

β -NSF계와 빈줄계 계면활성제로 변성된 인조석의 물성

조 현 영[†] · 박 성 기 · 서 정 목 · 김 진 만*

공주대학교 화학공학과, *건축공학과
(1999년 3월 20일 접수, 1999년 5월 25일 채택)

A Study for the Physical Properties of Artificial Stone Admixture with β -NSF Base & Vinsol Base Surfactants

Heon-young Cho[†], Seong-ki Park, Jung-mok Suh, and Jin-man Kim*

Department of Chemical Engineering, *Department of Architecture Engineering, Kongju National University,
Kongju 314-701, Korea

(Received March 20, 1999; accepted May 25, 1999)

요 약: 건축용 외장재로 사용되는 인조석은 혼합수, 시멘트, 석분, 경량골재를 사용하여 만들어지는데, 본 연구에서는 인조석의 제조단가를 낮추고 물성을 향상시키기 위하여 β -NSF계 계면활성제와 빈줄계 계면활성제를 사용하였다. 본 연구를 통해 β -NSF계와 빈줄계 계면활성제의 최적 배합비가 1.0 wt %와 0.1 wt % 됨을 도출하였고, 새로 개발된 인조석은 기존의 인조석에 비하여 물성이 약 20% 증가하고, 동결융해 저항성이 300% 증가하였다. 그러나, 제조가격은 기존의 제품에 비해 30% 이상 감소된다.

Abstract: Exterior finishing materials of artificial stones are manufactured with the mixture of water, cement, stone powder and light-weight aggregate. In this research, we tried to find a way of increasing the physical properties and decreasing the manufacturing cost of artificial stone. So, we used β -NSF base surfactant and vinsol base surfactant to the artificial stone mixture instead of light-weight aggregate. The optimum dosage of the β -NSF and the vinsol surfactants for artificial stone are found to be 1.0 wt % and 0.1 wt % of cement, respectively. The physical properties increased ca. 20% and the durability for freezing & thawing of the new artificial stone increased ca. 300%. while the manufacturing cost of the new artificial stone decreased as much as 30%.

Key words: Artificial stones, β -NSF base surfactant, Vinsol base surfactant, Physical properties, Durability for freezing & thawing

1. 서 론

현재 국내에서 건축 외장재로 폭발적인 인기를 끌고 있는 인조석은 백시멘트 혹은 보통 시멘트(ordinary portland cement, OPC)에 채석 공장에서 발생하는 석분과 수입품인 인공경량골재(artificial light-weight aggregate, ALA) 혼합물에 약간의 안료를 섞고 물과 함께 배합하여 제조한다.

여기서 사용되는 ALA는 단지 인조석의 비중을 감소시키기 위하여 사용되며, 석분은 경제적인 측면과 미분에 의한 인조석 표면의 질감을 메끄럽게 하기 위하여 모래 대용으로 사용한다. 그러나 IMF 이후 ALA의 수입가격이 급등하여 인조석의 제조 원가에서 ALA의 원 단위 비율이 30% 이상으로 높아지고, 석분에 다량 함유된 미분에 의한 인조석의 흡수율 증가와 물성 감소, 동결융해에 대한 내구성 감소 등의 문제점들이 예상되었다.

따라서 본 연구에서는 아직까지 국내외에서 적용되지 않고 있는 β -NSF계와 빈줄계 계면활성제를 인조석 모르타르에 첨가하여, 인조석 제조원가에 상당부분을 차지하는 ALA를 사용하지 않고 인조석의 경량화를 도모하는 동시에 동결융해에 대한 저항성 등과 같은 인조석의 물성을 개선하고자 하였다.

2. 이 론

2.1. 빈줄계 계면활성제에 의한 시멘트의 공기연행 작용

단량체의 구조가 Figure 1과 같고 carboxyl 기(-COONa)가 친수기로 작용하는 vinsol계 공기연행(air entraining: AE)제[1]는 일종의 음이온 계면활성제로 인조석 모르타르에 적당량 섞고 믹서를 이용하여 혼합하면, 모르타르 조직 내에 유입되는 공기 포에 계면활성제의 소수기를 배향하고 용액 층에는 친수기를 배향한 흡착층을 순간적으로 형성하여 연행된 공기 포를 안정화시킨다. 또한 매질 내에 생성된 기포는 부력에 의해서 상승하여 용액 표면에 도달하면 기포 표면에 용액을 감싸면서 액면에 뜬다. 이때 용액 표면의 계면활성제 흡착층은 기포 내면의 흡착층과 면대칭을 이루어 각각 용액의 얇은 층을 둘러싼 또 다른 거품이 된다[2,3].

이와 같이 인조석 모르타르 조직 내에 형성된 연행된 공기 포는 인조석의 비중을 감소시키는 물론 인조석이 흡수된 상태로 동결될 때 수분의 동결로 인한 팽창 응력을 흡수하는 완충제 역할을 하게 되므로 인조석의 내구성이 크게 향상되는 것으로 알려졌다[4].

