

콘크리트 거푸집의 존치기간

글 | 김 상 훈 기술개발부 대리 02-3433-7712 | E-mail : madmax91@ssyenc.com

1. 서론

콘크리트 거푸집의 작업은 설치 및 해체에 있어서 공기 및 품질에 지대한 영향을 주고 있다. 특히 해체 문제는 거푸집 전용과 맞물려 있기 때문에 경제성에도 또한 민감하게 영향을 끼친다. 이에 국내외 콘크리트 거푸집의 해체시기를 살펴 보도록 한다.

2. 콘크리트 거푸집의 해체 시기

2.1 공시체 시험에 의한 존치 결정

존치기간 판정을 위해 별도로 공시체를 만들어 콘크리트 압축강도 확인후에 거푸집을 해체하게 한다.

이때, 공시체는 표준 양생이 아닌 현장조건에 가까운 형태로 양생(현장 기건양생(습윤양생))한 것으로 한다.

이러한 경우에는 다음 [표2.1,2.2]에 규정에 따라서 해체하는 것이 일반적이다.

[표2.1] 콘크리트의 압축강도를 시험할 경우(콘크리트 표준 시방서,1999개정판)

부 재	콘크리트 압축강도 (fcu)
확대기초, 보연, 기둥, 벽 등의 측면 슬래브 및 보의 밑면, 아치 내면	50 kgf/cm ² 이상 설계기준강도×2/3 (≥2/3) 다만, 140 kgf/cm ² 이상

[표2.2] 콘크리트의 압축강도를 시험할 경우(건축공사 표준 시방서,1999개정판)

부 재	콘크리트 압축강도(fcu)
확대기초, 보연, 기둥, 벽 등의 측면 슬래브 및 보의 밑면, 아치 내면	50 kgf/cm ² 이상 ① 기본적으로 설계강도의 100%발현 ② 먼저 해체할 경우, 적절한 계산후 부재에 가해지는 강도보다 압축강도가 상회시, 단 120 kgf/cm ² 이상

2.2 존치기간으로 해체를 결정할 경우 (공시체 시험이 불가할 경우)

2.1) 수직재

2.1.1 시방서와 콘크리트 재령일수¹⁾에 의한 기준

콘크리트 및 건축공사 시방서에 의하면 압축강도가 50 kgf/cm² 이상일때 해체해도 된다는 기준과 존치일수에 관한 사항이 다음 [표2.3]에 나타나 있다.

[표2.3] 압축강도를 시험하지 않을 경우(건축공사, 콘크리트공사 표준 시방)

시멘트의 종류	보통포틀랜드시멘트		고로슬래그시멘트(특급)	고로슬래그시멘트
	조강포틀랜드시멘트	포틀랜드포졸란시멘트(A중)	플라이애시시멘트(A중)	포틀랜드포졸란 시멘트(B중)
평균기온				
20℃이상	2일		4일	5일
20℃미만~10℃이상	3일		6일	8일

평균기온은 10℃이상 적용, 기초, 보연, 기둥 및 벽에 적용

그러나, 현실적으로 벽체거푸집은 1~2일 정도 이상 존치하지 않으므로 [표2.3]의 방법보다는 압축강도 발현에 의한 방법을 참조한다.

그러나 이것은 실험실에서 만든 실험식에 의한 식이기 때문에 현장여건과 상이한 점이 많다고 할 수 있다. 그러므로, [표 2.5, 2.6]의 강도발현식에 의한 수치는 발현에 의한 강도의 참고 정도로 이해 하는 것이 바람직하다.

여기서, ACI(미국), CEB-FIP(유럽) 규준의 콘크리트 강도발현에 대한 이론적인 수치를 검토하면 다음과 같다.

1) 생용건설 기술 연구소, 공동주택 골조공기 단축 방안, 2003.

콘크리트 거푸집의 작업은 설치 및 해체에 있어서 공기 및 품질에 지대한 영향을 주고 있다. 특히 해체 문제는 거푸집 전용과 맞물려 있기 때문에 경제성에도 또한 민감하게 영향을 끼친다.

이에 국내외 콘크리트 거푸집의 해체시기를 살펴 보도록 한다.

① ACI 에서 추천하는 압축강도 발현식²⁾

콘크리트 재령에 따른 압축강도 추정

$$(f'c)_t = \frac{t}{\alpha + \beta t} (f'c)_{28} \text{ - [Equation 1]}$$

$$(f'c)_t = \frac{t}{\alpha/\beta + t} (f'c)_u \text{ - [Equation 2]}$$

α 시멘트 종류와 양생방법에 따라 결정되는 상수 (0.05~9.25)

β 시멘트 종류와 양생방법에 따라 결정되는 상수 (0.67~0.98)

t 콘크리트 재령(Day)

