

정제화 방법을 이용한 응결 지연제의 특성에 관한 연구

A Study on Properties of Retarder via Tableting Method

저자 (Authors)	류재석, 양능원, 이용수 Jae-Suk Ryou, Neung-Won Yang, Yong-Soo Lee
출처 (Source)	콘크리트학회 논문집 25(2) , 2013.4, 201-207(7 pages) Journal of the Korea Concrete Institute 25(2) , 2013.4, 201-207(7 pages)
발행처 (Publisher)	한국콘크리트학회 Korea Concrete Institute
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02258906
APA Style	류재석, 양능원, 이용수 (2013). 정제화 방법을 이용한 응결 지연제의 특성에 관한 연구. 콘크리트학회 논문집, 25(2), 201-207
이용정보 (Accessed)	한양대학교 166.104.66.*** 2022/02/07 16:54 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.



정제화 방법을 이용한 응결 지연제의 특성에 관한 연구

류재석¹⁾ · 양능원¹⁾ · 이용수^{1)*}

¹⁾한양대학교 건설환경공학과

A Study on Properties of Retarder via Tableting Method

Jae-Suk Ryou,¹⁾ Neung-Won Yang,¹⁾ and Yong-Soo Lee^{1)*}

¹⁾Dept. of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

ABSTRACT When hot weather concrete is utilized, the cooling methods of cooling pipe, liquid nitrogen, ice, etc., are used to prevent the poor consistency and cold joint due to high temperature. These methods, however, spike the production cost and energy consumption, and make quality control difficult. Among these methods is one that involves the use of a retarder. Although economical, retarder is caused difficulty of retarded hardening and setting time control due to inaccurate weighing and poor working condition. Therefore, how to make a tablet for hot weather concrete, as with the existing pharmacy and foods, is discussed in this study, including the following items: mortar setting time, flow test by elapsed time, physical and mechanical properties of concrete. As a result, gluconic acid is superior to lignosulfonic acid and the possibility of using them for such purpose without quality degradation was confirmed in this study, when retarder is tableting.

Keywords : hot weather concrete, retarder, tableting, gluconic acid, cold joint

1. 서 론

최근 이루어지고 있는 콘크리트 시공은 시멘트의 분말도 증가, 일시에 대량의 콘크리트 부어넣기, 메스 혹은 얇은 부재단면의 설계, 시공속도의 증가 등으로 인해 서중 콘크리트 타설시 많은 문제점을 가지고 있다. 여름철 서중 콘크리트 타설시 높은 온도로 인하여 시멘트 수화반응이 촉진되어 수분의 증발 및 응결이 빨라지게 된다.^{1,2)} 이로 인해 컨시스턴시(consistency)가 크게 저하되고, 콜드조인트(cold joint)가 발생하기 쉽다. 특히, 콘크리트 표면으로부터 수분이 급속하게 증발하고 시공 중에 수분이 부분적으로 불균일하게 되므로 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트에 균열이 발생하는 경향이 크게 된다.^{3,4)}

이러한 문제 해결을 위하여 냉각 파이프, 얼음, 액체질소 등을 사용한 냉각 등의 방법이 사용되고 있으나, 사용상의 어려움과 에너지 소비에 따른 경제성 감소 등의 문제점을 가지고 있다.⁵⁾

따라서, 기존 연구에서는 지연제를 이용하여 타설하는 순서에 따라 첨가량을 조절하여 전체의 콘크리트가 동시

에 응결하도록 하여 균열을 방지하는 연구가 진행되어 왔다.^{6,7)} 하지만, 지연제의 경우 첨가량을 과도하게 사용하면 콘크리트의 경화불량이 발생하기 쉬우며, 콜드조인트를 방지 목적으로 사용할 경우 응결시간 관리가 어려울 수가 있다. 또한, 현재 지연제의 인력투입으로 인한 정확한 계량 및 투입이 어렵고 분진발생 등 작업성에 문제가 있으며 레미콘 이송차량에 직접 투입 시 균질혼합이 사실상 불가능하다.^{8,9)}

현재 의약 및 식품분야에서는 정제(tablet)화 방법을 이용하여 분말을 고형화 하고 있다.^{10,11)} 이에 이 연구에서는 이러한 지연제의 관리상의 문제점을 해결하기 위하여 분말형 지연제를 정제된 형태로 제조하였다. 또한, 지연제의 정제화 유무에 따른 응결시간을 측정하여 기초물성 시험에 적합한 혼입률을 찾기 위하여 비교·평가하였으며, 이를 기초로 하여 콘크리트의 특성을 확인하였다. 또한, 경화된 콘크리트 특성을 비교하여 내구성 및 콜드조인트에 대한 저항성을 확인하였다.

