

고강도-경량콘크리트의 실용화를 위한 기초적 실험연구

Fundamental Tests of High Strength Lightweight Concrete for Application

이 재 삼*
Lee Jae-Sam

김 정 식*
Kim Jung-Sik

강 훈*
Kang, Hoon

최 명 신**
Choi Myung-Shin

안 종 문**
Ahn Jong-Moon

신 성 우***
Shin Sung-Woo

Abstract

It is possible to reduce dead load and cross section of structural members by use of lightweight concrete, and also reduce the cost of construction. The mechanical properties of lightweight concrete are lower than that of normal weight concrete having the same compressive strength. then it is necessary to make higher strength of lightweight concrete for structural use. and the objective of this paper is to development and application the highstrength lightweight concrete with lower than $2.0t/m^3$ of unit weight and over than $350kg/cm^2$ of compressive strength.

1. 서 론

현대구조물의 고층화, 대형화에 따라 콘크리트의 성능향상이 필요하게 되었으며, 이에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 콘크리트는 경제성과 우수한 성능을 가지고 있어 가장 많이 사용되는 건설재료임에도 불구하고 단위무게에 비하여 낮은 강도 때문에 부재단면이 확대되어 자중의 증대 및 사용면적의 감소라는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 콘크리트의 경량화가 시도되고 있으나, 경량화에 따른 강도의 저하로 구조 부재용으로 사용하려면 경량콘크리트의 고강도화가 필수적이며, 선진 각국에서는 고강도 경량콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되어 이미 실용화가 이루어 졌고 고층건물, 교량, 해양구조, 프리캐스트 구조물 등에 대한 많은 시공사례가 있다.^{1),2)}

고강도 경량콘크리트를 레미콘 공장에서 대량생산하기 위해서는 경량골재의 강도확보, 수급의 난이성에 따른 제조가격의 상승, 시공시 발생하는 급격한 슬럼프 손실과 펌프 압송상의 문제점 등을 내포하고 있어 이를 개선하여 사용할 수 있도록 국내 실정에 맞는 고강도 경량콘크리트의 실용화에 대한 연구가 절실한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 고강도 경량콘크리트의 개발과 실 구조물에 실용화하는데 요구되는 품질을 확보하는데 연구의 목적을 둔다.

2. 사용재료 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 골재

1) * 정회원, 고려산업개발 연구개발실

2) **정회원, 한양대학교 대학원

3)***정회원, 한양대학교 건축공학과 교수

굵은골재로 사용된 팽창점토는 회전로에서 점토를 소성가공하여 만들어지는 인공경량골재를 사용하였으며, 잔골재는 세척사를 사용하였다.(표 1)

표 1 골재의 물리적 성질

| 구분 | 단위용적중량(kg/m ³) | 비중(표준) | 흡수율(%) | 공극율(%) | 실질율(%) | 조립율(%) |
|------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 잔골재(세척사) | 1612 | 2.59 | 0.78 | - | - | 2.73 |
| 팽창점토(19mm) | 729 | 1.22 | 11.01 | 40.2 | 59.8 | 6.82 |

2.1.2 혼화재료

시멘트 대체재료로서 사용한 혼화재는 실리카흙, 플라이애쉬, 제올라이트이며, 제올라이트(Zeolite) 주성분은 SiO₂ 및 Al₂O₃이며, 특히 국내산 제올라이트는 그 활성도가 높은 것으로 알려져 있다.

