



## 진공감압조건에서 콘크리트의 물리적 특성

이세현<sup>1)\*</sup> · 심종우<sup>1)</sup> · 서치호<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한국건설기술연구원 건축연구부 <sup>2)</sup>건국대학교 건축공학과

(2001년 5월 17일 원고접수, 2001년 12월 20일 심사완료)

## Properties of Vacuum · Reduced Air Pressure Concrete

Sea-Hyun Lee<sup>1)\*</sup>, Jong-Woo Shim<sup>1)</sup>, and Chee-Ho Seo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Building Research Division, KICT, 2311, Taehwa-dong, Ilsan-gu, Koyang, Kyonggi-do, 411-712, Korea

<sup>2)</sup> Kun-kuk Univ., Hwangyang-dong 1, Kwangjin-gu, Seoul, 143-130, Korea

(Received on May 17, 2001, Accepted on December 20, 2001)

### ABSTRACT

Vacuum concrete manufactured by vacuuming and decompressing fresh concrete. It is known to have improvement on abrasion and strength by making a structural confinement through elimination of internal gap. It has been implemented on buildings floors, concrete dam, etc. in developed countries.

This study was aimed to monitor changes in physical characteristics such as strength and slump of concrete influenced by changes of vacuum, decompression level and combination condition during concrete manufacturing process. The results are as follows:

It is indicated that decompressed concrete showed increase in unit weight and compressive strength by compact compression phenomenon influenced by decrease in internal gap caused by diminishing oxygen. However, continuous research is necessary to resolve problems on construction, design and durability.

**Keywords :** vacuum concrete, decompression, durability, compressive strength

### 1. 서 론

건축재료 생산기술의 발전에 따라 품질개선을 위한 노력이 다각적으로 추진되고 있는 가운데 콘크리트도 전통적인 제조방식에서 탈피하여 용도에 따라 투입재료, 배합, 타설, 양생 등 공정별 개선을 위한 많은 시도가 이루어지고 있다. 그리고 이러한 노력을 통하여 경량콘크리트, 투수콘크리트 및 진공콘크리트와 같이 다양한 명칭의 기능성 콘크리트가 개발되고 있으며 용도에 적합한 제조와 시공기술이 제안되고 있다.

이 가운데 특히 스웨덴에서 개발된 진공콘크리트는 콘크리트 타설 후, 매트를 설치하고 진공·감압에 의하여 공기와 수분을 제거하는 방법으로 제조되며, 내마모성 및 강도개선 효과를 바탕으로 선진국에서는 건축물 바닥, 댐콘크리트 등에 실용화 된 바 있다.

구체적으로는 콘크리트가 굳지 않은 배합과정에서 진공 펌프를 작동시켜 감압에 의한 기압차를 이용하여 콘크리트

내부의 공극을 제거함으로써 조직의 밀실화를 도모하는 것으로, 일반적으로 진공 상태에서는 콘크리트면에 1m<sup>2</sup>당 6~8t의 대기압이 작용하게 된다. 진공콘크리트는 상압에서 시공된 콘크리트에 비해 초기 강도가 증가할 뿐 아니라, 장기 강도, 마모저항성 등이 증가하는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

따라서 진공콘크리트는 고강도 콘크리트제품, 포장콘크리트, 댐 콘크리트, 건축물 바닥 등에 적용되었으나 매트 설치 등 부대설비가 필요하고 시공의 번거로움 등으로 일반화되지 못하고 있다.

그러나 콘크리트 타설 이전 배합단계에서 콘크리트 내부의 공기를 제거할 수 있다면 타설 후 매트의 설치 등 후속공정의 생략이 가능하며 기상작용을 받지 않는 부위 또는 해양 침지 상태의 콘크리트 구조물과 같이 치밀한 내부조직을 필요로 하는 콘크리트의 경우, 많은 효과를 얻을 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 콘크리트의 타설이전 배합과정에서 진공·감압수준을 변화시키며 동시에 배합조건에 따른 콘크리트의 강도 및 슬럼프 등 물리적 특성변화를 파악하고자 하였다. 그리고, 이를 통하여 일상적인 대기압의 조건이 아

\* Corresponding author

Tel : 031-910-0365 Fax : 031-910-0361

E-mail : shlee@kict.re.kr

난 상황에서 콘크리트의 제조와 활용에 필요한 기초적 자료를 제시하고자 하였다.

## 2. 연구 방법 및 실험

### 2.1 연구 방법

본 연구에서는 일반적인 레디믹스트 콘크리트의 배합을 중심으로 대기압 조건외의 진공·감압에 의한 콘크리트 특성의 변화를 관찰하고자 하였다. 따라서 일반적인 콘크리트 제조회사들이 사용하고 있는 센트랄 방식의 레디믹스트 콘크리트 제조방식을 응용하여 전동식 믹서에 진공·감압장치를 장착하고 이에 의해 혼합된 콘크리트의 물리적인 성상을 파악하고자 하였다. 그리고 공기량의 변화와 감압정도에 따라 콘크리트의 특성을 파악하고자 하였으며, 이를 통해 진공·감압콘크리트에 대한 기본적인 특성자료를 도출하고자 하였다.