2.2. β -NSF계 계면활성제에 의한 시멘트의 분산작용

β -NSF 계면활성제는 슬폰산기(-SO₃Na)를 함유한 음이온 계면활성제의 일종으로 시멘트 몰탈에 혼입되면 Figure 2(a)와 같이 해리된 후 다시 시멘트 입자 표면에 있는 Ca⁺⁺등과 흡착하게 된다[1].

[†] 주 저자 (e-mail: hycho@knu.kongju.ac.kr)

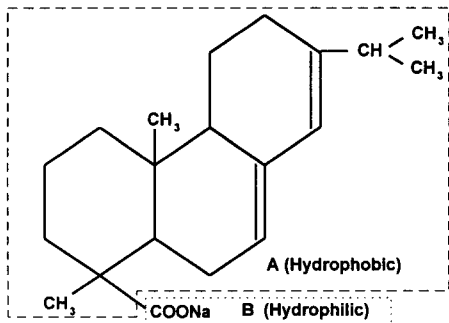


Figure 1. Structural formula of vinsol monomer[1].

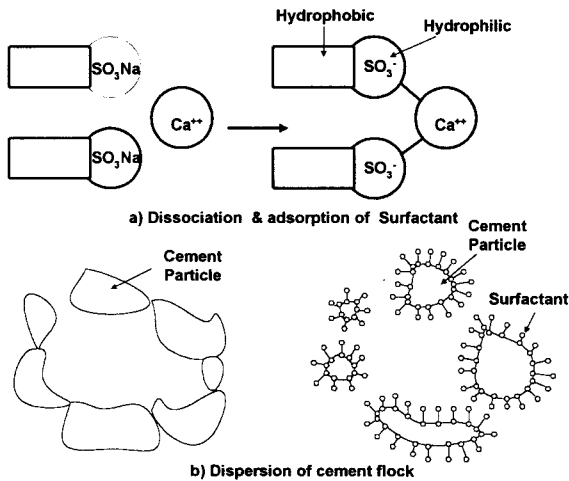


Figure 2. Schematic illustration of dissociation & adsorption of anionic surfactants in cement mortar[1].

이렇게 흡착된 시멘트 입자들은 Figure 2(b)에서 보여 주는 바와 같이 시멘트 입자 표면이 소수성 계면활성제 층에 의해서 둘러싸이게 되면서 입자들 서로가 응집되는 것이 방해되고, 시멘트의 수화반응이 일시적으로 저지되어 모르타르 내에서 시멘트 입자들의 분산작용이 나타나는 것으로 알려 졌다[1,5,6].

계면활성제에 의한 무기 입자들의 분산 기구는 DLVO 이론, 입체 효과 이론, depletion 효과 이론, tribology 효과 이론, 표면장력 저감 효과 이론들[1,2,6]에 의해서 보다 상세하게 설명되고 있다.

3. 실험재료 및 방법

3.1. 실험재료

3.1.1. 시멘트

국내 아세아시멘트공업주식회사에서 제조하는 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였다.

3.1.2. β-NSF계 계면활성제

국내 MK사에서 제조하여 콘크리트용 고성능감수제로 많이 사용되고 있는, 나프탈렌 포름알데하이드 술폰산염 축합물을 주성분으로 하는 Mighty-150을 사용한다.

3.1.3. 빈줄계 계면활성제

국내 MK사에서 제조하여 콘크리트용 공기연행제(AE제)로 많이 사용되고 있는 빈줄을 주성분으로 한 NC-31을 사용하였다.

Table 1. The Specific Gravities and the Water Absorption Ratios of Stone Powder and Light Weight Aggregate

Sample	Dry sp. gr.	Surface dry sp. gr.	Bulk sp. gr.	Absorption (%)
Stone powder	2.96	2.64	2.47	6.63
Light weight aggregates	1.08	1.06	0.78	26.60

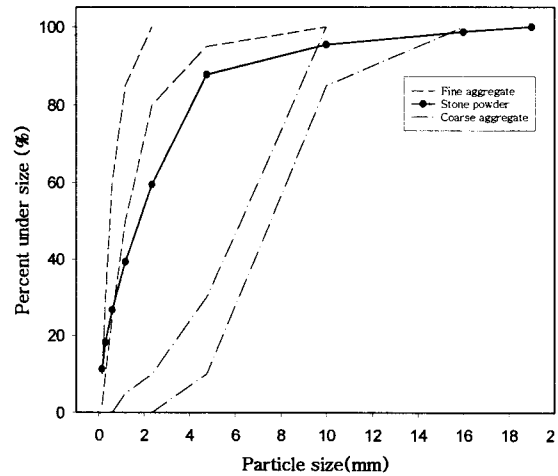


Figure 3. Particle size distribution of stone powder.

3.1.4. 석 분

현재 아성산업에서 인조석 제조 시에 골재로사용하는 석분을 사용하였으며, KS F 2504 [잔 골재의 비중 및 흡수량 시험방법]에 따라서 비중과 흡수량을 측정한 결과는 Table 1과 같고, 입도 분포는 Figure 3과 같다.

KS에서 규정하는 잔 골재 범위와 굵은 골재 8호 범위의 중간에 분포하는 것으로, 석분에는 일반 모래보다 미세한 미분말이 많이 포함되었으며, 1.18 mm에서 4.75 mm 되는 큰 입자들도 다량 포함되어 있다.