표 2 배합계획 및 실험결과

| Spec. No. | Binder (kg/m ³) | W/B (%) | S/A (%) | Zeolite (%) | FA (%) | SP (%) | SP (%) | 물성 실험 결과 | | | | 압축강도(kg/cm ²) | | |
|-----------|-----------------------------|---------|---------|-------------|--------|--------|--------|------------|-----------|---------|----------------------------------|---------------------------|-------|--------|
| | | | | | | | | Slump (cm) | Flow (cm) | Air (%) | Unit Weight (kg/m ³) | 3-day | 7-day | 28-day |
| A1 | 500 | 35 | 45 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 22.0 | 39/38 | 4.2 | 1904 | 228 | 296 | 361 |
| A2 | | | | 5 | 0 | 0 | 1.5 | 22.5 | 39/40 | 4.5 | 1879 | 231 | 299 | 375 |
| A3 | | | | 5 | 5 | 0 | 1.3 | 21.0 | 36/37 | 4.1 | 1881 | 199 | 277 | 366 |
| A4 | | | | 5 | 0 | 5 | 1.75 | 22.0 | 38/40 | 4.6 | 1868 | 225 | 310 | 377 |
| A5 | | | | 10 | 0 | 0 | 1.5 | 19.5 | 32/32 | 4.6 | 1878 | 210 | 284 | 360 |
| A6 | | | | 10 | 5 | 0 | 1.5 | 20.5 | 35/36 | 4.4 | 1858 | 194 | 264 | 344 |
| A7 | | | | 10 | 0 | 5 | 1.75 | 21.0 | 36/34 | 4.5 | 1872 | 213 | 270 | 375 |
| B1 | | 40 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 21.5 | 42/40 | 4.0 | 1859 | 214 | 277 | 345 |
| B2 | | | | 5 | 0 | 0 | 0.5 | 19.5 | 34/36 | 4.2 | 1871 | 192 | 259 | 338 |
| B3 | | | | 5 | 5 | 0 | 0.7 | 13.0 | 43/41 | 4.4 | 1886 | 192 | 256 | 309 |
| B4 | | | | 5 | 0 | 5 | 0.8 | 19.5 | 38/36 | 3.8 | 1870 | 218 | 268 | 349 |
| B5 | | | | 10 | 0 | 0 | 0.75 | 22.0 | 40/42 | 4.2 | 1867 | 188 | 250 | 324 |
| B6 | | | | 10 | 5 | 0 | 0.7 | 21.5 | 42/39 | 4.0 | 1858 | 171 | 229 | 293 |
| B7 | | | | 10 | 0 | 5 | 0.9 | 17.0 | 31/29 | 4.4 | 1849 | 204 | 259 | 335 |
| C1 | 550 | 33 | 42 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 24.0 | 53/56 | 2.7 | 1936 | 245 | 324 | 371 |
| C2 | | | | 5 | 0 | 0 | 1.5 | 24.5 | 50/52 | 2.9 | 1906 | 260 | 327 | 388 |
| C3 | | | | 5 | 5 | 0 | 1.5 | 24.0 | 49/51 | 2.6 | 1922 | 257 | 323 | 367 |
| C4 | | | | 0 | 5 | 5 | 1.6 | 21.5 | 38/37 | 2.8 | 1870 | 259 | 305 | 363 |
| C5 | | | | 0 | 5 | 0 | 1.3 | 23.5 | 48/49 | 2.6 | 1926 | 262 | 313 | 376 |
| D1 | | 45 | 42 | 0 | 0 | 0 | 1.2 | 21.5 | 35/35 | 3.7 | 1904 | 252 | 304 | 377 |
| D2 | | | | 5 | 0 | 0 | 1.2 | 24.0 | 47/49 | 2.8 | 1938 | 261 | 333 | 395 |
| D3 | | | | 5 | 5 | 0 | 1.3 | 23.0 | 40/43 | 3.0 | 1914 | 241 | 307 | 380 |
| D4 | | | | 0 | 5 | 5 | 1.6 | 23.0 | 41/41 | 3.3 | 1911 | 255 | 327 | 396 |
| D5 | | | | 0 | 5 | 0 | 1.2 | 24.0 | 49/49 | 3.1 | 1917 | 254 | 315 | 383 |
| E1 | | 35 | 42 | 0 | 0 | 0 | 1.1 | 22.5 | 41/43 | 3.3 | 1860 | 232 | 292 | 361 |
| E2 | | | | 5 | 0 | 0 | 1.1 | 22.0 | 42/43 | 3.7 | 1882 | 232 | 295 | 355 |
| E3 | | | | 5 | 5 | 0 | 1.2 | 22.0 | 40/41 | 3.6 | 1870 | 219 | 282 | 351 |
| E4 | | | | 5 | 0 | 5 | 1.5 | 22.5 | 41/42 | 3.2 | 1864 | 242 | 307 | 387 |
| E5 | 10 | | | 0 | 0 | 1.2 | 21.5 | 37/38 | 3.9 | 1856 | 221 | 280 | 340 | |
| E6 | 10 | | | 5 | 0 | 1.3 | 21.0 | 36/36 | 3.2 | 1853 | 208 | 275 | 346 | |
| E7 | 10 | | | 0 | 5 | 1.6 | 22.5 | 41/42 | 3.6 | 1834 | 214 | 281 | 348 | |
| F1 | 45 | 42 | 0 | 0 | 0 | 1.0 | 20.0 | 35/36 | 3.7 | 1903 | 240 | 306 | 364 | |
| F2 | | | 5 | 0 | 0 | 1.0 | 20.0 | 35/36 | 3.5 | 1873 | 224 | 291 | 367 | |
| F3 | | | 5 | 5 | 0 | 1.2 | 22.0 | 37/38 | 3.3 | 1911 | 239 | 308 | 373 | |
| F4 | | | 5 | 0 | 5 | 1.4 | 20.0 | 34/35 | 3.2 | 1911 | 260 | 331 | 406 | |
| F5 | | | 10 | 0 | 0 | 1.2 | 21.5 | 41/41 | 3.6 | 1901 | 238 | 300 | 362 | |
| F6 | | | 10 | 5 | 0 | 1.2 | 20.0 | 35/35 | 2.7 | 1918 | 235 | 302 | 379 | |
| F7 | | | 10 | 0 | 5 | 1.5 | 21.5 | 36/39 | 3.3 | 1878 | 236 | 296 | 377 | |

