

결합재 및 혼화제를 사용한 조강 콘크리트의 거푸집 탈형 시기 분석

Analysis on Stripping Time of Form of High-Early-Strength Concrete Incorporating Binder and Admixture

전명훈¹ · 방종대² · 이범식³ · 박성식⁴ · 박지영⁴ · 조진희⁴

Myoung-Hoon Jun¹, Jong-Dae Bang², Bum-Sik Lee³, Seong-Sik Park⁴, Ji-Young Park⁴ and Gun-Hee Cho⁴

(Received March 11, 2013 / Revised April 30, 2013 / Accepted April 30, 2013)

요 약

건설공사에서 공기는 매우 중요한 요소로 건설사업비에 미치는 영향이 크다. 선진국들은 공기단축을 통해 건설사업비를 줄이고 있다. 국내 건설업체들도 공기단축을 위해 많은 노력을 기울이고 있지만, 공기단축 방법을 체계적으로 제시하지 못하고 있다. 일반적으로 골조공사의 공기는 거푸집의 존치기간에 영향을 받기 때문에 공기단축을 위해서는 거푸집의 존치기간을 단축해야 한다. 본 연구에서는 거푸집의 존치기간을 단축하기 위해 다양한 조건들의 조강콘크리트를 만들어서 압축강도 실험을 실시하였다. 이를 통해 거푸집의 탈형 시기를 제안하였다. 연구결과에 의하면 골조공사에 조강콘크리트를 사용하면 거푸집의 존치기간을 상당히 단축할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과들은 골조공사의 공기단축을 도모할 때 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

주제어 : 조강콘크리트, 거푸집 존치기간, 공기단축, 압축강도, 골조공사

ABSTRACT

Construction duration in construction project is an important factor which affects project cost. Advanced countries have reduced project cost by time shortening. Even though domestic construction companies have tried to time shortening, they yet failed to find systematic method for time shortening. Typically, duration of structural framework is affected by stripping time of form. Therefore, it need to shorten the stripping time of form for time shortening of structural framework. In this study, specimens of high-early-strength concrete were manufactured with variety conditions and compressive strength was tested. This study proposed stripping time of side and slab forms using test results. The stripping time of form was shortened when using high-early-strength concrete in structural framework by the test results. The result of this study will be useful for time shortening of structural framework.

Key words: High-early-Strength Concrete, Stripping Time of Form, Time Shortening, Compressive Strength, Structural Framework

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

건설공사에서 공기는 매우 중요한 요소로 건설사업비에 미치는 영향이 크다. 선진국들은 공기단축을 통해 건설사업비를 줄이고 있다. 국내 건설업체들도 공기단축을 위해 많은 노력을 기울이고 있지만, 공기단축 방법을 체계적으로 제시하지 못하고 있다. 일반적으로 골조공사의 공기는 크게 두 가

지 요인에 의해 영향을 받는다. 한충희와 방종대(2004)에 의하면, 구조체의 안전성과 품질확보를 위한 거푸집 존치기간과 기능인력 운영계획이 골조공사의 공정계획 및 공기에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 이중에서도 골조공사의 공기는 거푸집의 존치기간에 영향을 더 받는다. 거푸집의 존치기간을 단축하는 방법으로 조강콘크리트, 설계기준 초과강도 콘크리트, 슬래브 거푸집 2벌 등을 사용한다. 최근 조강콘크리트의 사용이 많아지고 있음에도 불구하고 조강콘크리트 사

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(주저자: mhjun@lh.or.kr)

2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원(교신저자: jdbang@lh.or.kr)

3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원

4) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원

용 시 보편적으로 사용할 수 있는 거푸집 탈형 가능 시점에 대한 기준들이 제대로 제시되지 않아 골조공사의 공정계획 수립 시 많은 불편을 겪고 있다. 따라서 본 연구는 결합재 또는 혼화제를 혼입한 조강 콘크리트를 제조하고, 양생온도별 재령별 압축강도 측정을 통하여 양생온도별 거푸집의 탈형 시점을 제안하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 콘크리트에 조강성 결합재 또는 혼화제를 사용하여 제조한 콘크리트를 대상으로 하며, 세부 연구방법은 다음과 같다. 거푸집 탈형 시기 도출을 위해 결합재 사용 조강 콘크리트, 혼화제 사용 조강콘크리트의 설계기준강도 24MPa, 27MPa, 30MPa에 대해 배합설계를 하고, 각각에 대해 공시체를 제작하였다. 양생온도별 거푸집 탈형 시기를 규명하기 위해 공시체를 항온항습실에서 양생하였다. 양생온도별(5°C, 10°C, 20°C)로 양생된 공시체에 대해 재령별 압축강도를 측정하였다. 압축강도 실험 결과를 토대로 양생온도별 측면 거푸집과 슬래브 거푸집의 탈형 시기를 산출하였다.

