

# 수입용 철근 및 시멘트를 사용한 콘크리트 의 강도 조사 연구

A study on the intensity of the concrete which is made out of the steel bar and cement which is imported from foreign

이 리 형\* 정 헌 수\*\* 정 상 진\*\*  
Lee, Li Hung Jung, Heon Su Jung, Sang Jin

## ABSTRACT

As new city apartment construction of five brought about the short of the domestic output local construction materials, therefore the construction materials have been in part imported from foreign, here it is important that it is ensured the warranty of the quality for the construction materials lacking K.S. mark.

Therefore in this research, we are trying to grasp the degree of strength of the concrete made as the cement from china and the intensity power of the imported steel bar and then we are try to getting the basic data for both the estimate for the quality of construction materials and the guide in making a construction.

### 1. 조사목적

5개 신도시 아파트 건설로 인하여 국내 건설 자재의 생산물량 부족으로 부분적으로 외국산 건설자재가 수입되고 있으며, 이러한 비KS 건설 자재의 품질을 확보하는 것이 시급한 실정이다.

따라서 본 조사에서는 수입 철근에 대한 인장 강도와 중국산 시멘트, 이를 사용한 콘크리트의 강도성상 등을 파악하여, 건설자재의 품질 평가시나 시방지침 제시의 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

본 조사는 5개 신도시 아파트 건설에 극히 제한된 용도로 쓰이는 중국산 시멘트, 이를 사용한 콘크리트 및 외국산 철근을 대상으로 한다.

본 조사에서는 시중에서 입수 가능한 자재들의 강도를 조사범위로 하며, 특히 콘크리트의 강도조사는 가능한 건설현장에 사용되는 배합 조건으로 실시한다.

### 2 철근의 강도조사

#### 2.1 개요

강도조사는 철근의 기계적 성질을 파악하는 가장 기본적인 실험이다. 본 조사에서는 여러 종류의 철근에 대해서 인장강도, 항복점 강도 및 연신율을 측정하여 철근의 품질을 평가할 시의 기초자료로 활용하고자 한다.

#### 2.2 조사방법

##### 2.2.1 재료

본 조사실험에서 대상으로한 철근은 터키산, 인도네시아산, 중국산을 비롯한 수종의 철근으로 하며, 시험편은 KSB 0801의 2호 시험편에 의거하여 제작한다.

##### 2.2.2 시험

본 조사의 실험은 KSB 0802에 의거하여 실시하였다.

#### 2.3 결과 및 검토

철근의 인장실험 결과를 표 1에 나타낸다. 표에 의하면, 철근의 단면적은 생산국가나 지름에 상관없이 공칭 단면적에서 2% - 10% 정도 미달되는 것을 알 수 있다. D-10철근의 인장강도에 있어서 인도네시아산이 7,117 kg/cm<sup>2</sup>으로

\* 한양대 건축공학과 공박

\*\* 중앙대 건축공학과 공박

\*\*\* 단국대 건축공학과 공박

가장 크고, 그 다음이 터어키산으로 6,641 kg/cm<sup>2</sup>이고, 중국산이 5,768 kg/cm<sup>2</sup>로 가장 작게 나타났으며 항복점 강도에 있어서도 철근의 인장강도와 동일한 순서로 표시되고 있다. D-10철근의 연신율에 있어서 중국산이 22.1%로 가장 양호하고 터어키산 21.3%, 인도네시아산 20.3% 순으로 표시되는 것을 알 수 있다. D-13철근의 인장강도 및 항복강도에 있어서 터어키산과 중국산이 거의 동일한 수준으로 되어 있고, 연신율에 있어서는 터어키산이 19.7%로 중국산 18.8%보다 약간 우수한 것으로 표시되었다.

이상의 결과로, 철근은 생산국가나 지름에 따라 품질의 상이함을 보이므로 품질검사를 거쳐 사용해야 할 것으로 사료된다.