### 2.2 실험장치

본 실험을 위한 장치는 전체적으로 밀폐가 가능한 소형 믹서를 제작하고, 그 중앙부에 탈기장치와 진공 컴프레서를 연결하였다. 그리고 진공 컴프레서는 믹서와의 사이에 장치된 감압 자동컨트롤러에 의해 조절된 압력범위에 따라 자동으로 작동되게 되어 인위적인 조절이 가능하면서도 수동 조작시의 부정확한 압력의 손실을 줄였다.

전체적인 실험장치의 개요는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

### 2.3 실험재료

#### 2.3.1 시멘트

본 실험에서는 KS L 5201에 규정된 S사 제품인 보통 포틀랜드시멘트로서 비중은 3.15, 분말도는  $3,234 \text{ cm}^2/\text{g}$ 의 시멘트를 사용하였다.

#### 2.3.2 잔골재

본 실험에서 잔골재는 비중 2.6의 강모래를 사용하였으며, 물리적인 성질은 KS F 2504(잔골재의 비중 및 흡수량 시험방법), KS F 2505(골재의 단위용적중량 시험방법)에 따라 시험을 실시하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

#### 2.3.3 굵은골재

굵은골재로는 일반적인 레디믹스트 콘크리트 제조시 적용되고 있는 입경 25 mm 이하의 쇄석을 사용하였다. 실험에 사용된 굵은골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

### 2.4 배합계획

본 실험에서는 문헌조사를 통해 도출된 콘크리트 제조사의 일반적인 설계기준강도  $210 \text{ kgf/cm}^2$ 의 배합을 기준으로 하여 각각의 인자를 Table 3과 같이 변화시키며 실시하였다.

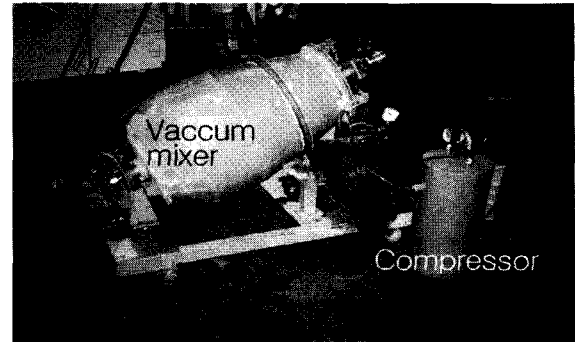


Fig. 1 Equipment of test

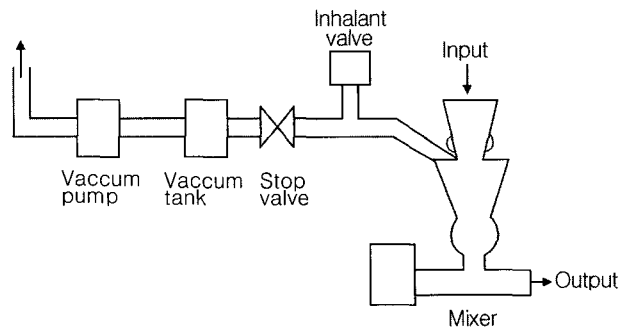


Fig. 2 Mixing mechanism of vacuum concrete

Table 1 Properties of fine aggregate

Item	Density	F.M	Unit weight ( $\text{kg/m}^3$ )	Absolute volume (%)
River sand	2.6	2.62	1,816	63.8

Table 2 Properties of coarse aggregate

Item	Density	Unit weight ( $\text{kg/m}^3$ )	Absorption (%)
Crushed stone	2.61	1,509	1.23

Table 3 Design of experiment

Item	Cement ( $\text{kg/m}^3$ )	W/C (%)	S/a (%)	Suction pression (cmHg)	Total
Factor	350 400	35	35	0	
		40	45	30	
		45	55	50	
				70	
Level	2	3	3	4	72

Note\* 70cmHg : Vacuum condition in theory (But, practically perfect vacuum condition is 76cmHg in suction press.)

본 실험에서 가장 중요한 인자인 진공·감압도는 자동 콘트롤러에 의해 상압인 0 cmHg에서 30, 50, 70 cmHg의 가진공 상태까지 변화시키며 콘크리트 물성변화를 관찰하였다.

### 2.5 진공·감압 콘크리트의 제조

진공·감압콘크리트의 제조는 Fig. 3에서와 같이 시멘트, 잔골재를 투입하고 1분간 건비빔을 한 후, 물을 섞어 1분간 비빈다음 굵은골재를 투입하여 1분간 믹싱하는 과정으로 제조하였다.