2. 선행 연구현황 고찰

조강콘크리트 사용시의 거푸집 탈형 시기를 제시하고 있는 선행연구들을 조사 분석하였다. 기존에 수행된 연구들을 살펴보면, “미분 시멘트를 사용한 콘크리트의 측면 거푸집 탈형 시기 추정”(한민철 등, 2009), “콘크리트의 강도증진 해석에 의한 측면 거푸집 존치기간 설정”(한천구와 한민철, 2001), “조강형 혼화제를 이용한 조강형 콘크리트의 현장 실용화”(김경민 등, 2009) 등이 측면 거푸집의 탈형 시기를 제시하고 있지만, 건설현장에서 보편적으로 사용은 곤란하고, 슬래브 거푸집의 탈형시기를 제시하지 않고 있다. 이 외에 조강콘크리트 관련 연구들로는 “미립자시멘트를 이용한 조강형 콘크리트의 현장 실용화 연구”(소광호와 김경민, 2009), “액상형 조강제 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 기초적 특성”(노상균 등, 2007), “액상형 조강제의 구성성분별 시멘트 모르타르에 미치는 영향”(이문환과 송영찬, 2007), “조기강도 발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 강도발현 특성 연구”(전현규 등, 2006), “촉진형 감수제를 사용한 콘크리트의 조기강도발현 특성 연구”(송영찬 등, 2005), “공동주택 공기 단축을 위한 조강 콘크리트 개발에 관한 실험적 연구”(금경훈 등, 2009), “미분시멘트 및 광물질 미분말을 사용한 콘크리트의 조기강도 발현 특성”(김기훈 등, 2007), “PC계 조강 콘크리트를 사용한 공기단축에 관한 시공사례”(이상호 등, 2007) 등이 있으나, 이 연구들은 거푸집의 탈형 시기에 대한 구체적 데이터는 제시하지 않고 있다. 위의 연구들을 고찰한 결과, 조강콘크리트에 대한 많은 연구들이 수행되었지만, 측

면 및 슬래브 거푸집의 탈형 시기를 구체적으로 제시하고 있는 연구는 없는 것으로 분석되었다.

3. 조강형 콘크리트 적용 시 거푸집의 탈형 강도 측정 실험

본 연구에서는 아파트 골조공사에 사용되는 통상적인 콘크리트 설계기준강도 범위에서 거푸집을 조기 탈형할 수 있는 조강형 콘크리트를 제조하고, 양생온도별 재령별 압축강도 실험을 통해 거푸집 탈형이 가능한 강도 발현 시점을 제시하고자 한다.

일반적으로 콘크리트 강도는 사용하는 재료, 배합, 양생조건 등에 따라 발현속도에 차이가 발생하게 된다. 본 연구에서는 현장 적용성을 고려하여 가열양생 등의 방법은 배제하고 콘크리트의 제조에 사용되는 재료나 배합을 달리하는 방법으로 조기강도를 향상시키는 방법을 선택하였다.

3.1 실험개요

콘크리트 강도를 조기 발현하기 위해서 사용되는 재료로는 결합재와 혼화제가 있으며, 결합재로는 KS L 5201에 규정된 3종 조강 포틀랜드 시멘트와 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 조성 분말도를 달리하여 제조한 조강형 1종 포틀랜드 시멘트가 있다(소광호와 김경민, 2009). 조강형 혼화제로는 폴리카본산계가 대표적이며 이외에도 나프탈렌계, 리그닌계 등이 있다(박영신 등, 2005; 전현규 등, 2006). 본 연구에서는 콘크리트의 조강성 확보를 위한 방법으로 조강성 결합재를 사용하는 방법, 혼화제를 사용하는 방법을 선택하였다. 결합재로는 3종 조강 포틀랜드 시멘트(이하 III으로 표시)와 조강형 1종 포틀랜드 시멘트(이하 IHB로 표시)를 사용하고, 혼화제로는 폴리카르본산계 혼화제(이하 PC로 표시)와 나프탈렌계 혼화제(이하 PNS로 표시)를 사용하여 조강성 콘크리트 공시체를 제작하였다. 조강성 콘크리트와 재령별 강도발현 수준을 비교하기 위해 1종 보통포틀랜드 시멘트(이하 I로 표시)와 리그닌계 혼화제(이하 L로 표시)를 사용한 콘크리트 공시체도 병행 제작하였다. 온도별 콘크리트의 강도발현 수준 규명과 품질관리를 위해 공시체는 5°C, 10°C, 20°C의 3가지 조건의 항온항습실에서 기중양생을 실시하였다. 측면 거푸집과 슬래브 거푸집의 탈형 시기를 파악하기 위해 공시체의 압축강도 실험은 공시체 제작 후 0.5일(12시간), 1.5일(36시간), 2일(48시간), 2.5일(60시간), 1주(168시간), 2주(336시간), 4주(672시간)로 구분하여 실시하였다.

