

석회석미분말을 사용한 굳지않은 콘크리트의 특성

Properties of fresh concrete using lime stone powder

조 일 호* · 성 찬 용 (충남대)

Cho, Il Ho* · Sung, Chan Yong

Abstract

In this research, the physical properties of fresh concrete using lime stone powder as a part of cement were investigated. Fresh concrete using lime stone powder was prepared with various lime stone powder replacement(5~12 volume %) for cement and the quantities of sand aggregate ratio in concrete were 47.3%, 48.5% and 49.4% of ratio of sand aggregate. The workability, flowing characteristics, air content and bleeding of concrete using lime stone powder were tested and the results were compared with those of ordinary portland cement concrete. In the experiment, we acquired satisfactory results at the point of fresh concrete characteristics using lime stone powder within the replacement ratio of 8~12% and the optimum quantity of sand aggregate ratio in concrete was found to be 48.5%~50% of ratio of sand aggregate.

I. 서론

콘크리트 재료분야에 있어서의 최근 기술개발 중심은 후레쉬(fresh)콘크리트의 성상을 개선하려고 하는 다방면으로부터의 접근에 있다고 이야기해도 과언이 아니다. 폴리카르본산계의 고성능 AE 감수제를 비롯해서 각종 미분말 혼화재의 이용, 특수시멘트의 개발 등이 추진되고 있고, 고강도 콘크리트, 고유동 콘크리트가 주목을 끌고 있다. 이 종의 콘크리트의 제조에 관해서 석회석미분말은 그 화학적 활성의 근저에서부터 분체 재료의 사용량의 증대에 수반되는 수화열의 증대를 억제할 수 있고, 후레쉬(fresh) 성상을 개선할 수 있는 혼화재료로서 기대되고 있고, 기존의 연구도 그것에 대한 특성을 고려한 고강도, 고유동 콘크리트를 대상으로 한 것에 집중하고 있다. 본 연구에서는 석회석미분말을 사용한 콘크리트에 관해서 유동성, 재료분리저항성, 공기 연행성, 블리딩, 응결 등의 후레쉬(fresh) 성상에 미치는 영향에 관한 것으로 실용화를 위한 연구 기초자료로서 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

일반적으로 널리 사용되어지는 D사의 제품으로 KS 규격에 합격한 것으로 비중 3.15, 분말도 3,513cm²/g, C₃A가 2.38%인 포틀랜드 시멘트 1종을 사용하였다.

나. 골재

레미콘 제조와 관련한 골재에 관한 규정사항에 따라 부순굵은골재는 KS F 2527에 적합한 것으로 조립률이 6.85, 절대건조 밀도 $2.61\text{g}/\text{cm}^3$, 실적율 59.4%인 콘크리트용 골재를 사용하였고, 잔골재는 세척사와 부순모래를 8대2로 혼합한 것으로 조립률이 2.83, 점토덩어리 0.1%, 표면건조포화상태의 밀도 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$, 유기불순물이 표준색 용액보다 연한 것으로 혼합골재를 사용하였다.

다. 혼화제

콘크리트의 내구성 및 시공성 향상을 목적으로 물시멘트비를 감소시켜 조기강도 발현성을 향상시키고 작업성을 확보하기 위하여 주성분이 폴리카르본산, 비중 1.18, 고형분율 39.2%인 고성능AE 감수제를 사용하였다.

라. 혼화제

레미콘 제조와 관련한 규정사항으로 KS F 4009의 경우 혼화제중에서 대부분 업체에서 많이 사용하고 있는 정제 플라이애시와 콘크리트 및 강재에 해로운 영향을 주지 않는 석회석 미분말을 사용자의 승인을 얻어 사용하였다.

마. 물

레디믹스트 콘크리트 혼합에 사용된 물은 현탁물질의 양 $0.1\text{g}/\text{L}$, pH가 7.2, 염소이온량이 27ppm인 공업용수를 사용하였다.

2. 콘크리트 배합

보통 콘리트의 배합은 고객의 요구 품질 규정을 만족하는 것으로 시험비빔에 의해 결정하였다. 플라이애시를 기본으로 사용한 배합조건으로 단위수량 $160\text{kg}/\text{m}^3$ 이하, 단위결하재량은 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 이상, 고성능AE감수제는 0.5% 타입, 공기량 $4.5\pm 1.5\%$, 염화물이온량은 $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 이하, 물결합재비 55%이하로 하여 배합강도 21~35Mpa 까지의 범위를 대상으로 배합설계를 하였다.

3. 시험방법

가. 레올로지 시험

굳지 않은 콘크리트를 빙함의 유체로 가정하여 항복값과 소성점도를 측정하는 것으로 원통형 용기에 시료를 채운 후 4개의 날개를 회전시켜 회전수(N)와 토크를 측정하였으며, 다음과 같은 식으로부터 콘크리트의 항복값 및 소성점도를 계산하였다.

$$T = A + B \times N$$

여기서, T는 토크($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$), A는 항복값($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$), B는 소성점도($\text{kg}\cdot\text{cm}\cdot\text{min}$)를 의미한다.

