

# 굵은골재 최대치수별 굵은골재/잔골재 용적비에 따른 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Properties of Concrete according to G/S ratio classified by Maximum Size of Coarse Aggregate

김 덕 현\*  
Kim, Duk-Hyun

이 상 수\*\*  
Lee, Sang-Soo

송 하 영\*\*\*  
Song, Ha-Young

김 을 용\*\*\*  
Kim, Eul-Yong

### ABSTRACT

In this study, the experiment was carried out to investigate and analyze the influence of coarse aggregate's mix ratio and maximum size on the properties of concrete.

The main experimental variables were water/cement ratio 45% and 65%, coarse aggregate/fine aggregate ratio 90%, 130% and 170%, maximum size of coarse aggregate 15mm, 25mm and 40mm.

According to the test results, the principal conclusions are summarized as follows.

1) The slump and flow of fresh concrete were found to be higher in the order of G/S ratio 170%, 130%, 90%, also in the order of maximum size 40mm, 25mm, 15mm.

2) The compressive strength of hardened concrete were found to be higher in the order of G/S ratio 170%, 130%, 90%, also in the order of maximum size 15mm, 25mm, 40mm.

키워드 : 굵은골재, 배합비, 최대치수, 콘크리트 특성

Keywords : coarse aggregate, mix proportion ratio, maximum size, properties of concrete

## 1. 서 론

콘크리트를 구성하는 재료 가운데 골재는 전체 체적의 70~80%를 차지하기 때문에 그 양부가 콘크리트의 워커빌리티, 강도 및 내구성에 커다란 영향을 미치며, 경제적으로도 매우 중요한 문제라는 것은 잘 알려져 있다.<sup>1)2)3)4)</sup>

한편, 국내 건축물과 산업기반 시설을 비롯한 각종 구조물은 점차 대규모화되고 대량화함에 따라 콘크리트의 사용량 및 골재의 수요량도 막대하게 증대하고 있어 양질의 골재자원 확보와 대체골재에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.<sup>1)2)4)</sup> 특히 굵은골재의 부족량은 그 문제가 심각하여 오늘날에는 자연환경을 훼손하면서까지 석산 개발에 의한 부순자갈 골재생산에 전적으로 의존하고 있는 실정이며, 무분별한 부순자갈의 사용은 콘크리트의 여러 특성에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 골재 자체의 강도를 비롯한 각종 성질 파악 및 배합에 신중하게 접근하여야 할 것으로 판단된다.<sup>1)3)4)5)7)</sup>

따라서 본 연구에서는 콘크리트의 각종 성능에 영향을 미치는 굵은골재의 각종 특성 가운데 최대치수와 배합상의 굵은골재/잔골재 용적비와 같은 골재량과 비율의 영향을 실험

적으로 분석하여 대전지역 부순자갈의 사용상 문제점 파악과 적절한 배합을 위한 참고자료로 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

굵은골재 배합비 및 최대치수의 변화에 따른 콘크리트의 특성에 관한 기초적 성상을 규명하기 위한 본 연구의 실험요인 및 수준은 표 1과 같다. 즉, 물-시멘트비는 45, 65%의 2수준, 굵은골재 최대치수는 15, 25, 40mm의 3수준, 배합비로서 굵은골재/잔골재 용적비(G/S비)는 90, 130, 170%의 3수준으로 설정하고 콘크리트의 배합 기준슬럼프치는  $5 \pm 2.5$ cm, 목표 슬럼프치는  $18 \pm 2.5$ cm로 설정하였다.

한편, 굳지않은 콘크리트의 물성을 비교-분석하기 위한 시험으로서는 굳지않은 상태에서의 단위용적중량, 슬럼프, 플로우, 공기량, 비빔온도 등으로 설정하였고, 굳은 콘크리트의 특성을 비교-분석하기 위한 시험으로서는 7일, 28일, 56일에서 단위용적중량, 압축강도, 반발도 등을 측정하여 굵은골재 용적비 및 최대치수의 변화에 따른 배합요인별 콘크리트의 특성을 비교-분석하는 것으로 실험계획을 하였다.

\* 한밭대학교 산업대학원 석사과정

\*\* 한밭대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사

\*\*\* 한밭대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 실험계획

| 물-시멘트비 (%) | 굵은골재 최대치수 (mm) | G/S* (%) | 시험 항목        |                         |                          | 양생 조건 (H) | 재령 (H) |
|------------|----------------|----------|--------------|-------------------------|--------------------------|-----------|--------|
|            |                |          | 굳지않은 콘크리트    |                         | 굳은 콘크리트                  |           |        |
|            |                |          | 유동화제 첨가전     | 유동화제 첨가후                |                          |           |        |
| 45         | 15             | 90       | ①슬럼프<br>②플로우 | ①단위용적중량                 | ①단위용적중량<br>②압축강도<br>③반발도 | 수중        |        |
| 25         | 130            | ②슬럼프     |              |                         |                          |           |        |
| 65         | 40             | 170      |              | ③플로우<br>④공기량<br>⑤콘크리트온도 |                          |           |        |

\* G/S는 굵은골재/잔골재 용적비

2.2 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 H사에서 제조된 KS L 5201규정의 보통 포틀랜드시멘트(I종)를 사용하였으며, 이의 시멘트의 물리적 성질, 화학적 성분 및 광물조성은 각각 표 2 및 표 3과 같다.