따라서, 콘크리트용 혼화제로 사용할 경우 포졸란 반응에 의한 강도의 증진, 수밀성의 향상 등이 기대되며,³⁾ 특히 유동화 경량콘크리트의 점성을 높여 골재의 부립현상을 막아주는 작용을 하게 될 것으로 기대된다.

2.1.3 고성능 감수제

고성능감수제로는 낮은 물-시멘트비의 고강도 경량콘크리트를 제조하기 위해 J사의 나프탈렌계 PHOENIX-R#1을 사용하였다.

2.2 배합계획

본 실험의 배합변수는 표 2에 나타나 있으며, 경량콘크리트의 고강도화를 위하여 단위결합재량을 500, 550kg/cm²으로 높게하고, 시멘트의 일부를 제올라이트, 실리카흄, 플라이애쉬로 치환하여 고강도화에 따른 제반 요구성능을 만족하도록 계획하였다. 또한, 고성능감수제의 혼입량은 목표슬럼프 21±2cm를 만족하도록 0.5%~1.75%범위에서 각 변수에 맞게 조절하였다.

2.3 시험방법

굵은골재로 사용된 팽창점토는 흡수율이 매우 커서 건조한 상태로 배합할 경우 급격한 슬럼프 손실이 발생하므로 배합전에 충분한 사전흡수 과정을 거쳐 표면건조 내부포수 상태로 실험을 실시하였다.

실험은 중량배합으로 실시되었으며, 물과 혼화제를 제외한 각 재료의 전량투입→건비빔 40초→물+고성능감수제 투입→40초 혼합→상태확인 후 20초 혼합→배출 후 물성실험을 실시하는 순서로 진행되었다. 공시체 제작은 KS F 2403에 따라 실시하였으며, $\Phi 100 \times 200\text{mm}$ 크기로 3일, 7일, 28일 압축강도 측정용으로 각 재령별로 3개씩 제작하였고, 20±3℃의 항온수조에서 수중양생 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 일반사항

기건중량이 2.0ton/m³ 이하인 고강도-경량콘크리트의 실용화를 위해 실험실 배합실험을 실시하였으며, 레미콘 제조를 위해 최적배합비를 도출하고 레미콘 생산설비로 제조가능하며, 현장에서 시공이 가능한 최상의 품질을 확보하는 것을 목표로 하였다.

