

# 부순돌 콘크리트의 기초적 성질에 관한 연구

## The Study on the Fundamental Character of Crushed Stone Concrete

장 동 일\*      문 한 영\*\*      박 제 선\*\*\*  
Dong Ill, Chang      Han Yeung, Mun      Chei Sun, Park

### Summary

In concrete, the mater over aggregate is ever demanding each year in paralled with rapid development of Construction works from a couple of years ago.

Want of most of them which is river gravel among aggregate has made us uneasy to get good gravel in quality. So far, we have counted on gravel, however, the time to turn the use of normal concrete into that of crushed concrete is closing at hand, I think.

According to the results of study by Kaplan, Zeitman, Murdock, Hanada, Yamamoto, the shape of aggregate particle have a great effect on workability of concrete, as we know, is well known to the world.

Crushed stone, particularly, is inconvenient to handle on account of jagged, angled particle form and rugged surface structure, give rise to inpediments in works, its unit water stands at about 15-20 Kg/m<sup>3</sup>, and w/c shows the increasing rate of approximately 5-10%, but it is unsuitable to use in terms of rigidity.

In order to research all of these, I have

experimentalized and reviewed the physical character of aggregate and the regidity of concrete, in addition, its relative ratio of the elastic disposition as to gravel and crushed stone.

### I. 서      론

콘크리트에 있어서 골재문제는 수년전부터 건설 공사의 비약적인 발전과 더불어 그 수요도 해마다 급격히 증가하고 있는 실정이다. 콘크리트용 골재의 거의 대부분을 차지하고 있는 강자갈의 부족과 하천 관리상의 채굴가능량과 무질서한 탄굴채취를 금지하므로서 질 좋은 자갈을 얻기에는 용이한 문제가 아니다. 가까운 일본에서도 골재의 충분한 공급을 도모키 위하여 1965년 2월 通産省의 産業構造審議會에 骨材小員會가 설치되어 실태조사와 문제점 및 해결 방법등을 검토하고 「건설공사의 콘크리트용 골재로 앞으로 특별한 이유가 없는한 부순돌을 적극적으로 이용 할것. 그리고 부순돌이 가까운 장래 골재의 주역을 맡도록 하지 않으면 안된다」<sup>1)</sup>고 강조하고 있다. 이런 점들을 보아 우리나라도 멀지 않아 골재가 건설업계에 심각한 문제로 이야기되리라 생각된다. 그래서 자갈에만 의존한 보통 콘크리트에서 부순돌을 사용한 부순돌콘크리트로 차츰 차츰 바꾸어야 할 시기가 도래한것 같다. 우리나라도 보다 빨리 부순돌콘크리트가 보편화 될수 있도록 현존 규격과 시방서를 보완 할것이고 적극적인 연구 개발이 있어야 될것이다. 골재 발달의 모양이 콘크리트의 워어커빌리티에 커다란 영향을 미치는 것에 대해서는 너무나 잘 알고 있는 사실이며 Kaplan, Zeitsman, Murdock 浜田, 山本 등 연구자들에 의해 발표 되어졌다<sup>2)</sup>.

\* 한양대학교 공과대학

\*\* 한양대학교 공과대학

\*\*\* 충주공업 전문학교

특히 부순돌은 부순돌 특유의 모진 모양과 표면조직의 거칠음으로 인해 자갈에 비해 취급하기 곤란하고 워어커빌리티가 나빠서 작업에 막대한 지장을 초래하여 단위수량은 보통콘크리트에 비교해서 15~20 kg/m<sup>3</sup> 정도 많으며, w/c는 약 5~10% 증가율을 보이므로 강도면에서 불리한 결함을 가졌다.

윗 여진들을 고려하여 포장콘크리트의 품질관리를 위해 휨강도를 사용하든 방법을 원주형 공시체를 사

용한 인장강도 시험법으로 바꾸는데 필요한 예비지식을 얻는데도 본 실험의 목적이 있다.

## II. 재 료

### 1. 시 멘 트

시멘트는 현재 시중에 판매중인 포1과 같은 물리적 성질을 가진 쌍용 시멘트를 사용했다.

