타블렛 형태 급결제가 콘크리트의 응결시간 및 초기강도에 미치는 영향에 관한 연구

류재석¹⁾ · 이용수^{1)*}

¹⁾한양대학교 건설환경공학과

A Study on Setting Time and Early Strength of Tablet-Shaped Accelerators

Jae-Suk Ryou¹⁾ and Yong-Soo Lee^{1)*}

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

ABSTRACT When concrete is worked in cold weather, the methods of using hot air, water and aggregate heating, accelerators are used to prevent early frosting and to improve early strength. But these methods raise problems such as implementation difficulty, high cost, and energy losses. Among the available cold weathering methods, accelerator method is the most economical but with the drawbacks of rapid setting and insufficient workability in the initial hydration stage. Therefore, the tablet method usually used for pharmaceutical field was applied to the accelerator method to compare the controlled reaction time of the new and old accelerator method. Based on the test results, physical and mechanical properties of concrete were tested and the possibility of delaying initial reactions to increase the total reaction time was evaluated. The results showed that when both accelerators and tablet were used, setting-time decreased. Physical properties of concrete were optimal for tablet 0.5% and 1.0%. Also, accelerator 0.5%, tablet 0.5% and 1.0% showed good early strengths.

Keywords : cold weather concrete, accelerator, tablet, setting time, early strength

1. 서 론

최근 콘크리트 구조물은 초고층 건물, 장대 교량, 댐 등과 같이 특수화, 대형화됨에 따라 특수 콘크리트의 연중 시공이 증가하고 있다. 특히, 한중 콘크리트 공사에 있어서 가장 중요한 문제는 굳지 않은 상태에서 콘크리트가 동결하지 않고, 초기 동해를 방지하기 위한 소정의 압축강도를 조속히 확보할 수 있도록 조치를 취하는 것이라 할 수 있다.¹⁻³⁾ 겨울철 한중 콘크리트의 타설시 발생하는 동해로 인한 피해를 방지하기 위해 열풍기의 사용, 결합수와 골재의 가열 등 다양한 방법이 사용되고 있으나 이러한 방법은 사용상의 어려움과 에너지 소비에 따른 경제성 감소 등의 문제점을 가지고 있어서 촉진제나 급결제를 사용하는 경우도 있지만, 급결제 및 촉진제의 경우 수화 초기부터 급격하게 반응하여 급결 함으로 작업성의 확보가 어렵다는 문제점이 있다.⁴⁻⁶⁾

기존 연구에서 급결제에 관한 연구는 쏫크리트 쪽에서 연구가 진행되어 왔으며, 콘크리트 쪽으로 특히 반응 시간 조절을 위한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한 의약 및 식품 분야에서 타블렛 형태로 제품을 출시 한바는 있지만 건설 재료 분야에서 이용한 실적은 전무한 상태로

이 연구에서는 정제(tablet)화 방법을 이용하여 기존 급결제 및 촉진제 사용 시 발생하는 문제점을 해결하여 작업 시간을 확보하고자 한다. 이를 위해 급결제의 정제화 유무 및 정제화 정도에 따라 응결 시간을 측정하였고, 이를 바탕으로 콘크리트 기초 물성 실험에 적합한 혼입률을 찾기 위하여 비교·평가하였다. 또한 일반 콘크리트에 정제된 급결제를 혼입하여 그에 따른 기초 물성 시험과 초기 강도를 측정하였다. 따라서 이와 같은 실험을 통해 한중 콘크리트 타설시 초기 동해 방지 및 초기 강도 발현을 증가시키는 이점이 있는 급결제를 정제함으로써 초기 반응 억제 및 반응 시간을 조절하여 작업 시간의 확보가 가능하고 이후 원하는 초기 강도 특성이 발현되는지 확인하였다.