감압방법은 믹서의 배출구에 설치된 감압컴프레셔와 자동콘트롤러를 이용해 흡입압력을 자동으로 조절할 수 있도록 하여 콘크리트의 공기량을 단계별로 조정하였다.

또한, 제조된 콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 따라 실시하였으며, 공기량 시험은 KS F 2421(굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법), 압축강도 시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 실시하였다. 또한, 인장강도 시험은 KS F 2423(콘크리트의 인장강도 시험방법)의 규정에 따른 할렐 인장시험방법으로 실시하였다. 그리고 제조된 콘크리트의 물리적 특성에 대한 시험결과는 Table 4와 같다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 공기량

#### 3.1.1 상압시의 공기량

상압시 물시멘트비 증가에 따른 공기량은 W/C가 5%씩 증가됨에 따라 Fig. 4에서와 같이 5~20%의 공기량 감소가 발생되었으나, 부분적으로 감소와 증가가 혼재되어 유의성은 없는 것으로 나타났다. 또한, 단위시멘트량의 증가에 따라서 분말상의 시멘트량이 증가됨에 따라 상대적인 표면적 증가에 의해 공기량이 증가되었다. 전반적으로 물시멘트비가 클수록 공기량은 감소하는 것으로 나타났으나, 단위시멘트량 350 kg/m<sup>3</sup>, 잔골재율 35%에서는 물시멘트비가 높아질수록 공기량이 증가하였다. 이는 다른 배합에 비해 상대적으로 낮은 단위시멘트량과 낮은 잔골재율에 의한 것으로 그 영향이 물·시멘트비가 미치는 영향보다 크게 나타난 것으로 사료된다.

잔골재율에 따른 공기량의 변화는 Table 4에서와 같이 전체적으로 잔골재량의 증가에 따라 공기량이 증가하는 경향을 보였으며 이러한 현상은 표면적이 큰 잔골재량이 증가함에 따라 골재사이에 내포된 공극량의 증대<sup>2)</sup>와 그에 따른 공기연행작용이 주원인으로 분석된다.

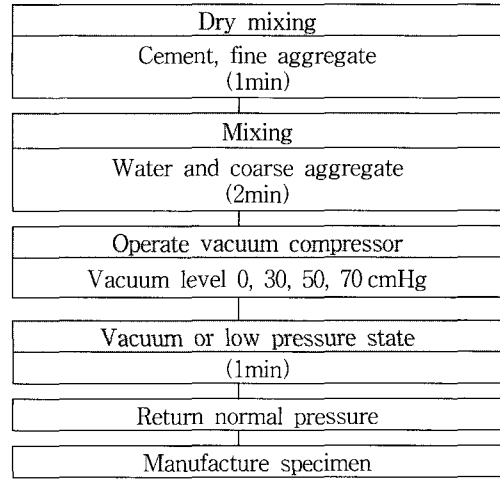


Fig. 3 Mixing method of concrete

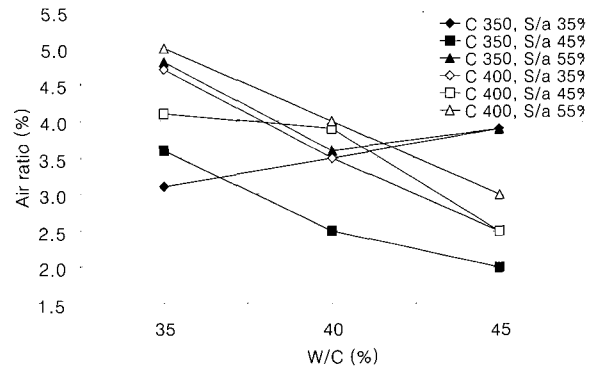


Fig. 4 Changes in air ratio per W/C (OcmHg)

#### 3.1.2 진공·감압시의 공기량

Fig. 5에서 보는 바와 같이 진공압에 따른 공기량의 변화는 전 배합에 걸쳐 대부분 진공압이 20 cmHg씩 증가됨에 따라 공기량이 0.5~1.5%까지 감소되는 것으로 나타났다. 이는 감압정도의 증가에 따라 공극제거로 인한 콘크리트의 압밀현상과 저압에 따른 탈기현상에 기인하는 것으로 사료된다.

그리고, 감압조건에서도 상압시와 거의 유사하게 단위시멘트량의 변화에 비례하는 추이를 보였으며, W/C의 증가에 따라 공기량이 감소되는 경향을 보였다.

### 3.2 슬럼프

#### 3.2.1 상압시의 슬럼프

상압조건에서 슬럼프는 단위시멘트량 350 kg/m<sup>3</sup>, 물시멘트비 35%의 경우와 단위시멘트량 400 kg/m<sup>3</sup>, 물시멘트비 35%, 잔골재율 55%의 경우에 2~9 cm의 낮은 슬럼프값을 보인 것을 제외하고는 대부분의 배합에서 12~23 cm범위의 양호한 슬럼프값을 보였다.