3.1.5. 경량골재

현재 현장에서 인조석 제조 시에 경량골재로 사용하는 화산석(permitt)을 KSF 2503 [굵은 골재의 비중 및 흡수량 시험방법]에 따라서 비중과 흡수량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 그리고 경량골재를 KS F 2502 [잔 골재와 굵은 골재의 체 가름 시험 방법]에 따라서 경량골재의 체 가름 시험을 한 결과는 Figure 4와 같다.

화산석의 입도 분포는 KS에서 규정하는 굵은 골재 8호와 거의 유사하나, 8호 골재에 비하여 1.18 mm 이하의 미분이 약간 있으며, 입자의 크기가 2.36 mm에서 10.00 mm인 화산석이 대부분을 차지한다. 화산석의 표면은 매끄러우며, 기공이 많이 있다.

3.2. 실험방법

3.2.1. 배합설계

본 연구는 2단계로 실시되었다.

1단계에서는 기초실험[7,8]에서 얻어진 결과를 토대로 하여 인조석 제조원가에 상당 부분을 차지하는 경량골재를 사용하지 않고, Table 2의 base mortar 배합비로 β-NSF계 계면활성제 1.0%에 빈줄계 계면활성제를 0.00~0.15%까지 첨가하여, 인조석의 물성과 내구성 및 경량화에 최적인 계면활성제 첨가량을 도출하였다.

Table 2. Mixing Proportions of Artificial Stone

Sample	W/C (%)	Flow (%)	cement	Stone powder	Light weight aggregates	β -NSF (wt %)	Vinsol (wt %)
Base mortar AS-D	550 g (55)	110±5	1000 g	3000 g	-	0.1	0.00~0.15
Control mortar	AS-A	750 g (75)	1000 g	2500 g	500 g	0.0	0.0
	AS-B	700 g (70)	1000 g	3000 g	-	0.0	0.0

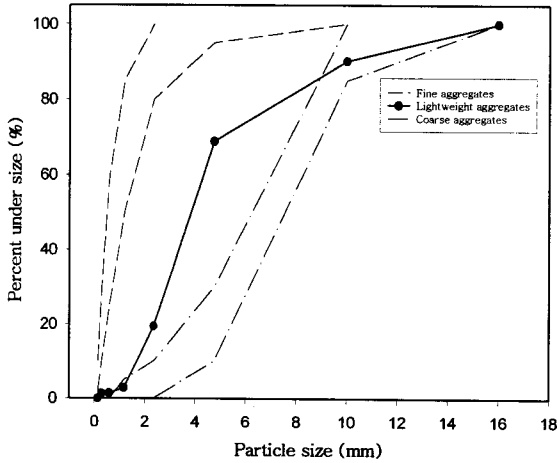


Figure 4. Particle size distribution of light weight aggregates.

2단계에서는 1단계 실험에서 얻어진 최적의 계면활성제 혼합조건으로 제조된 인조석(AS-D)과 현재 생산현장에서 사용하는 Table 2의 control mortar 배합 인조석(AS-A), 석분만을 골재로 사용한 인조석(AS-B)의 물성과 동결융해에 대한 내구성을 비교분석하였다.

3.2.2. 시험방법

(1) 모르타르의 흐름도 측정

KS L 5109 [수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합방법]에 따라서 측정하였다.

(2) 단위중량 측정

압축강도 측정을 위해 제작한 몰드(mold)[40×40×160 mm]를 이용하여 인조석 모르타르반죽을 넣고, 모르타르의 중량과 부피를 측정하여 계산하였다.

(3) 모르타르의 압축강도 측정

JIS R 5201 [수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법]에 따라서 3연형 4×4×16 cm³ 몰드에 성형하여 중량을 측정한 후, 20 °C 습윤 양생실에서 3일, 7일, 28일간 양생하면서 각각 압축강도를 측정하였다.

(4) 동결융해 저항성

시험용 공시체는 76×76×406 mm 몰드를 사용하여 KS F [시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법]에 따라 만들고 14일간 수중에서 양생한 후, KS F [급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법]에 따라 1일에 3주기(cycles)씩 4 °C에서 -18 °C로 동결과 융해조작을 반복한 후 가로 1차 주파수를 측정하여 상대동탄성계수를 측정하였다.

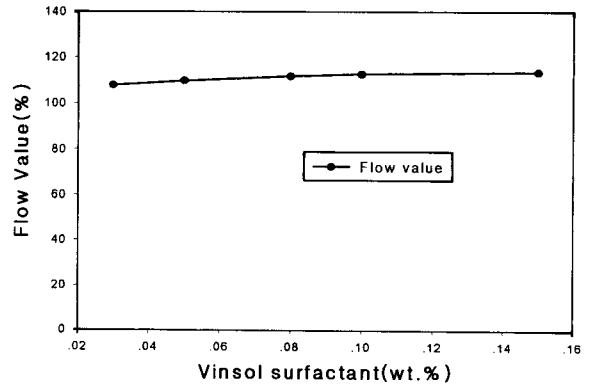


Figure 5. Effect of vinsol surfactant on the flow of artificial stone(β -NSF: 1.0%, W/C: 55%).