2. 정제(Tablet)

정제는 고형제제로 일반적으로 주원료에 부형제·결합제·부광제·윤활제 등을 첨가하여 제조 되는데, 사용 목적과 제조 방법에 따라 그 크기, 모양, 질량, 경도, 두께, 분해 및 용출 특성 등이 다르다. 또 대다수의 정제는 약물의 경구 투여에 사용되고 착색제를 넣어 제조하며 여러 종류의 코팅이 실시된다.^{7,8)} 정제는 일부 습제 정제와 같이 주형에 의해 제조되는 것을 제외하면 주로 압축에 의해서 제조된다. 압축 정제는 분말이나 과립을 강하게 압축할 수 있는 타정기로 제조되며 정제의 모양과

*Corresponding author E-mail: imcivil@hanyang.ac.kr

Received January 24, 2011, Revised March 3, 2011,

Accepted March 16, 2011

©2011 by Korea Concrete Institute

크기는 여러 형태의 펀치(punch)와 다이(die)에 의해 결정된다.⁹⁾ 정제의 제조 공정은 압축·성형하는 분말이나 과립의 제조 공정과 분말·과립을 압축·성형하는 공정(타정법)으로 대별한다. 후자에는 직접 타정법과 과립 타정법이 있으며, 그 특성은 Table 1과 같다.¹⁰⁾

분말을 압축·성형하는 타정법 중 직접 타정법(direct compression method)에 의한 타블렛 제조 공정은 아래와 같으며, 그 과정을 그림으로 나타낸 것이 Fig. 1이다.¹¹⁾

공급 장치(feeder)에서 분말 및 과립을 흘려보냄 → 공급 장치(feeder)가 이동하고 위 펀치(upper punch)가 내려옴 → 위 펀치(upper punch)와 아래 펀치(lower punch)가 올라감 → 아래 펀치(lower punch)가 내려감.

3. 실험 개요

3.1 사용 재료

3.1.1 시멘트 및 골재

이 연구에 사용된 시멘트는 KS L 5201 규정에 적합한 1종 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC라 약함)로 밀도는 3.15 g/cm^3 이고, 분말도는 $3,200 \text{ g/cm}^2$ 이다. 골재는 경기도 양주 지역에서 생산된 부순 굵은 골재와 인천 용진군에서 채취한 해사를 잔골재로 사용하였다. 작업 환경 확보 및 위커빌리티 조절을 위하여 폴리카르본산계인 고성능 감수제(이하 SP라 약함)를 사용하였고, 시멘트의 수화 반응을 촉진시켜 응결 시간을 단축하며 시멘트의 응결 및 수화 반응에 직접 관여하는 응결 조절용 혼화제인 분말 성상의 알루미늄에이트계 급결제(이하 Acc.라 약함)를 사

Table 1 Method of compressed tablet

Sort	Features
Direct compression method	<ul style="list-style-type: none"> · Tableting easy, good quality of tablet · Long process · Improprity for weakess material of heat and water
Granulation compression method	<ul style="list-style-type: none"> · Shot process · Propriety for weakess material of heat and water · Improprity for bad powder of formability and workability

Table 2 Physical properties of accelerator

	Specific gravity	pH	Appearance	Hue
Aluminate based accelerator	1.45 ± 0.05	13 ± 1.0	Powder	White

Fig. 1 Process of compressed tablet manufacturing

Fig. 2 Single tablet press making machine and tablet (before and after of tableting)

용하였다. Table 2는 타블렛의 주성분인 알루미늄에이트계 급결제의 물리적 특성을 나타내었다.

3.1.2 타블렛(tablet)

이 연구에서 사용된 타블렛은 분말 성상의 알루미늄에이트계 급결제를 국내 K사에서 생산된 단발 타정기를 이용하여 제조(이후 타블렛 또는 tablet이라 약함)하였다. 그 형상은 직경 5 mm에 길이 5 mm의 원통형 형상이며, 단발 타정기 및 분말 성상의 급결제와 단발 타정기에 의해 제조된 타블렛의 모습은 Fig. 2에서 나타내었다.

3.2 배합 계획

3.2.1 모르타르 배합

이 연구에서 사용한 모르타르 배합은 KS L ISO 697에서 규정한 제작 방법을 따랐으며 질량에 의한 비율은 시멘트와 모래를 1:3 비율로 하며, 물/시멘트 비를 0.5로 하였다. 이 배합에 따라 급결제는 혼입물에 대한 응결 특성을 세밀히 파악하기 위하여 control 대비 14수준(0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.7%, 0.8%, 0.9%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%), tablet의 경우는 급결제의 시험 결과에 따라 control 대비 5수준(0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%)으로 혼입하였다. 이와 더불어 단발 타정기의 타정 속도를 3수준(60 rpm, 70 rpm, 80 rpm)으로 나누어서 관입 저항침에 의한 모르타르의 응결 시간을 측정하였다. 실험에 사용된 모르타르 배합표는 Table 3과 같다.

