

증점제를 사용한 저분체 고유동 콘크리트의 특성에 관한 연구

박기준¹, 박정준*, 김성욱¹, 이동규²
¹한국건설기술연구원 구조융합연구소, ²동남기업 중앙연구소

A Study on the Properties of High-Fluidity Concrete with Low Binders Using Viscosity Agent

Gi-Joon Park¹, Jung-Jun Park^{*}, Sung-Wook Kim¹, Dong-Gyu Lee²

¹Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Research & Development Center, Dongnam

요약 기존의 고유동 콘크리트는 높은 분체계로 인해 수화열과 수축의 증대, 비경제적인 강도발현 등의 문제점이 발생하여 일반강도 범위의 콘크리트에는 사용범위가 제한하고 있다. 그러나 공사품질의 향상과 더불어 공사비 절감, 공기단축 등의 이점으로 일반강도 수준의 고유동 콘크리트의 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 점성을 최소화하고 재료분리 저항성은 극대화 된 저분체 고유동 콘크리트를 제조하기 위하여 적절한 증점제의 사용방법과 최적 배합을 검토하고 제조된 콘크리트의 특성을 검토하였다. 다양한 증점제를 대상으로 역학적 특성 평가를 통해 저분체 고유동 콘크리트 제조에 적합한 증점제를 선정하였으며, 그 결과 아크릴계(Acrylic, 이하 AC) 및 우레탄계(Urethane, 이하 UT) 증점제가 재료분리가 발생하지 않는 범위에서 가장 우수한 성능을 나타내어 가장 적합한 것으로 나타났다. 선정된 AC 및 UT 증점제의 최적 혼입량을 검토하기 위하여 두 물질의 혼합사용 및 고성능 감수제와 일액화를 통한 배합실험을 하였으며, 그 결과 AC 및 UT 증점제의 비율이 5:5인 경우 유동성 증대 및 점성 저감 효과가 증가함에 따라 저분체 고유동 콘크리트에 가장 적합한 것으로 나타났다.

Abstract The practical applications of ordinary high-fluidity concrete have been limited due to several drawbacks, such as high hydration heat, high amount of shrinkage, and non-economic strength development. On the other hand, due to its advantages, such as improvement of construction quality, reduction of construction cost and period, the development of high-fluidity concrete is a pressing need. This study examined the properties of high-fluidity concrete, which can be manufactured on the low binders using a viscosity agent to prevent the segregation of materials. The optimal viscosity agent was selected by an evaluation of the mechanical properties of high-fluidity concrete among six viscosity agents. The acrylic type and urethane type viscosity agents showed the best performance within the range where no material separation occurred. The mechanical properties were evaluated to examine the optimal amount of AC and UT viscosity agent added by mixing two viscosity agents according to the adding ratio and blending them together with high performance water reducing agent. When the ratio of the AC : UT viscosity agents was 5:5, it was most suited for high-fluidity concrete with low binders by increasing the workability and effect of the reducing viscosity.

Keywords : High fluidity concrete, Low binders, Viscosity agent, Slump flow, V-Lot test

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 13IFIP-C113546-01).

*Corresponding Author : Jung-Jun Park (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0105 email: jjpark@kict.re.kr

Received December 26, 2016

Revised (1st January 23, 2017, 2nd January 25, 2017)

Accepted February 3, 2017

Published February 28, 2017

1. 서론

고유동 콘크리트는 굳지 않은 상태에서 재료분리 없이 높은 유동성을 가지면서 다짐작업 없이 자기충전성이 가능한 콘크리트이다. 이러한 고유동 콘크리트는 공사품질의 향상과 더불어 공사비 절감, 공기단축 등의 이점으로 콘크리트 공사에서 경제성 향상과 함께 공사품질향상에 기대 되는 콘크리트 분야이다.