4. 실험결과 및 고찰

4.1. β -NSF계 계면활성제와 빈줄계 계면활성제의 최적 첨가량

4.1.1. 실험결과

본 실험은 경량골재를 사용하지 않은 인조석 배합에 β -NSF계 고성능 감수제를 시멘트 중량의 1.0% 첨가하고, 빈줄계 공기연행제를 시멘트 중량의 0.00~0.15%까지 첨가하여 인조석의 흐름도, 단위중량, 압축강도, 휨강도를 측정 결과이다.

(1) 흐름도

Figure 5에서 보여주는 바와 같이, β -NSF가 1.0% 첨가된 인조석 모르타르에 빈줄계 계면활성제를 0.00~0.15% 첨가하더라도 흐름도에 큰 변화가 없다.

(2) 단위 중량

Figure 6에서 보여주는 바와 같이 β -NSF 1.0%에 빈줄계 AE계 첨가량을 0.05%에서 0.15%로 변화시키면, 인조석의 단위중량은 2.22 g/cm³에서 2.02 g/cm³로 약 10% 감소된다.

(3) 압축강도

Figure 7에서 보여주는 바와 같이 빈줄계 계면활성제 첨가량이 증가함에 따라서 인조석의 압축강도는 비례적으로 감소하며, 인조석의 양생기간이 증가하면 압축강도의 감소 폭이 증가하는 것을 알 수 있다.

(4) 휨강도

Figure 8에서 보여주는 바와 같이, 인조석의 휨강도 특성도 압축강도와 거의 같은 양상을 나타낸다.

4.1.2. 고찰

인조석의 경량화를 도모하기 위하여 사용한 NC-31은 공기연행

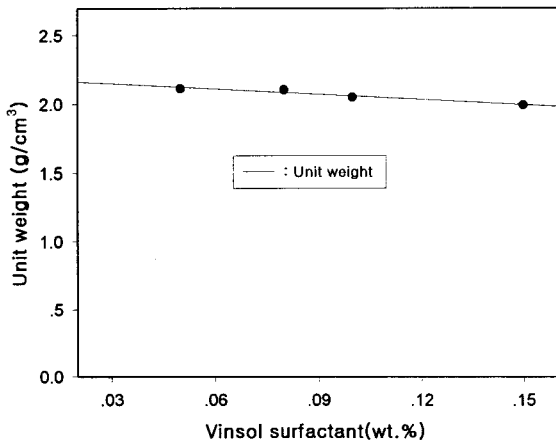


Figure 6. Effect of vinsol surfactant on the unit weight of artificial stone (β -NSF: 1.0%, W/C: 55%).

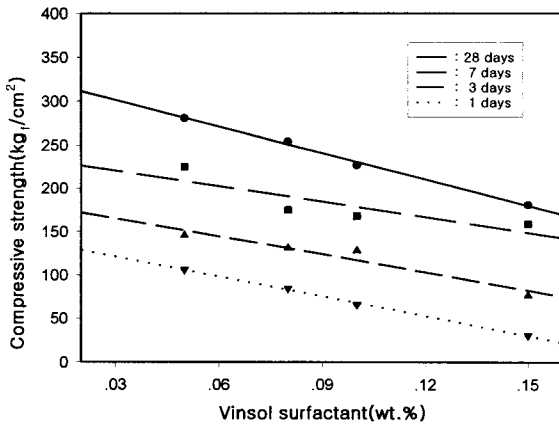


Figure 7. Effect of vinsol surfactant on the compressive strength of artificial stone (β -NSF: 1.0%, W/C: 55%).

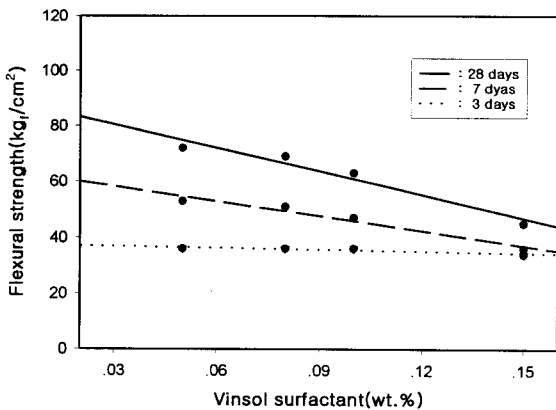


Figure 8. Effect of vinsol surfactant on the flexural strength of artificial stone (β -NSF: 1.0%, W/C: 55%).

성을 지닌 계면활성제의 일종으로, 일반 콘크리트에서 4%의 공기를 연행시키기 위해서는 시멘트 중량의 0.015% 첨가할 것을 제조 회사에서 추천하고 있다.

그리고 본 연구팀이 실시한 기초실험 결과[7,8]에서 빈줄계 계면활성제만을 사용하여 인조석의 단위중량을 10% 감소시키는데 필요한 NC-31의 첨가량은 0.03%~0.05%로 나타났다.

