

콘크리트용 블리딩저감제의 개발 및 실용성 검토

한천구¹⁾ · 황인성^{1)*} · 신동인²⁾

¹⁾청주대학교 건축공학과 ²⁾충주대학교 건축공학과

(2002년 8월 21일 원고접수, 2003년 3월 17일 심사완료)

Development and Analysing the Practical Use of Bleeding Reduction Agent for Concrete

Cheon-Goo Han¹⁾, Yin-Seong Hwang¹⁾, and Dong-In Shin²⁾

¹⁾ Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju, 360-764, Korea

²⁾ Dept. of Architectural Engineering, Chungju University, Chungju, 380-702, Korea

(Received August 21, 2002, Accepted March 17, 2003)

ABSTRACT

It is necessary to reduce bleeding, which is a kind of segregation of fresh concrete, for improvement of quality of concrete structure. But, besides using high quality material and adjusting mixture ratio, there is no easy solution to reduce bleeding by now. For that reason, this study is intended to develop bleeding reduction agent and to investigate its application. The test results are following. At first, recommended mixture ratio of bleeding reduction agent is proven to be MC viscosity agent : defoaming agent : superplasticizer of 1 : 0.004 : 0.2. It goes to prove that bleeding reduction agent does not have bad effect on the quality of concrete such as fluidity, air content and the strength of hardened concrete etc, and can reduce bleeding effectively. Therefore it is thought that bleeding reduction agent can be applied to construction field effectively.

Keyword : MC viscosity agent, defoaming agent, superplasticizer, bleeding reduction agent for concrete

1. 서 론

건설공사현장에 반입된 콘크리트는 소요강도 및 내구성의 발휘는 물론이고, 소요의 유동성 확보와 함께 재료분리가 거의 없는 균일한 품질이 요구되고 있다. 그러나, 콘크리트는 비중과 입경이 서로 다른 재료로 구성되어 있기 때문에 타설, 다짐 등 시공과정에서 분리하기 쉬운 경향이 있다. 블리딩은 이러한 재료분리의 일종으로 거푸집에 부어넣은 콘크리트에서 물의 분리에 의해 내부의 잉여수가 콘크리트 상면으로 떠올라 모이는 현상을 말한다^{1~3)}.

이와같은 블리딩 현상은 침하에 의한 콘크리트 양의 부족, 시공성의 저하, 상부 콘크리트의 다공질화, 내부에 수로형성으로 수밀성 및 내구성의 저하 등 문제점이 제기되고 있다. 따라서, 콘크리트 구조물의 품질을 향상시키기 위해서는 경우에 따라 블리딩의 저감방안이 요구되고 있으나, 지금까지 알려진 블리딩의 저감대책으로는 재료의 고품질화 및 배합비를 조정하는 등의 방법^{4~6)} 외에는 손쉬운 해결책이 없는 것이 현실이다.

그러므로, 본 연구에서는 콘크리트의 블리딩을 효과적으로 저감할 수 있는 블리딩저감제의 개발을 목적으로, MC 증점제를 기본으로 하고, 여기에 공기량 과다 및 유동성 저하문제를 해결할 수 있는 소포제 및 유동화제의 혼입률을 변화시켜 이에 따른 콘크리트의 기초적 특성과 블리딩 발생량을 검토하고자 한다. 또한, 이렇게 개발한 블리딩저감제에 대하여는 각 물시멘트비(W/C)와 목표 슬럼프치 등 배합조건별 혼입률을 변화시켜 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 제반물성과 블리딩량 등을 분석하므로써, 개발된 블리딩저감제의 실용성을 검토하도록 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다.

먼저, 시리즈 I 은 블리딩저감제 개발을 위한 실험계획으로 W/C 50% 1수준에 대하여 목표 슬럼프 18±2.5cm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 플레인을 배합 설계한 후 물에 100배 희석한 MC 증점제의 혼입률을 단위시멘트

* Corresponding author

Tel : 043-229-8480 Fax : 043-229-8480

E-mail : youngtree@chongju.ac.kr

Table 1 Experimental design

Series	Factors							Experiments	
	W/C (%)	Slump (cm)	Air contents(%)	MC viscosity agent(%)	Defoaming agent*(C×10 ⁻² %)	Superplasticizer (C×%)	Bleeding reduction agent(C×%)	Fresh concrete	Hardened concrete
I	50	18	4.5±1.5	0 0.6 0.9 1.2	0 0.18 0.27 0.36	0 0.09 0.18 0.27	-	· Slump · Air content · Bleeding	· Compressive strength (3, 7, 28days)
II	40 50 60	12 18		0.9	0.36	0.18	0 0.6 0.9 1.2		· Compressive strength (3, 7, 28, 91days) · Test of freezing and thawing