3.2.2 콘크리트 배합

콘크리트 배합은 목표 강도 24 MPa, 슬럼프 150 mm, 공기량 4.5%로 콘크리트표준시방서에 규정된 배합설계 방법에 따라 예비 배합 시험을 실시하여 기준 배합(W/C = 52.0%, S/a = 48.5%)을 결정하였다.¹²⁾ 모르타르 시험 결과에 따라 기준 배합에 control 대비 급결제 0.5%와 타정 속도 60 rpm의 타블렛을 4수준(0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%)으로 혼입하여 굳지 않은 콘크리트의 물성과 굳은 콘크

Table 3 Mix proportion of mortar

Mortar ratio	W/C (%)	Unit weight (g/batch)			Acc.	Tablet
		W	C	S		
1:3	50.0	225	450	1,350	C×0.1-3.0%	C×0.5-2.5%

Table 4 Mix proportion of concrete

Types	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)							
			W	C	S	G	Acc.	Tablet	AE	SP
Control	52.0	48.5	175	337	859	919	-	-	0.68 (C×0.2%)	1.69 (C×0.5%)
Acc. 0.5%							1.69	-		
Tablet 0.5%							-	1.69		
Tablet 1.0%							-	3.37		
Tablet 1.5%							-	5.06		
Tablet 2.0%							-	6.74		

리트의 초기 강도를 검토하였다. AE제와 고성능 감수제는 시멘트 대비 각각 0.2%와 0.5%를 사용하였으며 Table 4는 급결제 및 타블렛의 혼입률에 따른 배합표이다.

3.3 실험 방법

3.3.1 관입 저항치에 의한 응결 시간 측정

초결은 굳지 않은 콘크리트를 더이상 적절하게 취급/타설할 수 없을 때의 시간을 나타내고, 종결은 경화가 시작되는 시간을 나타내는데,¹³⁾ 이 연구에서는 KS F 2436에서 제시된 방법에 따라 $\phi 150 \times 150$ mm의 원주형 시료를 제작하였으며, 항온 항습기에서 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 온도로 양생을 한 후 경과 시간에 맞추어서 관입 저항치를 측정 하였다. 또한 초결 및 종결의 응결 시간을 얻기 위하여 결과 도시 방법 중 핸드 피팅(hand-fitting)에 의한 방법을 이용하였다.¹⁴⁾

3.3.2 굳지 않은 콘크리트의 작업성 측정

굳지 않은 콘크리트의 작업 시간 확보가 가능한지에 대하여 일반적으로 표준화된 시험 방법인 슬럼프 시험(slump test)과 공기량 시험(air contents test)을 실시하였

다. 또한 이 시험들을 통해 각 배합의 30분, 60분 경과 시간 변화에 대하여 오차 범위 내에서 만족하는지에 대하여 평가하였다.

3.3.3 초기 재령에서의 압축강도 측정

이 연구에서는 압축강도 공시체를 KS F 2403에 제시된 방법에 따라 $\phi 100 \times 200$ mm의 원주형 공시체를 각 배합에 대하여 재령별 3개씩 제작하였다. 초기 압축강도 측정을 위하여 동결기 보양 조건인 온도 15°C 에 습도 60%로 항온 항습기에서 양생 한 후 14시간, 18시간, 24시간 압축강도 시험을 실시하였다.⁵⁾ 이와 더불어 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 수중 양생을 실시 한 후 재령 3일, 7일, 28일 압축강도 시험을 실시하였으며 압축강도의 공시체에 작용되는 가속도의 크기는 0.97에 가깝기 때문에 시험으로부터 얻은 압축강도에 이를 곱하여 환산하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 모르타르의 응결 시간 특성

급결제와 타정 속도별 타블렛의 혼입률에 따른 경과 시간에 대한 관입 저항치를 그래프로 나타내서 각 그래프를 핸드 피팅에 의한 방법으로 응결 시간을 나타낸 것이 각각 Tables 5, 6과 Figs. 5, 6이다.