이와 같은 정제화 방법은 현재 분말형 혼화제 등과 같은 건설재료 분야에서 거의 사용되지 않고 있으며, 이 연구는 그 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 응결 지연형 타블렛(tablet)

시멘트와 물이 접촉하여 응결이 되기까지 석고의 가수

*Corresponding author E-mail : imcivil@hanyang.ac.kr
 Received October 8, 2012, Revised December 6, 2012,
 Accepted December 24, 2012
 ©2013 by Korea Concrete Institute

분해와 수화반응의 단계를 거치게 된다. 이 때 시멘트 성분은 물에 용해하여 포화 또는 과포화상태에 도달하게 되는데 이때 수화생성물이 생성·석출하여 가는 수화과정 시작되며, 이때 액상중의 칼슘이온(Ca^{2+})농도가 최고가 된다. 지연제는 Ca^{2+} 농도를 낮게 억제하는 성질을 가진 약품으로 최고에 도달할 때까지의 시간을 지연시키는 작용을 한다. 일반적으로 콘크리트용으로 사용되는 지연제는 리그닌 설폰산계, 옥시카본산계 및 인산염 등과 같은 무기화합물의 지연제와 분자가 매우 큰 유기질의 지연제가 있다.¹²⁻¹⁴⁾

정제화 방법에는 일부 습제정과 같이 주형에 의해 제조되는 것을 제외하면 주로 압축에 의해서 제조된다. 또한 정제는 분말·과립을 압축·성형하는 공정으로 진행되며 직접 타정법과 과립 타정법으로 구별된다.^{15,16)} 이 연구에서는 Fig. 1에서와 직접 타정법에 의해 지연제를 고행화하였다.¹⁷⁾

3. 실험 개요

이 연구에서는 시멘트의 응결 및 수화반응에 직접 관여하는 응결조절용 혼화제인 분말 성상의 리그닌 설폰산염(이하 Lignin이라 약함)과 글루코산염(이하 Gluconic이라 약함) 지연제를 사용하였다. 타블렛은 단발 타정기를 이용하여 제조하였으며, 그 형상은 직경 5 mm, 길이 5 mm의 원통형이다. Fig. 2는 단발 타정기를 이용하여 제조된

타블렛의 전후 모습이다.

모르타르 배합은 KS L ISO 679에서 규정한 제작 방법에 따라 시멘트:모래=1:3에 물/시멘트=0.5로 결정하여 Table 1에서와 같이 분말형 지연제는 control 대비 각각 3수준, 타블렛의 경우는 지연제 시험 결과에 따라 control 대비 각각 3수준으로 혼입하였다.¹⁸⁾ 이 모르타르 시험 결과에 따라 control 대비 3수준으로 정하여 콘크리트의 특성을 비교 평가하였다. 여기서 콘크리트 배합은 pilot test를 통하여 목표강도 24 MPa, 슬럼프 150 mm, 공기량 4.5%, 물/시멘트=52.0%, 잔골재율=48.5%로 결정하였다.

이 연구에서는 응결 지연형 타블렛의 특성을 확인하기 위하여 모르타르에 대하여 플로우 테스트, 관입 저항침에 의한 응결시험, 길이변화 특성을 검토하였다. 플로우 테스트는 KS L 5105에서 규정한 방법으로 30분, 60분 경과시간에 대한 변화량을 4곳의 지름을 측정하여 구하였다.¹⁹⁾ 응결은 굳지 않은 콘크리트에서 강성이 발현되는 시점으로 정의되며, 경화는 유용하고 예측 가능한 강도가 발현되는 것을 의미한다. 이러한 응결시간을 측정하기 위하여 KS F 2436에서 제시된 방법에 따라 항온 항습기에서 $20\pm 2^\circ C$ 의 온도로 양생을 한 후 경과시간에 맞추어서 관입 저항치를 측정하였고, 초결 및 종결시간을 얻기 위하여 경과시간에 대한 관입 저항치를 도시한 후 부드러운 곡선으로 hand-fitting하여 응결시간을 결정하였다(초결 3.5 MPa, 종결 28 MPa 일때).^{20,21)}

또한, 응결 지연에 의한 수축량을 확인하기 위하여 KS F 2424에 규정된 방법 중 콘택트 게이지를 이용하여 길이변화가 멈출 때까지의 변화량을 구하였다.²²⁾ Fig. 3은 관입 저항치 및 길이 변화 측정 모습을 나타낸 것이다.