Table 2 Mixture proportions

Series	W/C (%)	W (kg/m ³)	Slump (cm)	S/a (%)	AE water reducing agent(C×%)	MC viscosity agent (C×%)	Defoaming agent (C×10 ⁻² %)	Superplasticizer (C×%)	Bleeding reduction agent (C×%)	Volume mixing (ℓ / m ³)			Weight mixing (kg/m ³)		
										C	S	G	C	S	G
I	50	185	18	43	0.4	0 0.6 0.9 1.2	0	0	-	117	281	372	370	721	982
						0.9 0.18 0.27 0.36									
						0.9 0.36 0.09 0.18 0.27									
II	40	180 185	12 18	39 41	0.45 0.45	0.9	0.36	0.18	0 0.6 0.9 1.2	143 147	247 256	386 368	450 463	634 657	1,018 971
		175 185	12 18	43 43	0.35 0.40					111 117	288 281	381 370	350 370	739 721	1,007 982
	175 185	12 18	41 45	0.40 0.45	93 98					282 302	406 370	292 308	724 777	1,071 976	

량에 0, 0.6, 0.9, 1.2%의 4수준으로 첨가하고, MC 증점제 혼입에 따른 공기량 증가문제를 보상하기 위한 소포제의 혼입률을 0~0.0036%의 4수준, 유동성 저하문제를 보상하기 위한 유동화제의 혼입률을 0~0.27%의 4수준으로 변화시켜 총 12배치를 실험계획하였다.

또한, 시리즈 II에서는 시리즈 I에서 개발한 블리딩저감제의 실용성을 검토하기 위하여 실험요인으로 W/C를 40, 50 및 60%의 3수준, 목표 유동성을 슬럼프 12cm 및 18cm의 2수준으로 하고, 블리딩저감제의 혼입률을 0, 0.6, 0.9, 1.2%의 4수준으로 변화시켜 총 24배치를 실험계획하였다. 이때, 굳지 않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험사항은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘

Table 3 Physical properties of cement

Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength(MPa)		
			Ini.	Fin.	3 days	7 days	28 days
3.15	3,520	0.15	207	350	21.1	30.0	38.9

Table 4 Physical properties of aggregate

Aggregate	Specific gravity	Fines modulus	Absorption ratio(%)	Unit weight(kg/m ³)
Fine agg.	2.57	2.7	1.83	1,470
Coarse agg.	2.60	6.9	1.20	1,526

트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3과 같다. 골재로서 잔골재는 충북 청원군 부강산 강모래, 굵은골재는 충북 옥산산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였는데, 골재

Table 5 Physical properties of chemical admixture

Kind	Ingredient	Shape	Color	Specific gravity (20℃)	
AE water reducing agent	Naphthalene	Fluid	Dark brown	1.05	
Bleeding reduction agent	viscosity agent	Methyl cellulose	Powder	White	1.01
	Defoaming agent	-	Fluid	Yellow brown	0.90
	Superplasticizer	Melamine	Fluid	Light brown	1.08

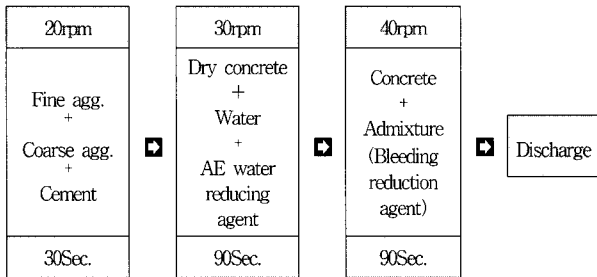


Fig. 1 Mixing procedure of concrete

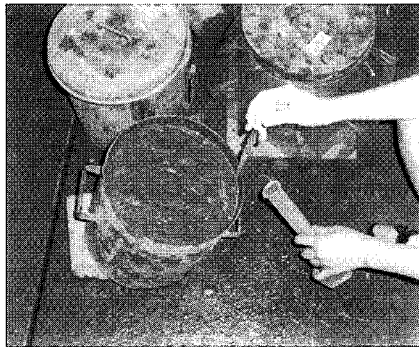


Photo 1 Test of bleeding

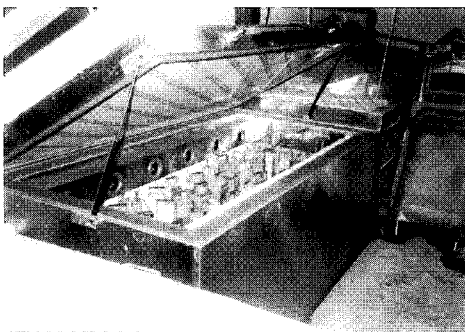


Photo 2 Test of concrete to rapid freezing and thawing

의 물리적 성질은 Table 4와 같다. 또한, 혼화제는 국내산 J사 제품으로 나프탈린계 AE감수제, MC 증점제, 소포제 및 멜라민계 유동화제를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 5와 같다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 Fig. 1의 순서에 의거 혼합하였다.