3.2 굳지 않은 경량콘크리트의 특성

3.2.1 반죽절기

목표 슬럼프를 21±2cm로 하여 실시한 실험 결과 17.0~24.5cm 범위의 슬럼프값을 얻었으며, 또한 슬럼프 플로우는 35~55cm 범위로 나타나, 실제 구조물에 유동화 경량콘크리트로 사용하기에 충분한 반죽절기를 얻었다.

3.2.2 경시변화

경시변화 실험결과는 D5의 경우는 경시변화에 대한 대책을 마련하기 위해 고성능감수제를 2회에 나누어 투입하였다. 사전 흡수시킨 골재를 사용한 D3에서는 110분 경과 후의 슬럼프 및 슬럼프플로우가 각각 19.5cm, 37/39cm로 나타나, 통상의 레미콘 운반시간에 대하여 만족한 결과를 얻었다.

3.2.3 단위용적중량

구조용 경량콘크리트의 단위용적중량은 $2.0t/m^3$ 이하로 되어야한다. 본 실험의 단위용적 중량은 $1834 \sim 1938kg/m^3$ 범위로 나타나, 구조용 콘크리트로 사용함으로써 보통중량콘크리트에 비해 $1m^3$ 당 약 $400 \sim 500kg/m^3$ 이상의 자중감소 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 단위결합재량 $550kg/m^3$ 인 경우에는 잔골재율 증가에 따라 물-결합재비 33%에서 단위용적중량이 1.3%, 물-결합재비 35%에서 2.1%증가하는 결과를 나타내었다.(그림 1)

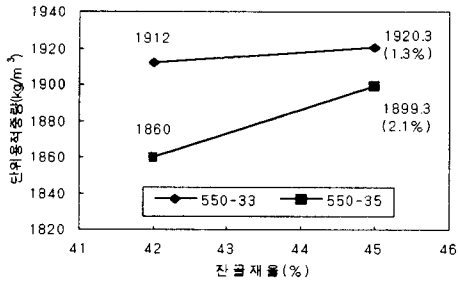


그림 1 단위용적중량과 잔골재율

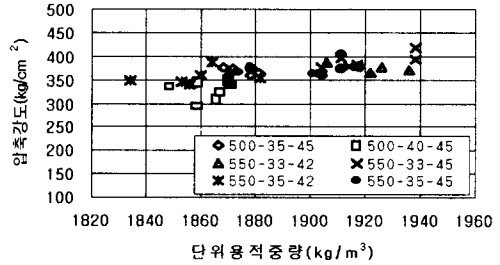


그림 2 단위용적중량과 압축강도

3.2.4 공기량

「ACI Committee 211」⁴⁾에서는 동결융해 또는 염해의 우려가 있는 경량콘크리트에 대해 굵은 골재 최대크기에 따라서 19mm일 때 공기량을 4~6%, 10mm일 때 공기량을 4.5~7.5%로 하도록 권장하고 있다. 본 실험에서는 공기량이 2.6%~4.6%범위로 나타났다.

3.3 압축강도

3.3.1 단위결합재량의 영향

단위결합재량 증가에 비례하여 압축강도는 증가하게 되나 단위결합재량을 높여도 압축강도가 더 이상 높아지지 않는 한계가 있는데, 이는 경량골재 자체의 강도에 한계가 있기 때문이다. 실험결과 단위결합재량이 $500kg/m^3$ 에서 $550kg/m^3$ 으로 증가함에 따라서 압축강도는 평균 $26kg/m^2$ 이 증가하였다.

3.3.2 물-결합재비의 영향

그림 3은 물-결합재비 감소에 따라 압축강도가 증가하고 있음을 나타낸다. 결합재량 $500kg/m^3$ 에서 물-결합재비를 35%에서 40%로 5% 증가시키에 따라서 압축강도는 평균 $37.9kg/m^3$ 이 감소하였다.