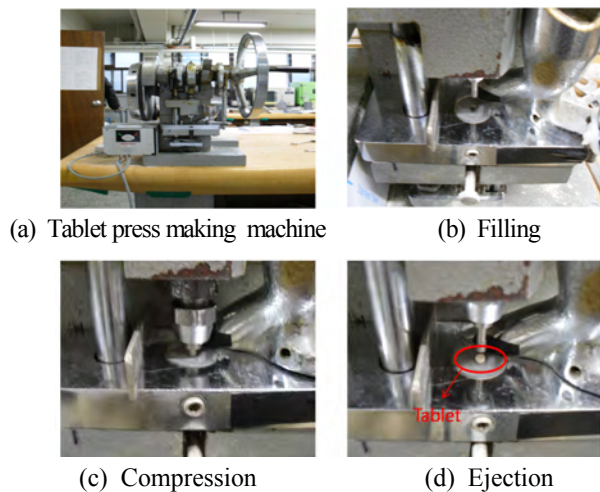


Fig. 1 Process of compressed tablet manufacturing



Fig. 2 Before and after tableting

Table 1 Replacement ratio of powder retarders and tablet

Types	Added amount (C×%)
Mortar W/C=0.5 Cement-to-sand ratio=1:3	Lignin, gluconic - 0.1%, 0.2%, 0.3% tablet (lignin, gluconic) - 0.1%, 0.2%, 0.3%
Concrete W/C=52.0% S/a=48.5% (Binder : 337 kg/m ³)	Gluconic 0.1% tablet (gluconic) - 0.1%, 0.2%, 0.3%



Fig. 3 Measurement of the penetration resistance and the length change

굳지 않은 콘크리트의 작업성 유지 정도를 확인하기 위하여 경과 시간 30분, 60분, 90분, 120분에 대하여 일반적으로 표준화된 시험방법인 슬럼프 시험을 실시하여 오차범위 내에서 만족하는지에 대하여 평가하였다. 그리고 경화된 콘크리트의 특성은 KS F 2405에 규정된 방법에 따라 3일, 7일, 28일, 56일 및 91일 재령에서 압축강도를 측정하였으며, KS F 2584에 규정된 방법에 따라 촉진 탄산화 시험을 실시하여 각 배합에 대하여 1주, 4주, 8주, 13주, 26주에 탄산화 깊이를 측정하였다. 또한, 탄산화 속도 계수는 다음 식을 이용하여 구하였다.²³⁾

$$X_c = K \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

여기서, X_c 는 탄산화 깊이, K 는 탄산화 속도계수(mm/\sqrt{week}), t 는 재령을 나타낸다.

서중 콘크리트 타설시 문제가 되는 콜드조인트에 대하여 $200 \times 200 \times 300$ (mm)의 몰드에 150 mm 두께로 1차 타설을 하고, 30°C 온도를 유지하는 항온 챔버에 6시간 노출한 이후 2차로 나머지를 타설 한 후 시료의 콜드조인트 발생 여부를 확인 하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

Lignin, Gluconic 지연제와 이들을 정제화 하여 경과 시간에 대한 관입 저항치를 그래프로 나타낸 것이 Fig. 4, 5이며, Table 2, 3은 각 지연제의 30분, 60분에 경시변화에 대한 플로우 값 및 도시된 그래프를 핸드 피팅에 의한 방법으로 응결시간을 나타낸 것이다.

Table 2에서 Lignin 지연제의 경우 control과 비교하여 믹싱 후 플로우 값이 control 보다 높게 측정되었으며, 또한 수화반응이 지연됨에 따라 경시변화에 의한 플로우 값이 크게 변동이 없는 것을 확인할 수 있었다. 정제화된 경우 믹싱 이후 30분까지는 반응이 일어나지 않아 플로우 손실이 발생 하였지만, 그 이후에는 지연제가 반응하여 큰 변동이 없는 것을 확인할 수 있었다.²⁴⁾ 또한, Fig. 4를 통하여, 혼입률이 증가할수록 초결 및 종결시간이 늘어나는 것을 알 수 있었다. 하지만, 정제화된 경우 control 보다는 응결 지연효과를 보였지만, 큰 차이가 나지 않아 지연효과가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Lignin의 경우 적은 양을 사용할 경우 초결 시간이 단축되는 경우가 있는데, 타블렛의 경우 분말 형태의 지연제 보다 분산성이 낮아 응결 지연효과가 떨어질 뿐만 아니라 콘크리트 안에서 초반에 반응하는 양이 적어 이러한 현상이 발생한 경우로 생각된다.¹³⁾

Table 3에서 보면 Gluconic 지연제의 경우 성능이 우수하여 경과시간에 따른 플로우 값의 변동이 거의 없으며, 오히려 그 값이 증가하는 경우도 발생 하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 정제된 경우도 위에서 언급한 Lignin과 마찬가지로 초기에는 반응하지 않다가 그 이후에 반응하

여 유동성을 유지하는 것을 확인 할 수 있었다. 응결시간은 혼입률이 증가할수록 늘어났으며, 정제된 지연제의 경우 분말상태일 때보다 응결시간이 다소 짧아지는 것을 Fig. 5를 통해 확인할 수 있었다.

지연제의 경우 시멘트 입자 표면에 흡착하여 물과의 접촉을 일시적으로 차단하게 되는데, 정제된 지연제들의 경우 초기 수화반응을 억제하지 못하여, 분말 상태의 지연제들보다 응결시간이 짧은 것으로 생각된다.^{25,26)} 이러한 응결시험의 결과 정제화된 Lignin의 경우 그 지연효과가 미비하여, 이후 길이변화 및 콘크리트에 대한 시험은 Gluconic 지연제에 대해서만 진행을 하였다.