현재까지 알려진 고유동 콘크리트의 유동성 확보방안으로는 플라이애시 및 고로슬래그 미분말, 석회석 미분말 등을 이용하는 방법, 증점제를 사용하는 방법 및 두 가지를 병용하는 방법 등이 있다[1]. 하지만 국내의 많은 연구에서는 주로 물-결합제비를 35% 전후로 하고 결합제로 산업부산물 미분말을 이용하는 방법의 연구[2-6]가 주류를 이루어 왔다. 그러나 미분말을 이용한 고유동 콘크리트는 재료분리 저항성을 부여하기 위해 시멘트 외에 혼화재료를 다량 사용함으로써 인해 결합제량의 증대에 따른 수화열 및 수축의 증대, 비경제적인 강도발현 등과 같은 문제점이 발생하고 있다. 또한 현재까지 국내에 타설되고 있는 콘크리트의 일반적인 강도 범위는 21 ~ 35 MPa 로 알려져 있지만 현재까지 개발된 고유동 콘크리트의 경우, 대부분 40 MPa 이상의 고강도 콘크리트로 제조되고 있어, 현실적으로 고유동 콘크리트의 사용범위를 제한하는 단점으로 나타나고 있다[7].

한편, 고유동 콘크리트는 크게 분체계와 증점제계로 구분되는데 분체계는 다량의 결합제의 사용에 의한 점성 증대에 기인하여 유동성 및 충전성을 발현한다. 하지만 이는 고강도 콘크리트의 영역에 속하기 때문에 일반강도 범위의 분체계 고유동 콘크리트의 적용은 비효율적이다.

증점제계 고유동 콘크리트의 경우 증점제에 의한 재료분리 억제에 의해 낮은 분체량을 사용하고도 제조가 가능하여 일반적인 강도범위에 속하는 35 MPa급 고유동 콘크리트의 제조에 적합하다.

따라서 본 연구에서는 증점제계 고유동 콘크리트 방법을 이용하여 점성을 최소화하고 재료분리 저항성은 극대화 된 저분체 고유동 콘크리트를 제조방법을 검토하였다. 이를 위해 적절한 증점제의 사용방법과 최적 배합을 검토하였고 이에 대한 콘크리트의 특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 결합재

본 실험에는 결합제로는 1종 포틀랜드 시멘트 (Ordinary Portland Cement, 이하 OPC), 고로슬래그 미분말(Blast-furnace Slag, 이하 BS), 플라이애시(Fly ash, 이하 FA)를 사용하였으며 각각의 물리·화학적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical properties of materials

| Composition % (mass) | Cement | Blast furnace slag (BS) | Fly-ash (FA) |
|---------------------------------------|--------|-------------------------|--------------|
| CaO | 61.33 | 42.26 | - |
| Al ₂ O ₃ | 6.40 | 14.92 | 16.60 |
| SiO ₂ | 21.01 | 35.08 | 3.80 |
| Fe ₂ O ₃ | 3.12 | 0.32 | 5.58 |
| MgO | 3.02 | 6.41 | 0.82 |
| SO ₃ | 2.30 | 0.11 | 0.51 |
| Specific surface (cm ² /g) | 3,413 | 4,500 | 3,117 |
| Loss ignition (%) | 1.40 | 2.1 | 3.82 |
| Density (g/cm ³) | 3.15 | 2.91 | 2.98 |

2.1.2 골재

본 실험에서 사용한 골재로 굵은 골재는 최대치수 10 mm의 부순 자갈을 사용하였으며, 잔골재는 세척사와 부순 모래를 5:5로 혼합하여 사용하였다. 골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical properties of aggregate

| Classification | Sea sand | Crushed sand | Coarse aggregate |
|-------------------------------|----------|--------------|------------------|
| Density (g/cm ³) | 2.62 | 2.59 | 2.65 |
| Absorption (%) | 1.23 | 1.57 | 2.96 |
| Amount of passing 0.08 mm (%) | 1.85 | 2.96 | 0.3 |

2.1.3 혼화제

혼화제(Admixture, AD)로 고성능 감수제는 밀도 1.03 g/cm³, 고형분함량이 20%인 국내산 폴리카본산계 고성능 감수제를 사용하였다.