표-1 시멘트의 물리적 성질의 일람표

비 중	비표면적 cm <sup>2</sup> /g	No 200 체 잔류량 (%)	표준주도 (%)	응결시작 (분)	응결완료 (시, 분)	안정성	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )			인장강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
							3 일	7 일	28 일	3 일	7 일	28 일
3.13	2,830	3.94	26.2	161	5.05	O K	183	237	331	22.1	27.0	32.8

### 2. 골 재

잔골재와 굵은골재는 전라남도 광주와 전라북도 정읍에서 생산된 것이고 굵은골재는 강자갈과 부순돌의 2종류이고 그의 물리적성질은 표2와 같다. 잔골재의 입도분석결과 광산產(S-1으로 씀)은 F.M.

2.1로 지나치게 잔날알이 많으며 흡수량이 2.57% 들이무게에 의한 비율이 38.7%였다. 정읍產(S-2)은 F.M 4.1로써 지나치게 거친날알이 많이 섞인 것으로 콘크리트용 잔골재로서 보편성이 적은 대표적인 시료로 볼수 있겠다. 굵은 골재는 정읍산 강자갈(G-1)과 광주산 부순돌(G-2) 최대치수가 50mm

표-2 골 재 의 물 리 적 성 질

골 지	종 류	비 중	흡 수 량 (%)	F.M	들이무게 kg/m <sup>3</sup>	실 적 율 (%)	비 율 (%)	담 음 율(%)	
								로스앤젤스 시험기 500회정 (15분 3초)	로스앤젤스 시험기 500회정 (15분 3초)
잔 골 재	광 산	2.51	2.57	2.1	1,500	61.3	38.7	—	—
	정 읍	2.54	1.62	3.41	1,650	66.0	34.0	—	—
굵은 골 재	정 읍 자 갈	2.55	2.18	8.4	1,590	63.7	35.3	—	24.8
	광 주 부 순 돌	2.67	0.25	8.2	1,590	59.9	40.1	—	22.8

이므로 날알은 함마로 깨서 입도를 맞추었다.

G-1 골재는 흡수량이 2.18, 비율이 35.3% 들이무게가 1590kg/m<sup>3</sup>인 품질이 저질인 골재이다. 부순돌의 물리적성질중에서 흡수량은 비중, 담음율 견딜성과의 관계가 있으며 흡수량이 많은 부순돌을 사용한 콘크리트는 강도 및 건조수축이 다소 떨어지므로 석질의 선정에 경시할수 없는 하나의 요소가 된다고 볼수 있다. 본 시험에 사용된 G-2 골재의 흡수량은 0.25%로써 대단히 만족스럽다. 굵은 골재의 담음율은 부순돌의 경우, 파쇄 크러셔(crusher)의 형식에 따라 조금씩 틀리긴 하지만 부순돌은 자갈에 비교해서 일반적으로 담음율이 큰 경향이 있다고 보고되고 있으나 로스앤젤스 시험기에 의한 담음율이 자갈쪽이 2%가 큰 결과였다. 그리고 날알 모양 관정의 한 규격으로 Waddel-krumbein 양씨가 제안한 구형율(Sphericity)에 대해 매우 상관성이 높은 실적율을 日本 浜田 稔박사는 굵은골재의 실적

율과 슬럼프와의 관계로 실적율이 55% 이하로 되면 슬럼프가 매우 저하한다고 지적했다. 자갈에 비해 지나치게 모가 지며 입도가 불균일한 부순돌의 모진 정도의 척도로서 Murdock의 Angularity-ine가 이용되고 있으며 아래식으로 표현하고 있다.

$$f_A = 11.05 - 0.15V$$

여기서  $f_A$ : Angularity index

V: 골재의 실적율

예를 들면 부순돌의  $f_A(2.07) >$  자갈의  $f_A(1.05)$  모진 정도가 크면  $f_A$ 가 크게된다. 즉 굵은 골재의 실적율(=100-비율) 즉 부순돌의 모양을 표시하는 지수로 해서 비율을 채택한 문헌이 1938~1940년에 발표된 바 있다.