3.2 사용재료

본 연구의 공시체 제작에 사용된 결합재의 물리적 화학적 특성, 골재의 특성, 골재의 입도분포 곡선, 혼화제의 특성은 표 1, 표 2, 표 3, 그림 1, 그림 2와 같다.

표 1. 결합재의 물리적 화학적 특성

항목		단위	I	IHB	III
물리적 특성	밀도 (20℃)	g/cm ³	3.15	3.14	3.13
	분말도 (blaine)	cm ² /g	3,420	4,630	4,790
	안정성 (Le chatelier)	mm	0.8	1.0	0.8
화학조성	SiO ₂	%	21.12	21.40	20.99
	Al ₂ O ₃		4.40	4.36	4.50
	TiO ₂		0.22	0.23	0.38
	Fe ₂ O ₃		3.19	3.16	3.29
	MgO		3.10	2.77	2.77
	CaO		62.44	63.28	63.09
	Na ₂ O		0.04	0.05	0.05
	K ₂ O		1.41	1.33	1.27
	MnO		0.09	0.10	0.11
	P ₂ O ₅		0.11	0.11	0.12
	Ig.loss		3.36	3.20	2.23
화합물 조성 (Bogue식에 의함)	C ₃ S	%	48.5	52.0	52.6
	C ₂ S		24.0	22.1	20.5
	C ₃ A		6.3	6.2	6.4
	C ₄ AF		9.7	9.6	10.0

표 2. 골재의 특성

구분	밀도(g/cm ³)	단위용적질량 (kg/L)	흡수율 (%)	조립률(F.M)
잔골재	2.60	1.69	0.43	2.9
굵은 골재	2.68	1.52	0.67	7.5

표 3. 혼화제 특성

구분	형태	색상	주성분	pH	비중	고형분
Lignin	액상	연황색	리그닌술폰산계	7.0±1.0	1.20±0.02	22%±5%
PNS	액상	연갈색	나프탈렌계 축합물	7.0±1.0	1.18±0.02	42%±3%
PC	액상	연황색	폴리카르본산계 가교 폴리머	6.0±1.0	1.05±0.05	40%±3%

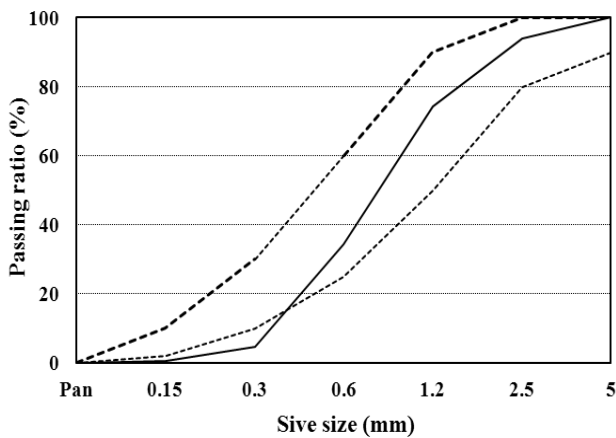


그림 1. 잔골재의 입도 곡선

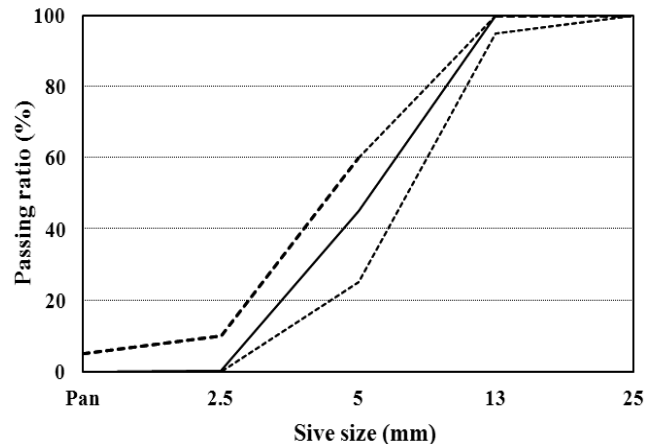


그림 2. 굵은골재의 입도 곡선

3.3 공시체 제작 및 측정

콘크리트의 배합은 S레미콘사에서 사용하고 있는 배합표를 기본으로 하여 시험배합을 통하여 일부 수정하였으며, 콘크리트 규격별 최종 배합표는 표 4와 같다. 콘크리트의 혼합은 레미콘과 유사한 방식으로 제조하기 위하여 투입되는 재료의 온도 및 혼합순서를 조정하였다. 투입되는 재료는 양생 온도 5℃ 및 10℃의 실험에서는 시멘트, 골재 및 물의 온도를 10℃로 유지하여 투입하였으며, 20℃의 양생온도에서는 재