표 1 철근 인장 실험결과

철근 종류	단면적 (cm <sup>2</sup> )	항복 응력 (kg/cm <sup>2</sup> )	인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_y(\mu)$	$\sigma_{max}(\mu)$	파단시 연신율 (%)
인도네시아 D-10	0.644	5124	7438	2520	28800	20.17
	0.644	5070	7018	2445	27650	20.6
	0.644	5140	6925	2410	27230	20.3
평균값	0.644	5111	7117	2458	27893	20.3
버키산 D-10	0.6716	4645	6775	2400	25100	21.6
	0.6716	4377	6403	2340	24900	21.0
	0.6716	4648	6745	2380	25030	21.3
평균값	0.6716	4556	6641	2373	25010	21.3
버키산 D-13	1.23	4218	6788	4587	-	18.6
	1.23	4190	6600	4545	-	20.7
	1.23	4284	6998	4608	-	19.8
평균값	1.23	4230	6795	4580	-	19.7
중공산 D-10	0.7322	4070	5736	2510	26420	22.3
	0.7322	4056	5881	2490	25860	23.6
	0.7322	4233	5886	2620	26580	20.7
평균값	0.7322	4120	5768	2540	26286	22.2
중공산 D-13	1.137	4045	6946	4650	-	17.2
	1.137	3980	6234	4517	-	20.8
	1.137	4120	6992	4730	-	18.6
평균값	1.137	4048	6724	4632	-	18.8
중공산 D-16	1.948	4105	5955	2210	26530	25.8
	1.948	4233	6030	2315	27210	24.5
	1.948	4053	5750	2118	26430	23.8
평균값	1.948	4097	5915	2214	26763	24.7

### 3. 시멘트강도조사

#### 3.1 개요

본 조사에서는 시멘트 종류별로 제작한 몰탈 공시체의 압축강도, 휨강도를 파악하여 콘크리트의 강도성상을 규명하는 기초자료로 활용하고자 한다.

### 3.2 조사방법

#### 3.2.1 재료 및 배합

시멘트는 국내산, 중국산 525R, 중국산525의 3종류로 하며, 모래는 주문진산의 표준모래로 하고 물은 수도물로 한다. 몰탈의 배합은 중량 비로 시멘트 1, 표준모래 2, 물 시멘트비 0.65로 한다.

#### 3.2.2 시험

본 실험은 JIS R 5201에 의거하여 휨시험용 공시체는 단면 40mm명방, 길이 160mm 각주, 압축강도용 공시체는 휨시험에 쓰인 공시체의 양 절편을 사용하였다. 또한 시험체의 제작이나 양생은 JIS R5201규정에 따라 실시 하였다.

#### 3.3 결과 및 검토

시멘트 몰탈 공시체의 압축, 휨 실험결과를 표 2 에 나타내며, 결과는 3개 공시체의 평균치로 표시한 것이다.

표 2 시멘트 압축/휨강도 실험(kg/cm<sup>2</sup>)

시멘트	재 령 ( 일 )		
	3	7	28
제조국	3	7	28
국 산	154	274	420
	53	60	78
중공산 525R	87	141	276
	33	40	56
중공산 525	106	170	318
	35	46	63

압축강도 /  
휨강도

#### 3.3.1 재령과 강도와의 관계

시멘트와 표준모래로 제작 성형한 시멘트 몰탈이 20℃ 수중양생의 재령에 따라 압축강도, 휨강도가 증가됨을 표 2 에서 보여주었고 있다. 표 2에 의하면, 재령 28일에 있어서 국산 시멘트

트 몰탈 공시체의 강도가 420 kg/cm<sup>2</sup>, 중국산 시멘트 몰탈 공시체의 강도가 276 kg/cm<sup>2</sup> - 318 kg/cm<sup>2</sup> 정도를 나타내고 있다. 또한 재령 28일의 휨강도에 대해서 국산 시멘트 몰탈 공시체가 78 kg/cm<sup>2</sup>, 중국산 시멘트 몰탈 공시체가 56 kg/cm<sup>2</sup> - 63 kg/cm<sup>2</sup> 정도임을 알수있다.

시멘트 몰탈의 강도 발현 시기를 살펴보기 위하여 재령 28일강도를 100으로 한 경우의 압축강도비율 표 3에 표시한다. 재령 28일 강도에 대한 재령 3일과 7일의 강도비를 표에서 보여주는 바와 같이, 국산 시멘트 몰탈의 강도비는 37%, 65%인데 비하여 중국산 시멘트 몰탈의 강도비는 31% - 33%, 51% - 54%로서 대체로 국산 시멘트 몰탈 강도에 비해 4% - 6%, 11% - 14%정도 낮게 나타나고 있다.