골재로서 잔골재는 충청남도 공주 금강에서 채취한 천연 강모래를 사용하였고, 굵은골재는 충남 연기군 석산에서 생산된 부순자갈을 사용하였으며 이의 물리적 성질은 표 4와 같고 각 골재의 입도곡선은 그림 1과 같다. 또한 유동화제는 국내산 흑갈색의 액상체인 고성능 감수제로서, 그 물리적 성질은 표 5와 같다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

| 종류 | 비중   | 분말도 (cm <sup>2</sup> /g) | 용결(h·m) |      | 오토클레이브 팽창도(%) | 압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) |     |     |
|----|------|--------------------------|---------|------|---------------|----------------------------|-----|-----|
|    |      |                          | 초결      | 종결   |               | 3일                         | 7일  | 28일 |
| 1종 | 3.15 | 3,267                    | 4:10    | 7:40 | 0.08          | 219                        | 271 | 397 |

표 3. 시멘트의 화학적 성분 및 광물 조성

| 화학생분 (%) | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO  | SO <sub>3</sub>  | Ig. loss         | Free CaO         | In. Sol           |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|          |                  | 21.7                           | 5.3                            | 3.1 | 62.4 | 1.6              | 1.7              | 0.8              | 1.0               |
| 광물조성 (%) | LSF              | LCF                            | HM                             | SM  | IM   | C <sub>3</sub> S | C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>4</sub> AF |
|          | 90               | 88.6                           | 2.1                            | 2.6 | 1.7  | 48               | 27               | 12               | 8                 |

표 4. 골재의 물리적 성질

| 구분   | 입경 (mm) | 비중 | 흡수율 (%) | 조립율 (F.M) | 단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 실적율 (%) | 생산지  |     |
|------|---------|----|---------|-----------|-----------------------------|---------|------|-----|
|      |         |    |         |           |                             |         |      | 잔골재 |
| 잔골재  | 강모래     | 25 | 2.50    | 1.26      | 2.57                        | 1.54    | 61.6 | 금강산 |
| 굵은골재 | 부순자갈    | 15 | 2.69    | 0.89      | 5.82                        | 1.917   | 71.3 | 연기군 |
|      |         | 25 | 2.69    | 0.89      | 6.97                        | 1.974   | 71.2 | 연기군 |
|      |         | 40 | 2.69    | 0.89      | 7.32                        | 1.932   | 71.9 | 연기군 |

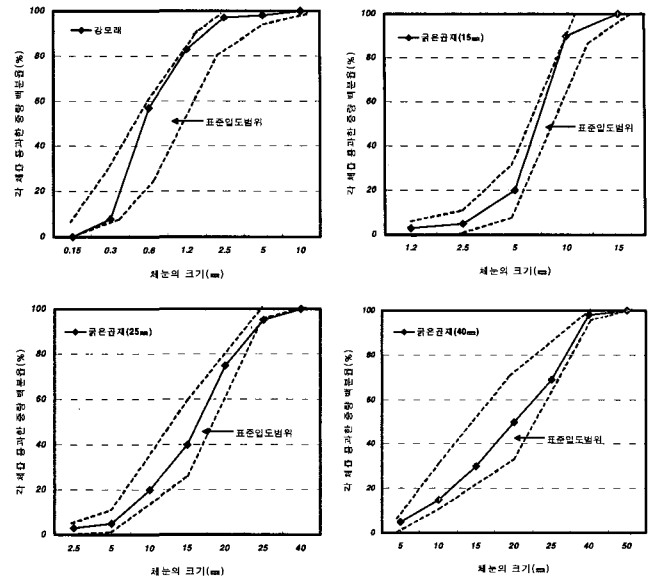


그림 1 골재의 입도곡선

표 5. 유동화제의 물리적 성질

| 혼화제의 종류   | 성분     | 색상  | 독성 | 비중        | PH    |
|-----------|--------|-----|----|-----------|-------|
| 고성능 AE감수제 | 폴리카본산계 | 암갈색 | 무  | 1.10±0.02 | 7.6±1 |

2.3 콘크리트의 배합 및 실험방법

콘크리트의 배합설계는 기존의 각종 참고 배합표를 기초로 하여 수차례 시험비빔을 행한 후 골재종류에 따라 표 6과 같이 결정하였다.<sup>2)4)5)7)</sup>