료의 온도를 20℃로 유지한 상태에서 투입하였다. 혼합순서에 있어서는 골재와 결합재 등의 재료를 믹서에 한꺼번에 투입하여 1분간 건비빔을 실시한 뒤, 혼화제를 섞은 배합수를 투입하여 혼합하였다. 혼합시간은 PNS계 혼화제를 사용한 경우는 1분 30초, PC계 혼화제를 사용한 경우는 2분으로 하여 총 배합시간을 3분 이내로 하였다. 공시체의 양생은 성형 후 몰드 탈형 전까지 밀봉 양생하고, 몰드 탈형 후에는 항온 항습 챔버에서 기건 양생하였다.(그림 3, 그림 4) 측정재령에

표 4. 콘크리트 규격별 배합표

콘크리트 규격	시멘트의 종류	혼화제	W/C(%)	S/a(%)	Unit weight(kg/m ³)				SP (%, wt. by C)	AE (%, wt. by C)
					W	C	S	G		
25-24-150	I	L	48.3	47.0	160	331	837	980	0.5	0.001
	IHB	L	48.3	47.0	160	331	833	976		
	III	L	48.3	47.0	160	331	835	978		
	I	PNS	48.3	47.0	160	331	837	980	1	
	I	PC	46.3	48.5	151	326	877	967	0.7	
25-27-150	I	L	48.3	46.5	167	367	806	963	0.6	0.001
	IHB	L	48.3	46.5	167	367	802	958	0.5	
	III	L	48.3	46.5	167	367	804	961	0.5	
	I	PNS	45.5	46.5	167	384	799	955	0.7	
	I	PC	43.5	48.1	153	352	857	960	0.7	
25-30-150	I	L	42.0	46.1	165	393	791	961	0.6	0.001
	IHB	L	42.0	46.1	165	393	787	956		
	III	L	42.0	46.1	165	393	789	959		
	I	PNS	46.3	48.5	151	326	877	967		
	I	PC	40.0	47.8	155	388	835	947	0.7	

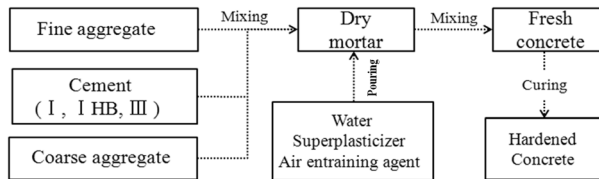


그림 3. 콘크리트 혼합방법



① 실험 준비



② 골재 계량



③ 골재와 시멘트의 혼합



④ 배합수의 첨가



⑤ 공시체 제작



⑥ 양생

그림 4. 콘크리트 공시체 제작 과정

도달한 공시체를 대상으로 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법에 따라 압축강도를 측정하였다.

하고 있는 수직거푸집 5MPa, 수평거푸집 12MPa를 기준으로 하였다. 조강 콘크리트의 재령별 압축강도 측정결과가 위에서 규정한 압축강도와 일치하지 않으므로 재령별 압축강도에서 탈형강도 발현 전 측정값과 발현후의 압축강도와 그 때의 재령에서 직선보간을 통하여 거푸집 탈형강도가 발현되는 양생소요 시간을 산정하였다.

3.4 거푸집 탈형시기의 산정

본 연구에서 대상으로 하는 조강형 콘크리트는 주로 공동 주택 건설공사의 공기단축을 목적으로 하고 있으므로 거푸집 탈형강도는 건축공사 표준시방서와 LH전문시방서에서 제시