이것으로, 중국산 시멘트 몰탈이 국산 시멘트 몰탈 보다 강도 및 그 발현 시기에 있어서 작거나 늦은 것은 중국산 시멘트의 낮은 분말도나 비중등의 영향에 기인한 것으로 추정할 수 있다.

표 3 재령 28일 강도를 100으로한 경우의 시멘트 압축강도비(%)

시멘트 생산국	재 령 ( 일 )		
	3	7	28
국 산	37	65	100
중국산 525R	31	51	100
중국산 525	33	54	100

### 3.3.2 시멘트 종류와 강도와와의 관계

20℃ 표준 수증양생한 시멘트 몰탈 공시체의 압축강도 변화를 그림 1에 나타낸다. 그림에 의하면, 재령 3일의 강도는 시멘트 종류에 상관없이 기준치를 상회하고 있다. 재령 7일과 28일의 경우에서 국산 시멘트 몰탈 공시체의 강도는 각각 274 kg/cm<sup>2</sup>, 420 kg/cm<sup>2</sup>로서 기준치인 150 kg/cm<sup>2</sup>, 300 kg/cm<sup>2</sup> 보다 80%, 40% 정도, 중국산 시멘트(525) 몰탈 공시체의 강도는 170 kg/cm<sup>2</sup>, 318 kg/cm<sup>2</sup>로서 기준치보다 13%, 6%정도의 증가를 보이고 있다. 이같은 것에 비하여 중국산 시멘트(525R)를 사용한 몰탈

공시체의 재령 7일과 28일 강도는 기준치보다 6%, 8%정도의 감소를 나타내고 있으며, 이러한 현상은 중국산 시멘트(525R)가 전술한 이유 외에도, 특히 풍화의 영향을 가미하여 몰탈 공시체에 작용한 때문으로 해석할 수 있다.

이상과 같은 압축강도 발현의 경향은 시멘트 몰탈의 휨강도 발현에서도 거의 동일하게 생각되고 말할 수 있다.

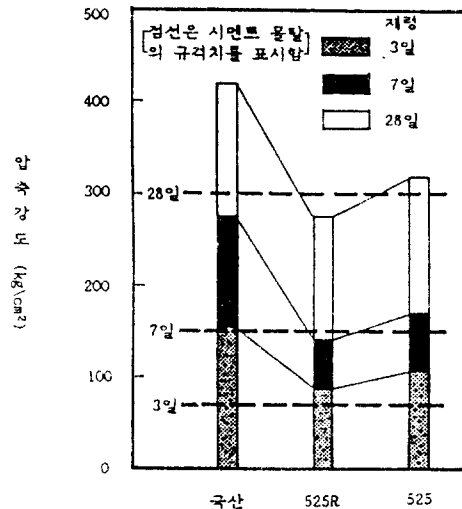


그림 1 시멘트 종류에 따른 압축강도

## 4 콘크리트강도 조사

### 4.1 개요

전절에서 시멘트종류에 따라 강도 발현이 상이하게 나타난 결과를 토대로 하여 콘크리트 실험을 실시한다.

즉, 본 조사에서는 물시멘트비, 시멘트 종류별로 제작한 콘크리트 공시체 강도와 재령과의 관계를 강도의 발현시기 성상의 관점에서 검토하고, 또한 이러한 결과를 시멘트 강도 실험결과와 비교 분석한다. 아울러 콘크리트 공시체의 강도발현을 수화작용의 관점에서 검토하고자 한다.

### 4.2 조사방법

#### 4.2.1 재료 및 배합

재료는 시멘트 실험과 동일한 것을 사용하였으며, 콘크리트 배합을 실제공사에서 사용되는 범위에서 물 시멘트비를 57%, 51%, 47%, 42%,

39%의 5종류, 슬럼프 8 Cm로 하여 표 4와 같이 정했다.

