

고로슬래그 미분말 다량치환 콘크리트의 탄산화 억제를 위한 기밀성 향상재 부착효과

The Surface Sealing Performance of Film, Air cap and Polystyrene foam for Preventing Carbonation of High-Volume Slag Concrete

한 동 업^{1*}

김 경 훈²

한 민 철²

Han, Dongyeop^{1*}

Kim, Kyunghoon²

Han, Min-Cheol²

Research Institute of Industrial Sciences, Cheongju University, Cheongwon-Gu, Cheongju, 360-764, Korea ¹

Department of Architectural Engineering, Cheongju University, Cheongwon-Gu, Cheongju, 360-764, Korea ²

Abstract

The goal of this research was evaluating and suggesting the solution of preventing carbonation of concrete replaced high-volume of slag. The concrete mixtures were prepared with high-volume slag and recycled aggregate, and the concrete samples were evaluated the carbonation depth with various surface treatment methods. For various surface treatment methods and surface protecting sheets, bonding strength and carbonation depth were measured. Basically, from the results, the carbonation of concrete was completely prevented with any type of surface treatment method and surface protecting sheet as far as the surface treatment materials were remained. Therefore, in this research, it was known and suggested that the easiness of handling and sufficient bonding performance was much important than the quality of surface protecting sheets.

Keywords : carbonation, high-volume slag concrete, recycled aggregate, surface treatment, bonding strength

1. 서 론

플라이애쉬 및 고로슬래그 미분말과 같은 혼화재료를 시멘트에 치환함으로써 시멘트의 사용량을 줄이는 친환경적인 방법[1,2]이 이미 오래전부터 사용되고 있다. 특히, 이러한 혼화재료들은 시멘트의 사용량을 줄이는 효과뿐만 아니라, 시멘트와 비교하여 저렴한 가격으로 경제적인 이점도 가지고 있다. 콘크리트 성능과 관련해서는 굳지 않은 상태에서의 유동성 확보[3], 경화 상태에서는 장기강도의 증진[2]과 같은 장점도 기대할 수 있으며, 플라이애쉬의

경우 포졸란 반응, 고로 슬래그 미분말의 경우 잠재수경성 반응에 따른 추가적인 C-S-H 생성으로 인해 콘크리트 강도 및 내구성을 향상시키는 방법으로도 잘 알려져 있다. 하지만, 혼화재료를 치환한 경우에는 혼화재료에 의한 시멘트 절대량의 감소와 포졸란 반응을 일으키는 재료의 경우 추가적으로 포졸란 반응에 의한 수산화칼슘의 소모로 인해 콘크리트의 알칼리성을 저하시킨다[4]. 그러므로 콘크리트의 탄산화를 촉진시켜 철근콘크리트구조에 사용되었을 경우에 철근의 부식을 방지하는 역할을 제대로 수행하지 못해 결과적으로 건축물의 수명을 단축시킬 우려 또한 함께 내포하고 있다. 기밀성 향상재

또한 순환골재의 사용은 이미 사용한 콘크리트를 골재로 다시 사용한다는 측면에서 매우 친환경적인 방법이다. 하지만, 순환골재는 제조과정에서 골재 표면의 잔여 모르타르 및 시멘트 페이스트로 인해 굳지 않은 상태에서는 유동성의 저하, 굳은 상태에서는 부착성능 저하에 따른 강도

Received : August 4, 2014

Revision received : October 27, 2014

Accepted : November 13, 2014

* Corresponding author : Han, Dongyeop

[Tel: 82-43-229-8480, E-mail: donald.dyhan@gmail.com]

©2015 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

저하와 같은 단점이 있다[6]. 하지만, 순환골재 표면의 모르타르 및 시멘트 페이스트에는 수화되지 않은 시멘트가 많이 함유되어 있어, 기존연구들에서는 이를 이용하여 고로슬래그미분말의 잠재수경성반응을 활성화시키기 위한 추가적인 알칼리요소의 공급과 같은 부분도 거론되고 있다 [7,8].

이에 본 연구에서는 순환골재의 활용도를 증진시키기 위하여 고로슬래그 미분말을 순환골재와 다량 치환함으로써 콘크리트로서의 유용성을 검토하고, 또한 고로슬래그 미분말 다량치환 시 기밀성 향상재 부착에 따른 탄산화를 저감 및 차단시킬 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 이 연구를 통해 순환골재와 고로슬래그 미분말의 상호작용을 통해 두 가지의 친환경 건설재료의 사용을 증진시키는 데에 기여할 것으로 예상된다. 또한, 고로슬래그를 다량 치환한 콘크리트의 탄산화를 억제할 수 있는 방법을 제시함으로써 나아가 콘크리트구조의 탄산화 억제방법의 하나로 건축물의 내구연한 증진에 기여할 것으로 기대된다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다. 즉, 콘크리트 배합은 물결합재비를 0.50 으로 고정하고 목표슬럼프 150±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5를 만족하는 배합을 Plain에서 시험배합을 통해 결정하여 모든 경우에 동일하게 적용하였다. 고로슬래그 미분말 치환 및 골재에 따른 배합변수는 천연골재를 시멘트 100%와 함께 사용한 Plain 배합, 천연골재 (잔골재 및 굵은 골재)를 시멘트에 고로슬래그 미분말을 75% 치환한 BNN 배합, 그리고 순환골재를 고로슬래그 미분말 75%를 치환한 BRR 배합의 3 수준을 실험 계획하였다.