한편, 일반적인 강도영역에서의 고유동 콘크리트를 제조하기 위한 증점제의 선정을 위해 검토된 증점제 (Viscosity Agent, VA)의 특성을 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Physical and chemical properties of viscosity agent

| Classification | Composition | Color | Shape | Viscosity (cps) |
|----------------|--------------------|--------------|--------|-----------------|
| MC | Methylcellulose | White | Powder | 3,000 |
| XG | Xanthan | Light yellow | Powder | 1,500 |
| PEO | Polyethylene oxide | White | Powder | 1,000 |
| ST | Starch | White | Powder | 500 |
| AC | Acrylic | Light grey | Liquid | 300 |
| UT | Urethane | Light brown | Liquid | 300 |

2.2 실험계획

2.2.1 증점제 선정

증점제의 선정을 위해 Table 4과 같이 배합실험을 실시하였으며, Table 5는 콘크리트 배합사항을 나타낸 것이다.

고유동 콘크리트를 제조하기 위해 기존 콘크리트 및 모르타르용으로 사용되는 증점제의 범용적인 사용량을 사용하여 재료분리가 발생하지 않는 범위에서 확보 가능한 최대의 슬럼프 플로값을 측정하여 각 증점제의 성능을 평가하고자 하였으며, 고유동 콘크리트의 점성을 평가하기 위해 500 mm 도달시간과 V-lot 통과시간을 측정하는 것으로 하였다.

배합사항으로는 콘크리트 및 모르타르의 재료분리 저항성 증대용으로 사용되는 각각의 증점제가 지닌 점도를 기준으로 사용량을 정하여 이를 콘크리트에 적용시키고 재료분리가 발생하기 직전까지 고성능 감수제를 투입하여 고유동 콘크리트에 가장 적합한 증점제를 도출해내게 하였다.

Table 4. Experimental factors of series I

| Variation | Item | Factor | |
|------------|------------------------|--------|--|
| Proportion | W/B (%) | 1 | -45.9 |
| | S/A (%) | 1 | -48.5 |
| | Binder | 1 | -OPC(70)+BS(20)+FA(10) |
| | Target slump flow (mm) | 1 | -Maximum value before segregation |
| | Viscosity agent type | 7 | -Plain(None) -MC(Methylcellulose type) -XG(Xanthan gum type) -PEO(Polyethylene oxide type) -ST(Starch type) -AC(Acrylic type) -UT(Urethane type) |

| | | | |
|-------------|-------------------|---|---|
| Measurement | Fresh concrete | 3 | -Slump flow -500 mm reaching time -V-lot passing time |
| | Hardened concrete | 1 | -Compressive strength (3, 7, and 28 days) |

Table 5. Concrete mixing design of series I

| | Unit Weight (kg/m ³) | | | | | | | | AD ¹⁾ (%/B) | VA ²⁾ (%/B) |
|-------|----------------------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|------------------------|------------------------|
| | B | W | C | BS | FA | S1 | S2 | G10 | | |
| Plain | | | | | | | | | 1.4 | - |
| MC | | | | | | | | | 1.8 | 0.01 |
| XG | | | | | | | | | 1.5 | 0.02 |
| PEO | 370 | 170 | 259 | 74 | 37 | 431 | 426 | 915 | 1.6 | 0.03 |
| ST | | | | | | | | | 1.5 | 0.06 |
| AC | | | | | | | | | 1.6 | 0.1 |
| UT | | | | | | | | | 1.7 | 0.1 |

2.2.2 증점제의 최적 사용량 도출

증점제 종류를 검토한 결과를 바탕으로 아크릴계 (Acrylic, 이하 AC) 및 우레탄계(Urethane, 이하 UT) 증점제의 결과가 매우 양호한 것으로 나타났으며, 본 실험에서는 AC 및 UT의 적정 사용량을 검토하고자 Table 6 과 같이 두 증점제의 혼합사용 및 고성능 감수제와 일액화를 통한 배합실험을 실시하였으며, Table 7은 콘크리트 배합사항을 나타낸 것이다. 사용재료 및 배합, 실험방법 등은 앞의 실험과 동일하게 수행되었다.