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F2402 규정에 의거 실시하였고, 공기량은 KS F 2421의 규정에 따라 실시하였고, 블리딩 시험은 KS F 2414에 의거 블리딩량을 측정하였다(Photo 1).

또한, 경화 콘크리트의 실험으로 실험계획된 재령별 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 실시하였고, 동결융해시험은 KS F 2456의 A법(수중동결 수중융해)에 의거 Photo 2와 같이 스테인레스 스틸 튜브 안에 시험체를 수직으로 넣고, 30사이클마다 동탄성계수, 길이변화 및 중량변화를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 블리딩저감제의 개발(시리즈 1)

3.1.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Fig. 2는 콘크리트의 블리딩저감제 개발을 목적으로 MC 증점제, 소포제 및 유동화제의 혼입률 변화에 따른 슬럼프, 공기량 및 블리딩량을 비교하여 나타낸 것이다.

(1) 증점제 혼입률 변화

MC 증점제 혼입률 변화에 따른 슬럼프는 혼입률이 증가할수록 다소 저하하는 것으로 나타났고, 공기량은 크게 증가하였다. 또한, 블리딩량은 증점제 혼입률이 증가할수록 비례적으로 크게 감소하였는데, 블리딩저감제 개발을 위한 MC 증점제 혼입률을 블리딩량 감소율이 플레인과 비교하여 50% 정도인 0.9%로 결정하였다.

(2) 소포제 혼입률 변화

MC 증점제 혼입에 따른 공기량 증가문제를 해결하기 위하여 소포제를 혼입하였는데, 소포제는 혼입률이 증가할수록 유동성은 다소 저하하는 경향이었고, 공기량은 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이때, MC 증점제 혼입률 0.9%에 대한 소포제 혼입률 0.0036%(0.36×10^{-2})에서 플레인과 유사한 공기량으로 회복되는 것으로 나타나 소포제 혼입률을 0.0036%로 결정하였다. 한편, 소포제 혼입률 증가에 따른 블리딩량은 큰 변동이 없는 것으로 나타났다.

(3) 유동화제 혼입률 변화

MC 증점제 및 소포제의 혼입에 따른 유동성 저하문제

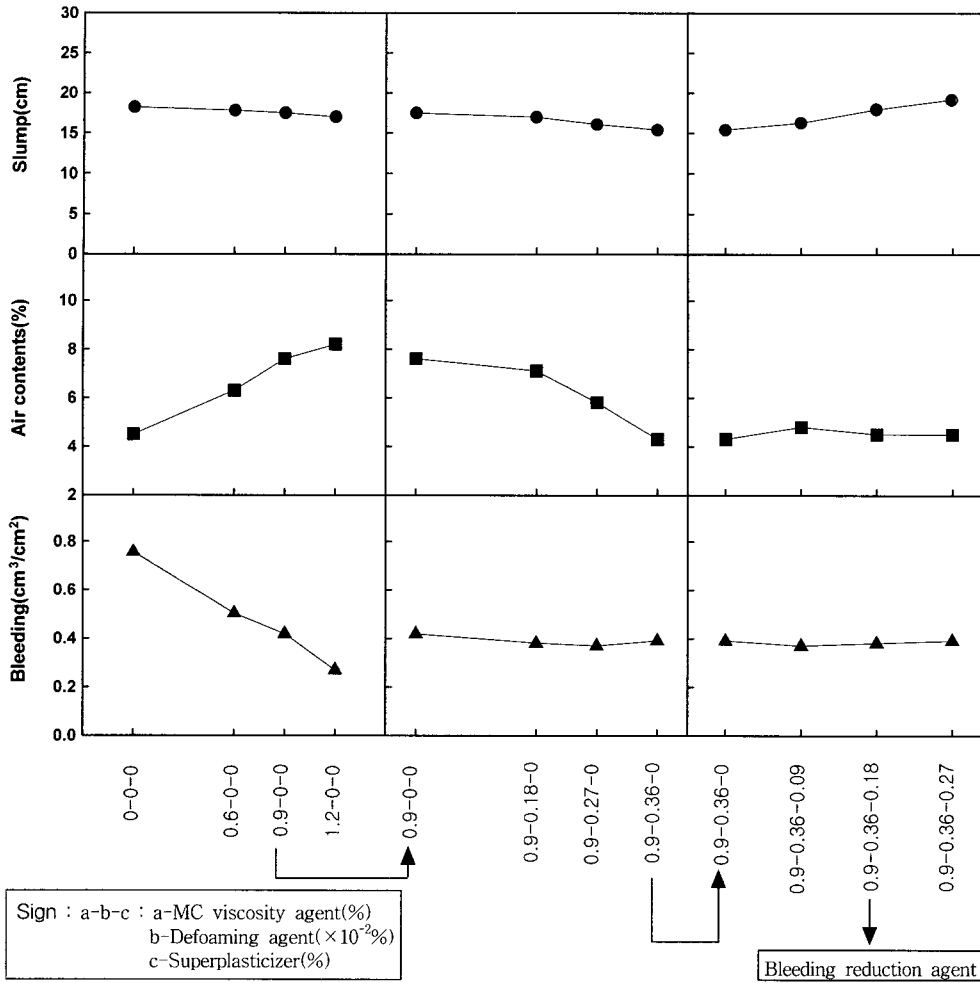


Fig. 2 Properties of fresh concrete with the contents of MC viscosity agent, Antifoam agent and Superplasticizer