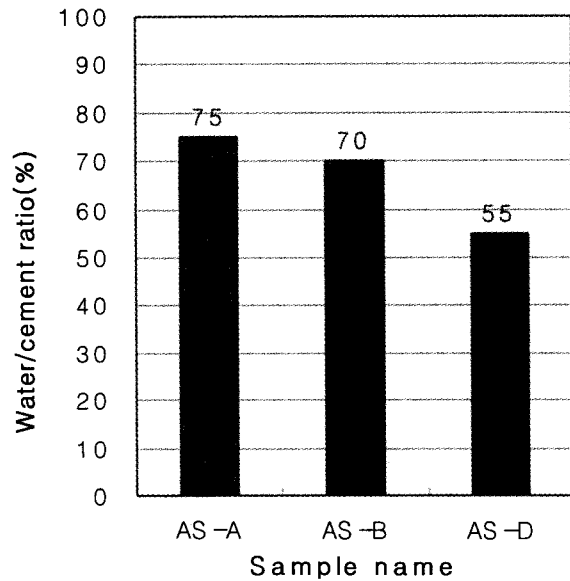


Figure 9. Comparison of water/cement of the artificial stones (Flow = 110±5%).

그러나 본 연구에서 β -NSF 계면활성제를 사용한 인조석의 단위중량을 10% 감소시키는데 소요되는 NC-31 첨가량은 시멘트 중량의 0.10~0.15%로 약 10 배로 증가되었다.

이러한 현상은 빈줄 계면활성제만을 사용한 인조석의 강도실험 결과[8]에 비하여, β -NSF를 같이 사용한 인조석의 압축/휨강도 감소폭이 크게 증가되는 것을 감안할 때, 통상의 개념과는 달리 NC-31과 β -NSF의 상용성에 문제가 있는 것으로 파악된다.

그리고 기존의 인조석 비중을 고려하여, 경량골재를 사용하지 않고 인조석의 경량화를 도모하기 위한 계면활성제의 최적 첨가량은 β -NSF계 계면활성제(Mighty-150) 1.0 wt %와 빈줄계 계면활성제(NC-31) 0.1 wt %인 것으로 판단된다.

4.2. β -NSF계와 빈줄계 계면활성제로 변성된 인조석의 물성의 비교

다음은 Table 2와 같이 현재 제조되고 있는 방법으로 경량골재를 사용한 인조석(AS-A), 석분만을 골재로 사용해서 제조한 인조석(AS-B)와 β -NSF계 계면활성제 1.0%와 빈줄계 계면활성제 0.1%를 첨가하여 제조한 인조석(AS-D)의 감수량, 단위중량, 공기량, 압축강도, 휨강도, 동결융해에 대한 저항성에 관하여 실험한 것이다.

4.2.1. 감수량

Figure 9는 인조석 모르타르의 흐름도를 110±5%로 맞추기 위해서 소요되는 물/시멘트를 나타낸 결과이다.

두 계면활성제가 첨가된 AS-D의 W/C는 55%로 경량골재를 사용한 AS-A보다 20% 감소되며, 석분만을 골재로 사용한 AS-B 보다는 약 15% 감소되는 것으로 나타났다. AS-A의 W/C가 75%로 큰 이유는 경량골재 흡수율이 26.6% 정도로 크기 때문으로 판단된다.

그리고 4-1항에서의 실험결과를 고려해 볼 때, 계면활성제 첨가에 따른 감수효과는 주로 β -NSF계 계면활성제에 의한 것으로 판단된다. 즉, β -NSF계 계면활성제는 일종의 음이온 계면활성제[9]로 시멘트 모르타르에 첨가하면 고도의 감수성(water reducing property)이나 유동화 특성을 나타내는 콘크리트용 혼화제이다.

따라서 β -NSF계 계면활성제가 나타내는 이와같은 분산효과는 주로 DLVO 이론에 근거하여 β -NSF가 시멘트 입자 등과 같은

미립자에 흡착하여 -SO₃ 기에 의한 강한 정전기적 반발력이 입자 상호간에 작용하여, 인조석 몰탈에서 감수효과가 나타나는 것으로 설명된다[6,9].

하지만, β-NSF는 나프탈렌 구조를 지닌 강성 구조체이지만 중합도가 2~10 정도밖에 안 되는 oligomer 형태[9]이므로 입체적 효과 이론에 의한 감수효과는 크게 작용하지 않을 것으로 예상된다. 또한 β-NSF를 인조석에 첨가한 양이 시멘트 중량의 1.0% 밖에 안되므로 depletion 효과와 tribology 효과에 의한 감수성에 그다지 크게 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

한편, 大塩[10] 등은 굳지 않은 콘크리트의 제성질은 미분말의 비표면적, 입자형태, 표면상상, 입도분포 등과 밀접한 관계가 있다고 지적하였으며, 이[11] 등은 부순 모래의 구형율이 클수록 모르타르의 유동성이 증가되고 흐름값의 경시변화가 적어지고, 綠川[12] 등은 콘크리트에 사용되는 분체의 구속수 비 및 변형계수 등의 보수능력은 분체의 종류 및 입도 분포, 입자형태에 따라서 다르고, 모르타르의 유동성을 일정하게 유지하는데 필요한 수량은 미세분이 많을수록 많이 필요하다고 지적하였다.

따라서 표준 모래 보다 미립자와 각형 모래가 많이 함유되어 있는 채석분만을 사용한 AS-B의 W/C는 70%로 높게 나타난다고 판단된다.