Table 6. Experimental factors of series II

| Variation | Item | Factor | |
|-------------|------------------------|--------|--|
| Proportion | W/B (%) | 1 | -45.9 |
| | S/A (%) | 1 | -48.5 |
| | Binder | 1 | -OPC(70)+BS(20)+FA(10) |
| | Target slump flow (mm) | 1 | -Maximum value before segregation |
| | Viscosity agent ratio | 6 | -Plain(None) -A (AC:UT 2.5:7.5) -B (AC:UT 5:5) -C (AC:UT 7.5:2.5) -D (AC) -E (UT) |
| Measurement | Fresh concrete | 3 | -Slump flow -500 mm reaching time -V-lot passing time |
| | Hardened concrete | 1 | -Compressive strength (3, 7, and 28 days) |

Table 7. Concrete mixing design of series II

| | Unit Weight (kg/m ³) | | | | | | | | AD (%/B) | VA (%/B) |
|-------|----------------------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----------|----------|
| | B | W | C | BS | FA | S1 | S2 | G10 | | |
| Plain | | | | | | | | | 1.5 | - |
| A | | | | | | | | | 1.8 | 0.1 |
| B | 370 | 170 | 259 | 74 | 37 | 431 | 426 | 915 | 1.7 | |
| C | | | | | | | | | 1.6 | |
| D | | | | | | | | | 1.6 | |
| E | | | | | | | | | 1.8 | |

2.3 실험방법

2.3.1 압축강도 시험

압축강도는 KS F 2405에 따라 $\phi 100 \times 200$ mm인 원주형 공시체를 변수별로 제작하고, Fig 1(a)에 나타낸 바와 같이 최대용량 3,000 kN의 만능재료시험기 (Universal Testing Machine, UTM)을 이용하여 0.7 mm/min의 재하속도에서 측정하였다.

2.3.2 유동성 시험

- 슬럼프 플로

슬럼프 플로는 고유동 콘크리트의 충전성을 가장 손쉽게 평가할 수 있는 시험 방법으로 KS F 2594에 따라 측정하였다. 슬럼프 콘에 콘크리트를 채운 후 다짐을 하지 않은 상태에서 슬럼프 콘을 들어올린 직후부터 콘크리트가 흐르기 시작하여 흐름이 완전히 멈춘 후 Fig 1(b)와 같이 최대 지름과 이와 수직된 방향의 지름을 각각 측정하여 이의 평균을 슬럼프 플로로 결정한다.

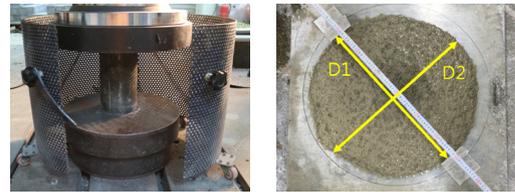
- 500 mm 도달시간

이 실험은 슬럼프 플로와 마찬가지로 KS F 2594에 따라 수행되었으며, 슬럼프 콘을 들어 올린 직후부터 굳지 않은 콘크리트가 흐르기 시작하여 콘크리트의 가장자리가 500 mm의 플로에 도달하는 시간을 측정함으로써 고유동 콘크리트의 점성을 평가할 수 있다.

2.3.3 V-lot 통과시험

고유동 콘크리트의 흐름 경로 변화에 대한 유연성 (flexibility)과 골재의 블록 현상 없이 제한된 지역을 통과할 수 있는 능력은 Fig 1(c)에 나타낸 V-lot 시험을 통해 평가할 수 있다. V-lot에 콘크리트를 다짐없이 채우고 약 1분이 소요된 후 게이트를 개방함과 동시에 콘크리트

가 빠져나가는 시간을 측정하기 시작하여 아랫부분에서 빛이 보이기 시작할 때까지의 시간을 측정한다.