추가적 탄산화 방지대책인 기밀성 향상재와 관련해서는 6 가지 경우를 계획하였는데, 기밀성 향상재를 사용하지 않은 표면노출과 거푸집에 차단재를 사전 시공한 경우는 폴리에틸렌 (Polyethylene, PE) 필름, 에어캡, 2중 에어캡, 및 스티로폼의 4가지 경우를 계획하였고, 거푸집을 탈형한 후에 폴리에틸렌 필름을 본드를 이용해 콘크리트 표면에 접합 처리하는 경우를 계획하였다. 즉, 각각의 배합사항에 대해 6 수준을 측정하여 총 18 수준으로 콘크리트 탄산

화 방지 대책에 대해 평가를 계획하였다.

평가방법으로는 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량, 단위용적질량, 및 염화물량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도를 3, 7, 28일 및 91일에서 측정하여 다량치환된 고로슬래그 미분말과 순환골재가 압축강도에 미치는 영향을 검토하였다. 기밀성 향상재와 관련해서는 부착강도 시험을 실시하여 실제 환경에서의 부착성을 평가하였다. 또한, 기밀성 향상재의 사용은 콘크리트 탄산화 정도를 1, 2, 4, 8, 및 13주에 측정하여 탄산화 차단 성능을 평가하고자 하였다.

Table 1. Experimental plan

Experimental factors		Experimental level	
Mixing design	Plain	W/B	0.50
		Slump (mm)	150±25
		Air content (%)	4.5±1.5
Control Factors	Mixing	Plain (OPC) + (NCA + NFA) BNN (OPC 0.25 + BS 0.75) + (NCA + NFA) BRR (OPC 0.25 + BS 0.75) + (RCA + RFA)	
		None	Exposed surface
Control Factors	Surface Sealing Materials	Pre-setup	PE film Single-layer aircap Double-layers aircap Styrofoam
		Post-setup	PE film w/ glue
Tests	Fresh concrete	Slump Air content Unit volume weight Chloride content	
		Hardened concrete	Compressive strength (3, 7, 28 and 91 days) Adhesive strength (28 days) Carbonation depth (1, 2, 4, 8, and 13 weeks)

2.2 사용재료

본 연구에 사용된 재료로서 시멘트는 국내산 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 2와 같다. 고로슬래그 미분말은 국내 A사산으로 KS F 2563에 규정하는 3종을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3과 같다. 골재로서 천연골재의 경우, 굵은 골재는 경기 화성에서 생산되는 부순 굵은 골재를 사용하였고, 잔골재는 충북 옥산강 강모래를 사용하였는데 각 골재의 물리적 성질은 Table 4 와 같다. 순환골재의 경우는 굵은 골재 및 잔골재 모두 국내 D사산 건식 제품을 사용하였는데,

그 물리적 성질은 Table 5와 같다. 콘크리트 외부에 사용되는 기밀성 향상재는 모두 국내에서 시판중인 제품을 사용하였다. 기밀성 향상재 각각의 물리적 성질은 Table 6과 같다.

2.2 실험방법

2.2.1 굳지 않은 콘크리트 실험

굳지 않은 콘크리트의 유동성 평가를 위해 콘크리트 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거하여 실시하였고, 공기량은 KS F 2421 규정의 공기실 압력법에 의한 공기함유량 시험방법을 이용하여 측정하였으며, 단위용적질량은 KS F 2409규정에 따라 질량방법을 이용하여 측정하였다. 염화물 함유량 측정은 KS F 2587 규정에 의거하여 실시하였다.

Table 2. Physical properties of cement

Density (g/cm ³)	Fineness (cm ² /g)	Setting time (min.)		Compressive Strength (MPa)		
		Initial	Final	3 D	7 D	28 D
3.15	3,390	230	345	24.8	39.9	56.9

Table 3. Physical·chemical properties of slag

Density (g/cm ³)	Fineness (cm ² /g)	Chemical Composites (%)				
		CaO	SiO ₂	MgO	SO ₃	Cl
2.90	4,254	42.5	34.2	5.26	1.95	0.002

Table 4. Physical properties of aggregates

Aggregates	Density (g/cm ³)	Absorption rate (%)	0.08mm Passing rate (%)	FM	pH	
Natural aggregates	Coarse Aggregate (NCA)	2.62	0.9	0.2	6.48	N/A
	Fine Aggregate (NFA)	2.56	102	0.3	2.85	N/A
Recycled aggregates	Coarse Aggregate (RCA)	2.55	2.81	0.53	6.48	11.2
	Fine Aggregate (RFA)	2.20	6.20	2.40	2.76	11.5

