

EVA 마이크로 입자를 활용한 고강도 콘크리트의 미세구조특성

Microstructure Properties of High Strength Concrete Utilizing EVA with Micro Particles

김 영 익*·성 찬 용(충남대)

Kim, Young Ik*Sung, Chan Yong

Abstract

High strength concretes utilizing EVA with micro particles were prepared by varying polymer/binder mass ratio and curing conditions with a constant water/binder mass ratio of 0.3. The EVA modified concretes on the compressive and flexural strength, microstructure, ultrapulse modulus in curing condition(dry and water curing) were studied. Also, scanning electron microscope analysis(SEM) was performed to reveal the presence of polymer film and cement hydrates in the concrete. The compressive strength of the EVA modified concretes cured at water conditions were higher than that of the EVA modified concretes cured at dry conditions. But, the flexural strength of the specimens cured at dry conditions were higher than that of the specimens cured at water conditions. Due to the interaction of the cement hydrates and polymer film, an interpenetrating network originated in which the aggregates were embedded. The curing of the polymer modified concrete involves two step of cement hydrates and polymer modification, and cement hydrates was promoted in water conditions and polymer film formation take place when water evaporates and was thereby was favored in dry conditions. By SEM analysis, influences of polymer modification was strengthening of the transition zone between the aggregate and the paste, and the porosity of transition zone decreases. By spring analysis, it could known that polymer film affects in porosity decrease and strengthening of transition zone.

I. 서 론

건설기술의 발전과 더불어 현대구조물이 초고층화, 대형화, 특수화에 따른 콘크리트 성능 향상에 대한 필요성이 대두되면서 캐나다, 미국, 일본 등에서는 고강도 콘크리트의 개념에서 진일보하여 고강도 이외에 우수한 시공성과 내구성을 요하는 고성능 콘크리트에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 미국, 캐나다 등에서는 고강도성과 고내구성을 강조한 고성능 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 반면에 구조물의 사용 환경이 더욱 열악해지고 콘크리트 구조물은 시공 초기 단계에서부터 기상, 온도, 화학적 침식 등의 열악한 물리·화학적 환경을 접하면서 내구성 저하에 대한 우려가 점차 증대하고 있다. 콘크리트 열화는 다양한 요인에 의하여 발생되어질수 있으며, 알칼리 골재반응, 골재와 시멘트 페이스트의 열적 성질의 상위에 의한 체적변화 및 투수성 등의 내적 원인과 동결융해, 중성화, 염해, 화학적 침식 등의 외적 원인 등에 의하여 내구성이 크게 저하된다. 따라서, 이와 같은 콘크리트의 내구성 저하를 개선하기 위하여 다양한 특수 콘크리트 및 혼화제가 개발되고 있으며, 특히 폴리머 필름에 의한 휨부착 및 수밀 특성을 크게 개선시키는 것으로 알려진 폴리머를 이용한 개질 콘크리트에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있다.

또한, 폴리머 개질 콘크리트는 폴리머를 구성하는 주성분과 시멘트의 조합에 의하여 다양한 특성을 나타내고, 유기 및 무기 결합체에 의한 결합 형태이기 때문에 결합재 비율, 양생조건, 양생온도 등의 요소에 의하여 내부적으로 변화의 폭이 크기 때문에 다양한 실험 및 연구가 선행되어져

야 할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 마이크로 입자를 가지는 EVA를 혼입한 폴리머 개질 콘크리트의 양생조건 및 EVA 혼입률에 따른 강도 특성과 폴리머 필름에 기이한 콘크리트 내부의 미세구조 특성을 구명하는 데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

2.1 사용재료

시멘트는 KS F 5201에 규정된 국내 S사 제품의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 천연모래, 굵은골재는 쇄석을 사용하였다. 또한, 우수한 초기강도 확보를 위하여 분말도가 높은 실리카흙 및 콘크리트 개질용으로 에틸렌/비닐 아세테이트계열(EVA)의 재유화형 분말이 사용되었으며, 유동성 개선을 위하여 나프탈렌설폰산계열의 고성능 AE감수제가 사용되었다. 이에 대한 각각의 물리, 화학적 특성은 Table 1,2,3 및 4와 같다.