Fig. 6은 분말 상태의 Gluconic 지연제와 이를 정제한 경우에 대하여 응결이 완료된 시점부터 길이변화가 멈추

Table 2 Setting-time and flow value of Lignin retarders

Types	Setting-time		
	Initial set (hr:mm)		Final set (hr:mm)
	Flow (mm)		
	0	30 min	60 min
Control	7:40		10:10
	178	167	159
Lignin. 0.1%	9:45		13:40
	186	179	172
Lignin 0.2%	13:25		17:25
	188	185	179
Lignin. 0.3%	22:05		26:35
	187	182	179
Tablet (Lignin) 0.1%	7:45		11:10
	181	173	169
Tablet (Lignin) 0.2%	7:55		11:40
	183	175	171
Tablet (Lignin) 0.3%	8:05		11:45
	184	178	174

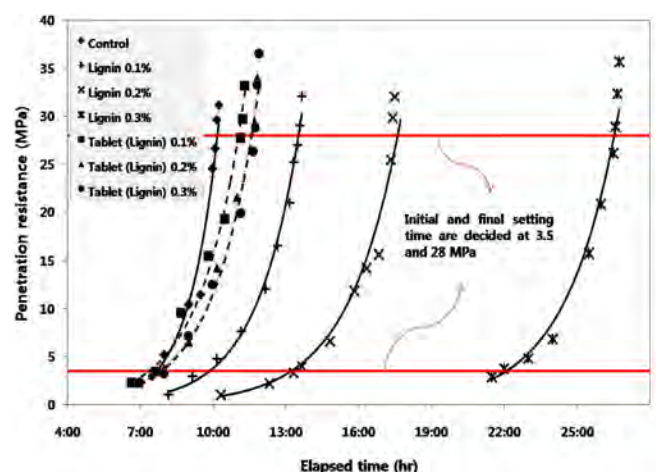


Fig. 4 Penetration resistance of lignin retarders

Table 3 Setting-time and flow value of gluconic retarders

Types	Setting-time		
	Initial set (hr:mm)		Final set (hr:mm)
	Flow (mm)		
	0	30 min	60 min
Control	7:40		10:10
	178	167	159
Gluconic 0.1%	14:05		17:50
	187	190	192
Gluconic 0.2%	22:40		35:55
	181	179	180
Gluconic 0.3%	28:40		52:20
	184	182	182
Tablet (Gluconic) 0.1%	9:25		14:05
	187	178	175
Tablet (Gluconic) 0.2%	17:30		22:20
	181	172	170
Tablet (Gluconic) 0.3%	28:20		39:00
	186	174	173

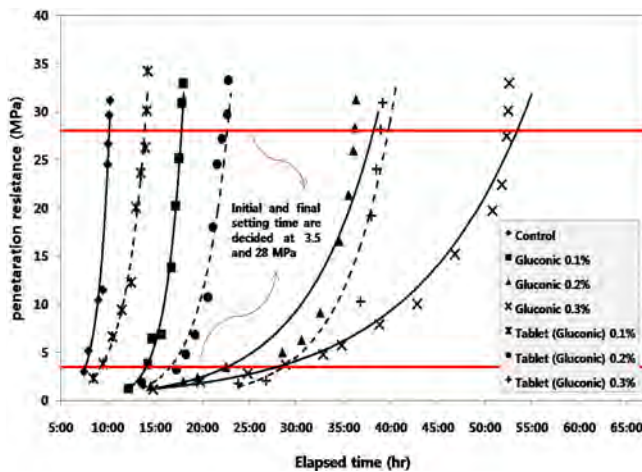


Fig. 5 Penetration resistance of gluconic retarders

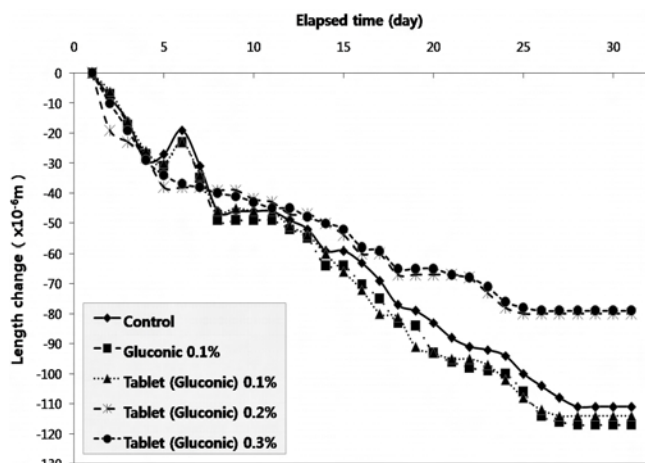


Fig. 6 Length change of gluconic retarders

있을 때까지의 변화량을 나타낸 것이다.