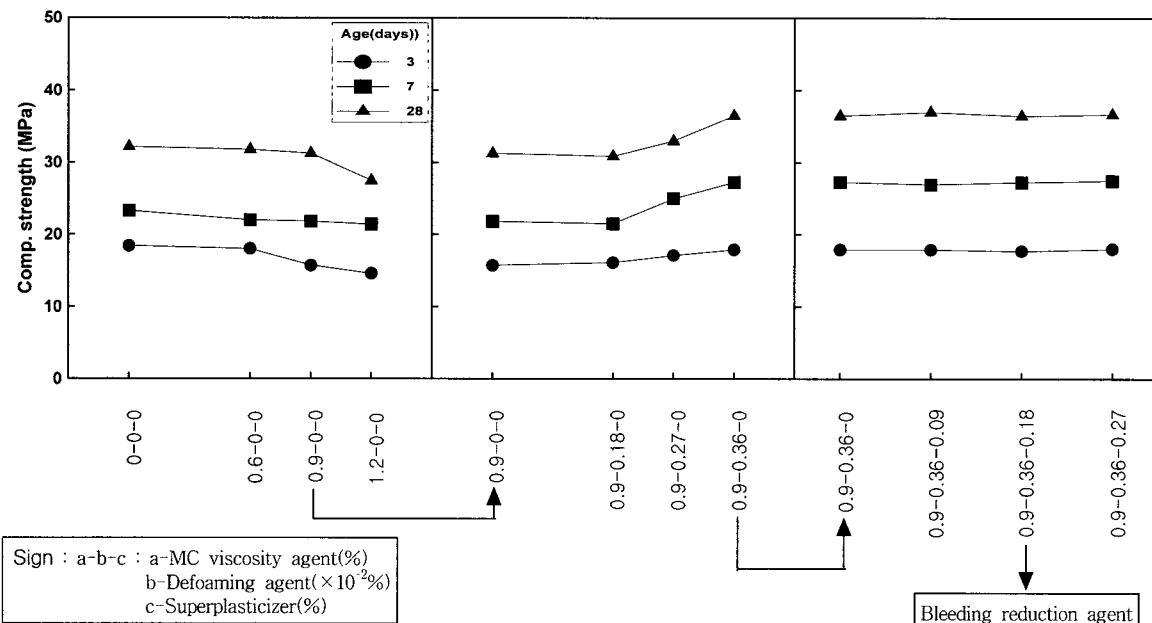


Fig. 3 Compressive strength with the contents MC viscosity agent, defoaming agent and Superplasticizer

를 보상하기 위한 유동화제는 혼입률이 증가할수록 슬럼프는 증가하는 것으로 나타났는데, 이때, 유동화제의 혼입률 0.18%에서 저하되었던 슬럼프치를 회복하는 것으로 나타나, MC 증점제 0.9%, 소포제 혼입률 0.0036%에 대한 유동화제 혼입률은 0.18%로 결정되었다. 또한, 유동화제의 혼입률 증가에 따른 공기량 및 블리딩량은 플레인과 유사한 경향이였다. 이상을 종합하면 개발하고자 하는 콘크리트용 블리딩저감제는 MC 증점제 혼입률 0.9%, 소포제 혼입률 0.0036% 및 유동화제 혼입률 0.18%인 것으로 나타나, 결국 각 혼화제에 대한 적정 비율을 1 : 0.004 : 0.2의 비율로 혼합하여 제조하고 시멘트 사용량에 1% 정도 첨가하면 유동성 및 공기량의 변화없이 블리딩량을 50% 정도 감소시킬 수 있었다.

3.1.2 경화 콘크리트의 특성

Fig. 3은 Fig. 2와 동일한 요령으로 MC 증점제, 소포제 및 유동화제의 혼입률 변화에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, MC 증점제 혼입률 증가에 따른 압축강도는 공기량 증가에 기인하여 저하하는 것으로 나타났고, 소포제 혼입률 증가에 따라서는 공기량이 감소하면서 압축강도가 플레인과 유사한 수준으로 회복되어 나타났으며, 유동화제 혼입률 증가에 따른 압축강도는 플레인과 비교하여 $\pm 0.5 \sim 1.5\%$ 범위 내에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서, MC 증점제, 소포제 및 유동화제의 적정비율에 의해 개발되어진 콘크리트용 블리딩저감제는 경화 콘크리트의 대표적인 특성인 압축강도에 $\pm 1\%$ 범위내에서 큰 영향이 없는 것으로 분석되었다.