Table 5와 Fig. 5를 통하여 급결제의 혼입률이 증가할

Table 5 Setting-time of accelerators (hr:min)

	Initial set	Final set
Control	7:50	11:25
Acc. 0.1%	6:50	9:50
Acc. 0.2%	6:45	9:35
Acc. 0.3%	6:55	9:45
Acc. 0.4%	6:30	8:55
Acc. 0.5%	6:00	8:35
Acc. 0.6%	5:55	8:30
Acc. 0.7%	5:45	8:15
Acc. 0.8%	5:25	8:05
Acc. 0.9%	5:45	8:10
Acc. 1.0%	5:35	8:00
Acc. 1.5%	4:35	6:50
Acc. 2.0%	3:35	5:35
Acc. 2.5%	2:20	5:05
Acc. 3.0%	1:45	4:25

Fig. 3 Curing of specimens and measurement of penetration resistance

Fig. 4 Appearance of specimens cured and set of temperature and humidity

Table 6 Setting-time of tablet by pressing velocity (hr:mm)

Types	60 rpm		70 rpm		80 rpm	
	Initial set	Final set	Initial set	Final set	Initial set	Final set
Tablet 0.5%	5:40	8:50	6:45	9:35	7:10	9:40
Tablet 1.0%	5:35	8:35	6:20	9:05	6:10	8:50
Tablet 1.5%	5:20	8:15	5:50	8:40	6:00	8:25
Tablet 2.0%	4:50	7:40	4:55	7:50	4:55	7:45
Tablet 2.5%	4:30	7:10	4:50	7:25	5:00	7:05

Fig. 5 Setting time of accelerators

Fig. 6 Setting time of tablet by pressing velocity

수록 초결 및 중결 시간이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 알루미늄이트계 급결제가 시멘트의 수화 반응과 응결에 직접 관여하기 때문에 그 혼입률이 증가 할수록 시멘트의 수화 반응을 촉진시켜 응결 시간을 단축시키는 것을 알 수 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾ 또한 Table 6과 Fig. 6을 통해 타정 속도에 관계없이 타블렛의 혼입률이 증가 할수록 응결 시간이 단축되는 것을 알 수 있다. 이는 급결제와 마찬가지로 타블렛의 주성분이 알루미늄이트계 급결제이기 때문으로 이중 타정 속도 60 rpm에서 제조된 타블렛이 다른 타정 속도에서 제조된 타블렛 보다 우수하였다. 급결제와 비교 하였을 때 0.5%와 1.0%에서는 급결제와 비슷한 응결 시간 특성을 가지고 있는 것을 확인하였다. 급결제와는 다르게 타블렛 혼입률이 증가할수록 응결 시간이 크게 단축되지 않았는데, 이는 타블렛의 직경이나 두께가 두꺼워서 그 양이 늘어나면서 시멘트 수화물과 반응하는 속도가 느려지는 것으로 판단된다.

4.2 굳지 않은 콘크리트의 경시 변화 특성

타정 속도 60 rpm으로 제조된 타블렛과 급결제를 혼입한 콘크리트 배합에 대한 슬럼프 및 공기량을 측정한 결과는 Table 7과 같이 나왔다. 그리고 Fig. 7은 경과 시간에 대한 슬럼프와 공기량의 상관성을 비교하여 나타낸 것이다.

Table 7에서 보면 control과 타블렛 0.5%, 타블렛 1.0%는 경시 변화에 따라 슬럼프가 큰 변화가 없는 것으로 나타났다는데, 이는 타블렛이 일정 시간 동안 작업 시간의 확보가 가능한 것으로 판단된다. 또한 급결제 0.5%는 비빔 직후부터 슬럼프치가 낮게 측정되었고, 타블렛 1.5%, 타블렛 2.0%는 비빔 직후의 슬럼프치는 정상치가 나왔으나 경시 변화에 따라 큰 변화가 발생하는 것으로 확인되었다. 이는 급결제의 경우 초기부터 급속하게 반응하여 급결하기 때문으로 보이고,¹⁸⁾ 타블렛 1.5%, 타블렛 2.0%는 그 사용량으로 인하여 믹싱 중 타블렛의 일부분이 블레이드나 골재와의 마찰로 결합력이 약해지면서 초기에 작업 시간을 확보하지 못하고 반응을 일으킨 것으로 생각된다.