4.2.2. 공기량

인조석 모르타르의 공기량을 압력법을 사용하여 측정한 결과는 Figure 10과 같다. 석분만을 사용한 AS-B의 공기량은 1.1 %로 매우 적고, 인공경량골재를 사용한 AS-A는 3.0%이며, 계면활성제를 사용하여 만든 AS-D의 공기량은 11%로 높게 나타났다.

인공경량골재를 사용한 AS-A의 공기량이 예상과는 달리 적게 나타난 이유는, 경량골재 내에 존재하는 공극의 대부분이 흡수현상에 의해서 물로 채워지며, 갇힌 공기(entraped air) 포가 적게 존재하기 때문으로 사료된다.

그러나, 계면활성제를 사용한 AS-D의 공기량은 주로 계면활성제의 한 종류인 빈줄계 고분자에 의해서 대량의 미세한 공기포가 모르타르 조직 내에 연행되기 때문으로 판단된다.

4.2.3. 단위중량

인조석의 단위중량을 비교한 결과는 Figure 11과 같다. 석분만을 사용한 AS-B를 기준으로 하여 경량골재를 사용한 AS-A는 단위중량이 약 10% 정도 감소하는데 비해, 계면활성제를 사용한 AS-D는 15% 정도 감소되어 AS-A보다 약간 가벼운 것을 알 수 있다.

경량골재를 사용한 AS-A 인조석의 단위중량이 AS-B 보다 그다지 크게 감소되지 않는 이유는 Table 1에서 나타난 바와 같이 석분의 표건 비중은 2.64 인데 비해 경량골재의 비중은 1.06으로 매우 가볍지만 인조석의 기공의 대부분이 흡수현상에 의해서 물로 채워졌기 때문으로 사료된다. 그렇지만 계면활성제를 사용한 AS-D의 단위중량이 크게 감소되는 이유는 연행된 공기량이 11%로 많은 기공들이 모르타르 조직내에 존재하기 때문으로 판단된다.

4.2.4. 압축강도

인조석 모르타르의 압축강도를 양생기간(재령)이 28일 때 측정된 결과는 Figure 12와 같다. 석분만을 사용한 AS-B의 압축강도는 236 kg/cm²로 가장 높게 나타났으며, 경량골재를 사용한 AS-A의 강도는 AS-B에 비하여 30% 정도 낮지만, 계면활성제를 사용한 AS-D의 강도는 5% 정도밖에 감소되지 않는다.

이와 같이 공기량이 11%나 포함된 AS-D의 강도가 공기량 3% 포함된 AS-A보다 크게 향상되는 이유는, β-NSF 사용에 따른 감수효과가 크게 작용하였기 때문으로 보이며, 빈줄계 계면활성제에

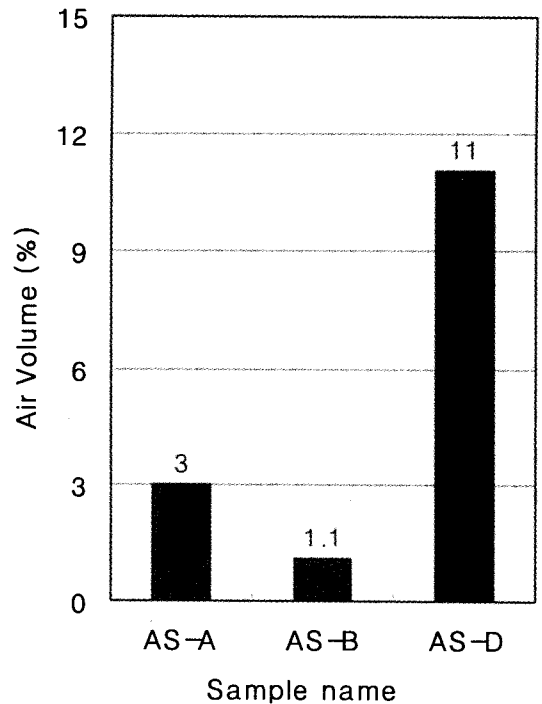


Figure 10. Comparison of the air volume of artificial stone.

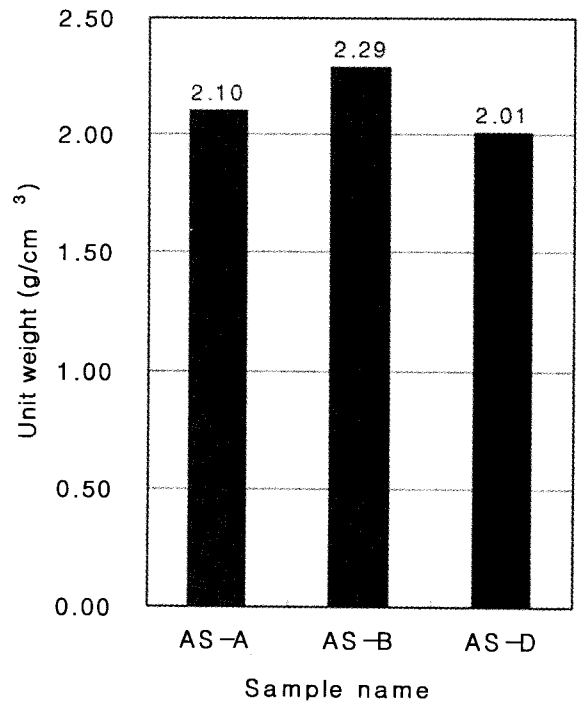


Figure 11. Comparison of the unit weight of artificial stone.

