

編輯者註：當協會는「質疑應答」칼럼을 마련하여 會員여러분의 궁금증을 풀어드리고자 합니다. 質問內容에 따라 當協會 技術分科委員으로 하여금 答을 드리도록 하겠습니다.

<b>Q :</b>	<b>A :</b>
------------	------------

■ 상기와 같이 「質疑應答」칼럼을 新說하였으니 레미콘에 相關된 諸般問題點에 대하여 利用하시기 바랍니다.

● 利用方法：1) 會員社의 關係者로부터 레미콘에 關聯된 諸般問題點을 當協會 接受  
2) 技術分科委員會에 質問을 의뢰하여 諮問 또는 解決하여 레미콘지에 掲載