### 3. 켈핑 재

압축강도 시험에 사용된 켈핑콤파우더는 미국에서 사용하고 있는 콤파우더와 유탕과 플라이애쉬를

1:3:1로 혼합시킨것과 유황만의 것. 시멘트풀의 3종류로 비교시험한 결과는 표3과 같다.

유황을 유황 용해로에 약 200°C~250°C로 가열 해서 JIS R 5201 시멘트 강도시험과 동일한 방법으로 3런형 몰드에 넣어 공기체를 캘핑할 때와 같은 조건으로 성형하고 탈형해서 공기중에 약 1시간 방치한 후에 「미하에리스」 2층형 시험기에 상응하는 모르타강도 시험기를 사용해서 휨강도와 압축강도 시험을 행했다.

표-3 캘핑재의 물리적 성질

시 료 명	중 량 (g)	휨강도 kg/cm <sup>2</sup> (b)	압축강도 kg/cm <sup>2</sup> (c)	c/b	
유 황	508	28.1	195	6.9	
콜파우다+유황+플라이애쉬	528	43.1	278	6.4	
시 멘 트 풀 w/c=30%	1일	546	21.2	77	3.6
	3일	554	50.0	431	8.6
	7일	555	60.7	545	9.0

$$b = w \times 0.234 (\text{kg/cm}^2)$$

$$c = \frac{w}{16} (\text{kg/cm}^2)$$

w=최대하중(kg)

### Ⅲ. 시험조건 및 방법

#### 1. 배합조건

가) 골재의 최대치수 Gmax(mm)

19 mm, 50 mm의 2종류

나) 슬럼프의 범위 (cm)

3±1. 7±1의 2종류

다) 단위시멘트량 (kg/m<sup>3</sup>)

400, 350, 320, 220

라) 정음산 잔골재와 정음산 자갈

기호 A, B, C, D

광산산 잔골재와 광주산 부순돌

기호 M, N, O, P로 씀

위에 주어진 4가지 배합조건에 맞도록 배합설계를 했으며 슬럼프에 의해 단위수량과 w/c를 조정했으며 시방배합 결과는 아래 표4와 같다.

표-4 시험콘크리트의 시방배합표

콘크리트종류	기 호	골재의 최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	w/c (%)	s/a (%)	단 위 량 (kg/m <sup>3</sup> )			
							W	C	S	G
강 자 갈 콘 크 리 트	A	19	3.5	2.0	44	40	176	400	681.7	1,042.2
		"	7.0	"	46	"	184	"	683.5	1,023.8
	B	"	4.0	"	47	42	164.5	350	751.3	104.2
		"	7.0	"	50	"	175	"	740.2	1,026.4
	C	50	2.5	1.5	46	39	147.2	320	729.5	114.5
		"	6.5	"	52	"	166.4	"	720.3	113.1
	D	"	2.5	"	60	39	132	220	775.7	1,218.4
		"	6.0	"	65	"	143	"	764.8	1,200.8
부 슨 돌 콘 크 리 트	M	19	2.0	2.0	49	41	196	400	676.2	1,035.2
		"	7.5	"	52	"	208	"	682.5	1,044.5
	N	"	2.5	"	50	43	175	350	754.3	1,063.7
		"	8.0	"	58	"	203	"	718.9	1,013.5
	O	50	2.3	1.5	55	40	176	320	710.3	1,133.4
		"	7.0	"	60	"	192	"	694.3	1,107.8
	P	"	3.0	"	63	40	138.6	220	779.6	1,244.2
		"	7.5	"	68.5	"	150.7	"	767.5	1,224.7

일반적으로 제일 좋은 잔 골재율은 부순돌이 강자갈 보다 약 4~5% 정도 크며 부순돌의 모양이 좋고 나뭇에 따라 약 1~2% 차이가 생긴다고 보고되고 있고 s/a는 w/c가 크면 따라서 증가하며 거의 직선관계가 성립 된다고 한다②③. 그러나 본 실험에서는 부순돌 콘크리트 쪽에 s/a를 1% 증가시켜 배합설계를 하였다.