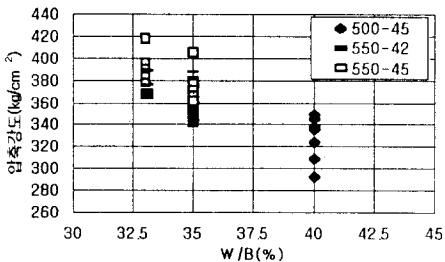


그림 3 물-결합재비와 압축강도

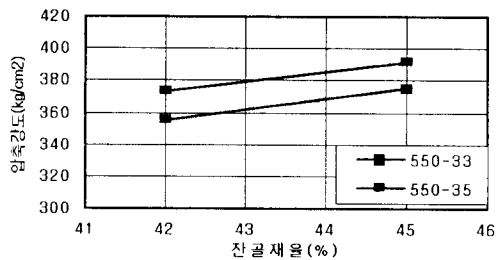


그림 4 잔골재율과 압축강도

결합재량 550kg/m³에서는 물-결합재비를 33%에서 35%로 2% 증가시키에 따라서 압축강도는 잔골재율 42%일 때 평균 17.6 kg/cm²이 감소하고, 잔골재율 45%일 때 평균 10.8kg/cm²이 감소하였다.

3.3.3 잔골재율의 영향

그림 4는 잔골재율과 압축강도의 관계를 나타내고 있다. 결합재량 550kg/m³인 시리즈에서 잔골재율이 42%에서 45%로 증가함에 따라서 압축강도는 물결합재비가 33%일 때 평균 13.2kg/cm²이 증가하였고, 물 결합재비가 35%일때는 평균 20kg/cm²이 증가하였다.

3.3.4 양생재령에 따른 강도발현

그림 5는 양생재령에 따른 강도발현 추이를 나타낸 것인데, 3일강도에서는 28일 강도의 약 63%, 7일강도에서는 약 81% 정도의 압축강도 발현율을 보이고 있다.(그림 6)

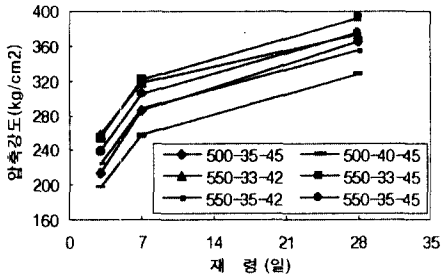


그림 5 재령에 따른 압축강도

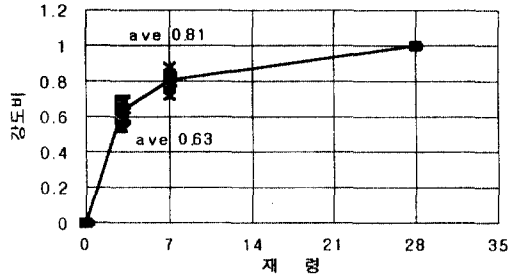


그림 6 재령에 따른 압축강도 발현율

4. 고강도 경량콘크리트의 실용화

4.1 일반사항

앞서 수행된 시험실 배합시험을 통해 선정된 최적배합비를 이용하여 배척플랜트에서 실제로 레미콘을 제조하여 재료역학적 특성 규명 시험을 위한 시험체를 제작하였고, 현장 시공성을 확인하여 적절한 시공방안을 마련하기 위해 실 구조물에 시험타설을 추진하여 종합적인 실용화 방안을 강구하였다.

4.2 레미콘 제조 및 재료역학 특성 시험

4.2.1 시험개요

시험실 배합시험의 결과와 재료적 성질, 제조원가, 수화온도, 레미콘 생산설비 등에 대한 종합적인 검토를 통해 선정된 최적배합비로 레미콘을 제조하여 시험체를 제작하였다. 굵은골재의 최대 치수는 19mm이고 물성시험 결과는 표 3에 나타나 있다.