Table 5. Mechanical properties of recycled aggregates

Aggregates	Density (g/cm ³)	Absorption rate (%)	0.08mm Passing rate (%)	Fine Modulus	pH
Coarse Aggregate (RCA)	2.55	2.81	0.53	6.48	11.2
Fine Aggregate (RFA)	2.20	6.20	2.40	2.76	11.5

Table 6. Mechanical properties of surface sealing materials

Materials	Thickness (mm)	Bubble size (mm)	Unit weight (g/m ²)	Heat Conductivity (W/mK)
PE Film	0.15	-	70	-
Single-layer Aircap	15.0	7	95	0.054
Double-layers Aircap	29.0	7	190	0.045
Styrofoam	10.0	-	112	0.034

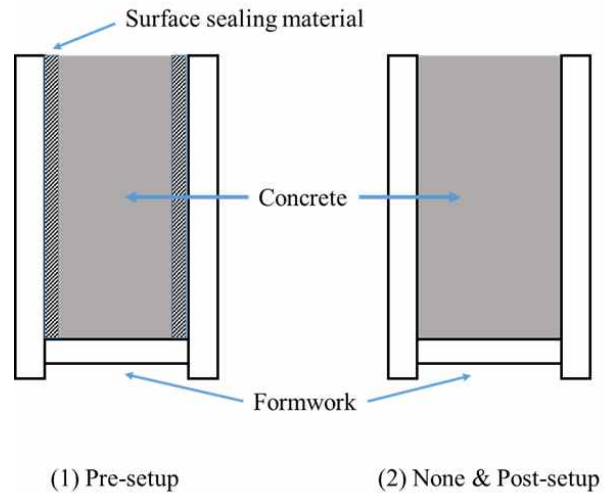


Figure 1. Schematic drawing of the formwork setup depending on different setup methods: the depth of the specimen with the surface sealing material was reduced due to the depth of the surface sealing material

2.2.2 시험체 제작

압축강도 측정을 위한 시험체는 KS 표준에 의거하여 지름 100mm, 높이 200mm의 원주형공시체로 제작하였다. 제작된 시험체는 1일간의 몰드양생과정을 거쳐 몰드를 탈형 한 후에 소정의 기간 동안 수중 양생하였다.

기밀성 향상재의 부착 성능 평가를 위해 거푸집 면에 대해 사전에 기밀성 향상재를 설치하거나 거푸집이 탈형 된

후 콘크리트의 표면에 기밀성 향상재를 부착하였다. 이를 위해 준비된 시험체는 선설치 및 후설치 모두의 경우 100x100x400mm 의 각주형 시험체를 준비 하였다. 특히, 선시공의 경우는 적용되는 기밀성 향상재의 두께로 인해 시험체의 폭이 다소 감소하였으나 (Figure 1), 탄산화의 정도가 시험체를 관통할 정도가 아니므로 이러한 시험체 폭의 감소가 시험결과에 미치는 영향은 없다고 판단하였다. 먼저, 선시공은 콘크리트 타설 전에 거푸집 내측면에 기밀성 향상재를 설치하여 콘크리트를 타설한 후, 콘크리트의 수화과정 중에 자연적으로 일체화 되도록 계획하였다. 후시공의 경우는 콘크리트를 1일간 경화시켜 거푸집을 탈형 한 후에 콘크리트 표면에 순간접착제 (LOCTITE 401)를 도포하고 계획된 기밀성 향상재를 붙이는 방법으로 진행하였다. 각각의 경우 콘크리트의 시험체는 소정의 시험기간까지 KS F 2584에 규정하는 콘크리트의 촉진 탄산화 시험방법에 제시된 조건[9]으로 양생하였다.

2.2.3 경화콘크리트 실험

소정의 양생기간이 종료된 콘크리트에 대해 KS F 2405의 규정에 따라 압축강도를 측정하였다. 압축강도 측정을 위해 3 GN UTM이 사용되었다.

부착강도 시험은 KS규격에 특별히 명시된 바가 없어 자체적인 시험조건을 제작하여 시험을 실시하였다 (Figure 2). 각 경우에 대하여 자체 제작한 선반에 시험체를 거치한 후에 혹은 연결된 용기를 시험체 밑면, 대상 기밀성 향상재의 표면에 에폭시 수지를 이용하여 부착하였다. 즉, 이 실험에서는 에폭시 수지의 접합성능이 기밀성 향상재의 부착성능보다 우수하다는 가정에서 시험이 실시되었다. 준비된 용기에 모래를 부어넣어 용기가 대상 기밀성 향상재와 함께 탈락되었을 때 모래의 질량을 측정하여 다음의 식을 이용해 부착강도를 측정 및 정의하였다.

$$BS = \frac{M_{sand}}{A} \text{-----} (1)$$

여기서, BS 는 부착강도 (KPa), A는 대상 기밀성 향상재와 인장장치의 접합면적 (cm²), 그리고 M_{sand}는 탈락시 모래의 질량 (kg)을 나타낸다. 이 실험은 총 세 개의 동일한 시험체에 대해 반복 실험하여 얻어진 값을 평균해 부착강도 값으로 하였다.