표 6. 콘크리트의 배합

| 물-시멘트비 (o/wt) | 목표 슬럼프 (cm) | 굵은골재 최대치수 (mm) | G/S (%) | 절대용적 (ℓ/m <sup>3</sup> ) |     |     | 중량 (kg/m <sup>3</sup> )   |     |     |      |      |
|---------------|-------------|----------------|---------|--------------------------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|------|------|
|               |             |                |         | 단위수량 (ℓ/m <sup>3</sup> ) | 시멘트 | 잔골재 | 단위수량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 시멘트 | 잔골재 | 굵은골재 |      |
| 45            | 18          | 15             | 90      | 185                      | 130 | 354 | 185                       | 410 | 885 | 864  |      |
|               |             |                | 130     |                          |     | 293 |                           |     | 382 | 733  | 1028 |
|               |             |                | 170     |                          |     | 250 |                           |     | 425 | 625  | 1143 |
|               |             | 90             | 354     |                          |     | 321 |                           |     | 885 | 864  |      |
|               |             | 130            | 293     |                          |     | 382 |                           |     | 732 | 1028 |      |
|               |             | 170            | 250     |                          |     | 425 |                           |     | 625 | 1143 |      |
|               | 40          | 25             | 90      | 185                      | 130 | 354 | 185                       | 410 | 885 | 864  |      |
|               |             |                | 130     |                          |     | 293 |                           |     | 382 | 732  | 1028 |
|               |             |                | 170     |                          |     | 250 |                           |     | 425 | 625  | 1143 |
|               |             | 90             | 354     |                          |     | 321 |                           |     | 885 | 864  |      |
|               |             | 130            | 293     |                          |     | 382 |                           |     | 732 | 1028 |      |
|               |             | 170            | 250     |                          |     | 425 |                           |     | 625 | 1143 |      |
| 65            | 18          | 15             | 90      | 182                      | 89  | 377 | 4182                      | 280 | 943 | 920  |      |
|               |             |                | 130     |                          |     | 312 |                           |     | 407 | 780  | 1095 |
|               |             |                | 170     |                          |     | 266 |                           |     | 453 | 665  | 1219 |
|               |             | 90             | 377     |                          |     | 342 |                           |     | 943 | 920  |      |
|               |             | 130            | 312     |                          |     | 407 |                           |     | 780 | 1095 |      |
|               |             | 170            | 266     |                          |     | 453 |                           |     | 665 | 1219 |      |
|               | 40          | 25             | 90      | 182                      | 89  | 377 | 4182                      | 280 | 943 | 920  |      |
|               |             |                | 130     |                          |     | 312 |                           |     | 407 | 780  | 1095 |
|               |             |                | 170     |                          |     | 266 |                           |     | 453 | 665  | 1219 |
|               |             | 90             | 377     |                          |     | 342 |                           |     | 943 | 920  |      |
|               |             | 130            | 312     |                          |     | 407 |                           |     | 780 | 1095 |      |
|               |             | 170            | 266     |                          |     | 453 |                           |     | 665 | 1219 |      |

굳지않은 콘크리트의 물리적 성질을 측정하기 위하여 콘크리트의 비빔은 잔-굵은골재, 시멘트, 물의 순서로 실험실용 콘크리트 팬 믹서(공칭용량 80ℓ)에 투입하여 그림 2와 같이 4분간 비빔후 슬럼프 시험은 KS F 2402에 의거 실시하였고,

플로우 시험은 ASTM C 124, 공기량 시험은 워싱턴형 공기량 측정기(Washington type Air Meter)를 이용하여 KS F 2421에 의거 실시하였다.

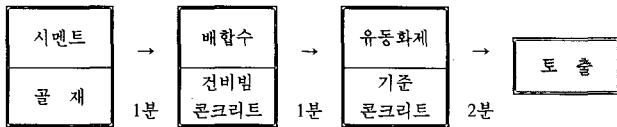


그림 2. 콘크리트의 비빔방법

굵은 콘크리트의 특성을 측정하기 위한 압축강도용 공시체의 제작은 Ø10×20cm의 실린더형 철재 몰드에 콘크리트를 봉다짐으로 밀실하게 다진후 비닐로 봉합하여 상온에서 24시간 경과시킴후 콘크리트 상면의 레이턴스를 와이어 브러쉬로 완전히 제거하고 수습시킴후 1시간전에 모르타르믹서로 준비한 플라스틱한 상태의 시멘트 페이스트(물-시멘트비 23%)를 채우고 아스테이지(polyvinyl chloride film)와 6mm 유리판으로 압력을 가하여 캐핑한 다음 24시간후 탈형, 수조온도가 20±3℃의 수조에 수중양생을 실시하고, 소정기간 양생 완료된 공시체에 대하여 지름 및 길이를 버어니어 캘리퍼스로 정확히 측정하여 두고, 먼저 단위용적중량을 측정하였다.

다음으로 반발도 시험은 슈미트 햄머로 보통 콘크리트에 사용하여 자동계측되는 NR형 일본산 콘크리트 테스트 햄머로 Kamekura Seiki CO. LTD의 α-750.RX를 사용하였다.

콘크리트의 압축강도 시험은 일본산 (주)동경시험기 제작소에서 생산된 ACR-200-50P, 200Ton 규격의 만능재료시험기를 사용하여 KS F 2405의 규정에 따라 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굵지않은 콘크리트의 성상