Table 7 Result of measured slump and air contents

Types	Slump (mm)			Air contents (%)		
	0	30 min	60 min	0	30 min	60 min
Control	165	140	125	5.0	5.0	4.9
Acc. 0.5%	90	65	40	5.0	4.9	4.0
Tablet 0.5%	170	150	140	4.7	4.5	4.2
Tablet 1.0%	170	145	130	5.3	4.8	4.5
Tablet 1.5%	160	100	45	4.7	4.6	4.3
Tablet 2.0%	140	85	40	5.3	5.1	4.4

Fig. 7 relation of slump and air contents

공기량의 경우 급결제 0.5%와 타블렛 2.0%가 약간 높은 공기량 손실을 보였지만 대체적으로 모든 배합이 공기량 부분에서 큰 영향이 없는 것을 확인 하였다. 이는 급결제나 타블렛이 공기량에는 큰 영향을 발휘하지 않는 것으로 보인다. Fig. 7을 보면 작업성 측면에서 control을 제외하고 타블렛 0.5%와 타블렛 1.0%가 경과 시간 30분, 60분에서 콘크리트 배합의 목표였던 슬럼프 150 mm와 공기량 4.5%를 오차 범위 내에서 만족하는 것을 확인 할 수 있다.

4.3 초기 재령에서의 압축강도 특성

재령 14 hrs, 18 hrs, 24 hrs 압축강도를 측정한 결과는 Table 8과 Fig. 8에서 나타내었다.

Fig. 8을 통하여 24 hrs에서는 control을 제외한 모든 배합에서 초기 동해 방지를 위한 최소 압축강도 기준인 5 MPa을 넘는 것을 확인 하였고,^{12,19)} 이는 급결제나 타블렛 모두 초기에 시멘트 수화 반응을 촉진시켜 응결 및 강도 발현에 도움을 준 것으로 보인다. 특히 모든 시간대에서 타블렛 0.5%와 타블렛 1.0%가 다른 배합들보다 우수한 강도 발현 특성을 보였다.

그러나 타블렛 혼입률이 증가 할수록 강도 발현이 더 커질 것이라는 예상과는 상이하게 타블렛 0.5%보다 낮은 강도치를 보인 것은 타블렛이 직경 및 두께가 커서 혼입률이 증가함에 따라 Fig. 9에서 보여 주듯이 모두 반응하지 못한 타블렛이 존재하기 때문으로 보인다.

Fig. 10에서 보면 타블렛 0.5%만 28일 강도에서 약간 높은 강도를 보일 뿐 재령에 관계없이 모든 배합이 비슷한 압축강도 결과를 나타낸 것을 확인하였다. 이는 급결제나 타블렛의 주성분인 알루미늄네이트계 급결제가 일반적으로 사용되는 실리케이트계 급결제와 다르게 시멘트의 수화 반응을 빠르게 하여 급결 효과를 나타내기 때

Table 8 Early compressive strength of concrete with accelerators and tablet

Types	Compressive strength (MPa)		
	14 hrs	18 hrs	24 hrs
Control	2.0	3.2	4.2
Acc. 0.5%	3.1	4.7	6.3
Tablet 0.5%	3.2	4.5	6.2
Tablet 1.0%	2.9	4.1	5.7
Tablet 1.5%	2.4	3.9	5.3
Tablet 2.0%	2.2	3.8	5.5

Fig. 8 Early compressive strength of concrete with accelerators and tablet

Fig. 9 appearance of non-reaction tablet

Fig. 10 Compressive strength of concrete with accelerators and tablet

문에 일반 재령에서의 강도에서 control이 비슷한 결과를 나타낸 것으로 보인다.^{6,20-21)} 또한 배합설계시 목표했던 강도인 24 MPa을 모두 만족하는 것을 확인 할 수 있다.