Table 4 Experimental result of vaccum concrete

Symbol	Factor				Results						
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	S/a (%)	Suction prression (cmHg)	Slump (cm)	Unit weight (t/m <sup>3</sup> )	Air ratio (%)	Comp. strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )		
I-A-a-0	350	35	35	0	6	2.37	3.1	227	26.5		
I-A-a-1				30	8	2.37	2.3	231	27.1		
I-A-a-2				50	7	2.39	2.7	229	26.9		
I-A-a-3				70	5	2.43	0.8	260	28.7		
I-A-b-0				0	5.5	2.37	3.6	232	26.7		
I-A-b-1				30	3.5	2.39	2.7	278	22.3		
I-A-b-2			50	4.0	2.38	1.8	288	19.8			
I-A-b-3			70	3.0	2.40	1.1	320	28.6			
I-A-c-0			0	4	2.30	4.8	240	26.4			
I-A-c-1			30	3	2.34	3.3	229	27.2			
I-A-c-2			50	2	2.31	2.0	245	28.3			
I-A-c-3			70	2	2.32	1.9	280	24.7			
I-B-a-0			40	35	35	0	20	2.38	3.5	221	26.7
I-B-a-1						30	21	2.39	3.0	235	28.1
I-B-a-2						50	20	2.39	2.0	237	28.3
I-B-a-3						70	20	2.39	0.3	246	29.1
I-B-b-0					0	19	2.39	2.5	232	20.3	
I-B-b-1					30	19	2.38	1.7	228	25.6	
I-B-b-2					50	19	2.39	1.8	242	27.0	
I-B-b-3					70	18	2.41	0.7	257	26.7	
I-B-c-0					0	12	2.36	3.6	227	22.3	
I-B-c-1					30	10	2.32	3.0	227	24.3	
I-B-c-2					50	10	2.31	2.1	239	25.9	
I-B-c-3					70	8	2.32	1.2	262	25.7	
I-C-a-0		45		35	35	0	23	2.39	3.9	212	26.0
I-C-a-1						30	22	2.37	2.4	229	29.2
I-C-a-2						50	23	2.40	1.7	228	33.4
I-C-a-3						70	23	2.40	1.0	254	38.7
I-C-b-0					0	21	2.37	2.0	216	21.3	
I-C-b-1					30	20	2.37	1.5	208	21.9	
I-C-b-2					50	21	2.38	1.1	230	26.0	
I-C-b-3					70	21	2.41	0.5	243	23.1	
I-C-c-0					0	18	2.35	3.9	223	24.0	
I-C-c-1					30	18	2.36	2.6	231	22.7	
I-C-c-2					50	17	2.35	2.0	230	23.8	
I-C-c-3					70	17	2.35	0.9	200	24.7	
II-A-a-0			400	35	35	0	18	4.7	2.40	240	23.5
II-A-a-1						30	18	4.0	2.39	240	24.1
II-A-a-2						50	17	2.6	2.40	263	22.1
II-A-a-3						70	17	1.0	2.42	271	26.8
II-A-b-0						0	15	4.1	2.41	248	23.1
II-A-b-1						30	15	2.8	2.37	270	25.2
II-A-b-2					50	18	1.3	2.42	267	25.7	
II-A-b-3					70	15	0.8	2.37	342	26.3	
II-A-c-0					0	9	5.0	2.39	260	27.1	
II-A-c-1					30	8	3.7	2.37	266	25.3	
II-A-c-2					50	6	2.5	2.37	269	25.1	
II-A-c-3					70	5	1.1	2.8	286	28.2	
II-B-a-0	40	35			35	0	20	3.5	2.40	231	23.1
II-B-a-1						30	20	2.7	2.41	242	28.3
II-B-a-2						50	20	1.5	2.42	248	24.9
II-B-a-3						70	20	0.8	2.42	249	26.6
II-B-b-0					0	18	3.9	2.38	236	25.3	
II-B-b-1					30	18	2.8	2.38	239	29.1	
II-B-b-2					50	17	0.9	2.42	244	28.3	
II-B-b-3					70	17	0.3	2.37	327	28.9	
II-B-c-0					0	15	4.0	2.38	239	24.7	
II-B-c-1					30	14	3.1	2.37	230	25.1	
II-B-c-2					50	14	2.1	2.36	261	24.3	
II-B-c-3					70	13	0.9	2.38	283	27.1	
II-C-a-0		45		35	35	0	22	2.5	2.42	221	27.0
II-C-a-1						30	23	2.4	2.41	209	25.4
II-C-a-2						50	21	1.2	2.42	241	26.5
II-C-a-3						70	21	0.7	2.43	253	28.1
II-C-b-0					0	21	2.5	2.39	237	27.6	
II-C-b-1					30	21	1.9	2.37	259	26.6	
II-C-b-2					50	21	1.2	2.37	248	23.5	
II-C-b-3					70	21	0.8	2.38	256	29.3	
II-C-c-0					0	17	3.0	2.37	241	26.7	
II-C-c-1					30	16	2.2	2.37	260	29.0	
II-C-c-2					50	16	1.7	2.38	233	31.1	
II-C-c-3					70	15	0.8	2.39	282	31.0	