의한 연행된 공기포는 미세하므로 경량골재에 내포된 기포와는 다르게 인조석의 물성에 영향을 적게 미치기 때문으로 판단된다 [1,10,11].

반면, 경량골재를 사용한 AS-A는 골재 자체의 물성이 약하므로 모르타르의 압축강도가 크게 감소되며, 牧野 등[13]이 지적한 바와 같이 경량골재의 높은 흡수력과 나쁜 작업성에 때문에 W/C가 높게 되어 인조석의 강도가 더욱 나빠지는 것으로 판단된다.

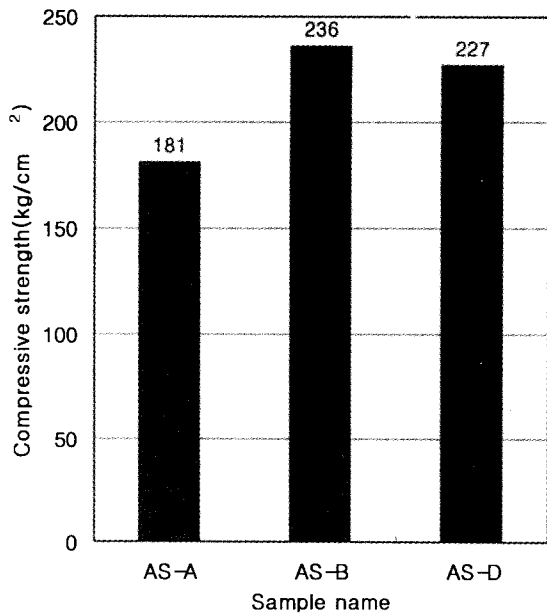


Figure 12. Comparison of the compressive strength of artificial stone.

4.2.5. 동결융해에 대한 저항성

인조석의 동결융해 시험용 몰드를 4 °C에서 -18 °C로 동결과 융해 조작을 반복한 후, 가로 1차 주파수를 측정하여 상대 동탄성 계수를 측정 한 결과는 Figure 13과 같다.

경량골재를 사용한 AS-A 인조석은 6주기에서 시험 공시체의 종축 방향으로 큰 균열이 발생하면서 상대 동탄성 계수가 60% 이하로 떨어지는 것을 관찰할 수 있었으며, 석분만을 골재로 사용한 AS-B 인조석의 경우에는 3주기에서부터 쪼개짐(spalling) 현상으로 공시체의 표면이 손상되기 시작하여 9주기에서는 심각한 표면 손상과 함께 상대동탄성계수가 60% 이하로 떨어졌다.

반면, 계면활성제를 사용한 AS-D 인조석은 18 주기까지 공시체 표면에 별다른 손상의 흔적을 관찰할 수 없었으나, 상대동탄성계수가 급격하게 감소되었으므로 공시체 내부에 동결융해에 의한 균열이 발생되었음을 알 수 있었다. 결론적으로 AS-D의 동결융해 저항성은 기존 제품인 AS-A보다 300% 증가함을 알 수 있다.

岡本[14] 등은 콘크리트의 동결융해에 대한 열화는 콘크리트 모세관극 중의 물의 거동(즉 상변화에 따른 체적 팽창 및 수압, 모세관극 중의 과냉각, 미동결수의 이동 등)이 중요하다고 지적하였으며, 岩城[15] 등은 석회석 분말을 혼화제로 사용하는 경우 재료분리와 블리이딩의 저감 현상이 나타난다고 지적하였다.

따라서 경량골재를 사용한 AS-A와 석분 만을 사용한 AS-B 인조석의 동결융해 저항성이 급격히 떨어지는 주된 이유는 박[16] 등과 장[17] 등이 지적한 바와 같이 W/C가 70~75%로 높기 때문으로 판단된다.

그리고 AS-B는 大塩[10] 등이 지적한 바와 같이 석분에 함유된 미립자들에 의해서 bleeding 현상이 적게 나타나고, 모르타르 배합수의 거의 모든 량이 그대로 인조석 조직 내에 포착되어 경화된 후에는 조직 내에 물로 채워진 미세한 모세관을 대량으로 형성시키게 되어, 동결 작용을 받을 때 모세관 수에 의한 강력한 체 팽창 응력을 발생하여 AS-B의 표면에 격심한 spalling 현상이 나타나며, 동결융해에 대한 저항성을 크게 저하시키는 결과를 초래하는 것으로 판단된다. 이러한 현상은 일반 모래의 흡수율이 1.0% 이하로 나타나는 반면, 석분의 흡수율이 26.6%로 크게 나타나는 Table 1의 결과에서도 확인할 수 있다.