콘크리트 시험체의 탄산화를 측정하기 위해서는 촉진 탄산화 시험기를 이용하여 실시하였다. 이 시험은 온도 20±2℃, 상대습도 60±5%, 탄산가스농도 5±0.2%의 조건을 구축하여 촉진 탄산화 시험장치내에서 각각의 정해진 재령 간 보관하여 탄산화 깊이를 측정하였다. 시험체를 보관할 때에는 시험체 주변의 환경을 동일하게 유지하기 위하여 각 시험체 주위 20mm이상의 간격을 확보하고 시험체 측면이 연직이 되도록 설치하여 보관하였다. 측정면은 소정의 재령에 도달한 시험체에 대해 길이방향과 직각이 되도록 단부에서 약 16mm위치를 할열한 면을 사용하였다. 사용된 시약은 페놀프탈레인 1% 용액을 사용하였다. 한 개의 시험체에 대해 6등분하여 외기와 접한 양끝단면을 제외한 각 등분된 시험체들의 양면을 사용하여 총 10개의 단면을 측정하여 이들 값의 평균을 구하여 탄산화 깊이를 판단하였다.

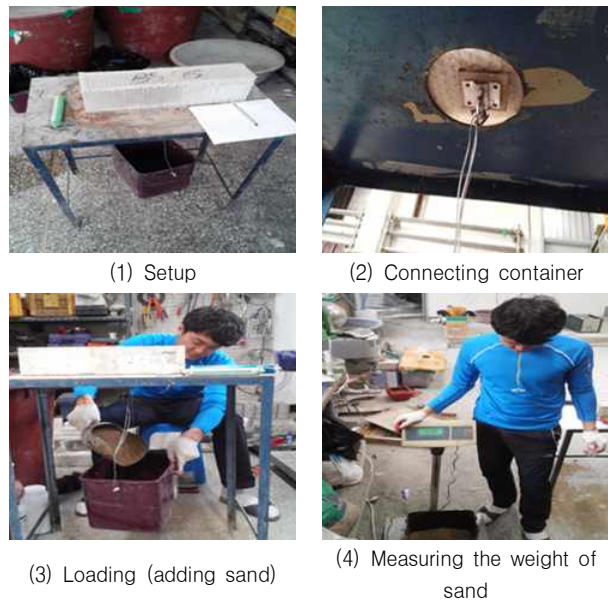


Figure 2. Measuring process of adhesive strength

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

3.1.1 슬럼프

세 가지 배합변수에 따른 슬럼프 측정결과를 Figure 3에 나타내었다. Plain배합은 계획된 슬럼프 범위를 만족하였고, 고로슬래그 미분말을 치환한 BNN배합이 Plain보다 다소 감소된 슬럼프 결과를 보였다. 골재의 종류에 따른

슬럼프에 대한 영향으로 BNN배합과 BRR배합을 비교하면, 순환골재를 사용한 BRR배합이 더 적은 슬럼프치를 보였다.

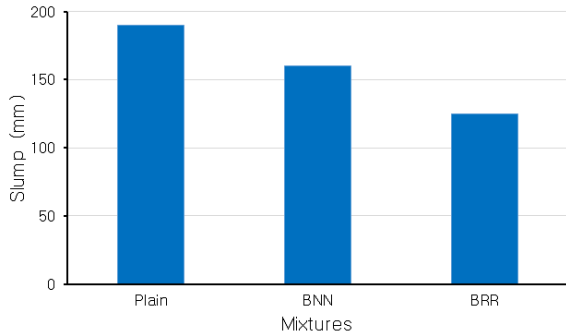


Figure 3. Influence of mixtures on concrete slump

3.1.2 공기량

세 가지 배합변수에 따른 공기량 측정결과는 Figure 4에 나타내었다. Plain 배합을 기준으로 고로슬래그 미분말이 포함된 BNN배합에서 공기량이 높게 나타났다. 이는 이전 연구결과들[10]과 유사한 경향으로 볼 수 있다. 사용골재에 따른 공기량의 변화는 순환골재에서 공기량이 감소하는 경향을 보였다.