표 5. 온도별 재령별 공시체 압축강도 실험결과 및 거푸집 탈형 시기

양생 온도	설계기준 강도	결합재 종류	혼화제 종류	재령(시간)								거푸집 탈형시간			
				0	12	36	48	60	168	336	672	수직		수평	
												시간	일	시간	일
5	24	I	Lignin	0	0	0.92	3.18	6.6	21.97	28.67	34.35	54.39	2.27	97.94	4.08
		IHB	Lignin	0	0	4.06	8.24	12.1	26.63	33.56	35.31	38.70	1.61	59.69	2.49
		III	Lignin	0	0	4.85	11.38	17.8	29.67	32.69	38.1	36.28	1.51	49.16	2.05
		I	PNS	0	0	5.33	10.1	14.69	26.63	29.4	31.52	34.51	1.44	52.97	2.21
		I	PC	0	0	4.2	9.2	14.15	23.84	25.2	28.78	15.84	0.66	54.79	2.28
	27	I	Lignin	0	0	0.65	2.5	6.9	24.45	30.86	36.89	54.82	2.28	91.38	3.81
		IHB	Lignin	0	0	4.95	10.38	13.6	30.81	38.39	41.97	36.11	1.50	54.04	2.25
		III	Lignin	0	0	6.76	12.67	22.6	31.54	38.47	42.22	29.75	1.24	46.64	1.94
		I	PNS	0	0	7.47	12.7	19.43	28.44	30.3	32.29	28.06	1.17	46.64	1.94
		I	PC	0	0	5.58	11.7	17.37	27.46	27.1	30.81	33.51	1.40	46.39	1.93
	30	I	Lignin	0	0	0.73	4.04	9.2	27.63	36	39.99	50.23	2.09	76.41	3.18
		IHB	Lignin	0	0	5.95	13.92	17.5	30	36.45	40.66	32.17	1.34	45.11	1.88
		III	Lignin	0	0	5.56	16.06	22	39.95	43.1	48.58	33.58	1.40	43.36	1.81
		I	PNS	0	0	8.57	16.4	22.7	34.1	31.7	38.6	26.00	1.08	41.26	1.72
		I	PC	0	0	7.07	14.5	20.77	30.88	29.1	31.73	28.97	1.21	43.96	1.83
	10	24	I	Lignin	0	0	3.93	7.12	10.59	21.97	24.7	27.13	40.03	1.67	73.38
IHB			Lignin	0	7.12	10.59	14.27	17.1	26.82	29.08	30.07	28.85	1.20	40.60	1.69
III			Lignin	0	0	15.04	19.52	21.97	29.92	33.62	34.12	19.98	0.83	31.15	1.30
I			PNS	0	0	10.07	12.32	14.9	22.28	24.64	27.49	23.92	1.00	46.29	1.93
I			PC	0	0	9.18	11.8	13.21	20	23.37	23.53	25.07	1.04	49.70	2.07
27		I	Lignin	0	0	5.08	9.26	13.03	24.82	25.16	29.03	35.62	1.48	56.72	2.36
		IHB	Lignin	0	0	14.09	17.46	20.89	29.55	30.13	32.35	20.52	0.85	32.44	1.35
		III	Lignin	0	0	15.33	19.31	23.03	35.54	33.12	38.1	19.83	0.83	30.79	1.28
		I	PNS	0	0	12.86	16.33	17.91	25.36	28.42	30.98	21.33	0.89	34.40	1.43
		I	PC	0	0	13.34	15.67	18.45	24.97	28.44	30.09	21.00	0.87	33.59	1.40
30		I	Lignin	0	0	3.5	8.74	15.61	26.53	29.21	29.92	39.44	1.64	53.69	2.24
		IHB	Lignin	0	0	16.23	20.49	22.72	31.15	34.35	34.83	19.39	0.81	29.74	1.24
		III	Lignin	0	0	20.02	24.51	26.05	34.98	39.45	40.95	17.99	0.75	26.39	1.10
		I	PNS	0	0	16.54	19.97	20.25	29.15	32.06	34.44	19.26	0.80	29.41	1.23
		I	PC	0	0	11.86	16.01	17.04	27.46	30.19	34.04	22.12	0.92	36.40	1.52
20		24	I	Lignin	0	0	12.98	16.19	18.71	22.3	27.94	27.76	21.24	0.89	34.19
	IHB		Lignin	0	0	18.31	21.1	21.47	29.05	32.04	31.13	18.55	0.77	27.73	1.16
	III		Lignin	0	2.15	24.34	26.68	27.32	33.23	35.55	36.45	15.08	0.63	22.65	0.94
	I		PNS	0	0	18.56	21.87	23.04	26.17	27.99	31.86	18.47	0.77	27.52	1.15
	I		PC	0	0	20.28	22.97	24.26	26.38	26.25	28.26	17.92	0.75	26.20	1.09
	27	I	Lignin	0	0	15.15	18.6	20.33	25.41	28.57	28.34	19.92	0.83	31.01	1.29
		IHB	Lignin	0	2.43	20.68	23.78	24.95	30.27	34.73	35.23	15.38	0.64	24.59	1.02
		III	Lignin	0	0	20.15	24.07	26.15	30.32	34.83	36.43	17.96	0.75	26.29	1.10
		I	PNS	0	0	22.41	25.31	26.53	26.94	30	34.81	17.35	0.72	24.85	1.04
		I	PC	0	0	21.69	25.57	26.2	29.17	30.13	36.06	17.53	0.73	25.28	1.05
	30	I	Lignin	0	0	20.08	22.1	24.22	27.67	32.58	32.82	17.98	0.75	26.34	1.10
		IHB	Lignin	0	1.8	21.78	23.65	25.84	32.27	38.08	35.95	15.84	0.66	24.25	1.01
		III	Lignin	0	1.39	25.05	28.73	30.96	37.47	39.26	38.22	15.66	0.65	22.76	0.95
		I	PNS	0	0	26.84	29.76	30.08	29.8	31.38	35.83	16.47	0.69	22.73	0.95
		I	PC	0	0	26.15	29.41	30.6	30.77	33.62	37.06	16.59	0.69	23.01	0.96

3.5 실험결과 및 고찰

양생온도별 재령별 공시체의 압축강도 실험결과는 표 5와 같다.

양생온도 5°C에서 측면 거푸집의 탈형 요구강도인 5MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 및 그림 5와 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 15시간(0.66일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 19시간(0.78일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 16시간(0.69일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과들에 의하면 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하면, 측면 거푸집의 탈형을 최소 15시간(0.66일) 이상 단축할 수 있기 때문에 골조공사의 공기단축에 효과적일 수 있다.