표 3 굵지 않은 콘크리트의 물성시험

| 항목 구분 | 최적배합 | | | | 슬럼프 (cm) | 슬럼프 확포우 (cm) | 공기량 (%) | 기전단위 중 (kg/m ³) |
|----------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|------------|-----------------------------------|
| | 단위결합재량 (kg/m ³) | 물결합재비 (%) | 잔골재율 (%) | 플라이애쉬 치환 (%) | | | | |
| 19mm | 550 | 31 | 45 | 5 | 21.0 | 35/36 | 2.6 | 1886 |

4.2.2 재료역학적 특성실험 결과

고강도 경량콘크리트의 재료역학적 특성을 규명하기 위하여 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 크기의 압축강도, 할열인장강도 측정용 몰드를, $150 \times 150 \times 550\text{mm}$ 크기의 휨강도 측정용 몰드를 제작하였고, 내부 수화온도 측정을 위해 $500 \times 500 \times 500\text{mm}$ 크기의 입방체를 제작하여 표면과 내부 중앙에 각각 온도계이지를 매립하였다. 28일 압축강도 측정시에는 공시체 표면에 계이저를 설치하여 일축압축응력 하에서의 응력-변형도 관계를 관찰하였다. 각 재령별로 압축, 할열인장, 휨강도를 측정한 결과는 표 4에 나타나 있다.

표 4 재령별 강도측정 결과

| 구분 | 항목 | 압축강도 | | | | 인장강도 | | | | 휨강도 | | | |
|----|----|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 3일 | 7일 | 14일 | 28일 | 3일 | 7일 | 14일 | 28일 | 3일 | 7일 | 14일 | 28일 |
| 수 | 중 | 294 | 364 | 390 | 404 | 24.4 | 27.0 | 28.3 | 28.7 | 35.0 | 45.2 | 54.6 | 55.2 |
| 기 | 건 | 249 | 337 | 375 | 388 | 22.5 | 23.0 | - | 28 | - | - | - | - |
| 코 | 아 | - | 336 | 357 | 373 | - | - | - | - | - | - | - | - |

(1) 응력-변형도, 탄성계수 및 포아송비

그림 7에는 일축 압축응력 하에서의 경량콘크리트의 응력-변형도 곡선이 나타나 있으며, 보통중량 콘크리트와 비교할 때 곡선의 상승부분의 경사는 다소 완만하고, 최대하중 이후에는 하강곡선이 급격히 떨어져 보다 취성적인 파괴 거동을 보이고 있는데, 이는 경량골재의 강도가 보통중량 골재의 강도보다 작기 때문인 것으로 보인다. 또한 그림-7의 응력변형곡선으로부터 선형구간에서 할선탄성계수를 구하면 2.0×10^5 으로, 포아송비는 0.29으로 나타났다. ACI Committee 213 보고서⁵⁾의 0.17~0.23에 비해 다소 크게 나타났다.

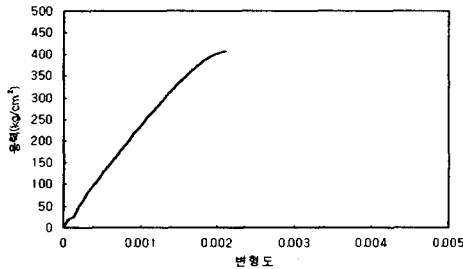


그림 7 응력-변형도 곡선

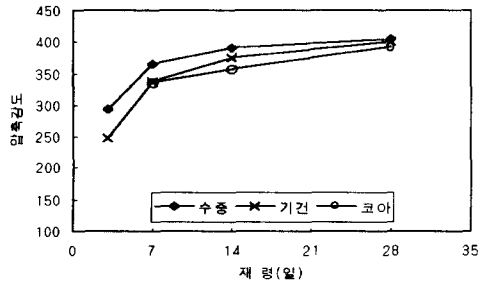


그림 8 재령별 압축강도 발현

(2) 압축강도, 할열인장강도 및 휨강도

압축강도는 양생조건별로는 수중>기건>코아공시체의 순으로 높은 강도를 나타내고 있으며(그림 8), 28일강도를 기준으로 3일강도는 63%, 7일강도는 81%로 높은 조기강도 발현율을 보이고 있다.