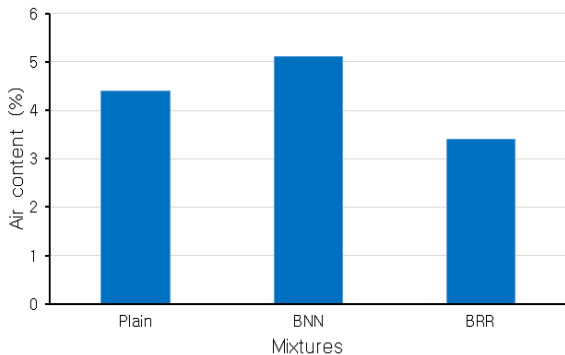


Figure 4. Influence of mixtures on concrete air content

3.1.3 단위용적질량

단위용적질량시험 결과는 Figure 5에 나타내었다. Plain배합을 기준으로 고로슬래그 미분말을 치환한 경우에 단위용적질량이 낮게 나타났고, 골재의 종류에 따른 결과로 순환골재를 사용한 경우는 천연골재를 사용한 경우보다 단위용적질량이 낮게 나타났다.

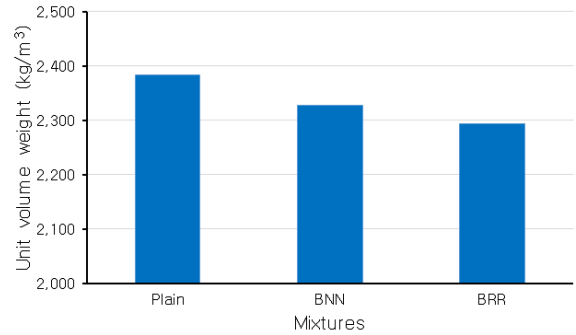


Figure 5. Influence of mixtures on concrete unit volume weight

3.1.4 염화물량

세 가지 배합변수에 따른 염화물량시험 결과는 Figure 6에 나타내었다. 모든 경우에 염화물의 양이 콘크리트표준시방서에서 규정하는 0.30kg/m^3 이하를 만족하여 고로슬래그 다량치환 및 순환골재 사용에 따른 염화물량에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다.

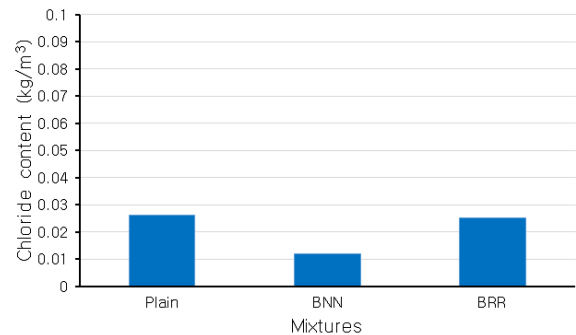


Figure 6. Influence of mixtures on concrete chloride content: Maximum allowable content: 0.3kg/m^3

3.2 경화콘크리트 특성

3.2.1 압축강도

Figure 7는 배합변수가 재령경과에 따른 압축강도에 미치는 영향을 나타내고 있다. 고로슬래그 미분말을 치환하였을 경우에 압축강도는 91일 재령까지 Plain보다 낮은 압축강도를 보였다. 이는 고로슬래그 미분말의 다량 치환으로 인한 시멘트량의 감소로 압축강도가 저하된 것으로 분석된다. 단, 순환골재 사용에 따른 압축강도 발현 정도는 여전히 Plain 배합보다는 낮지만, 천연골재를 사용한 BNN 배합보다는 높은 수준의 압축강도를 보이고 있다. 이는 순

환골재를 고로슬래그 미분말과 함께 사용할 경우에 순환골재 표면의 미수화시멘트가 추가 수화반응 함에 따라 증가된 알칼리 성분이 고로슬래그 미분말의 잠재수경성 반응을 활성화 시켜 보다 효과적인 강도 발현에 기여하는 것을 알 수 있다.

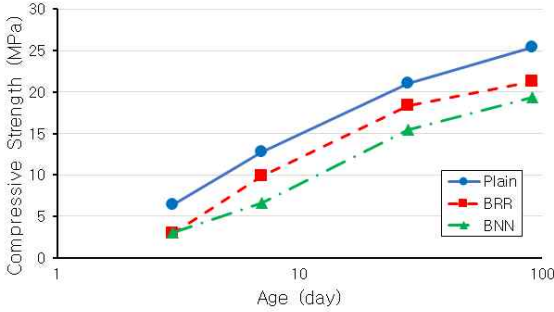


Figure 7. Influence of mixture on concrete compressive strength depending on ages