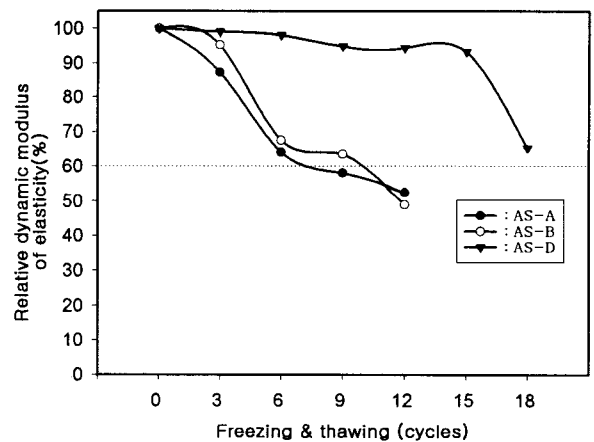


Figure 13. Comparison of the relative dynamic modulus of elasticity for the freezing & thawing cycles on the artificial stone.

반면, 인조석 모르타르에 빈줄계 계면활성제를 첨가한 AS-D 인조석은 계면활성작용에 의하여 인조석 조직 내에 미세하고 균일한 공기가 대량 연행되었으므로, 모세관수의 동결에 의한 체 팽창 응력을 연행된 기포가 흡수하는 완충지대 역할을 하여 동결융해에 대한 저항성이 크게 향상되는 것으로 판단된다[1,9,13].

그리고 경량골재를 사용한 AS-A는 예상과 달리, 석분 만을 사용한 AS-B 인조석보다 동결융해에 대한 저항성이 낮으며, 3주기 때부터 공시체 종축으로 심한 균열이 발생하는 현상은 인조석의 내부에 국부적으로 존재하는 경량골재 내부에 존재하는 갇힌 공기포가 동결융해 작용 시에 발생하는 수분 체 팽창 응력의 흡수작용에 큰 역할을 하지 못하며, 경량골재의 낮은 물성으로 인조석 내부의 응력이 경량골재 주변으로 편중되어 작용하기 때문인 것으로 추정된다.

5. 결 론

현재 국내에서 건축용 외장재로 각광을 받고 있는 인조석의 제조원가를 낮추고자, 경량골재 대신에 β-NSF계와 빈줄계 계면활성제를 사용하여 인조석의 물성과 동결융해에 대한 내구성 등을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) β-NSF계 계면활성제 1.0 wt %, 빈줄계 계면활성제 0.1 wt % 첨가하여 석분만을 골재로 사용하여 인조석을 제조하면, 현재 통용되는 인조석보다 물성과 내구성 등에서 우수한 제품을 얻을 수 있었다.
- 2) β-NSF계와 빈줄계 계면활성제를 경량골재 대용으로 사용하면, 현행 제조 공법에 비하여 인조석 제조 단가가 30~50% 절약되었다.
- 3) 단위중량을 감소시키기 위하여 인공경량골재를 사용한 현행 인조석은 동결융해에 대한 저항성이 극히 약한 반면 β-NSF계와 빈줄계 계면활성제를 사용한 인조석의 내구성은 기존 제품에 비하여 300% 증가되었다.
- 4) 고성능 감수제 역할을 하는 β-NSF계 계면활성제와 공기연행제 역할을 하는 빈줄계 계면활성제의 상용성은 지금까지 알려진 바와는 다르게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 '97~'98 충남지역컨소시엄 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 技術書院, セメント・コンクリート用 混和材料, p. 245~345, 日本 (1988).
2. 田中義夫, 太田 晃, エヌエムビー研究所報, 9, p. 5(1992).
3. 長彦重義, 콘크리트工學, 28, 6, 5(1990).
4. 笠井芳夫外, 세멘트·콘크리트, 500, 130(1998).
5. 北原文雄編, 分散·凝集の解明と應用技術, テクノシステム, p. 146(1992)
6. 太田 晃, 콘크리트工學, 34, 5, 23(1996).
7. 박성기, 공주대학교 대학원, 석사학위논문, (1998).
8. 박성기, 조현영, 서정목, 공주대학교 방재연구센터 논문집, 2, 17 (1998).
9. 조현영, 홍성수, 노제성, 한국정밀화학공업진흥회, 정밀화학, 16 (1992).
10. 大塩 明, 曾根徳明, 松井 淳, セ技年報 41, 146, 昭62(1987).
11. 이승환, 김종인, 윤용호, 한형섭, 1997년도 가을학술 발표회논문집, 9, 51(1997).
12. 綠川猛彦, 丸山久一, 下村匠, 中村博之, 콘크리트工學年次論文報告集, 19, 1, 43(1997).
13. 牧野眞之, 江口 清, 中込 昭, 寺西浩司, 콘크리트工學年次文報告集, 17, 1, 93(1995).
14. 岡本修一, 魚本健人, 콘크리트工學年次論文報告集, 18, 1, 609(1996).
15. 岩城一郎, 日向哲朗, 三浦尚, 콘크리트工學年次論文報告集, 19, 1, 265(1997).
16. 박승범, 오광진, 박병철, 강형선, 한국콘크리트학회 1996년 봄 학술발표회 논문집, 8, 7(1996).
17. 장동일, 채원규, 조광현, 김광일, 손영현, 한국콘크리트학회 1998년 봄 학술발표회 논문집, 129(1998).