3.2 블리딩저감제의 실용성(시리즈 II)

3.2.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Fig. 4는 개발된 블리딩저감제의 실용성을 검토하기 위한 시리즈 II의 실험결과로서, W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것이다.

블리딩저감제의 혼입률 증가에 따른 슬럼프, 공기량 및 단위용적중량은 W/C 및 목표 슬럼프치별로 다소 증감의 차이는 있으나, 블리딩저감제를 혼입하지 않은 플레인과 비교하여 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

따라서, W/C 40~60%, 슬럼프 12~18cm의 범용적인 범위 내에서 개발된 블리딩저감제를 1.2%까지 첨가하는 실무조건에서는 굳지 않은 콘크리트의 특성에 거의 영향이 없으므로, 본 개발품의 실무 활용성에 미치는 품질 안정성을 확인할 수 있었다.

3.2.2 블리딩 특성

Fig. 5는 W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 블리딩량을 나타낸 것이다.

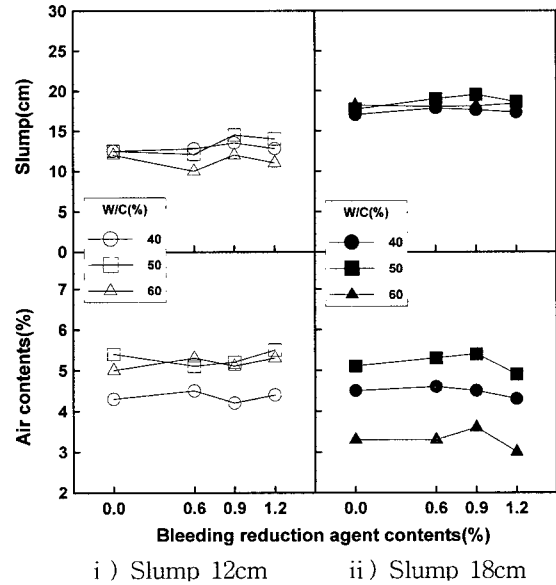


Fig. 4 Slump and air contents with the contents of bleeding reduction agent

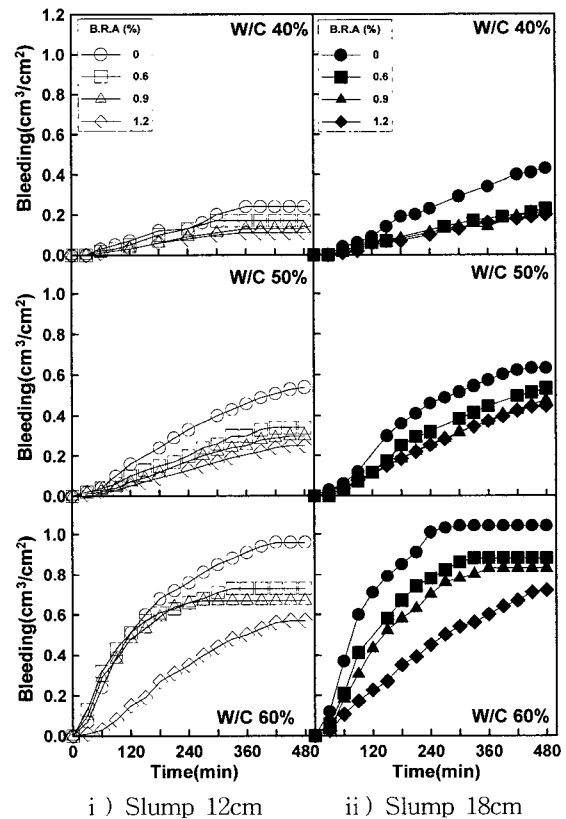


Fig. 5 Bleeding of concrete with the contents of bleeding reduction agent

먼저, W/C 변화에 따른 블리딩 특성으로 W/C가 클수록 블리딩량은 많이 발생하는 것을 알 수 있었고, 특히, 초기에 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 W/C가 클수록 단위시멘트량의 감소에 따른 점성부족으로 콘크리트 내부의 잉여수가 쉽게 떠오르므로써 블리딩이 증가된 것으로 사료된다. 또한, 동일 W/C에서 목표 슬럼프 변화에 따른 블리딩은 목표 슬럼프 12cm 보다 18cm에서 많이 발생하였는데, 이는 슬럼프가 클수록 단위수량이 증가한 것에 기인하여 블리딩이 더 크게 발생한 것으로 분석된다.