(a) Compressive strength

(b) Slump flow



(c) V-lot

Fig. 1. Test method for high-fluidity concrete with low binders

3. 실험결과 및 고찰

3.1 증점제 선정 결과

본 실험은 일반강도 영역의 고유동 콘크리트 제조를 목표로 증점제 종류에 따른 재료분리 저항성 및 유동성을 검토한 것으로 각 수준별 굳지 않은 콘크리트의 일반적인 물리적 특성 실험결과는 Fig. 2~5와 같으며, Fig. 6에 압축강도 실험결과를 나타내었다.

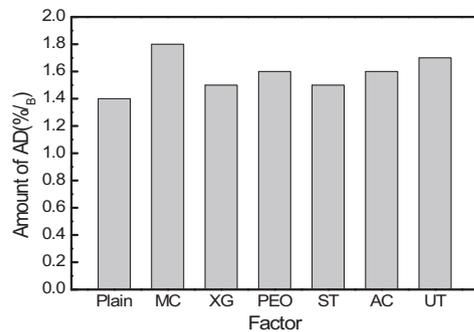


Fig. 2. Dosage of high range water reducing agent for maximum slump flow before segregation

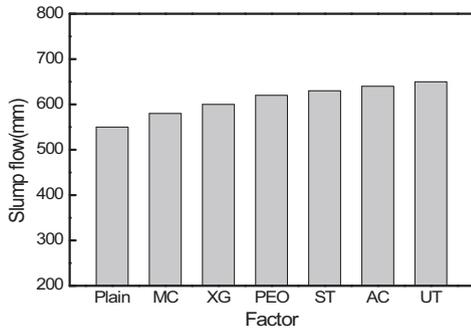


Fig. 3. Slump flow test result

본 실험에서는 각 증점제를 사용량 조절을 통해 일정한 점도로 고정하여 실험을 실시하였으며, 고성능 감수제의 사용량을 증가시켜가며 재료분리 직전의 최대 슬럼프 플로를 확인하였다. Plain의 경우 슬럼프 플로 550 mm에서 재료분리가 발생하였는데, 증점제를 사용한 모든 경우에서 유동성이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 메틸셀룰로오스계(Methylcellulose, 이하 MC) 증점제를 사용할 경우 점성이 다른 수준에 비해 상대적으로 커 재료분리 저항성은 좋으나 큰 점성으로 인해 다른 증점제에 비해 유동성을 저해하는 것으로 확인되었다. AC 및 UT의 경우 재료분리가 발생하지 않는 범위에서 가장 양호한 결과를 나타냈으며, 잔탄검계(Xanthan gum, 이하 XG), 폴리에틸렌옥사이드계(Polyethylene oxide, 이하 PEO) 및 녹말계(Starch, 이하 ST)의 경우도 재료분리 없이 유동성이 크게 증가하는 결과를 나타냈지만 배합에서 다수의 불리당이 육안으로 관측되어 작업성 유지 및 콘크리트의 품질확보에 문제가 있을 것으로 판단된다.