### 2. 공시체의 크기 및 개수

압축강도용 공시체는 KS F 2403의 규격에 따르는  $\phi 15 \times 30$  cm의 원주형 공시체이고 인장시험용 공시체는  $\phi 15 \times 15$  cm의 원주형 공시체이다. 공시체의 개수는 각 재령별로 3개씩을 만들었고 이들의 평균 치수를 구하여 치수로 하였다. 일반적으로 인장강도 시험용 공시체의 길이는 직경보다 큰것이 좋으나 본 시험에서는 재료의 절약과 시험의 편의성을 고려해서 직경과 길이를 동일하게 했다.

### 3. 비비기, 성형 및 양생

콘크리트의 비비기에 있어서 온도의 변동은 문제가 되므로 본시험에서는 비비기와 성형시의 실내 온도를  $18^{\circ}\text{C}$  전후로 했으며 사용되시는 용량 35ℓ의 가경식 밀서이다. 공시체의 제작과 성형 및 탈형은 KS F 2403에 따라 실시하였다 공시체는 탈형후 양생실의 수온을  $20^{\circ}\text{C}$  전후로 재령일 까지 양생했다.

### 4. 콘크리트의 압축, 인장강도 시험

압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 실시했으며 인장강도시험은 원주파열시험(cylinder splitting test)을 응용했다.

이 시험을 간단히 소개하면 사진1에 보는 바와 같이 공시체의 상 하부에 접촉선의 위치를 선정해서 접촉선을 직경방향으로 연결하여 명확히 표시해서 시험기와 공시체 사이에 철제 가압분포판(packing strip)을 사용했다.

Mitchell④와 chepan 박사⑤의 분포판의 필요성을 인정한 분포판의 폭과 재료의 종류의 영향에 대한 논문을 보면 공시체의 직경이 15cm일때 40mm폭, 재료는 두꺼운 종이류나 합판(Hardboard, plywood)이 최적이라고 지적하고 있다.

이 경우의 인장강도 계산식은 다음의 식과 같다.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi dl} \dots \dots \dots (1)$$

한편 J. Vooinen 씨에 의하면⑥

$$\sigma_t = \frac{P}{hl} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{C}{(1+mk)} \dots \dots \dots (2)$$

여기서

C: 공시체 단면 및 세장편의 폭을 포함한 이론적인 응력 계수

k: 세장편의 폭과 공시체의 높이와의 비

m: 실험적 응력분포 계수(실험결과에 의해  $m = 3.75$ )

이 실험에서는 폭이 50 mm 두께 25 mm

길이 210 mm 정도의 철제를 사용했기 때문에 (1) 식에 의해 계산했다.

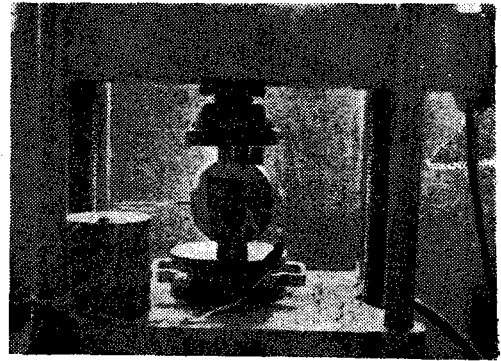


그림 1. 인장강도 시험방법

### 5. 탄성계수 시험

가) 콘크리트의 탄성계수는 콘크리트의 강도에만 관련이 있는 것이 아니다.

일반적으로 압축강도가 크면 탄성계수는 크다. 같은 골재 치수와 같은 압축강도의 콘크리트는 단위 무게 골재량이 클 수록, 재령이 클 수록, 공기량이 적을 수록, 탄성계수는 크다. 또한 물에 젖은 것 보다 건조한 것이 탄성계수는 적다⑦.

여러 조건이 같더라도 탄성계수 측정에 있어서 재하속도가 빠른 측정의 것이 느리것 보다 탄성계수가 크다⑧⑨.