나. 슬럼프 유동성 시험

슬럼프플로우 시험은 시험후의 콘크리트의 퍼지는 상태나 거동 등을 관찰하여 KS F 2402에 준하여 측정하였다. 유동속도 시험은 약 10리터의 시료를 롯트부에 다지거나 두들김을 행하지 않고 한번에 가득채워 하부의 토출구를 개방하여 시료의 유하시간을 stopwatch를 사용해서 측정하였다. 이 유하시간은 토출구의 개방으로부터 롯트상면에서 관찰하여 토출구를 지나서 하부가 보일때 까지의 시간이다.

다. 공기량 시험

공기량은 콘크리트의 워커빌리티, 강도, 내동해성, 내구성 등을 지배하는 중요한 요인중의 하나이다. 따라서 그 관리는 충분히 신중을 기하여야 한다. KS F 2421에 의한 압축방법으로 측정하였다.

라. 블리딩 시험

콘크리트를 타설한 후에 생기는 블리딩은 침하 및 균열의 원인이 될 뿐만 아니라, 몰드면에 생기는 모래 길이나 물줄기가 생기는 원인이다. 그리고 콘크리트의 내부에서는 골재나 철근의 밑면에 물 틈새를 만들게 되어 철근과 콘크리트의 부착을 저하시키거나 강도 저하를 일으키며, 내구성을 저하시키는 원인도 된다. 그러므로 콘크리트의 기본적 성질로 블리딩이 어느정도 발생하는가를 파악하기 위하여 KS F 2414에 준하여 측정하였다.

마. 응결 시험

시멘트의 품질, 콘크리트의 배합, 혼화재료의 사용, 온도 등이 콘크리트의 응결경화과정에 미치는 영향을 파악할 목적으로 KS F 2436에 준하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 레오로지에 미치는 영향

레오로지에 관한 연구는 주로 비교적 분체량이 많은 고유동 콘크리트에 관해서 행해지고 있다. 분체량이 높아질수록 내할배치하는 것에 의해 항복치 및 소성점도는 낮게 나타나고 있다. 또한, 결합재량에 대해서는 외할첨가하는 것에 의해 항복치 및 소성점도는 증대하였다. 석회석 미분말량이 높으면 높을수록 소성점도는 크게 나타났으며, 소성점도는 분말도가 높은 것이 낮게 나타났다. Tattersall⁵⁾에 의하면 시멘트와 같은 점도 분포를 가진 석회석 미분말에서 내할치환한 페이스트의 외관점도가 저하하는 것에 의해 석회석 미분말의 입자 표면의 물리적 화학적 특성이 페이스트의 레오로지에 영향을 주고 있고 입도 분포가 광범위한 것이 분체 전체의 실적율을 높이고 페이스트의 소성점도를 저하시킨다고 고찰하고 있다.

2. 슬럼프 유동성에 미치는 영향

석회석 미분말을 분체에 대해 내할치환한 경우 소정의 유동성을 얻기 위해 필요한 혼화제의 첨가량은 그 치환율과 같이 감소하는 경향이 있고 결합재량에 대해 외할첨가한 경우 혼화제의 첨가량은 그 첨가율의 증대와 같이 증대하는 경향이 있다. 사용재료 및 배합조건이 다르지만 석회석 미분말을 사용하는 것에 의해 슬럼프 유동성이 개선된다고 생각된다. 특히 고유동 콘크리트의 경우 석회석 미분말의 분체입자의 특성에 의해 동일 슬럼프 유동성을 얻기 위해 필요한 고성능AE감수제의 첨가량의 저감 효과도 많다고 볼 수 있고, 고유동 콘크리트의 혼화재료로서 유효하다고 생각된다.

3. 공기량에 미치는 영향

일반적으로 사용하는 혼화재료의 품질에 의해 콘크리트의 내구성이나 시공성에 필요한 공기량이 변동하는 것을 알 수 있다. 예를 들면 미연소카본을 많이 포함한 플라이애시를 병용한 경우 미연소카본에 AE제가 흡착되기 위해 소정의 공기포를 혼입하기 위해서는 플라이애시를 사용하지

않는 경우와 비교해서 AE제량을 많이 할 필요가 있다. 석회석 미분말에도 다른 분체와 같이 AE제가 흡착되기위해 그 첨가량이나 분말도의 증대와 같이 소정의 공기량을 얻기 위한 AE제량도 증대한다고 생각된다. 또한 석회석 미분말의 입자형상이 비교적 모가난 형상을 하고 있기 때문에 구상에 가까운 플라이애시와 비교해서 공극이 많아진다고 볼 수 있다. 단, 비교되는 플라이애시에 의해서는 반대의 경향이 될 가능성도 있다.