Table 1 Chemical compositions of normal portland cement (Unit : %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

Table 2 Physical properties of aggregate

Item	Size (mm)	Specific gravity(20°C)	Absorption (%)	Fineness modulus	Unit weight(kg/m ³)
Fine aggregate	< 4.75	2.62	2.35	2.35	1,471
Coarse aggregate	4.75~20	2.64	2.62	7.28	1,449

Table 3 Chemical compositions and physical properties of silica fume

Chemical compositions(%)							Physical properties	
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Ig.loss	Specific gravity(20°C)	Specific surface area(cm ² /g)
91.2	1.3	0.7	0.3	0.8	-	2.3	2.2	204,000

Table 4 Physical properties of EVA powder[water-redispersible ethylene/vinyl acetate powder]

solid content	ash content (1000°C/30min)	Apparent density	appearance	stabilizing system	particle size
99±1%	11±2%	540±50 g/l	white powder	polyvinyl alcohol	Max 4%, 400µm이상

2.2 배합설계 및 제작

폴리머 개질 콘크리트는 시멘트의 수화반응과 폴리머의 필름 형성 및 이들의 조합에 의해 하나의 구조를 형성하기 때문에 결합재인 시멘트와 폴리머의 결합비율이 콘크리트의 강도 및 수밀 특성에 많은 영향을 미친다. 본 연구에서는 EVA powder의 혼입률에 따른 콘크리트의 강도 및 수밀 특성을 분석하기 위하여 powder의 혼입 비율을 결합재(시멘트+실리카흙) 중량의 0~10%로 하였으며, 고강도 콘크리트 제조시 EVA powder의 영향 인자를 분석하기 위하여 목표강도를 45MPa, 슬럼프 15cm로 설정하였다. 또한 재령 초기에 높은 강도를 발현할 수 있도록 시멘트에 대한 중량 비로 10%의 실리카흙을 사용하였다. 또한, 동일 물/결합재비(시멘트+실리카흙+분말수지)에 대한 유동성 확보를 위하여 고성능 AE감수제를 결합재 중량의 1.5%를 사용하였다.

폴리머 개질 콘크리트의 제작은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 잔골재와 굵은골재를 잘 혼합한 다음 시멘트와 실리카흙 및 EVA powder를 투입하여 건비빔을 30초간 실

시한 후 물을 1차 투입하여 1분간 믹싱하고, 물과 고성능 AE감수제를 2차 투입하여 30초간 90 r.p.m으로 고속 회전하여 혼합하였으며, 몰드에 타설된 콘크리트는 양생상자에서 24시간 정치 후 탈형하여 소정의 재령까지 수중양생(20±1℃) 및 기건양생을 실시하였다.

2.3 시험방법

압축강도시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 재령 7일에 ø100×200mm인 공시체를 130 kgf/s의 재하속도로 가압하여 측정하였고, 휨강도시험은 60×60×240mm인 공시체를 제작하여 KS F 2407(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 5 kgf/s의 속도로 가압하여 측정하였다. 콘크리트내부의 미세구조분석은 주사전자현미경(SEM : scanning electronic microscope)을 이용하여 5,000배로 측정하였으며, 초음파계수는 BS 4408(콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 준하여 초음파진동속도를 측정한 후 산출하였다.