Fig. 6에서 대부분의 배합이 응결이 완료된 후 25일 전 후에서 길이변화가 발생하지 않았으며, control 및 Gluconic 0.1%, 타블렛(Gluconic) 0.1%의 경우 유사한 길이 변화량을 보였다. 또한, 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3% 경우 나머지보다 길이변화량이 적어 수축량이 적음을 확인할 수 있었다. 이는 수화초기 장시간의 응결지연작용에 의해서 서서히 수화반응이 진행됨에 따라 수축에 영향을 미치는 잉여수가 서서히 배출되면서 내부조직을 치밀하게 만들었기 때문으로 생각된다.²⁷⁾

혼입률에 따른 슬럼프를 믹싱 이후 120분 동안 30분 단위로 측정하여 작업성을 평가하였으며, 압축강도는 재령 3, 7, 28, 56, 91일에 대해서 검토하였다. Fig. 7, 8은 30분 단위의 경과시간에 대한 슬럼프 값과 재령별 압축강도를 각각 나타낸 것이다.

Fig. 7에서 혼입률에 따른 슬럼프 손실은 control과 분말형태의 Gluconic 0.1%에 비하여 타블렛의 경우가 120분에서의 손실량이 적게 나타났다. Gluconic 0.1%의 경우 믹싱 이후부터 반응하여 지속성을 유지한 반면에 정제화된 지연제의 경우 앞선 모르타르의 플로우 시험 때와 마찬가지로 초기에는 반응하지 않다가 대략 60분 이후 콘크리트 내부의 수분과 서서히 반응하여 지속성을 유지하는 것으로 보인다.

Fig. 8에서 보면 지연제를 혼입한 경우가 control과 비

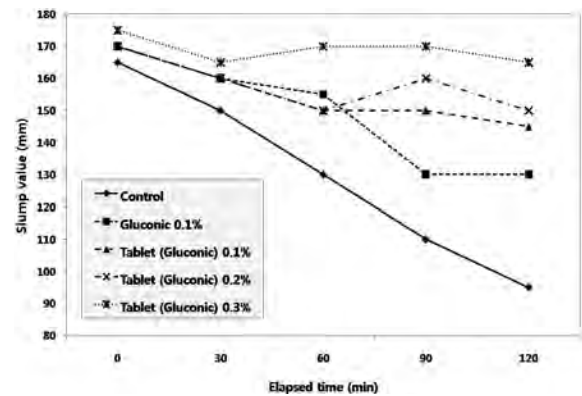


Fig. 7 The slump values depending on elapsed time

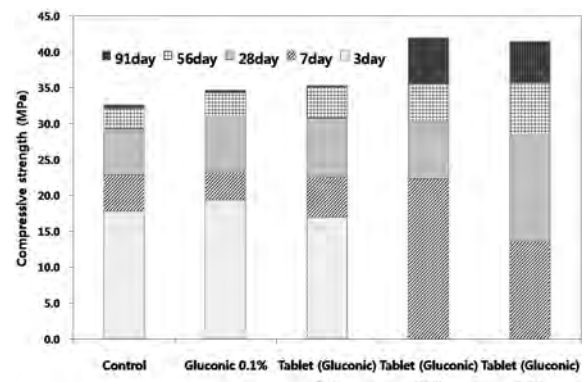


Fig. 8 Compressive strength depending on age

교하여 3일 강도를 제외하고 대체적으로 비슷하거나 높은 강도치를 나타내고 있다. 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3%의 경우 경화가 완료되지 않아 3일강도 측정이 어려웠지만, 28일 이후 다른 배합들과 유사한 강도로 발현하다 56일 이후 높은 강도 값을 나타내었다. 특히, 91일 강도에서 나머지 배합들은 거의 발현하지 않은 것과는 다르게 높은 발현율을 보였다.

Gluconic 지연제의 경우 수화초기 장시간의 응결지연 작용에 의해 초기에는 수화반응이 서서히 진행되다 종결 이후 급속히 수화반응이 발생한다. 따라서, 이러한 이유로 인하여 이때 생긴 수화생성물이 내부조직을 보다 치밀하게 하여 장기적으로 다른 배합보다 높은 강도를 나타내고 강도발현이 지속된 것으로 보인다. 이와 더불어 기존연구에서 나타낸 바와 같이 Gluconic 지연제를 사용할 경우 혼입률에 따라 강도발현시기의 차이는 있으나 압축강도 품질에 미치는 영향은 적고, 강도를 다소 증진시킨다는 것을 확인할 수 있었다.^{28,29)}

각 배합에 대한 시료를 28일 양생 후 1주, 4주, 8주, 13주, 26주에 대한 촉진 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이와

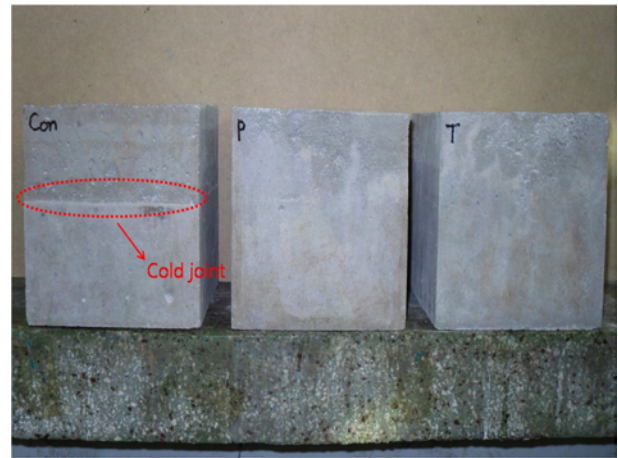


Fig. 10 Appearance of specimen to confirm cold joint (left: control, middle: Gluconic, right: tablet)

탄산화 속도 계수는 Table 4에서 나타내었다. Fig. 9는 식 (1)을 이용하여 탄산화 속도계수를 도출한 그래프를 나타낸 것이다.