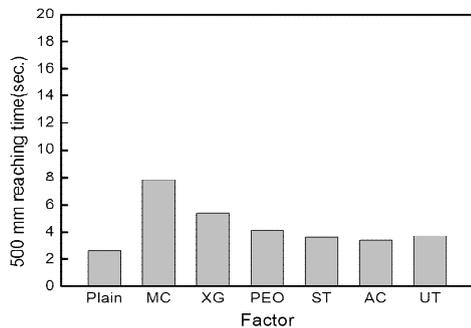


Fig. 4. 500 mm reaching time test result

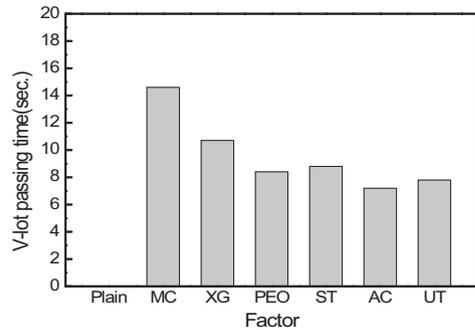


Fig. 5. V-lot passing time test result

500 mm 도달시간 측정결과 재료분리가 발생한 Plain을 제외하고 ST, AC 및 UT의 결과가 가장 양호한 것으로 확인되었으며, MC 및 XG는 점성이 크게 증가하는 것으로 나타났다. V-lot 통과시간은 재료분리가 발생한 Plain을 제외하고는 모두 15초 이내로 양호한 것으로 확인되었는데, AC, UT, PEO, ST, MC의 순으로 통과시간이 빠른 것을 확인되어 굳지않은 콘크리트의 실험결과 AC 및 UT 증점제의 결과가 가장 양호한 것으로 확인되었다.

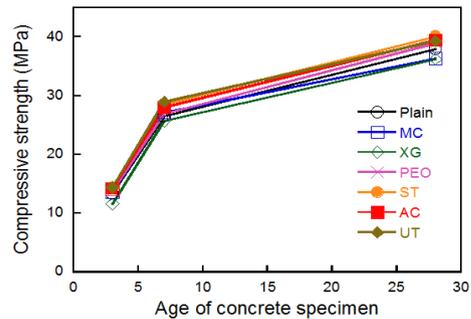


Fig. 6. Compressive strength test result

압축강도 시험결과 모든 수준에서 양호한 결과를 나타냈다. XG의 경우 초기강도에서 약간 저하하는 경향을 보였으나 재령 7일 이상의 경우는 본 실험에서 사용된 증점제의 종류와 상관없이 유사한 것으로 확인되었다.

3.2 증점제의 최적 사용량 도출

본 실험은 선정된 증점제의 혼합사용 및 혼화제와의 일액화 성능을 검토한 것으로 각 수준별 굳지 않은 콘크리트의 실험결과는 Fig. 7~10과 같으며, Fig. 11에 압축강도 실험결과를 나타내었다.

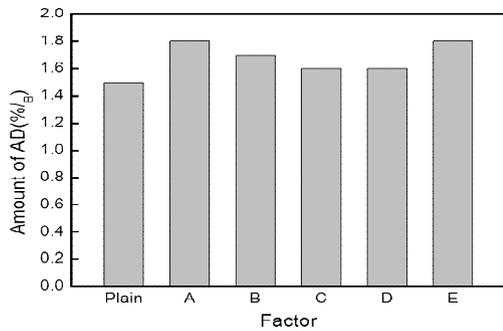


Fig. 7. Dosage of high range water reducing agent for maximum slump flow before segregation

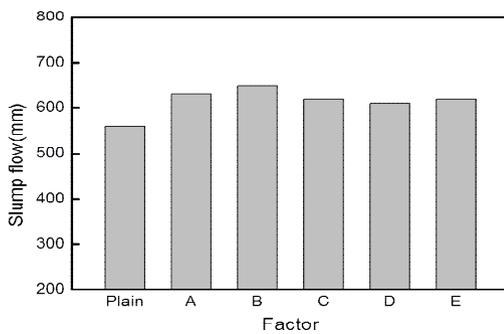


Fig. 8. Slump flow test result

슬럼프 플로 실험 결과 Plain의 경우 560 mm에서 재료분리가 발생하였으며, 증점제를 사용한 모든 경우에서 유동성이 증가하는 모습을 나타냈다. 고성능 감수제와 증점제의 일액화시 증분리와 같은 물리적인 변화가 발생하지 않았다. 증점제를 단독 사용한 경우 UT가 AC보다 약간 우수한 유동성을 나타내었으며, 혼합 사용시 AC와 UT의 혼합비율이 5:5일 때 유동성 증대 및 점성저감 효과가 높아짐을 확인할 수 있었다.