5. 결 론

이 연구에서는 의약 분야에서 주로 이용되는 타정법을 이용하여 급결제를 정제(tablet)화 하였고, 이를 이용하여 초기 반응의 억제 및 반응 시간을 조절하여 작업 완료 시까지의 작업 시간의 확보가 가능하면서 초기 동해 방지 및 초기 강도의 발현이 가능한지에 대하여 실내 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 모르타르의 응결 시간 결과에서 급결제의 경우 혼입률이 증가할수록 초결 및 종결 시간이 줄어드는 것을 확인 하였고, 타블렛의 경우도 타정 속도에 관계없이 타블렛의 혼입률이 증가 할수록 응결 시간이 단축되는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 타정 속도 60 rpm에서 제조된 타블렛이 우수하였으며, 이러한 결과에서 급결제와 비교하였을 때 타블렛 0.5%와 1.0%가 비슷한 응결 시간 특성을 가지고 있어서 가장 적절하다는 것을 확인하였다.
- 2) 굳지 않은 콘크리트의 특성 중 슬럼프의 경우 control과 타블렛 0.5%, 타블렛 1.0%는 경시 변화에 따라 큰 변화가 없는 것을 확인 하였다. 그 외에 급결제 0.5%는 비빔 직후부터 슬럼프치가 낮게 측정되었으며, 타블렛 1.5%, 타블렛 2.0%은 비빔 직후의 슬럼프치는 정상치가 나왔으나 시간이 경과함에 따라 큰 변화가 발생하는 것으로 확인 되었다. 타블렛 1.5%, 타블렛 2.0%는 많은 양으로 인하여 믹싱 중 결합력이 약해지면서 작업 시간을 확보하지 못하고

반응을 일으킨 것으로 보인다. 공기량 시험 결과는 급결제 0.5%와 타블렛 2.0%가 약간 높은 공기량 손실을 보였지만 대체적으로 모든 배합이 공기량 오차 범위 내에서 만족하는 것을 확인하였다.

- 3) 압축강도 결과에서 조기 강도는 control을 제외한 모든 배합에서 초기 동해 방지를 위한 최소 압축강도 기준인 5 MPa를 넘는 것을 확인 하였고, 특히 타블렛 0.5%와 타블렛 1.0%가 우수한 조기 강도 특성을 보였다. 또한 조기 강도 발현 이후 압축강도는 모든 조건에서 비슷한 강도치를 보이고 목표 강도인 24 MPa를 모두 만족하는 것을 확인 하였다.
- 4) 결론적으로, 타블렛 0.5%, 1.0%가 일정 시간 동안 작업 시간 확보가 가능하며 초기 동해 및 조기 강도 특성을 가지고 있어 한중 콘크리트에서의 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 하지만 타블렛의 경도가 약하고 직경이 크에 따라 믹싱 중 일부 파손되는 문제점과 모두 반응하지 못하는 문제점도 발견되어 차후 연구로 타블렛의 경도를 높이고 그 직경을 줄이는 연구가 진행되어야 한다고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2010-0005611)이며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김경민, 한천구, “한중 및 서중 콘크리트의 적용 기술,” 콘크리트 학회지, 17권, 1호, 2005, pp. 28~33.
2. 한민철, “우리나라 한중 콘크리트 시공시 경미한 동결기 및 동결 작용 기간 결정,” 대한건축학회 논문집, 25권, 3호, 2009, pp. 69~76.
3. ACI 306.1, Standard Specification for Cold Weather Concreting, 2002, pp. 2~17.
4. 김경환, 김승현, 이장화, “지연제·축진제 및 팽창제,” 콘크리트 학회지, 8권, 2호, 1996, pp. 32~40.
5. 권영진, “동결기 고강도 콘크리트의 시공에 있어서 초기 동해 방지에 관한 실험적 연구,” 한국건축시공학회, 학술발표대회 논문집, 1권, 1호, 2001, pp. 89~94.