또한, W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 블리딩량은 혼입률이 증가할수록 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 블리딩저감제의 혼입에 의한 콘크리트 내부의 점성증가로 떠오르는 블리딩수를 잡아줌으로써 블리딩이 감소한 것으로 사료된다.

Fig. 6은 W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 총 블리딩량을 나타낸 것이고, Fig. 7은

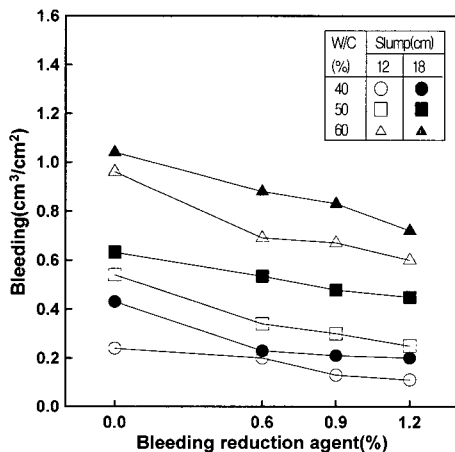


Fig. 6 Total bleeding with the contents of bleeding reduction agent

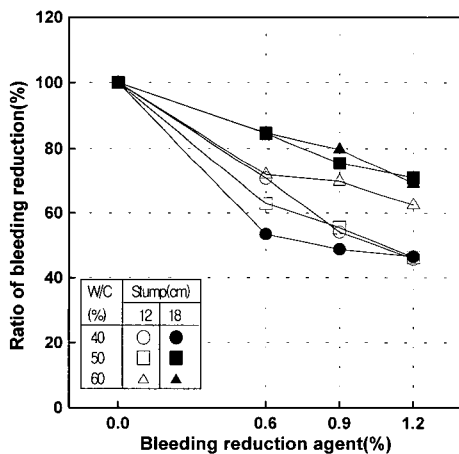


Fig. 7 Ratio of bleeding reduction with the contents of bleeding reduction agent

블리딩저감제를 혼입하지 않은 플레인 콘크리트에 대한 블리딩 감소율을 나타낸 것이다.

전의 분석과 같이 W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩은 W/C 및 슬럼프값이 클수록 많이 발생하는 것을 알 수 있었고, 블리딩저감제의 혼입률이 증가할수록 블리딩은 비례적으로 감소하는 경향으로 나타났는데, 이때, 블리딩의 감소율은 블리딩저감제를 0.6% 혼입하였을 때 W/C 40%의 경우 30~50%, W/C 50 및 60%의 경우 15~40% 정도의 블리딩 저감효과가 있는 것으로 나타나, 비울적인 면에서는 W/C가 작을수록 저감효과가 더 큰 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구결과 개발되어진 블리딩저감제는 첨가량을 증가시킬수록 비례적으로 콘크리트의 블리딩량을 저감시킬 수 있는 것으로 양호한 활용성을 확인 할 수 있었다.

3.2.3 경화 콘크리트의 특성

Fig. 8은 W/C 및 목표 슬럼프별 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

먼저, W/C별 압축강도는 당연한 결과이겠지만, W/C가 작을수록 재령이 경과할수록 크게 나타났으며, 슬럼프 변화에 따른 압축강도는 동일 W/C일 경우 $\pm 5\%$ 범위내에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 압축강도는 W/C 및 목표 슬럼프 별 혼입률 증가에 따라 약간 감소(블리딩량이 많을 경우 내부 콘크리트의 물시멘트비가 감소) 혹은 큰 차이가 없는 것으로 나타나 개발된 블리딩저감제의 혼입에 따른 압축강도의 품질변화는 거의 없는 것으로 사료된다.

Fig. 9는 W/C, 목표 슬럼프 및 블리딩저감제의 혼입률 별 동결융해 반복에 의한 상대 동탄성계수, 길이변화를 및 중량감소율을 나타낸 것이다.

먼저, W/C가 작을수록 팽창성 동해의 척도인 상대동탄성계수는 크고, 길이변화율은 작으며, 또한 스케일동해의 척도인 질량감소율은 작아 전반적으로 내동해성이 우수해짐을 알 수 있고, W/C 60%인 경우 목표 슬럼프 18cm인 경우가 12cm 보다 AE 공기량이 작았음에 기인하여 내동해성이 저하한 것을 제외하고는 목표 슬럼프치 변화에 따른 내동해성은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

또한, 블리딩저감제 혼입률 변화에 따른 내동해성은 플레인과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 블리딩저감제 혼입에 따른 AE 공기포 크기에는 큰 변동이 없어, 결국 동결융해작용에 따르는 내구성 저하문제는 없는 것으로 분석된다.

단, 동결융해시험결과 300사이클 이전에 모든 공시체가 파괴되었는데, 이는 공시체를 담은 스테인레스 스틸 튜브가 수중 동결시 발생하는 물의 팽창압을 분산시키지 못하고 공시체 표면에 직접 작용시켜 300사이클 이전에 모두 파괴된 것으로 분석된다.