3.2.2 부착강도

배합변수가 각종 기밀성 향상재의 부착강도에 미치는 영향을 Figure 8에 나타내었다. 배합변수에 따른 부착강도는 모든 차단재에 있어서 큰 영향은 없어 보였다. 다만, 사전 설치하는 에어캡에 있어서 고로슬래그와 천연골재를 사용한 BNN배합의 경우에 가장 낮은 부착강도를 보였다. 이러한 결과는 압축강도와 유사하게 시멘트 수화량에 따른 결과로 생각되어 고로슬래그 미분말 치환에 따른 시멘트 량 저하가 시멘트 수화물량을 저감시켜 부착강도 저하로 연결되었다고 생각된다. 각각의 기밀성 향상재에 따른 부착강도는 사전설치방법 중에서 PE 필름은 그 부착강도가 거의 0 KPa에 가까운 수준을 보였다. 이는 PE 필름을 사전설치 방법으로 부착하는 것은 전혀 효과를 기대할 수 없다고 판단된다. 1중 및 2중 에어캡 사용에 따른 부착강도는 약 10에서 20 KPa 정도의 값을 보여 사전설치 방법의 편리함과 나쁘지 않은 부착강도로 실제 건축구조물에 활용할 수 있는 가능성이 우수하다고 생각된다. 또한 스티로폼을 사전설치하여 사용하는 경우도 배합에 따라 25에서 30 KPa 정도의 부착강도를 나타내어 우수한 부착강도 성능을 나타내었다. 후시공의 경우, 선시공에서 부착강도 0 KPa에 가까운 값을 보였던 PE 필름이 본드로 부착하였을 때에 가장 높은 부착강도 값인 약 45 KPa 을 나타내어 PE 필름은 후시공으로

활용하는 것이 타당하다고 판단되었다.

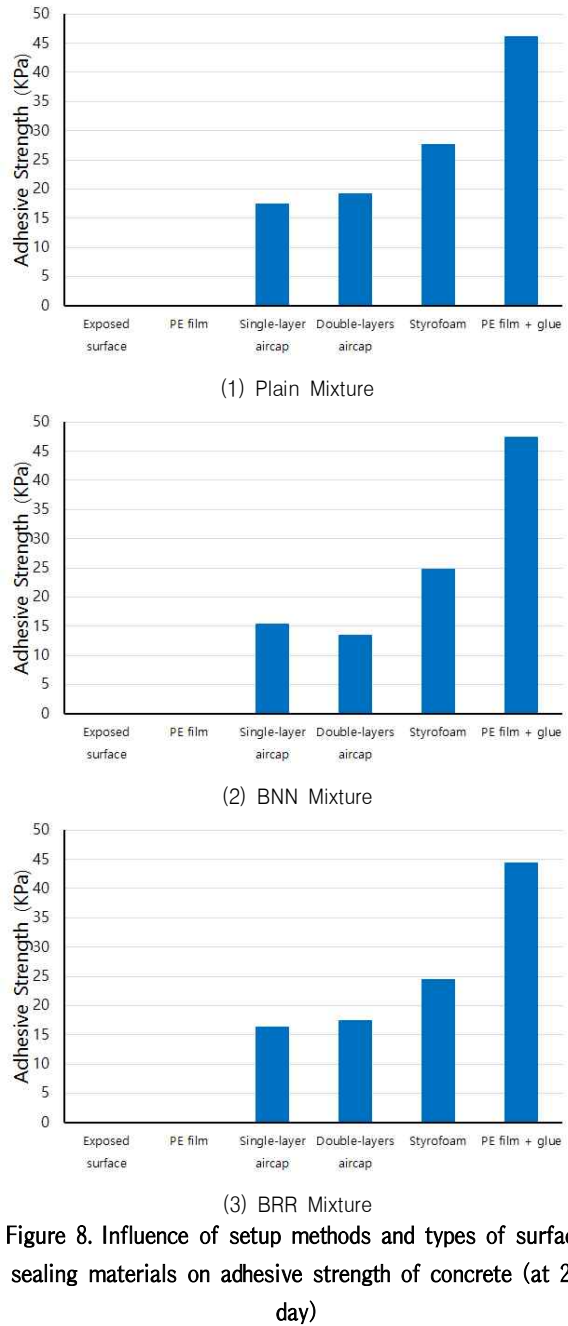


Figure 8. Influence of setup methods and types of surface sealing materials on adhesive strength of concrete (at 28 day)

3.2.3 탄산화 깊이

기밀성 향상재의 종류가 재령에 따른 콘크리트 탄산화 깊이에 미치는 영향을 각각의 배합변수에 따라 Figure 9에 나타내었다. 먼저, 고로슬래그 미분말을 다량 치환한 BNN 및 BRR 배합과 비교하여 Plain 배합은 매우 낮은 탄산화가 발생한 것을 알 수 있었다. 이는 고로슬래그 미분말의 다량

치환이 콘크리트의 탄산화에 미치는 영향이 그만큼 크다는 것을 알 수 있게 해주는 결과로 판단된다. 천연골재를 사용한 BNN과 순환골재를 사용한 BRR의 탄산화 정도는 거의 유사하게 나타났으며 이를 통해 순환골재만으로는 고로슬래그 미분말 다량치환 시에 탄산화를 효과적으로 막을 수 없다는 것을 알 수 있었다.