나) 본 시험에서 측정한 탄성계수는 재령 28일의 압축 및 인장강도시험에 의해 구했으며 스트레인 측정용 위해 전기저항선 스트레인게이지(콘크리트용 70 mm)를 공시체 양측면에 케이지시멘트로 2개씩 붙이고 정적스트레인미터에 연결시켜 일정한 재하속도에 의한 파괴하중의 1/3의 응력과 스트레인의 활성탄성계수(Secent Young's Modulus)를 계산했다(BS 판례).

이때 포아손의비는 문헌에 의하면 콘크리트의 강도에 대한 변화가 적기 때문에 측정치 않았다.

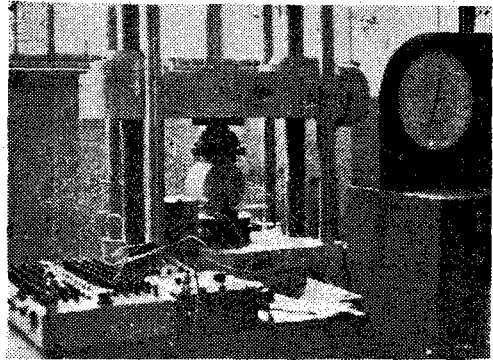
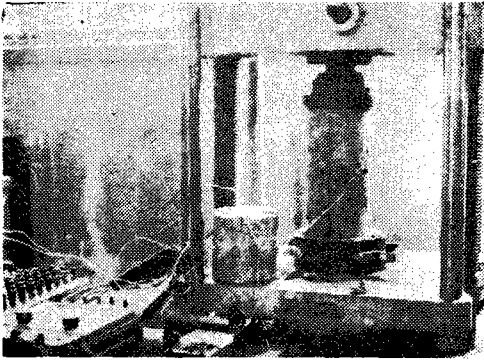


그림 2, 3. 콘크리트의 탄성계수 시험방법 및 장치

#### IV. 시험결과

##### 1. 다른 여러 시험 결과의 개요

압축강도에 있어서 부순돌콘크리트와 강자갈콘크리트에 관한 몇몇 논문의 실험 결과를 소개해 본다면

가) 단위시멘트량이  $300\text{kg}/\text{m}^3$  정도인 경우 부순돌콘크리트와 강자갈콘크리트의 강도는 거의 같다<sup>①</sup>,

나) w/c가 같은 경우 부순돌콘크리트가 0~20% 정도 강도가 크다<sup>②</sup>.

다) w/c가 같은 경우 부순돌 콘크리트는 강자갈콘크리트 보다 압축강도가 크며 단위시멘트량이 같은 경우 부순돌콘크리트의 압축강도가 조금 적었다. 그러나 그 차는 단위시멘트량이 많은데 따라서 즉 높은 강도의 콘크리트 일수록 적었다<sup>③</sup>.

라) 여러가지 조건과 배합이 같은 경우 부순돌콘크리트는 강자갈콘크리트 보다 약 14~31% 정도 강도가 크다. 이 이유는 골재 낱알과 모르타의 접촉 및 표면모양이 거칠은 탓으로 골재낱알과 시멘트풀의 부착성이 현저히 좋은 관계라고 볼수 있다<sup>④</sup>.

마) 부순돌은 모진 부분이 많아 응력 집중력의 영향을 많이 받기 때문에 골재와 모르타 사이의 파괴에 의한 Micro crack이 일어나기 쉽다고 말하고있다<sup>⑤</sup>.

바) 콘크리트의 인장강도는 압축강도에 비해 1/8~1/12 정도로 매우 적으므로 일반적으로 무시 하기 쉽지만 무근콘크리트 보의 웹에 있어서 사인장응력과 콘크리트 건조수축 및 온도변화등에 의해 균열 발생을 경감하며 인장강도는 큰것이 요망된다<sup>⑥</sup>.

압축강도가 비슷한 콘크리트의 경우 인장강도는 부순돌콘크리트쪽이 크며 그 경향은 높은강도 일수록 현저하다<sup>⑦</sup>.