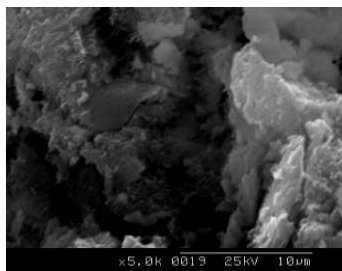
III. 결과 및 고찰

3.1 압축강도

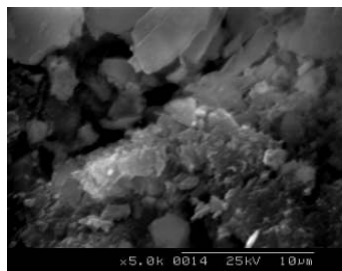
기건양생 및 수중양생에서 EVA powder 개질 콘크리트의 압축강도는 EVA powder의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, EVA powder의 혼입률에 관계없이 수중양생한 EVA powder 개질 콘크리트의 압축강도가 기건양생한 경우보다 크게 나타났다. 폴리머 개질 콘크리트의 경화는 두 단계(시멘트에 의한 수화반응과 폴리머에 의한 폴리머 필름의 형성)를 포함하는데, 시멘트의 수화반응에는 수중양생이 유리한 반면에 폴리머에 의한 폴리머 필름의 형성은 수분의 증발에 의해 이루어지기 때문에 기건양생이 유리한 것으로 판단된다. 따라서, EVA powder 개질 콘크리트의 압축강도는 시멘트의 수화반응에 의한 강도발현의 지배를 받기 때문에 수중양생 조건에서의 압축강도가 기건양생 한 경우의 압축강도보다 크게 나타난 것으로 판단된다.

3.2 미세구조

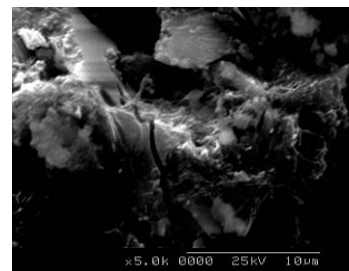
EVA powder 개질 콘크리트의 EVA powder 혼입률에 따른 미세구조는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 EVA powder를 혼입하지 않은 콘크리트는 시멘트에 의한 수화반응에 의해 수산화칼슘 결정 등이 형성되고, EVA powder의 혼입률이 증가할수록 EVA powder에 의한 폴리머 필름이 전이영역에 형성되어 골재와 페이스트간의 부착력을 증가시키고 가교역할을 하는 것을 알 수 있다. EVA powder 혼입률이 6% 이내에서는 얇고 가는 폴리머 필름을 형성하여 전이영역내에서 공극의 크기를 감소시키고, EVA powder 혼입률 10%에서는 폴리머 필름의 분포가 폭 넓게 형성되는 것을 알 수 있다.



(a) 0%



(b) 2%



(c) 4%

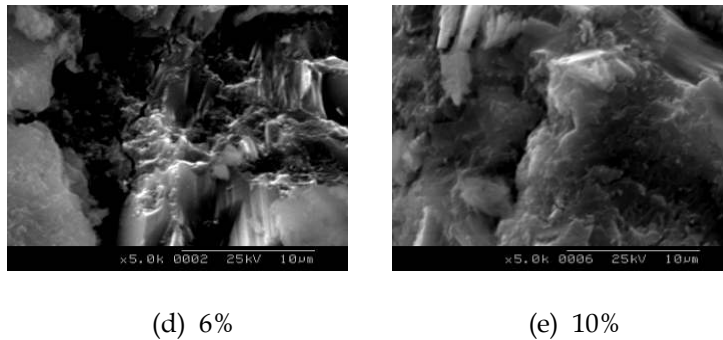


Fig. 1 Microstructure of EVA powder modified concrete with various EVA content

3.3 휨강도

기건양생 및 수중양생에서 EVA powder 개질 콘크리트의 휨강도는 EVA powder의 혼입률이 증가함에 따라 증가하거나 거의 유사한 경향을 나타내었으며, 기건양생한 EVA powder 개질 콘크리트의 휨강도가 수중양생의 경우 보다 강도가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 EVA powder 개질 콘크리트의 휨강도는 시멘트의 수화에 의한 강도발현보다는 폴리머 필름에 의한 부착력 증가에 기인하는 것으로 기건양생 조건이 수중양생보다 EVA powder에 의한 폴리머 필름의 형성이 보다 더 용이하기 때문으로 판단된다. 따라서 EVA powder 개질 콘크리트에서 EVA powder에 의한 완전한 폴리머 필름 형성을 위해서는 일정 수준 이상의 기건양생 조건이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