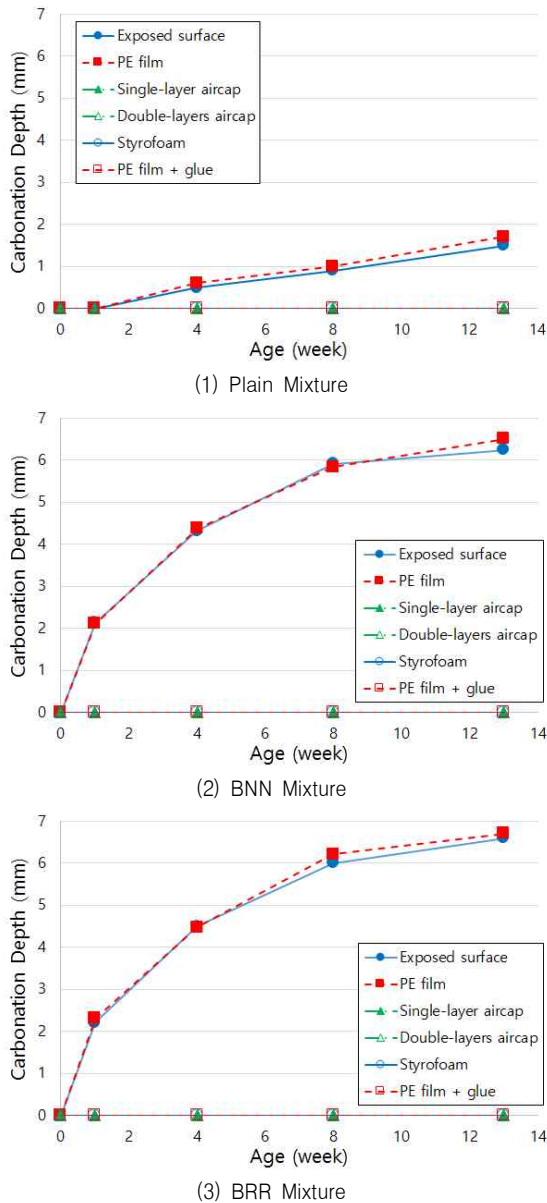


Figure 9. Influence of setup methods and types of surface sealing materials on carbonation depth depending on age

기밀성 향상재에 따른 탄산화 깊이는 표면노출과 선시공된 PE필름의 경우만 탄산화가 진행되고 다른 기밀성 향상

재에서는 어느 경우도 전혀 탄산화가 발생되지 않았다. 즉, 부착강도 시험결과에서 보이는 바와 같이 부착강도가 0 KPa인 선시공 PE필름은 거푸집 탈형과 동시에 제거되어 탄산화 방지에 전혀 역할을 수행하지 못했음을 알 수 있었다. 하지만, 그 외의 차단재들은 콘크리트 표면에서 탈락되지 않는 한은 차단재 종류에 상관없이 외기와의 직접적인 접촉을 차단하여 콘크리트의 탄산화를 완전히 방지하였음을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 고로슬래그 미분말을 순환골재와 다량 치환함으로써 콘크리트로서의 유용성을 검토하고, 또한 고로슬래그 미분말 다량치환 시 기밀성 향상재 부착에 따른 탄산화를 저감시킬 수 있는 방법을 제안하고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고로슬래그 미분말을 다량 치환하고 순환골재를 사용한 콘크리트의 성질은 고로슬래그 미분말의 입자 특성과 순환골재의 특성에 의해 다소간의 불리한 특성을 보이지만, 그 영향이 적어 고로슬래그 미분말 및 순환골재를 사용하여도 굳지 않은 콘크리트의 성질 및 경화 콘크리트의 성질에 악영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 압축강도의 경우는 고로슬래그를 다량 치환한 콘크리트에 순환골재를 사용한 경우에 오히려 천연골재를 사용한 경우보다 높은 압축강도를 보여 고로슬래그 미분말의 잠재수경성 반응을 순환골재 표면의 잔여 모르타르 및 시멘트의 알칼리성이 활성화 시켜 양호한 결과를 얻은 것으로 분석된다.
- 2) 사전 설치된 기밀성 향상재는 PE필름의 경우는 거푸집 탈형과 동시에 박리되어 제 역할을 수행할 수 없었다. 다만, 사후에 본드를 사용하여 부착할 경우에는 가장 양호한 부착강도를 나타내었다.
- 3) 1중 및 2중 에어캡과 스티로폼은 사전에 거푸집에 설치하여 사용하여도 이후 양호한 정도의 부착강도를 확보할 수 있어 사후에 시공하는 방법보다 효과적이고 편리한 방법으로 생각되었다.
- 4) 탄산화 차단효과는 기밀성 향상재의 종류와 상관없이 양호하게 탄산화를 방지하였다. 다만, 선시공된 PE필름의 경우는 이미 거푸집 탈형 시에 박리되어 제

역할을 수행하지 못하였다. 또한, 탄산화 차단효과는 기밀성 향상재의 우수함보다는 편리하게 콘크리트 구조체 표면에 부착하여 그 부착된 상태로 장기간 유지될 수 있는 방법 및 기타 단열성능 등이 추가되는 방법이 가장 우수한 방법임을 알 수 있었다.