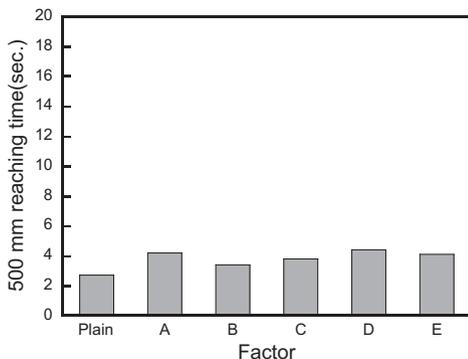


Fig. 9. 500 mm reaching time test result

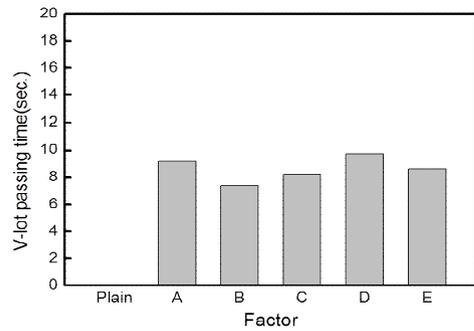


Fig. 10. V-lot passing time test result

500 mm 도달 시간 및 V-lot 통과시험 결과 AC와 UT 증점제를 5:5로 혼합사용한 경우 가장 우수한 성능을 나타내었다. 증점제를 단독 사용할 경우 AC에 비해서 UT가 좀 더 양호한 결과를 나타내었지만 혼합 사용한 결과와 비교하였을 때 슬럼프 플로, 500 mm 도달시간 및 V-lot 통과시간 등에서 오히려 성능이 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

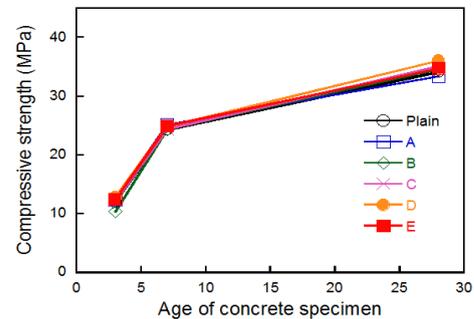


Fig. 11. Compressive strength test result

압축강도 실험결과 두 증점제의 혼입비율 및 혼화제와 일액화에 따른 영향은 미미하였으며, 소량의 증점제의 사용은 콘크리트의 압축강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. AC와 UT를 5:5로 혼합사용한 경우 초기 3일 재령에서의 강도가 약간 저하되는데 이는 초기 유동성이 다른 수준에 비해 크기 때문으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 일반강도 영역의 증점제계 고유동 콘크리트의 제조를 위해 점성을 최소화하고 재료분리 저항

성은 극대화시킬 수 있는 증점제를 선정하고, 선정된 증점제의 최적 사용량 검토 및 고성능 감수제와의 일액화를 진행하여 적용성과 물리적인 특성을 검토하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) MC 증점제의 경우 점성이 다른 수준에 비해 상대적으로 커 재료분리 저항성은 좋으나 큰 점성으로 인해 유동성을 저해하는 것으로 확인되었다. AC 및 UT의 경우 재료분리가 발생하지 않는 범위에서 가장 양호한 결과를 나타냈다. XG, PEO 및 ST의 경우도 재료분리 없이 유동성이 크게 증가하는 결과를 나타냈는데, 배합에서 다수의 블리딩이 육안으로 관측되어 작업성 유지 및 콘크리트의 품질 확보에 문제가 있을 것으로 판단된다.
- 2) 500 mm 도달시간 측정결과 재료분리가 발생한 Plain을 제외하고 ST, AC 및 UT의 결과가 가장 양호한 것으로 확인되었으며, V-lot 통과시간은 재료분리가 발생한 Plain을 제외하고는 모두 15초 이내로 양호한 것으로 확인되었는데, AC, UT, PEO, ST, MC의 순으로 통과시간이 빠른 것으로 나타났다. 따라서 증점제 중 저분체 고유동 콘크리트의 제조에 가장 적합한 것은 AC 및 UT 증점제가 가장 적합한 것으로 확인되었다.
- 3) 모든 증점제는 고성능 감수제와 일액화시 층분리와 같은 물리적인 변화는 없었으며, UT와 AC의 혼합비율이 5:5일 경우 유동성 증대 및 점성저감 효과가 높아짐을 확인할 수 있었다.
- 4) V-lot 통과시험 결과 AC와 UT 증점제를 5:5로 혼합사용한 경우의 결과가 가장 우수하게 나타났으며, 단독 사용시 AC에 비해서는 UT 증점제가 좀 더 양호한 결과를 나타내었다. 압축시험결과를 통해 소량의 증점제의 사용은 콘크리트의 압축강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었으며, 따라서 두 증점제의 비율이 5:5일 때 유동성 증대 및 점성 저감효과가 증가함에 따라 저분체 고유동 콘크리트에 가장 적합한 것으로 나타났다.