표 4 콘크리트 배합

W/C비(%)	잔골재율 (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단 위 시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	단 위 잔골재량 (kg/m <sup>3</sup> )	단 위 중국골재량 (kg/m <sup>3</sup> )
57	44	176	308	815	1029
51	44	176	345	802	1015
47	43	186	395	751	993
42	45	186	442	762	941
39	44	193	495	724	928

#### 4.2.2 성형 및 양생

직경10cm, 높이20cm의 몰드에 비빈 콘크리트를 2층으로 나누어 넣고, 그 상부를 다짐봉으로 25회 다져 1 일 방치후 콘크리트 상면을 캐핑 하였다. 캐핑이 끝난 공시체를 대기중에서 1 일 방치한 후, 몰드를 탈형하여 20±3°C 수중에서 소정의 재령일까지 양생하였다.

#### 4.2.3 측정

본 조사실험에서 공시체의 강도는 압축강도로 대표하며, 측정기기는 50t의 만능시험기로 한다. 또한 압축강도시험이 끝난 공시체에서 입경 2.5-5mm의 시멘트 페이스트를 채취하여 가열로에서 건조시킨후에 수화작용을 정지시키기 위해 시험 실시일까지 아세톤에 침적시켜, 수은압입식 포로시메타를 이용하여 세공반경 및 세공용적을 측정한다.

#### 4.3 결과 및 검토

콘크리트 공시체의 압축실험 결과를 표 5에 나내고, 결과는 3개 공시체의 평균치로 표시한 것이다.

##### 4.3.1 재령과 강도와의 관계

20°C 수중양생한 콘크리트 공시체가 재령에 의한 압축강도 변화를 표 5에서 보여주고 있다. 표로부터 시멘트 종류에 상관없이 W/C가 적어질수록 높은 강도를 표시하고 있는 것을 알 수가 있다. 재령 56일의 W/C 57%, 42%에 있어서 국산 시멘트 사용 콘크리트 공시체의 강도는 310 kg/cm<sup>2</sup>, 438 kg/cm<sup>2</sup> 인 것에 비하여 중국산 시멘트 사용 콘크리트 공시체의 강도는

211 kg/cm<sup>2</sup> - 242 kg/cm<sup>2</sup>, 370 kg/cm<sup>2</sup> - 415 kg/cm<sup>2</sup>로서 국산 시멘트 사용 콘크리트 공시체의 강도보다 22% - 32%, 5% - 15%정도 낮게 나타나고 있다.

재령 28일 강도를 100으로 한 경우의 콘크리트 공시체의 압축강도비를 표 6에 나타낸다. W/C 57%의 재령 7일, 14일의 압축강도비는, 국산 시멘트 사용 콘크리트 공시체가 69%, 93%이고, 중국산 시멘트(525)와(525R)을 사용한 콘크리트 공시체가 62%, 87%및 57%, 72%를 나타내고 있다.

표 5 콘크리트의 압축강도 실험 결과(kg/cm<sup>2</sup>)

W/C	종 류	재 령 ( 일 )			
		7	14	28	56
57%	K	205	274	296	310
	CR	105	132	183	211
	C	133	186	213	242
51%	K	224	274	296	310
	CR	135	149	216	254
	C	147	213	248	265
47%	K	253	313	347	375
	CR	182	232	264	304
	C	-	-	-	-
42%	K	280	365	420	438
	CR	230	304	348	370
	C	256	307	388	415
39%	K	319	390	450	481
	CR	242	347	370	387
	C	-	-	-	-

(보 기) K : 한국산 시멘트  
 CR : 중국산 525R 시멘트  
 C : 중국산 525 시멘트

또한, W/C 57%의 재령 56일 압축강도비는, 국산 시멘트 사용 콘크리트 공시체가 105%이고, 중국산 시멘트(525)와(525R)을 사용한 콘크리트 공시체가 113% 및 115%를 표시하고 있다. 이와같은 경향은 대체로 W/C가 적어질수록 감소하여 W/C 42%정도에서 거의 동일한 강도비를 표시하고 있다. 이상으로, 중국산 시멘트 사용한 W/C가 큰 콘크리트의 강도증가율은 장기간의 재령에 걸쳐 발전되어 커지는 것에 비하여, W/C가 작은 콘크리트의 강도증가율은 단기간의 재령에서 발전되어 커지는 것을 알 수 있다.