Fig. 6에서와 같이, 물시멘트비에 따른 슬럼프의 변화는 물시멘트비의 증가에 따라 확연한 슬럼프값의 증가를 보이고 있는데, 이는 일반적인 단위수량의 증가에 따른 시공성의 향상으로 설명될 수 있는 것으로<sup>3)</sup>, 본 연구에서 제시하고자 하는 최적의 슬럼프값인 18cm내외의 양호한 슬럼프는 대체로 물시멘트비 40%에서 도출되는 것으로 나타났다.

잔골재율 증가에 따른 슬럼프 변화는 Fig. 7에서와 같이 잔골재율 증가에 따른 표면적 증가로 인해 약간 감소하는 경향을 보였다. 특히 잔골재율 55%에서는 슬럼프값이 급격히 감소하였다. 따라서 강도특성과 시공성을 고려한 적절한 잔골재 수준은 45% 내외인 것으로 사료된다.

### 3.2.2 진공·감압시의 슬럼프

Fig. 8에서와 같이 진공·감압도가 증가함에 따른 슬럼프 변화는 내부 공기량 감소와 동시에 공기연행 및 유통효과가 적어지며 다소 감소하는 경향을 보였으나, 압밀현상에 따른 콘크리트 유체특성의 향상과 이로 인한 보합적 경향으로 1cm정도의 낮은 슬럼프 감소현상만을 보여 낮은 진공·감압영역에서 시공성 저하는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 상압에 비해 50 cmHg 및 70 cmHg의 고진공·감압영역에서의 감압은 다소 높은 슬럼프저하가 발생되어, 높은 진공·감압조건에 따라서 감수제 투입과 같은 시공성 저하에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

## 3.3 단위용적중량

### 3.3.1 상압에서의 단위용적중량

전체적인 단위용적중량의 범위는 2.3~2.5 t/m<sup>3</sup>로 일반적인 콘크리트의 단위용적중량과 유사한 범위를 보였다.

물시멘트비의 증가에 따른 단위용적중량은 시멘트량의 증가에 따라 그 경향을 달리하는데, 상대적으로 부배합인 400 kg/m<sup>3</sup>의 경우, 물시멘트비 40%에서 평균적으로 가장 낮은 단위용적중량을 보이고, 35%와 45%에서는 높은 중량특성을 보였으나, 단위시멘트량 350 kg/m<sup>3</sup>의 경우에는 오히려 물시멘트비 40%에서 비교적 높은 단위용적중량을 보였다.

이는 골재 사이의 절대공극량에 비해 상대적으로 높은 시멘트매트릭스의 양이 최적의 시공특성을 보인 물시멘트비 40% 영역에서 활발한 모세공극 생성을 한 반면, 절대적인 시멘트량이 공극에 비해 부족한 경우에 모세공극의 생성보다는 충전된 공극의 Filler역할을 하였기 때문인 것으로 사료된다<sup>5)</sup>.

또한, 잔골재율에 따른 단위용적중량의 변화는 대부분의 배합에서 잔골재율이 증가함에 따라 단위용적중량은 다소 감소하는 것으로 나타났다.

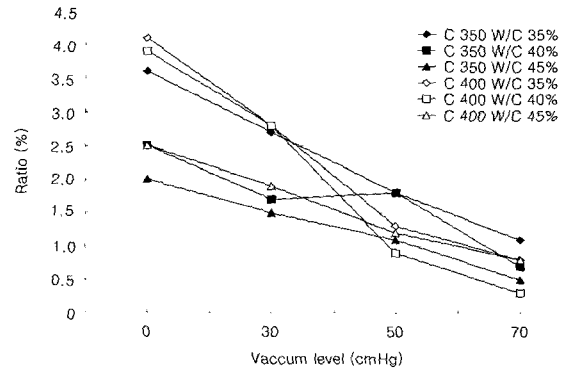


Fig. 5 Changes in air per vacuum level

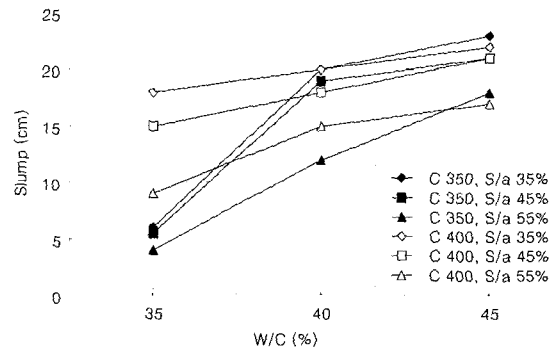


Fig. 6 Changes in slump per W/C(0 cmHg)