표 5 압축강도에 따른 할열인장강도 및 휨강도(단위 : kg/cm^2)

| 구분 | 항목 | f'_c (28일) | 할열인장강도 | | | 휨강도 | | |
|----|----|-----------------|-----------|----------------|----------------------------|--------|-------------|-------------------------|
| | | | f'_{sp} | f'_{sp}/f'_c | $f'_{sp}/\sqrt{f'_c}^{**}$ | f'_r | f'_r/f'_c | $f'_r/\sqrt{f'_c}^{**}$ |
| 수 | 중 | 404 | 28.7 | 1/14.08 | 1.43 | 55.2 | 1/7.32 | 2.75 |
| 기 | 건 | 400 | 28.0 | 1/14.30 | 1.40 | - | - | - |

* $f'_{sp} = 1.8 \sqrt{f'_c}$ (for Normal Weight Concrete)

** $f'_r = 2.0 \sqrt{f'_c}$ (for Normal Weight Concrete)

또한, 실험결과 할열인장강도는 압축강도의 약 1/14 정도로 나타났으며, 수중양생한 공시체의 할열인장강도가 기건양생한 경우보다 약간 크게 나타났다.(그림 9) 휨강도는 2점가력으로 실시하였으며, 압축강도의 1/7.32로 나타났다.

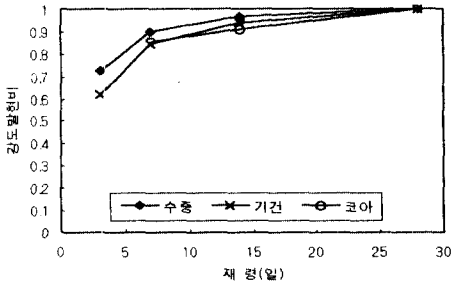


그림 9 할열인장강도 발현

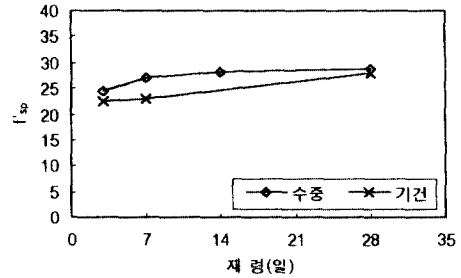


그림 10 재령별 할열인장강도 발현

(3) 수화온도

경량콘크리트의 내부 수화온도를 측정하기 위해 500×500×500mm의 시험체를 제작하여 중앙부와 표면에서 각각 수화온도를 측정하여 비교하였다. 최고온도 도달시의 온도와 경과시간이 표6에 나타나 있다. 최고온도는 26시간 경과후에 나타났으며 이때 중앙부와 표면의 온도차는 각각 10.5℃로 나타났다.(그림 11)

표6 수화온도 측정결과

| 구분 | 중앙부 | | 표면 | | 대기온도* | |
|------------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | 온도 (℃) | 경과 시간 (h) | 온도 (℃) | 경과 시간 (h) | 온도 (℃) | 경과 시간 (h) |
| 단위결합 재량 550kg/m ³ | 62.5 | 26 | 52.0 | 25 | 11.5 | 26 |

* 대기온도는 중심부 온도에 대응하는 값임.

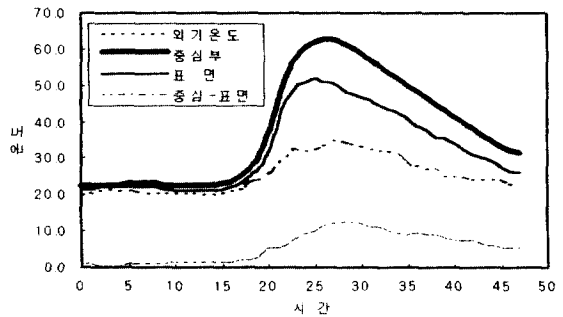


그림 11 수화온도 측정결과

4.4 제조 및 현장시험 타설

현대식 건물의 (초)고층화 추세에 따라 구조물의 자중을 줄일 목적으로 경량콘크리트 사용의 필요성이 날로 증대되고 있는 가운데 국내에서는 최초로 구조용 고강도-경량콘크리트를 레미콘 공장에서 대량생산하여 현장적용을 시도하게 되었다. 사전에 현장모의실험(Mock-Up Test)을 실시한 결과 펌프압송을 통한 시공에 어려움이 있어 버킷으로 양중하여 타설하는 방법으로 현장타설을 시도하였다.