그리고 원주파열시험의 경우 가압판의 폭이크면 취태인장은 약간 감소한다. 또한 인장강도는 가압판

의 탄성계수가 적을수록 크다<sup>⑧</sup>.

##### 2. 본 시험의 결과

가) 압축강도와 인장강도

각콘크리트의 공시체에 대한 재령7일 14일 및 28일의 압축강도의 인장강도의 시험성과표는 강자갈 콘크리트의 것은 표 5이고 부스돌의 것은 표 6이다.

표-5 강자갈 콘크리트의 압축 및 인장강도시험결과

종류	강도 재령(일)	$\sigma_c(\text{kg}/\text{cm}^2)$			$\sigma_t$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 28	$\sigma_{28}/$ $\sigma_{\pm 28}$
		7	14	28		
A	1	205	226	304	32.2	9.4
	2	169	239	301	23.1	13.0
B	1	196	234	299	30.9	9.6
	2	156	222	267	25.7	10.3
C	1	186	216	221	29.1	7.6
	2	155	193	246	22.0	11.0
D	1	76	87	129	18.9	7.0
	2	77	72	123	19.2	6.4

표-6 부순돌 콘크리트의 압축 및 인장강도 시험결과

종류	강도 재령(일)	$\sigma_c(\text{kg}/\text{cm}^2)$			$\sigma_t$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 28	$\sigma_{28}/$ $\sigma_{t28}$
		7	14	28		
M	1	200	240	302	33.4	9.0
	2	166	221	294	26.4	11.1
N	1	136	187	246	25.7	9.5
	2	133	152	229	25.0	9.2
O	1	154	151	207	18.3	11.3
	2	105	147	193	17.9	10.7
P	1	47	60	87	9.5	9.2
	2	42	57	64	8.7	7.4

의 압축강도와 인장강도의 시험성과표는 강자갈콘크리트의 것은 표 5이고 부순돌의 것은 표6이다.



그림 4 원주파열시험후 파괴 상태

나) 탄성계수 시험 결과

본시험에서 각 콘크리트 공시체의 재령 28일 비압축강도(강도/비중)와 압축 탄성 계수 및 인장탄성계수의 측정치는 강자갈 콘크리트의 것은 표7과 같고 부순돌콘크리트의 것은 표8과 같다.

표-7 강자갈콘크리트의 압축 및 인장 탄성계수 측정치

종류	구분	콘크리트 비중	비강도 $\sigma_{28}/\text{비중}$	$E_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_t$ kg/cm <sup>2</sup>	계산식에 의한 값 ( $\sigma_c$ )
A	1	2.41	126	$3.22 \times 10^6$	$1.89 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$
	2	2.41	124	$2.24 \times 10^6$	$1.42 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$
B	1	2.39	125	$2.47 \times 10^6$	$1.58 \times 10^6$	$2.79 \times 10^6$
	2	2.38	111	$2.10 \times 10^6$	$1.36 \times 10^6$	$2.76 \times 10^6$
C	1	2.36	94	$2.18 \times 10^6$	$1.48 \times 10^6$	$2.35 \times 10^6$
	2	2.36	104	$2.48 \times 10^6$	$1.62 \times 10^6$	$2.47 \times 10^6$
D	1	2.28	57	$2.12 \times 10^6$	$1.75 \times 10^6$	$1.75 \times 10^6$
	2	2.24	55	$2.17 \times 10^6$	$1.32 \times 10^6$	$1.58 \times 10^6$