3.4 초음파계수

초음파계수는 콘크리트 내부를 통과하는 초음파진동속도 및 콘크리트 밀도와 선형적인 관계를 나타내며, 콘크리트 내부의 밀도 및 결함 등을 판단하는 자료로 활용되어진다. 기건양생 및 수중양생에서 EVA powder 개질 콘크리트의 초음파계수는 압축강도 결과와 마찬가지로 EVA powder의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 EVA powder 혼입률이 증가할수록 EVA powder의 낮은 비중으로 인한 콘크리트의 밀도가 감소되고, 압축강도 감소와 마찬가지로 낮은 수화반응으로 인한 콘크리트 내부 조직의 느슨함으로 인한 초음파진동속도의 감소에 기인한 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 마이크로 입자를 가지는 EVA를 혼입한 폴리머 개질 콘크리트의 양생조건 및 EVA 혼입률에 따른 강도 특성과 폴리머 필름에 기인한 콘크리트 내부의 미세구조 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

기건양생 및 수중양생에서 EVA powder 개질 콘크리트의 압축강도는 EVA powder의 혼입률이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, EVA powder의 혼입률에 관계없이 수중양생한 EVA powder 개질 콘크리트의 압축강도가 기건양생한 경우보다 크게 나타났다. EVA powder 개질 콘크리트의 EVA powder 혼입률에 따른 미세구조에서 EVA powder를 혼입하지 않은 콘크리트는 시멘트에 의한 수화반응에 의해 수산화칼슘 결정 등이 형성되고, EVA powder의 혼입률이 증가할수록 EVA powder에 의한 폴리머 필름이 전이영역에 형성되어 골재와 페이스트간에 가교역할을 하는 것을 알 수 있었다. EVA powder 개질 콘크리트의 휨강도는 EVA powder의 혼입률이 증가함에 따라 증가하거나 거의 유사한 경향을 나타내었으며, 기건양생한 EVA powder 개질 콘크리트의 휨강도가

수중양생의 경우 보다 강도가 증가하는 것으로 나타났다. EVA powder 개질 콘크리트의 초음파계수는 압축강도 결과와 마찬가지로 EVA powder의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 폴리머 개질 콘크리트의 경화는 두 단계(시멘트에 의한 수화반응과 폴리머에 의한 폴리머 필름의 형성)를 포함하는데, 시멘트의 수화반응에는 수중양생이 유리한 반면에 폴리머에 의한 폴리머 필름의 형성은 수분의 증발에 의해 이루어지기 때문에 기건양생이 유리한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 이윤수, 주명기, 연규석, 정인수, 2002, 재유화형 분말수지 혼입 초속경 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성, 한국콘크리트학회지 Vol.14, No5, p660~667
2. 이윤수, 주명기, 정인수, 2001, 초속경폴리머시멘트 모르타르의 내구성, 한국콘크리트학회 2001년도 가을학술 발표회논문집 p123
3. Swamy, R. N., 1986, Cement replacement materials (concrete technology and design), Surrey University Press, pp. 171~196.
4. Shah, S. P. and S. H. Ahmad, 1994, High performance concrete and applications, pp. 161~199.
5. Sakai, K., N. Banthia and O. E. Gjorv., 1995, Concrete under severe conditions (environment and loading), E & FN Spon, pp. 1,675~1,683.
6. Sung, C. Y., 1995, Properties of high performance lightweight polymer concrete, Journal of the KSAE, Vol. 37, pp. 72~81.