표 7. 굵지않은 콘크리트의 특성

| 물-시멘트비 (o/wt) | 목표 슬럼프 (cm) | 굵은골재 최대치수 (mm) | G/S (%) | 슬럼프 (cm) |      | 플로우 (cm) |    | 공기량 (%) | 단위용적 중량 (kg/m³) | 유동화제 첨가량 (ℓ/m³) | 비빔 온도 (oC) |
|---------------|-------------|----------------|---------|----------|------|----------|----|---------|-----------------|-----------------|------------|
|               |             |                |         | 전        | 후    | 전        | 후  |         |                 |                 |            |
| 45            | 18          | 15             | 90      | 3        | 20.1 | 33       | 61 | 3.98    | 2156            | 2.68            | 25         |
|               |             |                | 130     | 4.5      | 19.8 | 45       | 60 | 2.99    | 2285.7          | 2.55            | 25         |
|               |             |                | 170     | 10.1     | 19.5 | 50       | 53 | 2.2     | 2383.4          | 1.49            | 25         |
|               | 18          | 25             | 90      | 4.3      | 20   | 41       | 64 | 3.92    | 2214.9          | 2.11            | 25         |
|               |             |                | 130     | 6.5      | 19.3 | 49       | 59 | 2.7     | 2291.2          | 1.65            | 26         |
|               |             |                | 170     | 12.7     | 19.8 | 53       | 60 | 2.14    | 2385.4          | 1.14            | 26         |
|               | 18          | 40             | 90      | 7.5      | 19.8 | 44       | 61 | 2.93    | 2282.7          | 1.84            | 25         |
|               |             |                | 130     | 10       | 18.7 | 50       | 62 | 2.23    | 2337.9          | 1.4             | 25         |
|               |             |                | 170     | 15.8     | 18.5 | 55       | 64 | 2       | 2412.0          | 0.66            | 25         |
| 65            | 18          | 15             | 90      | 2.2      | 19.3 | 33       | 65 | 4.2     | 2111.3          | 2.72            | 25         |
|               |             |                | 130     | 3.5      | 19.5 | 42       | 64 | 3.57    | 2230.4          | 2.60            | 25         |
|               |             |                | 170     | 8.2      | 19.8 | 48       | 60 | 2.7     | 2325.3          | 1.58            | 25         |
|               | 18          | 25             | 90      | 3.5      | 20   | 38       | 64 | 3.98    | 2132.9          | 2.2             | 26         |
|               |             |                | 130     | 6.2      | 19.6 | 47       | 62 | 3.3     | 2272.2          | 1.8             | 26         |
|               |             |                | 170     | 10.3     | 19.4 | 50       | 60 | 2.5     | 2342.6          | 1.32            | 26         |
|               | 18          | 40             | 90      | 6.5      | 20.3 | 42       | 68 | 3.1     | 2170.4          | 1.9             | 25         |
|               |             |                | 130     | 9.1      | 19   | 49       | 61 | 2.72    | 2325.3          | 1.58            | 25         |
|               |             |                | 170     | 14       | 19.4 | 52       | 65 | 2.05    | 2369.3          | 0.79            | 25         |

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 상태의 물성을 비교·분석하기 위한 슬럼프 시험, 플로우 시험, 공기량 시험, 단위용적중량, 콘크리트의 비빔온도 등의 측정 결과는 표 7과 같다.

#### 1) 슬럼프

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 유동화제 첨가전의 슬럼프치를 도시하면, 그림 3과 같다. 슬럼프의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 슬럼프를 나타내고 있으며, 평균적으로 G/S비 130%에 비하여 G/S비 170%의 경우는 5.22cm(78.7%)정도 높은 슬럼프를 나타내고 있고 G/S비 90%의 경우는 2.18cm(32.8%)정도 낮은 슬럼프를 보이고 있다. 이는 콘크리트내 G/S비별 잔골재의 다소에 따른 점성의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 40mm, 25mm, 15mm의 순으로 높은 슬럼프를 나타내고 있으며, 굵은골재 최대치수 15mm의 경우는 25mm의 경우에 비하여 평균 2cm(27.58%)정도 낮은 슬럼프를 보이고 있고 굵은골재 최대치수 40mm의 경우는 25mm에 비하여 3.23cm정도(44.55%)의 높은 슬럼프를 보이고 있다. 이는 굵은골재 최대치수별로 둘러싸고 있는 모르타르량의 차이에 따른 영향으로 굵은골재 최대치수의 40mm인 경우에 비표면적이 상대적으로 적어 잉여의 모르타르가 유동성에 기인한 것으로 판단된다.