측정 결과에 의하면, control과 Gluconic 0.1%, 타블렛 (Gluconic) 0.1%이 유사한 탄산화 깊이를 나타냈으며, 나머지 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3%는 좀 더 높은 탄산화 저항성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 마찬가지로, Fig. 9에서 나타난 탄산화 속도에서도 그 차이를 확인할 수 있었다. 이는 촉진 탄산화 시험을 위한 환경조건이 콘크리트의 강도가 발현하기에 좋은 조건을 가지고 있기 때문에 앞에서 언급한 것과 마찬가지로 28일 이후에도 수화물 생성으로 인해 강도가 발현하고 내부조직이 치밀해졌기 때문으로 생각된다.²⁷⁾ 또한, 회귀분석을 통한 탄산화 속도 계수는 상관계수가 0.95이상을 모두 나타내어 매우 신뢰도가 높은 것을 확인할 수 있었다.

지연제를 혼입하지 않은 일반 콘크리트와 Gluconic 지연제와 이를 정제화시킨 응결지연형 타블렛을 혼입한 콘크리트를 1차로 타설을 하고 약 30℃의 챔버에서 6시간 노출 후 2차로 타설 한 후 콜드조인트를 확인한 결과 Fig. 10에서와 같이 일반 콘크리트에서는 콜드조인트가 발생하였으며, 나머지 Gluconic 지연제와 응결지연형 타블렛을 혼입한 콘크리트에서는 발생하지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 Gluconic 지연제를 정제화하여도 동일한 성능을 발휘한다는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

이 연구에서는 관리상의 문제가 있는 분말형 지연제의 의약 분야에서 주로 이용되는 정제화 방법을 이용하여 고형화하였고, 그 사용상의 문제점을 확인하기 위하여 실내 시험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 모르타르의 응결시간 결과에서 Lignin 지연제를 정제화한 경우 control 보다는 응결 지연효과를 보였지만, 그 차이가 크게 나지 않았다. Gluconic 지연제

Table 4 Carbonation depths and carbonation velocity coefficients

Types	Carbonation depth (mm)					Carbonation velocity coefficient (mm/√week)
	1 week	4 weeks	8 weeks	13 weeks	26 weeks	
Control	4.66	14.25	15.54	17.75	29.64	5.596
Gluconic 0.1%	5.50	10.12	14.67	16.22	27.40	5.143
Tablet (Gluconic) 0.1%	5.37	10.96	13.18	15.67	27.49	5.073
Tablet (Gluconic) 0.2%	4.09	6.86	12.07	12.76	16.64	3.323
Tablet (Gluconic) 0.3%	1.60	4.64	8.15	8.05	13.44	2.653

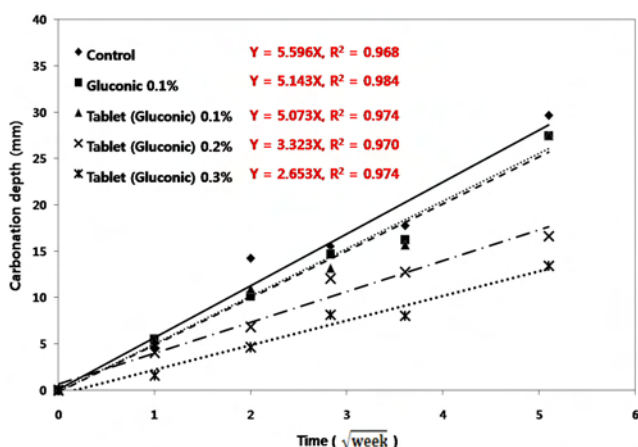


Fig. 9 Carbonation depth for each time

를 정제화한 경우 Lignin 지연제를 정제화한 경우보다 우수한 성능을 나타내었다. 플로우 시험 결과 두 지연제를 정제화한 경우 믹싱 초기에는 반응하지 않다가 그 이후에 반응하여 유동성을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 정제화된 Gluconic 지연제의 길이변화 시험 결과에서 응결이 완료된 후 25일 전후에서 대부분 배합이 길이변화가 발생하지 않았으며, 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3% 경우 다른 배합보다 길이변화량이 적어 수축량이 적음을 확인할 수 있었다.