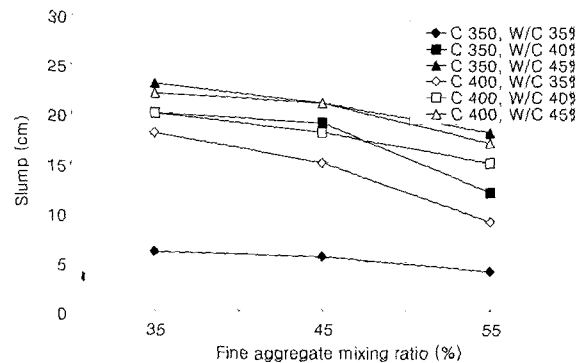


Fig. 7 Changes in slump per fine aggregate mixing ratio(0 cmHg)

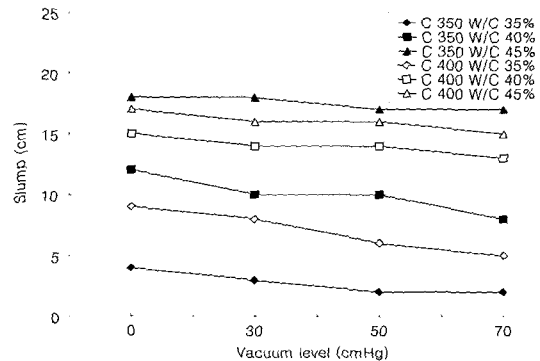


Fig. 8 Changes in slump per vacuum level

### 3.3.2 진공·감압시의 단위용적중량

진공·감압에 따른 단위용적중량의 변화는 진공에 가까울수록 전체적으로 단위용적중량이 증가되는 경향을 보였으며, 이는 압밀효과와 공기량 감소 등에 의한 내부조직의 치밀화에 기인하는 것으로 분석된다.

또한, 단위시멘트량에 따른 단위용적중량의 변화는 단위시멘트량 350 kg/m<sup>3</sup>의 경우, 감압에 따라 전반적으로 증가하는 추이를 보였으나, 단위시멘트량 400 kg/m<sup>3</sup>의 경우에는 뚜렷한 추이를 보이지 않았는데, 이는 감압에 따른 시공성 저하에 의한 것이라고 사료된다.

또한, 물시멘트비 증가에 따른 단위용적중량의 변화는 물시멘트비 35%, 40%의 경우, 단위시멘트량 400 kg/m<sup>3</sup>, 50 cmHg의 감압상태에서 최대의 단위용적중량을 보이다가 진공상태인 70 cmHg에서는 오히려 단위용적중량이 감소되었다. 이는 진공상태에서의 시공성 저하에 기인한 내부공극 및 충전성능 저하에 따른 불충분한 압밀효과에 의한 것으로 판단된다.

## 3.4 압축강도

### 3.4.1 상압시의 압축강도

상압시 압축강도 범위는 212~260 kgf/cm<sup>2</sup>, 평균 232.4 kgf/cm<sup>2</sup> 나타났으며, 전반적으로 단위시멘트량의 증가에 따라 압축강도가 증가하는 경향을 보였다<sup>4)</sup>. 또한, 물시멘트비에 따른 압축강도 변화 역시, 물시멘트비가 증가함에 따라 강도가 감소하는 일반적인 경향을 보이며 물시멘트비 35%에서 40%로 증가시, 비교적 큰 강도저하를 보였다. 그러나, 단위시멘트량 400 kg/m<sup>3</sup>의 경우, 분체량 증가에 따라 물시멘트비 45%에서도 다소간의 강도개선 효과를 보였다.

잔골재율에 따른 압축강도의 변화는 잔골재율에 비례하여 강도특성이 향상되었으며, 이는 잔골재의 충전성 향상 및 내부공극 감소효과에 기인하는 것으로 판단된다.

### 3.4.2 진공·감압시의 압축강도

진공·감압에 따른 압축강도의 추이는 진공압이 증가함에 따라 증가하는 것을 볼 수 있는데, 30 cmHg의 저감압 영역에서는 상압시의 강도특성과 유사한 수준을 보이다가 50 cmHg에서부터 급격한 강도상승을 보이기 시작하여 진공상태에 근접한 70 cmHg(이론적 진공상태는 76 cmHg)에서는 최고의 강도를 나타내었다. 이는 감압의 영향으로 Fig. 13에서와 같이 내부의 공극 감소효과 및 소형 믹서 시뮬레이션 장치의 비빔시 저압하에서의 탈기현상, 감압시 작용하는 압밀현상 등의 복합적인 작용에 의한 강도의 증진효과로 해석된다.

또한, 감압시에서도 단위시멘트량의 증가에 따른 압축강도의 변화는 상압시와 유사하게 나타나 단위시멘트량이

증가할수록 압축강도가 증대되었다. 또한, 물시멘트비에 따른 압축강도의 변화의 추이도 상압시와 유사한 경향을 보여 물시멘트비가 높아질수록 압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다.