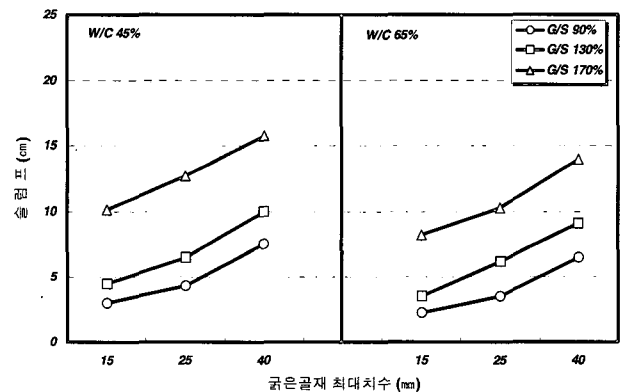


그림 3. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 슬럼프 성상

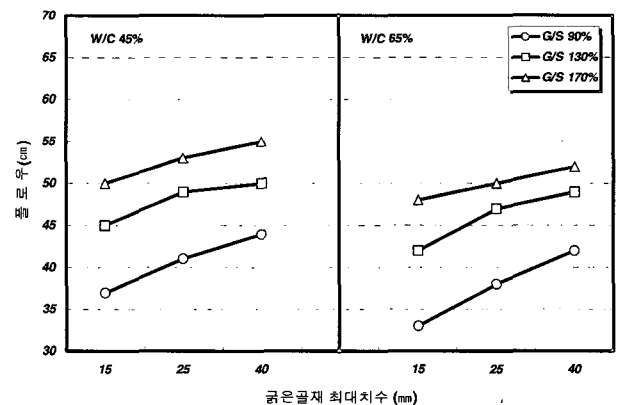


그림 4. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 플로우 성상

표 8. 굵은 콘크리트의 특성

| W/C(o/wt)     |                             | 45   |      |      |      |      |      |      |      |      | 65   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 굵은골재 최대치수(mm) |                             | 15   |      |      | 25   |      |      | 40   |      |      | 15   |      |      | 25   |      |      | 40   |      |      |
| 굵은골재/잔골재비(%)  |                             | 90   | 130  | 170  | 90   | 130  | 170  | 90   | 130  | 170  | 90   | 130  | 170  | 90   | 130  | 170  | 90   | 130  | 170  |
| 7일            | 단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 2230 | 2360 | 2418 | 2284 | 2393 | 2430 | 2312 | 2425 | 2478 | 2188 | 2320 | 2400 | 2206 | 2351 | 2411 | 2260 | 2408 | 2447 |
|               | 압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )  | 195  | 205  | 221  | 175  | 183  | 202  | 97   | 125  | 146  | 95   | 120  | 136  | 80   | 110  | 123  | 68   | 95   | 115  |
|               | 반발도(RN)                     | 20   | 22   | 25   | 18   | 19   | 22   | 17   | 18   | 20   | 14   | 16   | 18   | 13   | 15   | 17   | 12   | 13   | 16   |
| 28일           | 단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 2247 | 2372 | 2431 | 2298 | 2405 | 2441 | 2336 | 2438 | 2498 | 2203 | 2333 | 2415 | 2225 | 2360 | 2420 | 2282 | 2423 | 2480 |
|               | 압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )  | 239  | 250  | 278  | 213  | 220  | 240  | 141  | 162  | 174  | 108  | 149  | 168  | 93   | 138  | 152  | 84   | 110  | 138  |
|               | 반발도(RN)                     | 21   | 23   | 26   | 20   | 21   | 25   | 18   | 20   | 23   | 15   | 17   | 21   | 14   | 16   | 20   | 13   | 15   | 19   |
| 56일           | 단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 2276 | 2391 | 2453 | 2310 | 2420 | 2465 | 2357 | 2457 | 2518 | 2230 | 2355 | 2426 | 2278 | 2379 | 2439 | 2324 | 2445 | 2500 |
|               | 압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )  | 250  | 260  | 298  | 225  | 240  | 256  | 163  | 175  | 195  | 124  | 170  | 184  | 105  | 153  | 174  | 94   | 125  | 167  |
|               | 반발도(RN)                     | 26   | 27   | 29   | 24   | 25   | 28   | 23   | 24   | 27   | 18   | 20   | 23   | 16   | 17   | 22   | 15   | 16   | 21   |

2) 플로우

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 유동화제 첨가 전의 플로우치를 도시하면 그림 4와 같다. 플로우의 전반적인 경향은 슬럼프와 같은 경향으로 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 플로우를 나타내고 있으며 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 40mm, 25mm, 15mm의 순으로 높은 플로우를 나타내고 있다.

3) 공기량

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 유동화제 첨가 후의 공기량의 변화를 도시하면, 그림 5와 같다.

공기량의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 90, 130, 170%의 순으로 많은 공기량을 나타내고 있으며, 평균적으로 G/S비 130%에 비하여 G/S비 90%의 경우는 평균 0.77%정도 많은 공기량을 나타내고 있고 G/S비 170%의 경우는 0.65% 정도 적은 공기량을 보이고 있다. 이는 콘크리트내의 잔골재량의 증가로 인하여 진행되는 공기 또한 증가한 것으로 사료된다. 또한 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 많은 공기량을 나타내고 있으며 굵은골재 최대치수 15mm의 경우는 25mm의 경우에 비하여 평균 0.18%정도 많은 공기량을 보이고 있으며 굵은골재 최대치수 40mm의 경우는 25mm에 비하여 평균 0.59% 정도의 적은 공기량을 나타내고 있다. 이 역시 콘크리트내의 굵은골재 크기가 증가함에 따라 상대적으로 모르타르량도 증가하기 때문에 연행공기가 증가한 것으로 사료된다.

4) 유동화제 첨가량

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 아직 굳지않은 콘크리트의 목표 슬럼프치 18±2.5cm를 만들기 위한 유동화제 첨가율을 도시하면 그림 6과 같다.

유동화제 첨가량의 전반적인 경향은 슬럼프와는 정반대의 경향으로 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공

히 G/S비 90, 130, 170%의 순으로 많은 유동화제가 첨가되어야 하는 것으로 나타나고 있으며 물-시멘트비 및 G/S에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 많은 유동화제가 첨가되어야 하는 것으로 나타났다. 이는 유동화제의 슬럼프치의 차이에 따른 영향으로 판단된다.

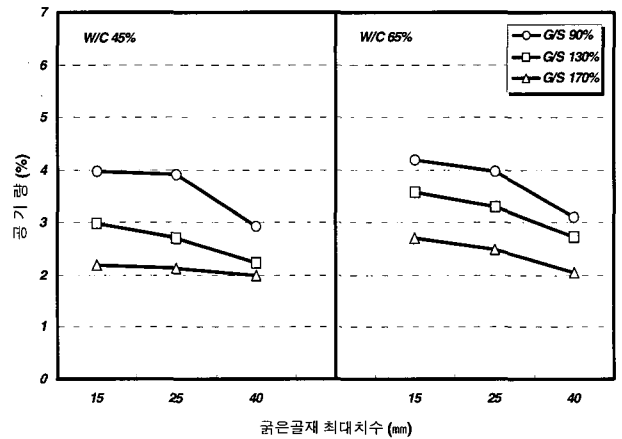


그림 5. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 공기량 성상

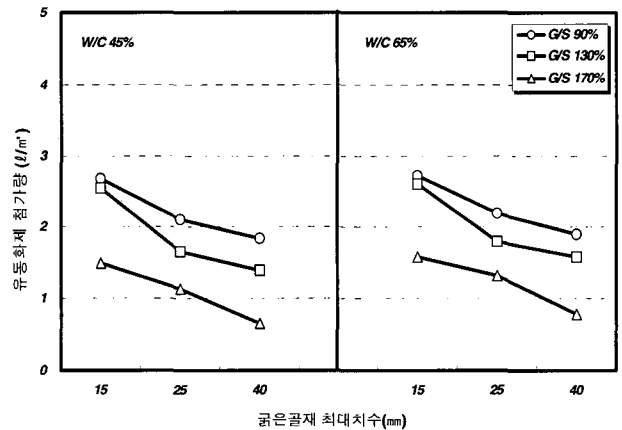


그림 6. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 유동화제 첨가량

또한 굵은골재 최대치수 및 G/S비에 관계없이 물-시멘트비 65%의 경우가 45%의 경우에 비하여 평균 0.11 l/m<sup>3</sup>(6.39%)정도 많은 유동화제를 첨가하여야하는 것으로 나타났다.