- 2) 굳지 않은 콘크리트의 작업성 확인을 위한 슬럼프 시험 결과에서 정제화된 Gluconic 지연제의 경우 앞선 모르타르의 플로우 시험 때와 마찬가지로 초기에는 반응하지 않다가 대략 60분 이후 콘크리트 내부의 수분과 서서히 반응하여 지속성을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 경화된 콘크리트의 압축강도 측정 결과에서 지연제를 혼입한 경우가 control과 비교하여 3일 강도를 제외하고 대체적으로 비슷하거나 높은 강도치를 나타내고 있다. 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3%의 경우 경화가 완료되지 않아 3일강도 측정이 어려웠지만, 28일 이후 다른 배합들과 유사한 강도로 발현하였고, 특히 91일 강도에서 나머지 배합들이 거의 발현이 일어나지 않은 것과는 다르게 높은 발현율을 나타내는 것을 확인 하였다.
- 3) 탄산화 측정 결과, control과 Gluconic 0.1%, 타블렛(Gluconic) 0.1%과 유사한 탄산화 깊이를 보이며, 나머지 타블렛(Gluconic) 0.2%, 0.3%는 좀 더 높은 탄산화 저항성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 탄산화 속도에서도 그 차이를 확인할 수 있었으며, 회귀분석을 통한 탄산화 속도 계수는 상관계수가 0.95이상을 모두 나타내어 매우 신뢰도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 지연제를 혼입하지 않은 일반 콘크리트, Gluconic 지연제와 이를 정제화시킨 응결지연형 타블렛을 혼입한 콘크리트에의 콜드조인트 발생여부를 확인한 결과 일반 콘크리트에서는 콜드조인트가 발생하였으며, 나머지 Gluconic 지연제와 응결 지연형 타블렛을 혼입한 콘크리트에서는 발생하지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서, Gluconic 지연제를 정제화하여도 동일한 성능을 발휘한다는 것을 확인할 수 있었다.

위의 결과에서 정제화된 지연제의 경우 기존 분말형태의 지연제와 비교하여 콘크리트의 품질 성능에 큰 문제가 없음을 확인할 수 있었으며, 오히려 레디믹스트 콘크리트 생산 시 지연제의 정확한 계량 및 보관, 분진 발생 등과 같은 어려움을 해결하는데 도움이 될 것으로 생각 된다.

감사의 글

이 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2010-0005582)이며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ACI305R, *Guide to Hot Weather Concreting*, American Concrete Institute, 2010, pp. 2-23.
2. Kim, K. M. and Han, C. G., "Technical Application for Cold Weather and Hot Weather Concretes," *Magazine of the Korea Concrete Institute*, Vol. 17, No. 1, 2005, pp. 28-33.
3. Ssangyong Cement Industrial, *Characteristics and Measures of Concrete in Hot Weather*, 2005, pp. 2-16.
4. ACI Committee 305, "Making Good Concrete in Hot Weather," *Concrete International*, Vol. 14, No. 4, 1992, pp. 55-57.
5. Griggs, R. D., "Hot Weather Concreting Experience in Georgia," *Concrete International*, Vol. 17, No. 9, 1995, pp. 55-57.
6. Han, C. G., Oh, S. K., Yoon, C. H., and Hwang, Y. S., "A Study on the Reduction of Hydration Heat of Division-Placed Mass Concrete Considering the Difference of Setting Time of Super Retarding Agent," *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 19, No. 7, 2003, pp. 79-86.
7. Baik, B. H., "A Fundamental Study on the Hydration Heat Reduction of Transfer Girder Mass Concrete Controlling Setting Time," *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 22, No. 3, 2006, pp. 87-93.
8. Kim, K. H., Kim, S. H., and Lee, J. H., "Retarder, Accelerator and Expansive Admixture," *Magazine of the Korea Concrete Institute*, Vol. 8, No. 2, 1996, pp. 32-40.
9. Jeon, S. J., Choi, M. S., Yoo, J. K., Kim, Y. J., and Kim, Y. J., "Quality Control of Mass and Hot Weather Concrete in the Middle East Countries," *Magazine of the Korea Concrete Institute*, Vol. 20, No. 6, 2008, pp. 51-57.
10. Allen, I. V., Popovich, N. G., and Ansel, H. C., *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems*, Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2005, pp. 199-230.
11. Korean Association of Pharmacy Education, *The Point of Pharmaceutics*, Shin-Il Books, Seoul, 2011, pp. 79-88.
12. Mindess, S., Young, J. F., and Darwin, D., *Concrete*, Prentice Hall, USA, 2003. pp. 182-187.
13. Ramachandran, V. S., *Concrete Admixtures Handbook-Properties, Science, and Technology*, Noyes Publications, USA, 1995, pp. 286-303.
14. Han, C. G., Han, M. C., Yoon, C. W., and Sim, B. K., "Setting and Mechanical Properties of Concrete Using Saccharic Type Super Retarding Agent," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 14, No. 4, 2002, pp. 589-596.
15. Ryou, J. S. and Lee, Y. S., "A Study on Setting Time and Early Strength of Tablet-Shaped Accelerators," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 23, No. 3, 2011, pp. 347-352.