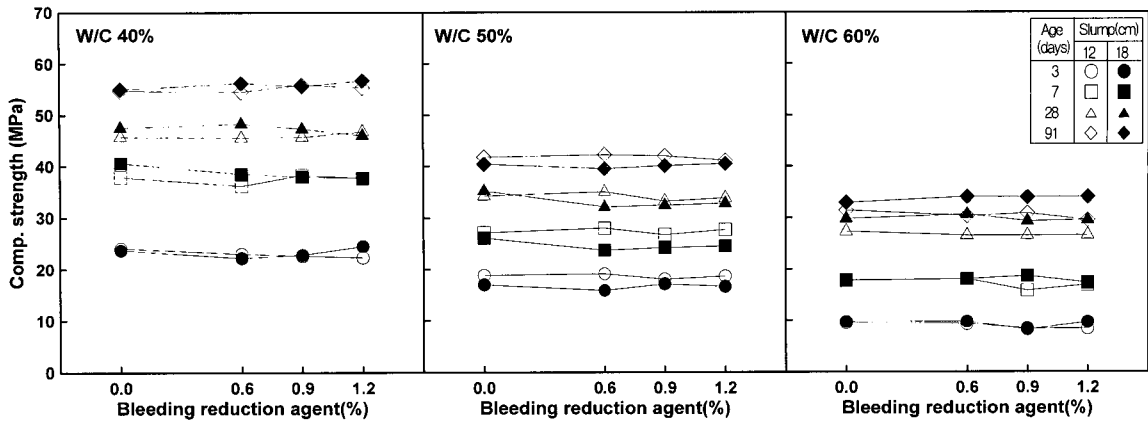


Fig. 8 Compressive strength with the contents of bleeding reduction agent

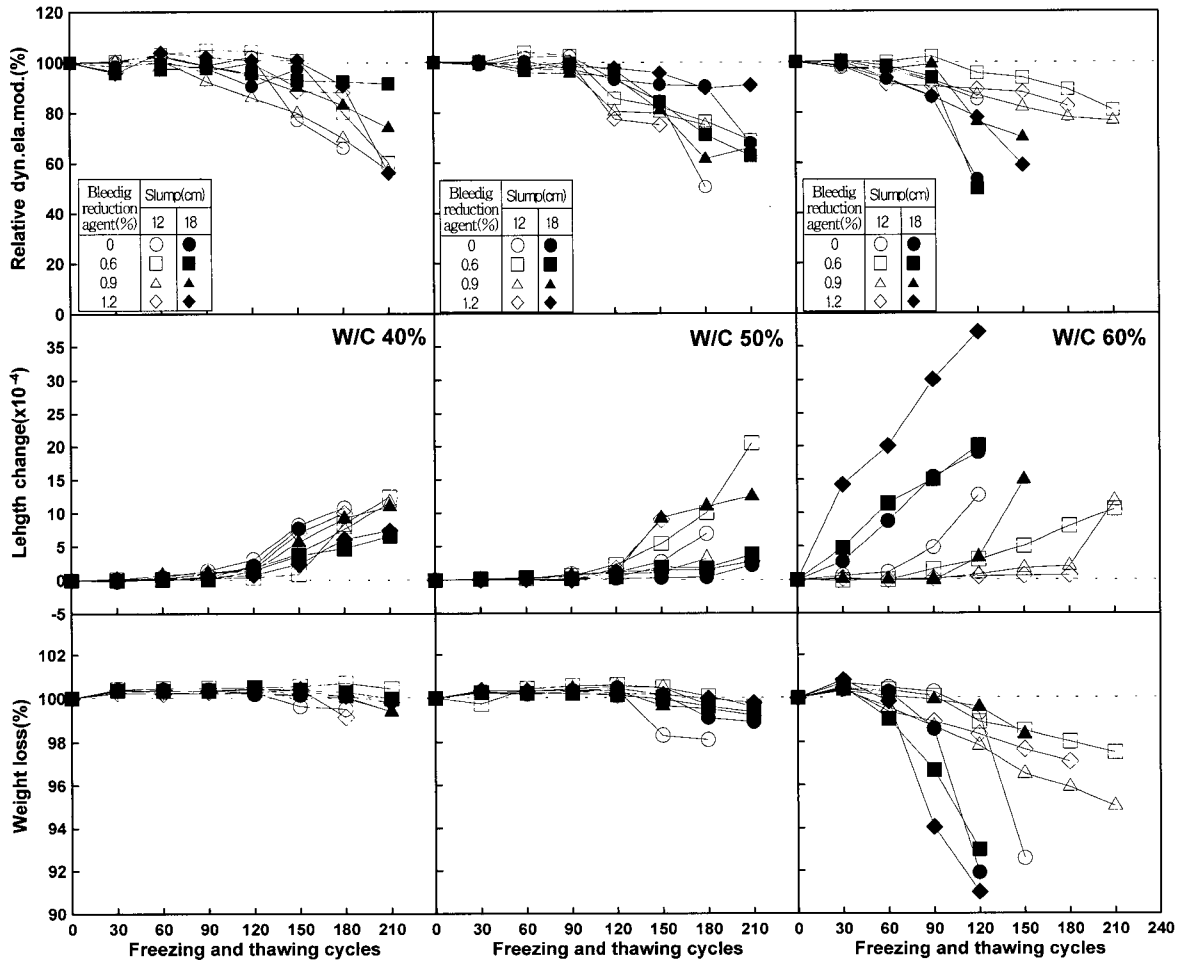


Fig. 9 Relative dynamic elasticity modulus, length change and weight loss with freezing and thawing

4. 결 론

MC 증점제, 소포제 및 유동화제의 혼입률 변화에 따라 콘크리트의 블리딩량 및 기타 물성을 분석하여 콘크리트

용 블리딩저감제를 개발하고, 이와같이 개발된 블리딩저감제를 각 W/C 및 목표 슬럼프치별 혼입률 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 제반물성과 블리딩량을 분석하므로써 실용성을 검토한 결과에 대하여 종합

하면 다음과 같다.

- 1) 콘크리트용 블리딩저감제의 개발에 있어, MC 증점제는 혼입률이 증가함에 따라 유동성은 저하하였고, 공기량은 증가하였으며, 블리딩량은 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 여기에 소포제 혼입률을 증가시킴에 따라 공기량이 회복되게 나타났고, 다시 유동화제의 혼입률 증가에 따라 저하된 목표 슬럼프를 회복할 수 있었다.
- 2) 개발하고자 하는 콘크리트용 블리딩저감제는 MC 증점제 : 소포제 : 유동화제를 1 : 0.004 : 0.2의 비율로 혼합 제조하면 가능한 것으로 밝혀졌고, W/C 50%의 경우 시멘트 사용량에 1% 정도 첨가하면 굳지 않은 콘크리트의 유동성 및 공기량과 경화 콘크리트의 압축강도에는 거의 변화 없이 블리딩량만을 50% 정도 저감시킬 수 있었다.
- 3) 개발된 블리딩저감제의 혼입률 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 유동성, 공기량 및 경화 콘크리트의 특성으로 압축강도, 내동해성은 플레인과 비교하여 큰 변화가 없는 것으로 나타났고, 블리딩량은 비례적으로 감소하는 것으로 나타났는데, W/C 및 슬럼프값이 작을수록 저감율이 크게 나타났다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “최신 콘크리트공학”, 기문당, 1997, pp.212~216.