이상과 같은 결론을 바탕으로 1중 에어캡의 사전설치방법이 가장 설치 및 취급이 용이하고 경제적인 측면에서도 우수한 방법임을 알 수 있었다. 또한, 단순히 탄산화에 대한 저항성 뿐 아니라, 단열 및 결로방지와 같은 추가적인 기능을 생각한다면 2중 에어캡의 사전설치 방법도 효율성 측면에서 생각해 볼 수 있다. 추후의 연구로는 이러한 기밀성 향상재가 실제 외기환경에서 어느 정도의 내구성을 가지고 오랜 기간 동안 콘크리트 외부표면에 부착되어 있을 수 있는지에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

친환경 건설 재료의 일환으로 고로슬래그 미분말을 다량 치환한 콘크리트에 대해 재생골재를 이용해 잠재수경성 반응을 활성화 시켜 콘크리트로서의 활용방안 모색과 탄산화를 저감시킬 목적으로 다양한 기밀성 향상재를 표면에 부착하여 탄산화 저감효과를 측정하였다. 재생골재의 사용은 표면의 모르타르 및 미수화 시멘트로 인해 고로슬래그 미분말을 다량 치환한 콘크리트에 양호한 영향을 미친 것으로 판단되었다. 콘크리트 표면의 기밀성 향상재에 따른 탄산화 저감 효과는 기밀성 향상재 종류와 상관없이 콘크리트 표면에 효과적으로 부착되어 있는 경우라면 모두 양호한 탄산화 저감 성능을 나타내었다. 그러므로 시공이 용이하고 취급이 간편하며 콘크리트 표면에서 장기간 양호한 내구성을 발휘하는 기밀성 향상재로 선시공 1중 에어캡이 가장 양호한 방법으로 판단되었으며, 추가적으로 단열성능을 고려하였을 때에는 선시공 2중 에어캡이 효율적인 방법으로 생각해 볼 수 있었다.

키워드 : 탄산화, 고로슬래그 다량 치환 콘크리트, 순환골재, 표면처리, 접합력

References

1. Berry EE, Hemmings RT, Zhang MH, Cornelius BJ, Golden DM. Hydration in High-volume Fly Ash Concrete Binders, *ACI Materials Journal*, 1994 Jul;91(4):382-9.
2. Kim SH, Shin, ST, Seo CH. An Experimental Study on the Carbonation Property of Cement Mortar with Fly Ash, *Proceeding of Architectural Institute of Korea*; 2000 Oct 28; Gwangju, Korea, Seoul (Korea): Architectural Institute of Korea; 2000. p. 475-8.
3. Boukendakdji O, Kenai S, Kadri, EH, Rouis, F. Effect of Slag on the Rheology of Fresh Self-Compacted Concrete, *Construction and Building Materials*, 2009 Jul;23(7):2593-8.
4. Torgal FP, Miraldo S. An Overview on Concrete Carbonation in the Context of Eco-efficient Construction: Evaluation, Use of SCMs and/or RAC, *Construction and Building Materials*, 2012 Nov;36:141-150.
5. Jiang L, Liu Z, Ye Y. Durability of Concrete Incorporating Large Volumes of Low-quality Fly Ash, *Cement and Concrete Research*, 2004 Aug;34(8):1467-9.
6. Rakshvir M, Barai S. Studies on Recycled Aggregates-based Concrete, *Waste Management Research*, 2006 Jan;24(3):225-233.
7. Park KT, Choi HS, Choi CG, Kim DG, Kang SG, Han, CG. Effect of Crush Fine Aggregates on Properties of Zero Cement Blast Slag Brick Using the Recycled Fine Aggregates, *Proceeding of Korea Concrete Institute*; 2012 May; Kyungju Korea, Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2012. p. 431-2.
8. Park KT, Son HJ, Kim DG, Kim, BK, Han MC, Han CG. Effect of W/B on the Properties of Blast Furnace Slag Mortar Using the Recycled Fine Aggregates, *Proceeding of Korean Recycled Construction Resource Institute*; 2011 Oct 28; Daejeon, Korea, Seoul (Korea): Korean Recycled Construction Resource Institute; 2011. p. 31-33.
9. Lee JC, Song TH, Lee SH. A Effect of Recycled Aggregate pH by Accelerating Carbonation Factors, *Proceeding of Architectural Institute of Korea*; 2010 Oct; Cheongju, Korea, Seoul (Korea): Architectural Institute of Korea; 2010. p. 189-190.
10. Kim MH, Kim JH, Cho BS, Na CS, Kim YD. An Experimental Study on the Engineering Properties and Durability of Concrete According to the Fineness and Replacement Ratio of Blast-Furnace Slag, *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, 2005 Mar;5(1):81-8.