양생온도 5°C에서 슬래브 거푸집의 탈형 요구강도인 12MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 5 및 그림 6과 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 38시간(1.59일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 37시간(1.56일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 31시간(1.3일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과에 의하면, 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하면, 슬래브 거푸집의 탈형을 최소 31시간(1.3일) 이상 단축할 수 있기 때문에 골조공사의 공기단축에 효과적일 수 있다. 양생온도 5°C에서 실험한 조강형 콘크리트들을 일평균기온 5°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 36시간(1.5일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다. 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후

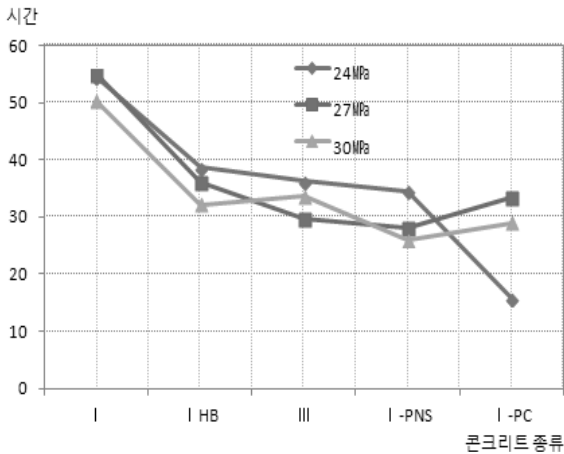


그림 5. 양생온도 5°C에서 측면 거푸집 탈형 시간

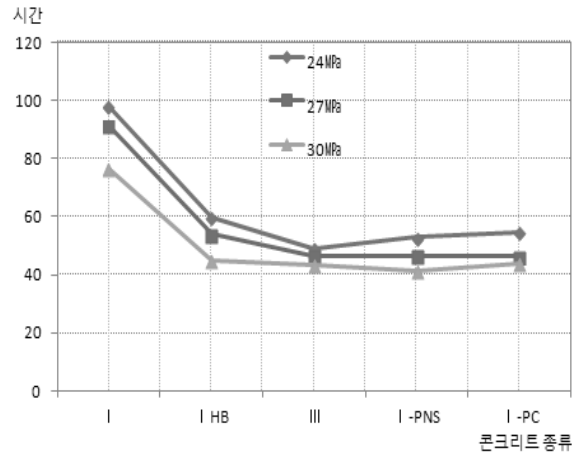


그림 6. 양생온도 5°C에서 슬래브 거푸집 탈형 시간

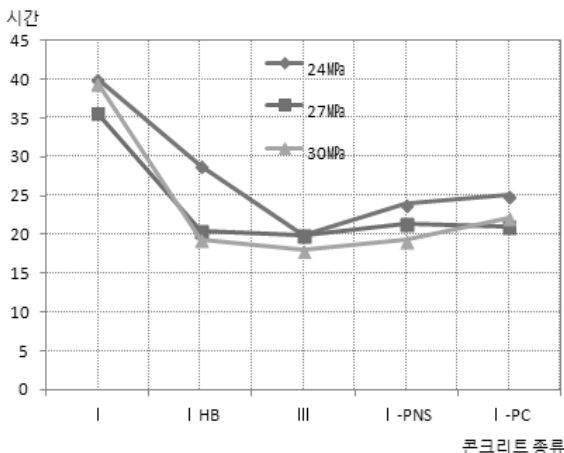


그림 7. 양생온도 10°C에서 측면 거푸집 탈형 시간

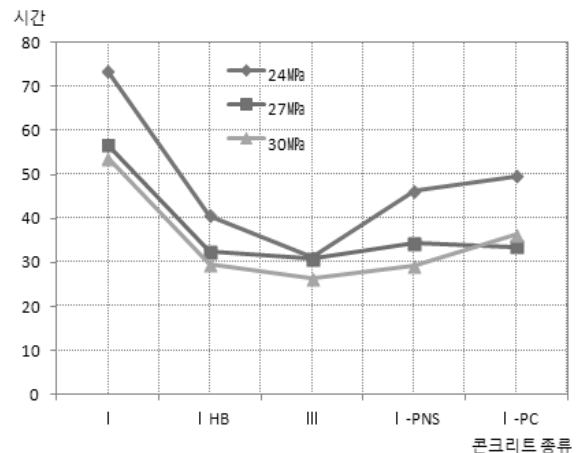


그림 8. 양생온도 10°C에서 슬래브 거푸집 탈형 시간

60시간(2.5일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.

양생온도 10°C에서 측면 거푸집의 탈형 요구강도인 5MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 5 및 그림 7과 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 11시간(0.46일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 17시간(0.71일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 17시간(0.71일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과들에 의하면 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하면, 측면 거푸집의 탈형을 최소 11시간(0.46일) 이상 단축할 수 있기 때문에 골조공사의 공기단축에 효과적일 수 있다.