표-8 부순돌 콘크리트의 압축 및 인장탄성계수 측정치

종류	구분	콘크리트 비중	비강도 $\sigma_{28}/\text{비중}$	$E_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_t$ kg/cm <sup>2</sup>	계산식에 의한 값 ( $\sigma_c$ )
M	1	2.38	126	$2.36 \times 10^6$	$2.53 \times 10^6$	$2.77 \times 10^6$
	2	2.39	123	$2.21 \times 10^6$	$2.40 \times 10^6$	$2.72 \times 10^6$
N	1	2.26	108	$2.22 \times 10^6$	$2.42 \times 10^6$	$2.29 \times 10^6$
	2	2.28	100	$2.36 \times 10^6$	$2.07 \times 10^6$	$2.26 \times 10^6$
O	1	2.28	91	$1.83 \times 10^6$	$2.15 \times 10^6$	$2.15 \times 10^6$
	2	2.29	84	$1.37 \times 10^6$	$2.10 \times 10^6$	$2.10 \times 10^6$
P	1	2.23	39	$1.22 \times 10^6$	$1.85 \times 10^6$	$1.30 \times 10^6$
	2	2.35	29	$1.09 \times 10^6$	$1.88 \times 10^6$	$1.16 \times 10^6$

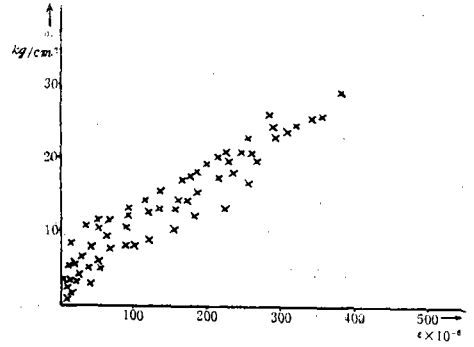


그림 5. 강자갈 콘크리트의 인장응력 증가에 따른 변형율의 변화

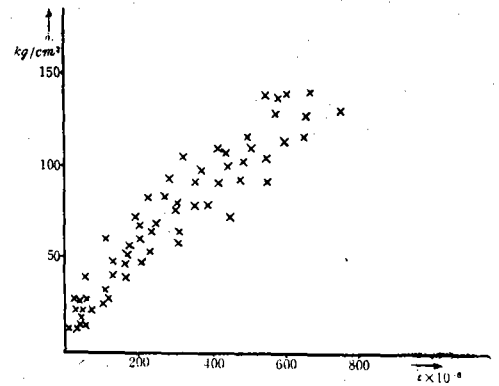


그림 6. 강자갈 콘크리트의 압축응력 증가에 따른 변형율의 변화

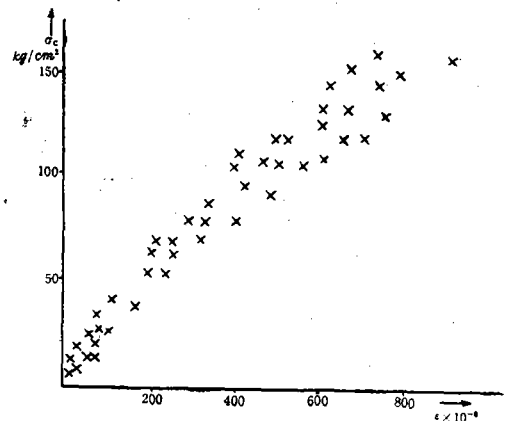


그림 7. 부순돌 콘크리트의 압축응력 증가에 따른 변형율의 변화

탄성계수 측정 과정에 있어서의 응력과 변형율의

관계는 강자갈콘크리트의 것은 그림 1및 그림 2와 같고 부순돌콘크리트의 것은 그림 3및 그림 4와 같다.

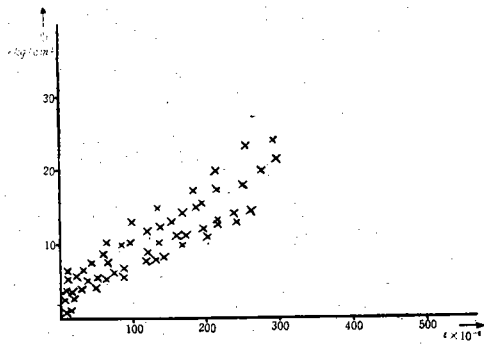


그림 8. 부순돌 콘크리트의 인장응력 증가에 따른 변형율의 변화

다) 강도와 탄성계수의 관계

표5 및 표6의 압축강도와 인장강도의 측정치 또한 표7 및 표8의 탄성계수 측정치의 관계를 최소자승법에 의해 정리한 관계식은 다음과 같다.