### 3.2 굵은 콘크리트의 성상

G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 콘크리트의 공학적 특성을 비교·분석하기 위하여 소요재령에 따른 단위용적중량, 압축강도, 비파괴 시험으로 반발도를 측정된 결과는 표 8과 같다.

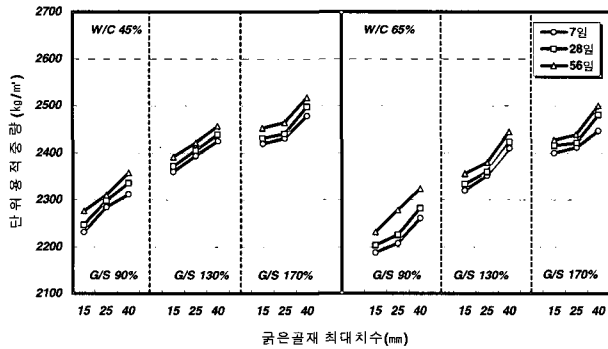


그림 7. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 재령별 단위용적중량의 성상

#### 1) 단위용적중량

그림 7은 G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 단위용적중량의 변화를 나타낸 것으로 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재의 최대치수의 크기와 재령일수에 관계없이 G/S비가 증가할수록 단위용적중량도 증가하는 경을 보이고 있는데, G/S비 130%에 비하여 G/S비 90%의 경우에는 평균 5.35%정도 작은 단위용적중량을 나타내고 있으며, G/S비 170%의 경우에는 평균 2.4%정도 높은 단위용적중량을 나타내고 있다. 이는 굵은골재의 비중이 상대적으로 높기 때문인 것으로 사료된다.

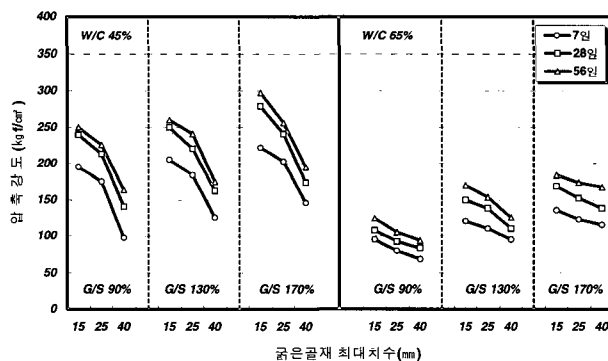


그림 8. 굵은골재 최대치수 변화에 따른 재령별 압축강도의 성상

한편, 물-시멘트비와 관계없이 굵은골재 최대치수가 크면 클수록 단위용적중량 역시 증가하는 경향을 나타내고 있는데 굵은골재 최대치수 15mm의 경우는 25mm에 비하여 1%정도 낮은 단위용적중량을 나타내고 있고 굵은골재 최대치수 40mm의

경우는 25mm에 비하여 2%정도 높은 단위용적중량을 나타내고 있다. 이는 각 골재간의 비중을 비교해 볼 때 입대가 커지면서 상대적인 모르타르량의 증가로 인한 비중의 차이가 단위용적중량에 영향을 미친 것으로 사료된다.

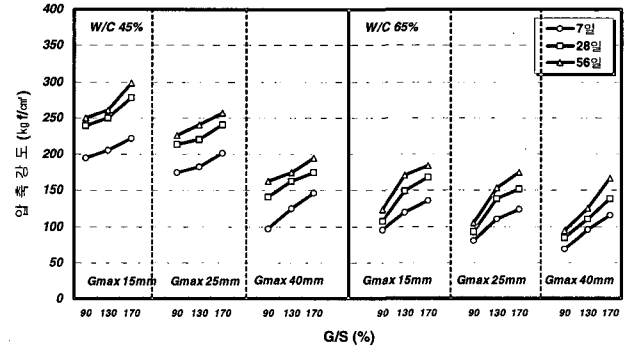


그림 9. G/S비 변화에 따른 재령별 압축강도의 성상

#### 2) 압축강도

굵은골재 최대치수의 변화에 따른 압축강도의 변화를 도시하면 그림 8과 같고, 그림 9는 G/S비 변화에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것이다. 압축강도의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 압축강도를 나타내고 있으며, 평균적으로 G/S비 130%에 비하여 G/S비 170%의 경우는 12.6%정도 높은 압축강도를 나타내고 있고 G/S비 90%의 경우는 15.4%정도 낮은 압축강도를 보이고 있다. 이는 콘크리트내의 굵은골재량의 감소로 인한 상대적인 매트릭스공간의 증가로 인해 공기량의 증가량이 압축강도의 저하요인으로 작용했기 때문으로 판단된다. 또한 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 높은 압축강도를 나타내고 있으며 굵은골재 최대치수 15mm의 경우는 25mm의 경우에 비하여 평균 11.94%정도 높은 압축강도를 나타내고 있고 굵은골재 최대치수 40mm의 경우는 25mm에 비하여 22.97%정도의 낮은 압축강도를 나타내고 있다. 이는 굵은골재의 크기가 작아지면서 콘크리트내의 균질한 충전으로 인한 각 골재간의 상호접착력 증가로 인해 강도도 증가한 것으로 사료된다.