W/C와 콘크리트 압축강도의 관계를 그림 2에 표시한다. 그림에 의하면, W/C가 감소함에 따라 콘크리트 공시체 강도가 증가하는 것을 볼 수 있지만, 시멘트 종류에 따라 콘크리트 공시체의 강도증가에는 차이를 보이고 있다. 즉, 콘크리트 공시체의 재령 1주의 경우, 국산 시멘트를 사용한 콘크리트 공시체 W/C57%, W/C51%의 강도는 205 kg/cm<sup>2</sup>, 224 kg/cm<sup>2</sup>이며, 이 강도에 상응한 중국산 시멘트(525)와(525R)을 사용한 콘크리트 공시체에서의 W/C는 44%, 46% 및 43%, 44%이다. 또한 콘크리트 공시체의 재령 13주의 경우, 국산 시멘트를 사용한 콘크리트 공시체 W/C 57%, 51%의 강도는 310 kg/cm<sup>2</sup>, 348kg/cm<sup>2</sup>이며, 이 강도에 상응한 중국산 시멘트(525)와(525R)을 사용한 콘크리트 공시체에서는 W/C를 46%, 48% 및 43%, 46.5% 나타내고 있다. 이상으로, 국산 시멘트 사용 콘크리트 강도와 동등한 강도를 얻기 위해서 중국산 시멘트 사용 콘크리트에서는 W/C를 적게 하거나 양생기간을 연장시켜야 한다는 것을 지적할 수 있다.

#### 4.3.2 세공경 분포의 관계

콘크리트의 강도가 세공 조직에 지배된다는 것을 고려하여, 본 항에서는 각종 시멘트를 사용한 재령 14일의 콘크리트 공시체로부터 수은 침입법으로 세공경 분포를 측정하였으며, 일례를 그림 3에 표시한다. 국산 시멘트 사용 콘크리트는 10 - 0.003마이크로메타 범위의 세공경이 0.0025 mL/g량까지 고르게 분포되어 있다. 또한 중국산 시멘트 사용 콘크리트에 있어서,

표 6 재령 28일 강도를 100으로한 경우에 콘크리트 압축강도비(%)

시멘트종류 W/C비(X)	재령(일)				
	7	14	28	56	
57	국산	69	93	100	105
	525 R	57	72	100	115
	525	62	87	100	113
51	국산	70	91	100	109
	525 R	63	69	100	118
	525	60	86	100	107
47	국산	73	90	100	108
	525 R	69	88	100	115
42	국산	67	87	100	104
	525 R	67	87	100	106
	525	56	79	100	107
39	국산	71	87	100	107
	525 R	70	94	100	105

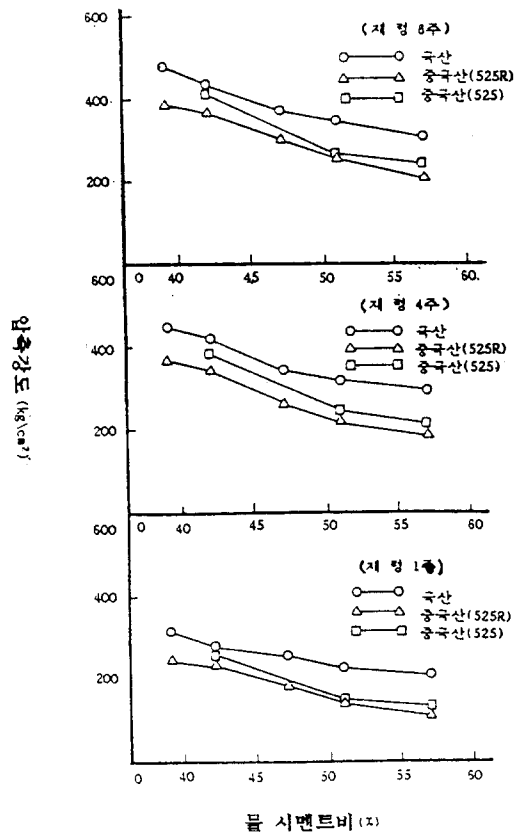


그림 2 물 시멘트비와 콘크리트 압축강도의 관계

525는 특히 1 - 0.1 마이크로메타 범위의 세공경이 0.005 mL/g량까지, 그리고 525R은 동등한 범위의 세공경이 0.007 mL/g까지 산의 형상으로 피크를 이루고 있다. 이상을 종합하면, 국산 시멘트 사용 콘크리트가 작은 세공 분포로 가장 치밀한 조직을 이루고 있으며, 그 다음이 중국산 시멘트(525)사용 콘크리트이고 가장 나쁜 조직은 중국산 시멘트(525R)사용 콘크리트이다. 이와 같은 순서는 전항에서 측정된 콘크리트 강도면에서도 동일함을 지적하였다.