6. Ramachandran, V. S., “Concrete Admixtures Handbook- Properties, Science, and Technology,” Noyes Publications, USA, 1995, pp. 185~285.
7. 김용배, “의약품 제조설계 및 조작분석의 최적화에 관한 연구-정제제조의 최적화,” 대한약학회 약학회지, 18권, 1호, 1974, pp. 49~58.
8. Loyd, V. Allen., Nicholas, G., Popovich, and Howard, C., Ansel, “Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems,” Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2005, pp. 199~230.
9. Shangraw, R. F. and Demarest, D. A., “A Survey of Current Industrial Practices in the Formulation of Tablets and Capsules,” Pharm Tech., 1993, pp. 32~44.
10. 약제학분과회 역, “제제학-의약품제형과 약물전달시스템,” 신일북스, 서울, 2009, pp. 199~230.
11. 권종원, 민신희, 이상희, 김용배, “정제의 제조 설계에 관한 연구-직타법에 의한 Prednisolone 정제의 제조에 있어서 무수유당 및 옥수수전분의 영향,” 대한약학회 약학회지, 20권, 2호, 1976, pp. 63~69.
12. 한국콘크리트학회, 콘크리트표준시방서, 기문당, 서울, 2009, 360 pp.
13. Mindess, S. J., Young, F., and Darwin, D., Concrete, Prentice Hall, USA, 2003, pp. 210~213.
14. KS F 2436, Testing Method for Time of Setting of Concrete Mixture by Penetration Resistance, 2007, pp. 3~8.
15. 김진철, 류종현, “샷크리트용 급결제를 첨가한 시멘트 모르타르의 응결 및 강도 특성,” 콘크리트학회 논문집, 16권, 1호, 2004, pp. 70~78.
16. Diamond, S., “Accelerating Admixtures,” Proc. Intern. Congr. Admixtures, London, 1980, 192 pp.
17. Millar, W. and Nichlos, C. F., Improvements in Means of Accelerating the Setting and Hardening of Cements, Patent 2886, London, 1985, pp. 32~44.
18. 허권, 최홍식, 이성태, “급결제를 혼합한 시멘트페이스트의 응결 시간에 관한 실험적 연구,” 콘크리트학회 논문집, 17권, 6호, 2005, pp. 879~884.
19. ACI 306R, Guide to Cold Weather Concreting, 2010, pp. 2~22.
20. 진용진, 조석형, 홍영호, “샷크리트용 급결제에 미치는 유기첨가제의 영향,” 한국공업화학회지, 3권, 1호, 1999, pp. 364~367.
21. Prudencio, Jr, L. R., “Accelerating Admixture for Shotcrete,” Cement and Concrete Composites, 1998, pp. 71~83.

요 약 한중 콘크리트 타설시 발생하는 초기 동해로 인한 피해를 방지하고 조강성을 향상시키기 위해 열풍기 사용을 통한 보양, 결합수와 골재의 가열 및 시멘트 사용량을 늘리는 방법, 급결제 및 축진제를 사용하는 등 다양한 방법이 사용되고 있다. 하지만 이러한 방법은 사용상의 어려움과 에너지 소비 및 생산비의 증가에 따른 경제성 감소 등의 문제점을 가지고 있다. 이중 급결제 및 축진제의 사용은 경제적 이지만 수화 초기부터 급격하게 반응하여 급결하는 특성 때문에 작업성의 확보가 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이에 이 논문에서는 기존 의약 분야에서 주로 이용되는 약물의 고형투여 형태인 정제(Tablet)화 방법을 이용하여 급결제와의 응결 시간을 비교하였고, 이 결과를 토대로 콘크리트의 물리적 특성 및 역학적 특성 시험을 실시하여 일정 시간 동안 작업이 가능하고 초기동해 방지 및 조강성이 향상 되는지 확인 하였다. 그 결과 급결제 및 타블렛의 경우 사용량이 증가 할수록 응결 시간이 줄어드는 것을 확인하였고, 콘크리트의 물리적·역학적 시험에서는 경시 변화에 대하여 Control과 비교 타블렛0.5%, 1.0%가 일정 시간 동안 작업 시간 확보가 가능함을 확인하였을 뿐만 아니라 조기 강도에서도 급결제 0.5%와 타블렛 0.5%, 1.0%가 뛰어난 조기 강도 발현 특성을 보여주었다.

핵심용어 : 한중 콘크리트, 급결제, 타블렛, 응결 시간, 조기 강도