## 3.5 인장강도

### 3.5.1 상압시의 인장강도

단위시멘트량의 변화에 따라 인장강도는 압축강도와 마찬가지로 시멘트량의 증가에 따라 전반적으로 강도증진을 보였다. 또한, 잔골재율에 따른 인장강도의 변화는 일반적으로 증가 추이를 보이는 것과는 달리 35%, 45%, 55%로 증가함에도 불구하고 대부분 일정한 강도성능을 보이는 것으로 나타났다.

### 3.5.2 진공·감압시의 인장강도

진공·감압시의 단위시멘트량에 따른 인장강도는 Fig. 14에서와 같이 전반적으로 일정한 추이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

이와 같이 불규칙한 강도경향을 보이는 것은 공극의 탈기 또는 압밀된 콘크리트 유체의 내부구조의 변화가 콘크리트의 취성을 활발히 자극하여 깨지기 쉬운 특성으로 전환되었기 때문인 것으로 사료된다.

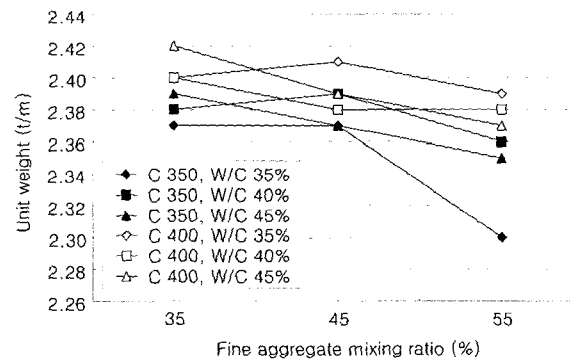


Fig. 9 Changes in unit weight per fine aggregate mixing ratio (0 cmHg)

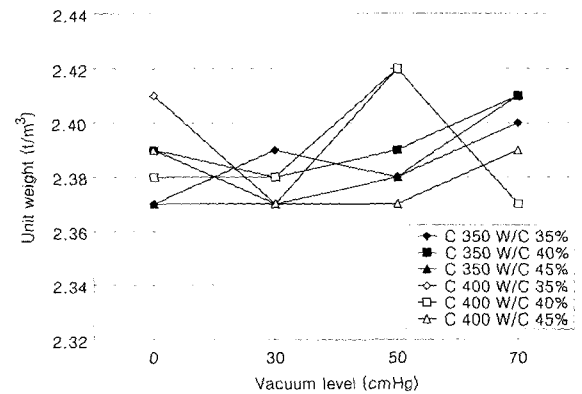


Fig. 10 Changes in unit weight per vacuum level

## 4. 결 론

콘크리트 비빔시 진공·감압에 따른 콘크리트 특성의 변화에 대한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트의 공기량은 단위시멘트량에 비례하는 것으로 나타났으며, 진공·감압에 따른 공기량의 변화는 20 cmHg씩 진공·감압도가 증가함에 따라 공기량이 0.5~1.5%가량 감소하는 것으로 나타났다.

2) 단위용적중량은 단위시멘트량 350 kg/m<sup>3</sup>인 경우, 감압에 따른 압밀효과로 인해 증가하였으나 400 kg/m<sup>3</sup>인 경우에는 뚜렷한 경향을 찾기 힘들었는데, 이는 감압에 의한 압밀효과에 비해 상대적으로 분체량 증가가 단위용적중량에 더 큰 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다.

3) 진공·감압에 따른 슬럼프의 변화는 내부의 공기량이 감소함에 따라 전반적으로 공기연행의 유효효과의 감소로 슬럼프가 저하되는 것으로 나타났으며, 70 cmHg와 같은 고진공영역에서는 슬럼프가 저하하므로서 보완적인 대책이 필요한 것으로 나타났다.

4) 진공·감압에 따른 콘크리트 압축강도는 진공압이 증가함에 따라 강도가 증가하였는데 이는 진공의 영향으로 인한 내부의 공극 감소효과 및 비빔시의 진공에 따른 탈기현상, 진공시 작용하는 압밀현상 등이 복합적으로 이루어져 강도의 증진효과가 나타난 것으로 사료된다.

5) 진공·감압의 정도에 따라 뚜렷한 증가추세를 보였던 압축강도와는 달리, 인장강도에서는 일정한 경향이 없이 매우 불규칙적인 강도성향을 보이는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 공극의 탈기 또는 압밀된 콘크리트 유체의 내부구조 변화가 콘크리트의 취성을 활성화시킨 것으로 판단된다.