또한, 공기량의 관리값은 일반 AE콘크리트와 마찬가지로 4~5%의 범위이다. 특히, 공기량 변화에 영향을 미치는 요인으로 펌프압송을 꼽을 수 있다. 분체계와 증점계 고유동 콘크리트에 대한 압송전후의 공기량 변화를 보면, 배관직경이 같을 경우에는 차이가 없지만, 배합조건에 따라 큰 차이가 있다.

4. 블리딩에 미치는 영향

일반적으로 세골재의 미립분의 보충과 분체의 활증 사용 등의 목적으로 혼화재료를 결합재량에 대해서 외할첨가하는 경우에 대해 블리딩을 저감하는 것으로 알고 있고, 석회석 미분말을 병용한 경우에도 마찬가지로의 것을 확인할 수 있다. 석회석 미분말을 결합재량에 대해서 외할첨가한 경우 그 첨가량의 증대와 함께 블리딩율은 감소하고 석회석 미분말을 150kg/m³ 첨가한 콘크리트의 블리딩율은 첨가하지 않은 경우의 약 20%가 되었다. 또한 석회석 미분말의 비표면적의 증대에 따르는 블리딩은 감소한다. 또한 분체에 대해 외할치환한 콘크리트의 블리딩율은 치환율의 증대와 함께 감소하는 경향이 있고, 석회석 미분말의 첨가에 의해 블리딩 억제 효과가 인정되었다. 그 메카니즘으로서 시멘트 입자로부터 입자경이 작은 석회석 미분말이 증가하는 것에 의해 블리딩 수의 이동유로가 길어지는 것과 시멘트로부터 석회석 미분말의 비중이 가볍기 때문에 석회석 미분말의 침강속도가 늦어지고 블리딩 발생속도가 늦어지는 등 물리적인 영향이 크다고 고찰된다.

블리딩율의 관리목표는 대부분 0~3%이며, 지금까지의 실적으로 볼 때 1~3%가 가장 많은 것으로 나타났다.

5. 응결시간에 미치는 영향

석회석 미분말을 결합재량에 대해 외할첨가 고유동 콘크리트의 응결시간은 첨가율이 증대하는 것과 함께 약간 빨라지고 그 요인으로서는 석회석 미분말을 첨가하는 것에 의해 블리딩율이 감소했기 때문이라고 본다. 이상과 같이 석회석 미분말의 병용이 응결시간에 주는 영향은 적다고 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 석회석미분말을 사용한 굳지않은 콘크리트의 성상에 미치는 영향에 관해서 규명하였으며, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 보통 콘크리트의 분체량이 높아질수록 내할배치하는 것에 의해 항복치 및 소성점도는 낮게 나타나고 있다. 또한, 결합재량에 대해서는 외할첨가하는 것에 의해 항복치 및 소성점도는 증대하였다. 석회석 미분말량이 높으면 높을수록 소성점도는 크게 나타났으며, 소성점도는 분말도가 높은 것이 낮게 나타났다.

2. 석회석 미분말을 결합재량에 대해서 내할 치환할 경우 치환율이 커질수록 같은 유동성을 얻기 위해서 사용한 혼화제의 사용량은 약 20%정도 저감되었다.
3. 석회석 미분말에 AE제가 흡착되기 때문에 석회석 미분말을 사용하지 않는 경우보다도 AE제의 사용량을 약 2배정도 증가할 필요가 있다.
4. 석회석 미분말을 사용한 콘크리트는 첨가량의 증대와 함께 블리딩율은 감소하고 석회석 미분말을 40kg/m³ 첨가한 콘크리트의 블리딩율은 첨가하지 않은 경우의 약 20%가 되었다.
5. 응결특성에 관해서는 석회석 미분말이 수화반응을 촉진시키는 결과보다도, 석회석 미분말을 사용하는 것에 따라서 증감하는 혼화제의 사용량에 의한 영향이 크게 나타났다. 또한, 석회석 미분말의 12%까지는 치환율이 커질수록 응결시간이 짧아지므로 현장에서 타설계획, 마무리 계획 등을 세우는 것이 바람직하다고 사료된다.

참고문헌

1. Bijen, J., 1996, Benefits of Slag and Flyash, Construction and Building Materials, 10(5), pp.249-252.
2. Bonavetti, V. Donza, H., Rahhal, V., and Irassar, E., 2000, Influence of Initial Curing on the Properties of Concrete Containing Limestone Blended Cement, Cement and concrete Research, (30), pp.703-708.
3. Poitevin, P., 1999, Limestone Aggregate Concrete, Usefulness and Durability, Cement and concrete Compstes, (21), pp.89-97.
4. Tsivilis, S., Chaniotakis, G., Batis, G., 2002, An analysis of the properties of portland limestone cements and concrete, Cement and Concrete Research, (24), pp.371-378.
5. Yeong-ho Kwon, 2002, A study on the mix design and quality factors of the combined high flowing concrete using high belite cement, KCI Concrete Journal,(3), pp.121~129
6. Tattersall, 1995, British Journal of Applied Physics, 6,[5], p.165
7. P.F.G.Banfill and D.C.Saunclers, 1991, Cement and Concrete Resaerch, 11,[3],p.363