양생온도 10°C에서 슬래브 거푸집의 탈형 요구강도인 12MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 5 및 그림 8과 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 23시간(0.96일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 23시간(0.96일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 18시간(0.75일) 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과에 의하면, 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하면, 슬래브 거푸집의 탈형을 최소 17시간(0.75일) 이상 단축할 수 있기 때문에 골조공사의 공기단축에 효과적일 수 있다. 양생온도 10°C에서 시험한 조강형 콘크리트들을 일평균기온 10°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 29시간(1.2일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다. 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후 36

시간(1.52일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.

양생온도 20°C에서 측면 거푸집의 탈형 요구강도인 5MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 5 및 그림 9와 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 3시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 2시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 측면 거푸집의 탈형시기를 최소 1시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과들에 의하면 양생온도 20°C에서는 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하더라도 측면 거푸집의 탈형 시기를 크게 단축할 수 없는 것으로 나타났다.

양생온도 20°C에서 슬래브 거푸집의 탈형 요구강도인 12MPa에 도달하는 시간을 살펴보면, 표 5 및 그림 10과 같이 설계기준강도 24MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 6시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 27MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 5시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 설계기준강도 30MPa에서 조강형 콘크리트들은 보통콘크리트(I)보다 슬래브 거푸집의 탈형시기를 최소 2시간 이상 단축할 수 있는 것으로 분석되었다. 위의 분석결과에 의하면, 양생온도 20°C에서는 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하더라도 슬래브 거푸집의 탈형 시기를 크게 단축할 수 없는 것으로 나타났다. 양생온도 20°C에서 시험한 조강형 콘크리트들을 일평균기온 20°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 17시간(0.69일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다. 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후 24시간(1.01일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.

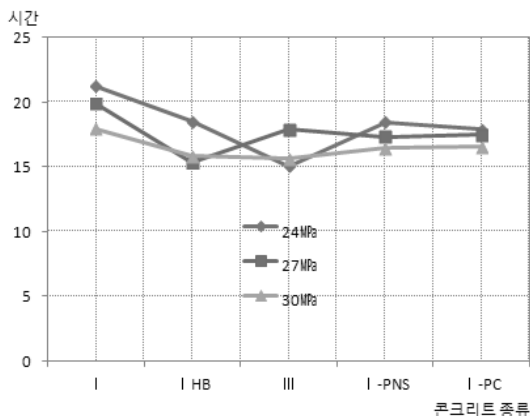


그림 9. 양생온도 20°C에서 측면 거푸집 탈형 시간

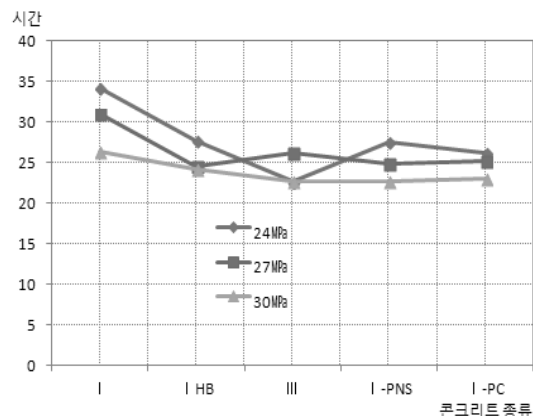


그림 10. 양생온도 20°C에서 슬래브 거푸집 탈형 시간

4. 결론

본 연구는 결합재와 혼화제를 사용하여 조강 콘크리트를 제조하여 공시체를 제작하고, 양생온도별 재령별 압축강도를 측정하여 거푸집 탈형이 가능한 강도가 발현되는 시점을 규명하고자 하였다. 본 연구를 통하여 도출된 연구결과와 제안 사항은 다음과 같다.

1. 양생온도 5°C에서 골조공사에 설계기준강도 24MPa, 27MPa, 30MPa의 보통콘크리트를 조강 콘크리트로 대체하여 사용하면, 측면 거푸집의 탈형 시기는 최소 15시간(0.66일) 이상, 슬래브 거푸집은 최소 31시간(1.3일) 이상 단축되는 것으로 나타났고, 조강 콘크리트들을 일평균기온 5°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 36시간(1.5일), 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후 60시간(2.5일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.
2. 양생온도 10°C에서 골조공사에 설계기준강도 24MPa, 27MPa, 30MPa의 보통콘크리트를 조강 콘크리트로 대체하여 사용하면, 측면 거푸집의 탈형 시기는 최소 11시간(0.46일) 이상, 슬래브 거푸집은 최소 18시간(0.75일) 이상 단축되는 것으로 나타났고, 조강 콘크리트들을 일평균기온 10°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 29시간(1.2일), 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후 36시간(1.52일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.
3. 양생온도 20°C에서 골조공사에 설계기준강도 24MPa, 27MPa, 30MPa의 보통콘크리트를 조강 콘크리트로 대체하여 사용하면, 측면 거푸집의 탈형 시기는 최소 1시간 이상, 슬래브 거푸집은 최소 2시간 이상 단축되는 것으로 분석되었다. 양생온도 20°C에서는 골조공사에 보통콘크리트 대신 조강형 콘크리트를 사용하더라도 거푸집의 탈형 시기를 크게 단축할 수 없는 것으로 나타났다. 다만, 조강 콘크리트들을 일평균기온 20°C 정도의 건설현장에 적용할 경우, 측면 거푸집은 콘크리트 타설 후 17시간(0.69일), 슬래브 거푸집은 콘크리트 타설 후 24시간(1.01일)이 지난 다음에 해체할 것을 제안한다.