타설부위는 철골조 건물의 데크플레이트형 합성슬래브로써 설계기준강도 240kg/cm²의 보통중량콘크리트로 설계되어 있는 슬래브 중 일부에 고강도-경량콘크리트를 타설하여 봄으로써 개발된 콘크리트의 시공성과 품질관리에 대한 전반적인 검토를 수행할 수 있었으며, 향후 본격적인 현장적용에 필요한 기초자료를 확보하게 되었다.

5. 결 론

고강도-경량콘크리트의 실용화를 위하여 실내배합실험을 통해 선정된 최적배합비를 이용하여 레미콘을 제조하고 제반 시공성 확인 및 재료역학적 특성실험을 거쳐 실제 구조물에 대한 현장시험타설(Pilot Test)에 이르는 종합적인 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고강도 경량콘크리트 대량생산을 위하여 레미콘공장 비상Hopper에서 사전에 프리웨팅한 경량골재를 벨트콘베어를 통하여 이송하여 시간당 60m^3 을 생산함으로써 실용화하였다.
- 2) 레미콘 제조를 통하여 단위결합재량 $500\text{kg}/\text{m}^3$, $550\text{kg}/\text{m}^3$ 에 대하여 재령 28일 압축강도 실험결과 목표강도 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 이상, 공기량은 2.6%~4.6% 범위의 분포로 나타났으며, 단위결합재량이 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 인 경우에는 공기량이 4% 미만으로 나타나, 동결융해에 노출될 우려가 있는 경우는 공기연행제를 추가로 투입하여 4% 이상의 공기량을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 3) 기건공시체의 무게로부터 측정된 기건단위무게는 대략 $1.811\sim 1.884\text{t}/\text{m}^3$ 정도로 나타나, 실제 구조물에 사용함으로써 1m^3 당 약 400kg 이상의 자중감소 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.
- 4) 현장 모의실험(Mock-Up Test)을 통해 레미콘 운반시간에 따른 경시변화를 측정한 결과 100분 경과 후 까지도 적절한 작업성 확보가 가능하였다. 현장 타설은 버킷으로 양중하여 데크플레이트 슬래브에 타설하였으며, 제조된 고강도-경량콘크리트는 점성이 커서 보통중량콘크리트에 비하여 작업성이 다소 어렵고, 타설시 경량골재의 부립현상이 나타나 표면 마감작업은 타설 후 30분 정도 경과 후 실시하는 것이 좋은 것으로 판단된다.
- 5) 단위결합재량이 매우 높으므로($500, 550\text{kg}/\text{m}^3$) 수화발열에 의한 온도균열 및 건조 수축에 의한 균열을 방지하기 위하여 타설 후 약 3시간 가량 경과 후 부터 주기적으로 살수를 해주어야 하며, 기타 현장 품질관리는 보통중량의 고강도콘크리트의 경우와 마찬가지로 수행할 수 있는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) S. Mindess, J. F. Young, "Concrete", Prentice Hall, Newsersey, 198, pp.581-599.
- 2) 岡本修一, "地上 296m への 輕量 콘크리트의 直接 ポンプ壓送", 콘크리트工學, Vol.32, No.3, 1994. 3, pp.31-34.
- 3) 김태섭, "혼화재에 의한 경량콘크리트의 고강도화에 관한 실험적 연구", 한양대학교 박사학위논문, 1993.
- 4) ACI Committee 211, "Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete". Concrete International, August 1980, pp.47-64.
- 5) ACI Committee 213, "Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete", ACI Journal, Aug. 1967, pp.433-469.
- 6) 신성우, "구조용경량콘크리트의 고강도화를 위한 기초적 실험연구", 대한건축학회발표논문, Vol.7, No.13, 1997. 4, pp.625-630.