16. Korean Society of Pharmaceutical Science and Technology, *Pharmaceutics-Pharmaceutical Dosage Forms*, Shin-Il Books, Seoul, 2009, pp. 199-230.
17. Lee, Y. S., Lim, D. S., Chun, B. S., and Ryou, J. S., "Characterization of a Sodium Aluminate(NaAlO_2)-Based Accelerator Made via a Tablet Processing Method," *Journal of Ceramic Processing Research*, Vol. 14, No. 1, 2013, pp. 87-91.
18. KS L ISO 679, *Methods of Testing Cements-Determination of Strength*, Korean Agency for Technology and Standard, 2006, pp. 9-11.
19. KS L 5105, *Testing Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar*, Korean Agency for Technology and Standard, 2007, pp. 2-4.
20. Dodl, C. L., "Hot Weather Testing," *Concrete International*, Vol. 19, No. 10, 1997, pp. 55-56.
21. KS F 2436, *Testing Method for Time of Setting of Concrete Mixture by Penetration Resistance*, Korean Agency for Technology and Standard, 2007, pp. 4-9.
22. Shin, K. S., Koo, K. M., Lee, E. B., Kim, Y. S., Kim, Y. D., and Kim, G. Y., "Evaluation of Thermal Expansion Coefficient and Autogenous Shrinkage Properties of High Strength Mass Concrete Using Retarder Agent Business," *Journal of the Korean Institute of Building Construction*, Vol. 9, No. 1, 2009, pp. 73-76.
23. KS F 2584, *Standard Test Method for Accelerated Carbonation of Concrete*, Korean Agency for Technology and Standard, 2010, pp. 3-5.
24. Ryou, J. S. and Lee, Y. S., "Properties of Early-Stage Concrete with Setting-Accelerating Tablet in Cold Weather," *Materials Science and Engineering*, Vol. 532, 2012, pp. 84-90. (doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2011.10.066>)
25. Lee, J. H., Lee, K. H., and Kim, H. K., "A Study on the Retarding Effects of Cement Mortar Setting," *Journal of the Korean Ceramic Society*, Vol. 33, No. 3, 1996, pp. 307-312.
26. Han, M. C., "Prediction of Setting Time of Concrete Using Fly Ash and Super Retarding Agent," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 18, No. 6, 2006, pp. 759-767.
27. Kim, E. H., Hwang, Y. S., Sohn, Y. S., Kim, G. Y., and Han, C. G., "Influence of Chemical Admixture on Bleeding of Concrete," *Proceedings of the Korea Concrete Institute*, Vol. 15, No. 1, 2003, pp. 339-342.
28. Baik, B. H., "Retarding Property of Cement Mortar with Gluconic Acid Type and Additive Ratio," *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 21, No. 8, 2005, pp. 89-96.
29. Chun, B. W., Dair, B., Macuch, P. J., Wiebe, D., Porteneuve, C., and Jeknavorian, A., "The Development of Cement and Concrete Additive," *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol. 129, 2006, pp. 645-658.

요 약 여름철 서중 콘크리트 타설시 높은 온도로 인하여 시멘트 수화반응이 촉진되어 수분의 증발 및 응결이 빨라지게 되며, 이로 인해 컨시스턴시(consistency)가 크게 저하되고, 콜드조인트(cold joint)가 발생한다. 이러한 문제 해결을 위하여 냉각 파이프, 얼음, 액체질소 등을 사용한 냉각 등의 방법이 사용되고 있으나, 사용상의 어려움과 에너지 소비에 따른 경제성 감소 등의 문제점을 가지고 있다. 이 중 지연제의 사용은 경제적이지만 첨가량을 과도하게 사용하면 콘크리트의 경화불량이 발생하기 쉽고, 응결시간 관리가 어려울 수 있다. 또한, 현재 지연제의 인력투입으로 인한 정확한 계량 및 투입이 어렵고 분진발생 등 작업성에 문제가 있다. 따라서 이 연구에서는 분말형 지연제를 의약분야에서 보편적으로 사용하는 정제화 방법을 이용하여 타블렛을 제작하였고, 모르타르의 플로우 테스트 및 응결 시험을 검토한 이후 콘크리트의 물리적 특성 및 역학적 특성 시험을 실시하여 품질성능에 영향을 미치는지 확인 하였다. 그 결과 리그닌 설펜산염 지연제보다 글루코산염 지연제를 정제화 했을 때 보다 좋은 효과를 발휘 하는 것을 보여 주었다. 또한, 정제화 방법 적용으로 인해 콘크리트의 품질성능을 저하하지 않고 정확한 계량 및 분진발생 등과 같은 관리상의 어려움을 해결할 수 있는 가능성을 보여주었다.

핵심용어 : 서중 콘크리트, 응결 지연제, 정제화, 글루코산염, 콜드조인트