본 연구결과, 진공·감압 콘크리트는 50 cmHg 수준에서 비교적 뚜렷하게 공기량 저하에 의한 내부 공극의 감소에 따라 압밀현상에 기인한 압축강도 증가와 같은 긍정적인 면이 있는 반면, 70 cmHg의 고진공 상태에 노출될 경우, 내구성 등 해결을 위한 지속적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 콘크리트 표준시방서, 건설교통부, 1996.
2. 선경건설부설연구소, 고성능 콘크리트 실용화 기술개발 및 실용화, 콘크리트학회지, 제7권 5호, 1995. 10.
3. 대한건축학회, 건축학전서 「건축재료」, 편, 기문당, 1997년
4. 윤재환, 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 세진사, 1990.
5. 한국콘크리트학회, 최신콘크리트공학, 한국콘크리트학회, 1992.
6. 岸谷孝一, 鐵筋コンクリートの耐久性向上にする考察, 日

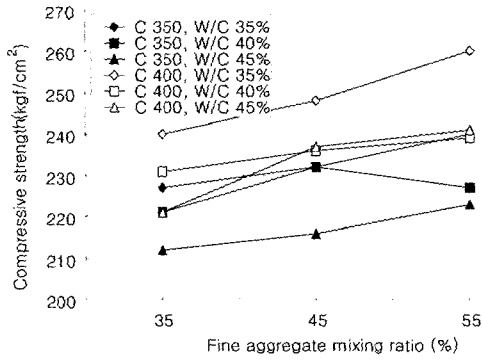


Fig. 11 Changes in compressive strength per fine aggregate mixing ratio (0 cmHg)

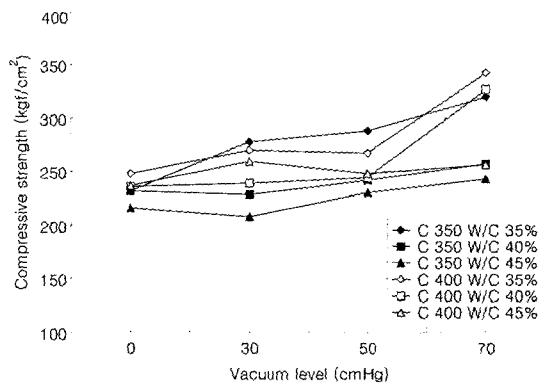
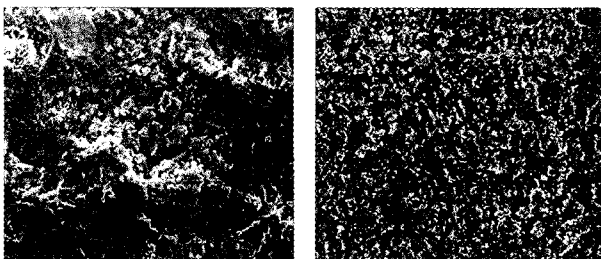


Fig. 12 Changes in compressive strength per vacuum level (S/a 45%)



(a) Normal concrete (b) Vacuum concrete

Fig. 13 Organization of concrete by SEM

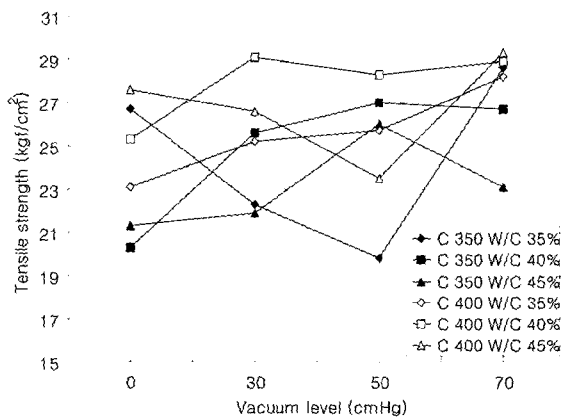


Fig. 14 Changes in tensile strength per vacuum level (S/a 45%)

本建築學會論文報告集, Vol.15, No.1, 1993.6.

7. 伊藤祐二, 中村正博, 細川芳夫, 高流動コンクリートの充  
填性評價方法に関する實驗的検討, 土木學會 第47回年次

學術講演會講演, 1992.9.

8. ACI Committee 201, *Guide to Durable Concrete*,  
ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 1998.

---

## 요 약

굳지않은 콘크리트를 진공·감압시켜 제조하는 진공콘크리트는 내부의 공극을 제거하여 조직의 밀실화를 도모하는 것으로 내  
마모성 및 강도개선 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 선진국에서는 건축물 바닥, 댐콘크리트등에 실용화 된 바 있다.

본 연구는 콘크리트 제조과정에서 진공·감압 수준의 변화와 배합조건에 따른 콘크리트의 강도 및 슬럼프 등과 같은 물리적  
특성변화를 관찰하고자 하였으며 연구 결과는 다음과 같다. 진공·감압콘크리트의 경우, 공기량 저하에 의한 내부공극 감소로  
인한 압밀현상으로 단위용적중량과 압축강도가 증진되는 것으로 나타났으나, 시공성, 취성, 내구성능 등에 있어서는 문제 해결을  
위한 지속적인 연구가 필요하다.

**핵심용어 :** 진공·감압 콘크리트, 내구성, 압축강도, 인장강도

---