2. 한천구, “콘크리트 특성과 배합설계”, 기문당, 1998, p.66.
3. A.M. Neville ; *Properties of Concrete*, Wiley, Fourth Edition.
4. 한천구, 황인성, “잔골재 및 혼화재료 요인이 콘크리트의 블리딩에 미치는 영향”, 대한건축학회논문집, 제18권 6호, 2002, pp.93~100.
5. 배정렬, 심보길, 황인성, 전충근, 한천구, “배합요인이 콘크리트의 블리딩에 미치는 영향”, 대한건축학회 추계학술발표논문집, 제 21권 제2호, 2001, pp.371~374.
6. P. J. Wainwright, H. Ait-Aider, “The Influence of Cement Source and Slag Additions on the Bleeding of Concrete,” *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 7, 1995, pp.1445~1456.

요 약

블리딩은 재료분리의 일종으로 콘크리트 구조물의 품질을 향상시키기 위해서는 손쉬운 블리딩 저감방안이 요구되고 있다. 그러나, 지금까지 알려진 블리딩 저감대책으로는 재료의 고품질화 및 배합비를 조정하는 등의 방법 외에는 손쉬운 해결책이 없는 실정이었다. 그러므로, 본 연구에서는 콘크리트의 블리딩을 효과적으로 저감할 수 있는 증점제 Type 블리딩저감제의 개발과 그 실용성을 검토한 것으로, 실험결과는 다음과 같다. 즉, 블리딩저감제의 개발은 MC 증점제 : 소포제 : 유동화제를 1 : 0.004 : 0.2의 비율로 혼합하면 가능한 것으로 밝혀졌고, 또한, 개발된 블리딩저감제는 혼입률 증가에 따라 굳지 않은 콘크리트의 유동성, 공기량 및 경화 콘크리트의 압축강도, 내동해성 등 제반 품질은 변동 없고, 블리딩의 저감효과는 우수한 것으로 나타나, 실무에서 콘크리트용 블리딩저감제로 유효하게 활용할 수 있음이 밝혀졌다.

핵심용어 : MC 증점제, 소포제, 유동화제, 콘크리트용 블리딩저감제