#### 4.3.3 시멘트와 콘크리트의 강도발현 관계

재령 28일 강도에서 중국산 시멘트 몰탈이 국산 시멘트 몰탈보다 24% - 34%정도 낮게 나타났다. 또한 중국산 시멘트 몰탈의 강도 증가율은 국산 시멘트 몰탈보다 11% - 14%의 차이를 나타내고 있다. 이와같은 이유는 중국산 시멘트가 국산 시멘트보다 분말도가 낮고, 비중이 작으며, 풍화의 영향등에 기인한 것으로 추정된다. 이러한 중국산 시멘트를 사용한 재령 56일에 있어서 W/C 57%의 콘크리트 강도는 국산 시멘트를 사용한 동일 재령과 동일 W/C의 콘크리트강도보다 22% - 32%정도 낮게 나타나고 있다. 그리고 시멘트 종류에 상관없이 시멘트 몰탈과 콘크리트의 강도 증가비는 거의 비슷하게 나타났다.

중국산 시멘트를 사용한 W/C가 큰 콘크리트의 강도 증가율은 장기간의 재령에 걸쳐 발현되어 커지는 것에 비하여 W/C가 작은 콘크리트의 강도 증가율은 단기간의 재령에서 발현되어 커지는 경향이 있으므로, 중국산 시멘트를 사용한

콘크리트 공사의 거푸집 해체, 마감공사등을 탄력성 있게 운용할 필요가 있다.

#### 5 결론

본 실험결과 대체로 다음과 같은 결론을 얻었다.

외국산 철근은 생산국가나 지름에 따라 인장강도, 항복강도 및 연신율에 약간의 차이를 볼 수 있지만, 대체로 양호한 결과를 나타냈다.

시멘트 강도에서 지적한 바와 마찬가지로 중국산 시멘트(525) 및 (525R)을 사용한 콘크리트의 강도는 국산 시멘트를 사용한 콘크리트 강도에 비하여 약간 작고 또한 강도발현 시기 도 늦게 나타났다. 그리고 국산 시멘트와 중국산시멘트(525)를 사용한 콘크리트는 재령 28일에서 설계 기준강도를 초과하는데 비하여 중국산 시멘트(525R)을 사용한 콘크리트는 재령 56일에서 설계기준 강도를 만족하고 있다.

이상 종합하여 언급하면, 중국산 시멘트(525) 및 (525R)은 운반 보관 과정의 풍화, 양생방법이나 기간중에 주의를 한다면 수입 철근과 함께 5개 신도시 아파트 건설현장에서 사용할 시 그다지 문제점은 없을 것으로 사료된다.

#### ■ 참고문헌

- 1) 일본건축학회; 건축공사 표준사양서. 동해설, JASS5 철근콘크리트공사, 1979
- 2) 藤本一郎외 6인; 재료 구조실험. 룩도출판회
- 3) 정 일영, 정 상진, 한 천구; 건축재료 실험, 형설출판사, 1981년

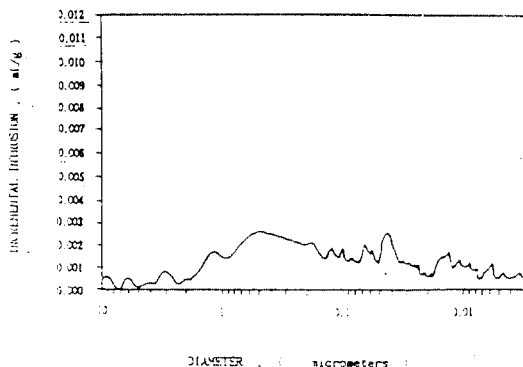


그림 3 콘크리트의 세공경 분포(국산)