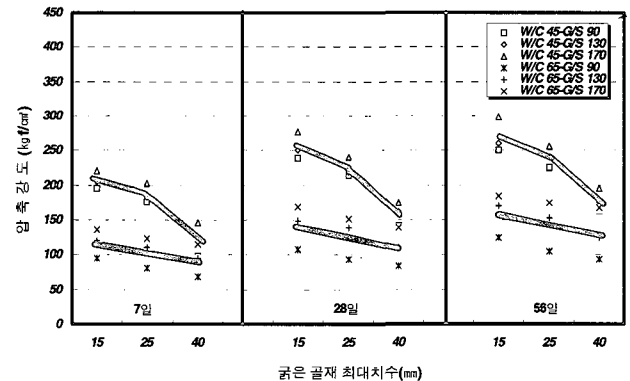


그림 10. 물-시멘트비 및 G/S비 변화에 따른 굵은골재 최대치수별 평균 압축강도 성상

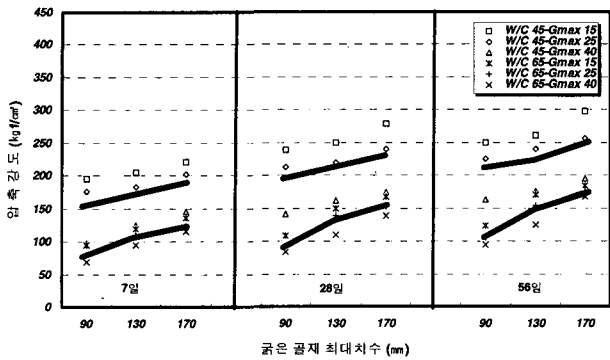


그림 11. 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수 변화에 따른 G/S비별 압축강도 성상

그림 10은 물-시멘트비 및 G/S비 변화에 따른 굵은골재 최대치수별 압축강도 성상을 나타낸 것으로서 일반적인 경향으로서는 G/S비 및 물-시멘트비에 관계없이 공히 굵은골재 최대치수가 증가할수록 압축강도는 감소하는 성상을 나타내고 있으며 물-시멘트비 45%의 경우는 굵은골재 최대치수별 압축강도 감소폭이 큰 반면에 물-시멘트비 65%의 경우는 압축강도 감소가 비교적 완만한 경향을 나타내고 있다. 또한 그림 11은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수 변화에 따른 G/S비별 압축강도의 성상을 나타낸 것으로서, 굵은골재 최대치수 요인에 비하여 G/S비 요인의 영향은 다소 둔화되는 것으로 나타났다.

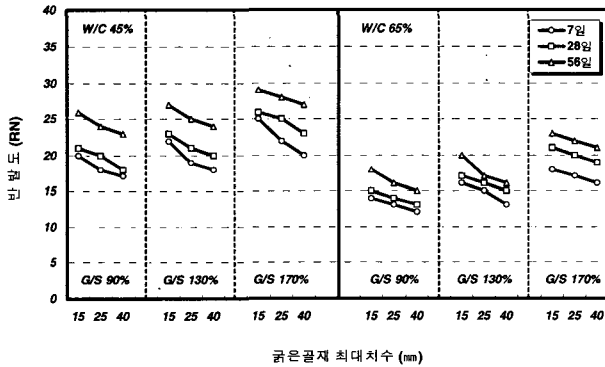


그림 12. 굵은골재 최대치수 및 G/S비 변화에 따른 재량별 반발도의 성상

### 3.3 비파괴시험의 특성

#### 1) 반발도

G/S비 및 최대치수의 크기변화에 따른 반발도의 변화를 도시하면 그림 12와 같다. 전반적인 경향은 압축강도의 경우와 유사하게 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 반발도를 나타내고 있으며 평균적으로 G/S비 130%에 비하여 G/S비 170%의 경우는 16.84%정도 높은 반발도를 나타내고 있으며 G/S비 90%의 경우는 1.5%정도 낮은 반발도를 보이고 있다. 또한 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 높은 반발도를 나타내고 있으며 굵은골재 최대치

수 15mm의 경우에는 25mm의 경우에 비하여 평균 8.2%정도 높은 반발도를 나타내고 있고 굵은골재 최대치수 40mm의 경우에는 25mm에 비하여 11.96%의 낮은 반발도를 나타내고 있다.

#### 2) 반발도와 압축강도의 상관관계

그림 13은 G/S비 변화에 따른 반발도와 압축강도와의 상관관계를 나타낸 것이고, 그림 14는 굵은골재 최대치수 변화에 따른 반발도와 압축강도의 상관관계를 나타낸 것이다. 전반적으로는 G/S비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 반발도와 압축강도와의 상관관계는 공히 반발도가 증가할수록 압축강도도 증가하는 정비례관계를 나타내고 있으며 상관계수도 비교적 양호한 것으로 나타났다.