위의 연구결과에 의하면 조강 콘크리트를 사용하는 경우, 양생온도 5°C, 10°C에서는 설계기준강도에 따라 약간의 차이가 있지만, 거푸집 탈형 시기를 단축할 수 있어 골조공사의 공기단축에 효과적인 것으로 판단되고 된다. 반면 양생온도 20°C에서는 조강콘크리트를 사용하더라도 공기단축 효과가 거의 없는 것으로 판단되기 때문에 하절기에는 조강콘크리트를 사용하지 않는 것이 원가 및 품질관리 측면에서 유리하다. 본 연구에서 제안한 거푸집의 탈형 시기는 골조공사의 공기

단축에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 물적 시간적 한계로 인해 공시체의 양생온도를 3조건으로 구분해서 거푸집의 탈형 시기를 제안했기 때문에 고려되지 않은 양생온도 조건에서의 정확한 거푸집 탈형 시기를 파악하기가 곤란했다. 향후 골조공사 단축을 목적으로 조강콘크리트를 더 보편적으로 사용하기 위해서는 더 많은 양생온도 조건을 고려한 연구들이 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 토지구택연구원에서 수행한 ‘건설사업비 절감을 위한 LH형 하이브리드 공동주택 건설시스템 개발’ 연구의 일부분을 정리한 내용입니다.

참고문헌

1. 금경훈, 이원암, 송영찬, 정양희, 김용로, 김선만(2009), “공동주택 공기단축을 위한 조강콘크리트의 개발에 관한 실험적 연구”, 「한국콘크리트학회 2009년 가을 학술대회 논문집」, 181~182.
2. 김경민, 박상준, 김기훈, 황인성(2009), “조강형 혼화제를 이용한 조강형 콘크리트의 현장 실용화”, 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 471~474.
3. 김기훈, 황인성, 김경민, 박상준, 한천구(2007), “미분시멘트 및 광물질 미분말을 사용한 콘크리트의 조기강도 발현 특성”, 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 27(1): 531~534.
4. 노상균, 김정진, 이진철, 이문환, 한민철, 한천구(2007), “액상형 조강제 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 기초적 특성”, 「대한건축학회 학술발표대회 논문집」, 27(1): 659~662.
5. 박영신, 남성우, 박재명(2005), “혼화제를 사용한 조강콘크리트 배합설계에 관한 연구”, 「한국콘크리트학회 2005년 봄 학술발표회 논문집」, 69~72.
6. 소광호, 김경민(2009), “미립자시멘트를 이용한 조강형 콘크리트의 현장 실용화에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집」, 25(6): 99~106.
7. 송영찬, 사순현, 지식원, 전현규, 서치호(2005), “축진형 감수제를 사용한 콘크리트의 조기강도발현 특성 연구”, 「대한건축학회 창립60주년 학술발표대회 논문집」, 25(1): 169~172.
8. 이문환, 송영찬(2007), “액상형 조강제의 구성성분별 시멘트 모르타르에 미치는 영향”, 「대한건축학회논문집」, 23(11): 93~100.
9. 이상호, 홍경선(2007), “PC계 조강 콘크리트를 사용한 공기단축에 관한 시공사례”, 「한국콘크리트학회 2007년 가을학술대회 논문집」.
10. 전현규, 지식원, 서치호(2006), “조기강도 발현형 AE감수제를 사용한 콘크리트의 강도발현 특성연구”, 「대한건축학회논문집」, 22(8): 85~92.
11. 한민철, 박상준, 김경민, 최성용(2009), “미분시멘트를 사용한 콘크리트의 측면 거푸집 탈형시기 추정”, 「대한건축학회논문집」, 25(1): 121~128.
12. 한천구, 한민철(2001), “콘크리트의 강도증진 해석에 의한 측면 거푸집 존치기간 산정”, 「대한건축학회논문집」, 17(6): 87~94.
13. 한충희, 방중대(2004), “아파트 골조공사의 공기단축 및 효과적 공정운영 방안”, 「한국건설관리학회논문집」, 5(4): 87~96.