& Construction, Vol. 14, No. 12, pp. 111-118, Dec. 1998.

- [2] J. H. Kim, S. C. Yoon, N. Y. Jee, "The Effect of Combined Aggregates on Fluidity of the High Fluid Concrete Containing GGBFS", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 3, No. 4, pp. 79-86, Dec. 2003.
DOI: <https://doi.org/10.5345/JKIC.2003.3.4.079>
- [3] H. K. Jeon, J. K. Lim, B. H. Lim, "An Experimental Study on the Flow and Strength Properties of High Flowing Concrete with Admixture", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 15, No. 2, pp. 117-124, Feb. 1999.
- [4] C. G. Han, E. K. Choi, G. C. Kim, B. Y. Cho, "A Fundamental Study on the Properties of High-Fluidity Concrete Using Viscosity Agent", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 13, No. 5, pp. 271-278, May 1997.
- [5] S. W. Kim, J. J. Park, S. H. Bae, J. I. Park, "Optimum Mix Proportions of High Fluidity Antiwashout Underwater Concrete Using Ground Granulated Blast Furnace Slag", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 8, pp. 3704-3712, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.8.3704>
- [6] D. U. Lee, M. G. Lee, H. J. Park, "A Study on Fluidity ability, Filling ability Properties of High Fluidity Concrete with Illite Powder", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, No. 12, pp. 8363-8369, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8363>
- [7] H. C. Shin, Y. S. Park, S. H. Cho, H. Y. Choi, G. Y. Kim, M. H. Kim, "A Study on the Evaluation Method of Fluidity of High Flowing Concrete", *Journal of the Architectural Institute of Korea Conference*, Vol. 17, No. 1, pp. 707-709, Apr. 1997.

박 기 준(Gi-Joon Park)

[정회원]



- 2013년 2월 : 세종대학교 공과대학 건설환경공학과 (공학학사)
- 2015년 2월 : 세종대학교 일반대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2015년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 연구원

<관심분야>

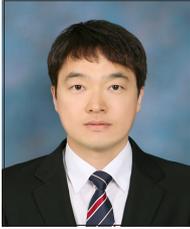
토목공학, 건설재료

References

- [1] J. H. Kim, N. Y. Jee, W. J. Kim, "A Comparative Study on the Composition of using Materials through referring to The High Fluidity Concrete of Korea and Japan", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure*

박 정 준(Jung-Jun Park)

[정회원]



- 1998년 2월 : 계명대학교 토목공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 계명대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 고려대학교 대학원 건축사회환경공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 수석연구원

<관심분야>

토목공학, 건설재료

김 성 욱(Sung-Wook Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 영남대학교 토목공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 영남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1998년 2월 : 동국대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2003년 12월 ~ 2004년 12월 : 호주 UNSW, 객원연구원

- 1989년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원, 선임연구원

<관심분야>

토목공학, 건설재료

이 동 규(Dong-Gyu Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 청주대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 청주대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 2014년 8월 ~ 2016년 3월 : 충청대학교 공학기술연구원 선임연구원
- 2016년 4월 ~ 현재 : 동남기업 중앙연구소 책임연구원

<관심분야>

콘크리트, 건설재료