i) 강자갈 콘크리트

$$E_c = 937\sigma_c + 15.340 (\text{kg/cm}^2)$$

$$E_t = 600^2\sigma_t + 5.164 (\text{kgcm}^2)$$

ii) 부순돌 콘크리트

$$E_c = 862\sigma_c + 8.122 (\text{kg/cm}^2)$$

$$E_t = 9505\sigma_t + 24.563 (\text{kg/cm}^2)$$

여기서  $E_c$  와  $E_t$  는 압축과 인장탄성계수이고  $\sigma_t$  와  $\sigma_c$  는 인장과 압축강도이다.

## V. 결 론

여러 문헌에서의 결과와 위에 제시한 본실험의 결과는 거의 일치 했으며 본실험 연구에서 새로운 것은 아래와 같다.

1. 슬럼프치를 고정시킨 강자갈 콘크리트와 부순돌콘크리트의 압축강도에 있어서의 관계는 높은강도 콘크리트인 경우 강도에 별 차이는 없었으며 낮은 강도 콘크리트 일수록 그 차이는 컸다.

2. 슬럼프치를 고정시킨 강자갈콘크리트와 부순돌 콘크리트의 인장강도의 관계는 높은 강도에서는 부순돌 콘크리트가 컸으며 낮은 강도콘크리트에서는 적은 경향을 나타냈다.

3. 슬럼프치를 고정시킨 압축강도에 의한 탄성계수는 부순돌 콘크리트의 것이 현저히 적었다. 낮은

강도에서는 탄성계수의 차이가 크게 나타났다.

4. 슬럼프치를 고정시킨 콘크리트 공시체의 인장 강도시험에 의한 탄성계수는 부순돌 콘크리트의 것이 현저히 컸으며 그 차이는 강도에 별로 관계가 없었다.

5. 일반적인 현상으로 콘크리트의 비강도가 크면 따라서 탄성계수도 커지는 경향을 볼 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. 本間俊郎, 河川砂利の現状と問題點. セメント工業. (コンクリート骨材特集號) No.89 昭和42年11月 P.6 P.10
2. 菊本幸雄. 細骨材の粒形, および粒度がモルタルの性質におよぼす影響 セメント・コンクリート 1970年2月 No.286. P.2.4.8
3. 콘크리트 專門委員會報告 F.-21 碎石を用いた軟練りコンクリートの配合および強度に関する報告 1969年 9月 P.16 P.26
4. 樋口芳郎, 原田豊, 碎石コンクリートに関する 2, 3の實驗結果と考察 セメント 콘크리트 1971年 1月 No287 P.20, P.8, P.13
5. 奥田徹, 中野, 角田, ロサンゼルス試驗機による粗骨材のおりはり減量に關する 2, 3の考察 セメント・コンクリート 1968年 2月 No252 P.21
6. 國分正胤編, 土木材料實驗 技報堂 1968年 2月 P.162
7. 近藤泰夫, 坂靜 雄, 콘크리트工学 핸드ブック 朝倉書店 1968年 1月 P.305
8. G.P Chapman, The cylinder splitting test concrete. Feb 1968 P.83
9. 吉田徳次郎, 콘크리트 および鐵筋 콘크리트 丸善 昭和 年 P.778
10. 第23回セメント技術大會 社團法人 セメント協會 昭和44年 5月 P.78
11. 徳光, 石川, 松下, 碎石の形狀が一コンクリートの性質におよぼす影響に關する實驗 セメント・コンクリート 1970年 6月 No.280
12. Mc Neeley and S.D. Lash. Tensile strength of concrete Journal of A.C.I June. 1963 Vol60 P751
13. 콘크리트 專門委員會報告 F-19 富配合かた練りコンクリートのセメント水比と壓縮強度および引張強度との關係に關する報告 1968年 3月 P.27
14. 第24回セメント技術大會 社團法人 セメント協會 昭和45年 P.69