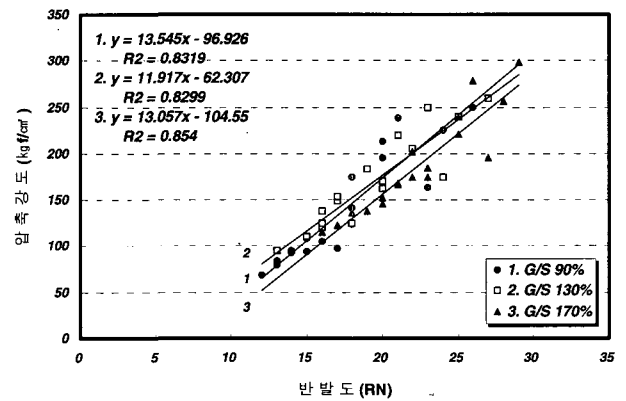


그림 13. G/S비 변화에 따른 반발도와 압축강도와의 상관관계

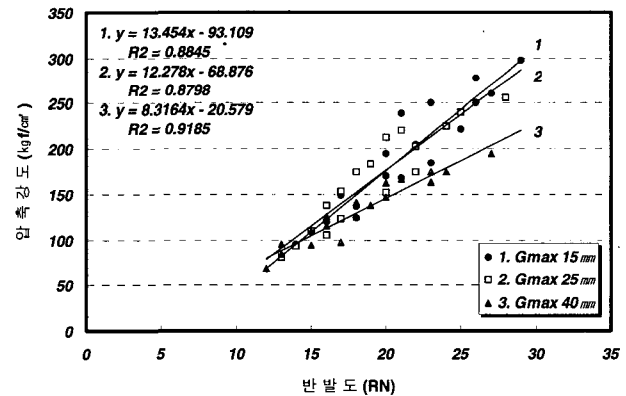


그림 14. 굵은골재 최대치수 변화에 따른 반발도와 압축강도와의 상관관계

### 4. 결 론

본 연구는 굵은골재가 콘크리트의 특성에 미치는 영향과 관계등을 구명하고자 계획한 일련의 실험으로서, G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 콘크리트의 시공성 및 공학적 특성을 실험적으로 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

## 참고 문헌

- 1) G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 슬럼프 및 플로우의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 슬럼프를 나타내고 있으며 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 40mm, 25mm, 15mm의 순으로 높은 슬럼프를 나타내고 있다.
- 2) G/S비 및 굵은골재 최대치수의 변화에 따른 유동화제 첨가 후의 공기량 변화의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 90, 130, 170%의 순으로 많은 공기량을 나타내고 있으며 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 많은 공기량을 나타내고 있다.
- 3) 단위용적중량의 전반적인 경향은 물시멘트비별 및 굵은골재의 최대치수의 크기와 재령일수에 관계없이 G/S비가 증가할수록 단위용적중량도 증가하는 경향을 보이며, 또한 굵은골재 최대치수가 크면 클수록 단위용적중량 역시 증가하는 경향을 나타내고 있다.
- 4) 압축강도 및 반발도의 전반적인 경향은 물-시멘트비 및 굵은골재 최대치수에 관계없이 공히 G/S비 170, 130, 90%의 순으로 높은 압축강도를 나타내고 있으며 물-시멘트비 및 G/S비에 관계없이 굵은골재 최대치수 15mm, 25mm, 40mm의 순으로 높은 압축강도를 나타내고 있다. 따라서 반발도와 압축강도의 상관성은 G/S비 및 굵은골재 최대치수와 관계없이 비교적 양호한 것으로 나타났다.
- 5) G/S비 및 물-시멘트비에 관계없이 90, 130, 170% 공히 굵은골재 최대치수가 증가할수록 압축강도는 감소하는 성상을 나타내고 있으며 물-시멘트비 45%의 경우는 굵은골재 최대치수별 압축강도 감소폭이 큰 반면에 물-시멘트비 65%의 경우는 압축강도 감소가 비교적 완만한 발현성상을 나타내고 있다.
- 6) 이상을 종합하면 굵은골재의 양이 많으면 시공성 및 강도특성에 좋은 영향을 미치는 것으로 보이며, 굵은골재의 최대치수가 커지면 커질수록 시공성은 좋아지나 압축강도는 작게 나타났는데, 향후 굵은골재/잔골재비 및 최대치수의 적정값을 산정하기 위해서는 경제성을 고려하여 좀 더 심도있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

1. 김무한, "건축재료학", 문운당, 2000
2. 정일영, 권영웅, 홍기섭, 윤정배, 골재요소가 콘크리트에 미치는 역학적 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 1985. 2
3. 정일영, "콘크리트의 물리적 성질에 미치는 세조골재의 영향에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 1979. 12
4. 김무한, 최세진, 최희용, 굵은골재 최대치수 및 용적비에 따른 유동콘크리트의 유동특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집
5. 한천구, 김무한, 윤석천, 잔, 굵은골재로서 폐기콘크리트를 사용한 콘크리트에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 1986. 4
6. 지덕기, 유현기, 한천구, 굵은골재의 입도분포변화에 따른 콘크리트의 특성에 관한 연구", 1990. 10
7. 김무한, 오상근, "굵은골재 크기에 따른 콘크리트의 압축강도 성장 강도추정에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 1987.10
8. 박유신, 한장현, 강석표, 김규용, 송하영, 김무한, "잔골재 및 굵은골재에 의한 고유동콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 1998. 4
9. 송하영, 건축시공", 한밭대학교 출판부, 2002
10. 박종환, 콘크리트 배합비가 콘크리트 압축강도에 미치는 영향", 석사학위논문, 한양대학교 대학원, 1976
11. Delmar L.Bloem and Richard D. Gaynor, "Effect of Aggregate properties of strength of concrete, Journal of ACI, oct. 1963
12. 日本建築學會, 建築工事標準仕様書·同解説(JASS 5 철근 콘크리트工事), 1997, pp.402~421