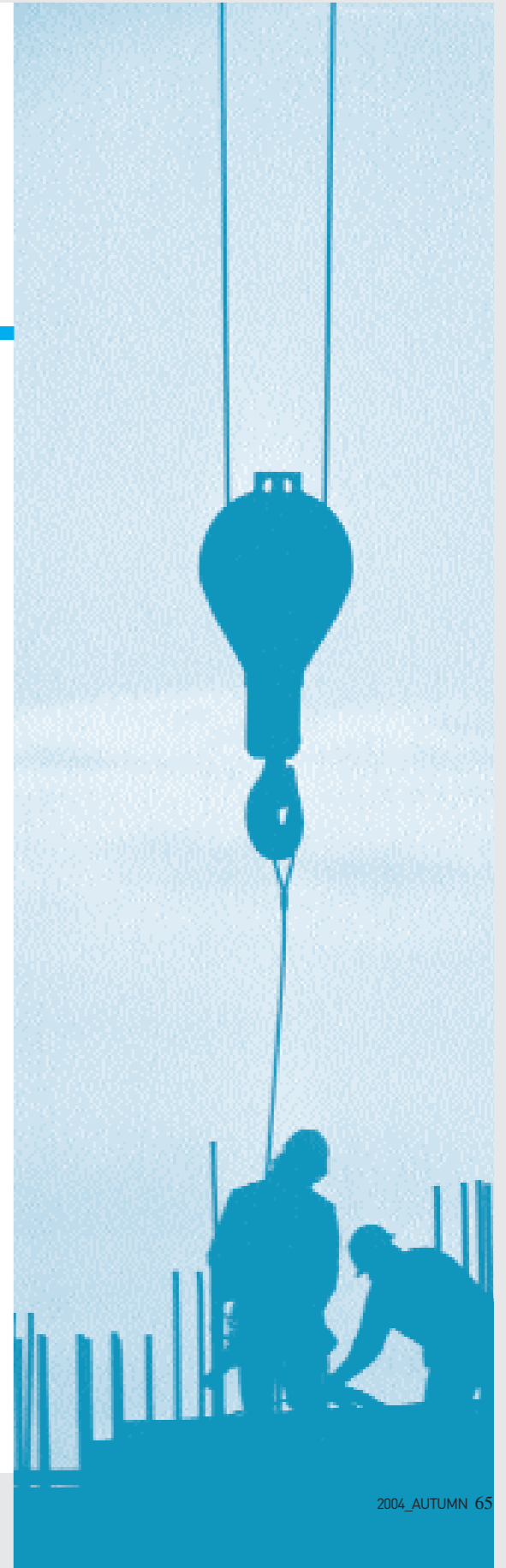
$(f'c)_t$ 재령이 t일때의 콘크리트 압축강도

$(f'c)_{28}$ 콘크리트 28일 압축강도

$(f'c)_u$ 콘크리트 극한강도

- 습윤양생(Moist curing)의 조건
온도 23 ±1.7℃, 상대습도 95%미만 인 경우
- 증기양생(Steam curing)의 조건
100℃미만의 온도에서 대기압상태의 증기로 포화시킨다.
- 상수 α, β 는 시멘트의 종류와 양생방법의 영향을 받는다.
- 상수 α, β 는 골재(일반골재, 반골재, 경량골재)에 따른 영향은 크지 않은 것으로 나타난다.
- 추경식에 있는 상수는 매스 콘크리트, 시멘트 Type II, Type V 및 Pozzolan이 섞인 콘크리트에는 적용할 수 없다. 이와 같은 경우 콘크리트의 강도발현은 보통 콘크리트에 비해 매우 늦어서 소요강도에 도달 되는데 상당한 시간이 소요된다.

2) ACI, 209R-92(2.2 Strength and elastic properties)



● 시멘트 Type

- 시멘트 Type I : 보통 포틀랜드 시멘트(1종)
- 시멘트 Type II : 중용열 포틀랜드 시멘트(2종)
- 시멘트 Type III : 조강 포틀랜드 시멘트(3종)
- 시멘트 Type IV : 저열 포틀랜드 시멘트(4종)
- 시멘트 Type V : 내황산염 포틀랜드 시멘트(5종)

[표 2.4] 콘크리트 재령에 따른 압축강도의 추정 및 상수 α, β 값

Time Ratio	양생방법	Type 시멘트	상수 α, β	콘크리트 재령 계수										국한강도 (f'cu)
				일수										
(f'ct)	습윤양생	I	α=4.0 β=0.85	3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.18	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.09	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.05	
(f'c28)	중기양생	I	α=1.0 β=0.95	3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.02	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.02	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.0	
(f'cu)	중기양생	I	α/β=0.71	3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.0	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.0	
				3	7	14	21	28	56	91	1	10	1.0	

첫번째 식을 이용한 보통포틀랜드 시멘트의 습윤양생 콘크리트 강도관계식

$$f'_{cm}(t) = f'_{c28} (t / (4 + 0.85t))$$

② CEB-FIP Model Code (1990)³⁾

● 콘크리트 공시체가 20°C에서 양생되었을 조건일 때

$$f'_c(t) = \exp \left[s - \left(1 - \left(\sqrt{\frac{28}{t/t_1}} \right) \right) \right] f'_{c28}$$

여기서, f'_c(t) = 재령 t에서의 압축강도
 f'_{c28} = 평균 28일 압축강도
 s = 시멘트 계수 (보통시멘트 = 0.25)
 t_1 = 1일

③ 각 기준별 재령에 따른 압축강도의 발현

[표 2.5] ACI 기준(에 따른 강도별 재령에 따른 압축강도발현 (단위:kgf/cm²)

	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
210	43	74	96	114	127	138	148	156	162	168
240	49	84	110	130	145	158	169	178	185	192
270	56	95	124	146	164	178	190	200	209	216
300	62	105	137	162	182	198	211	222	232	240
350	72	123	160	189	212	231	246	259	270	280

(Equation 1, 시멘트 Type I, 습윤양생 조건)

[표 2.6] CEB-FIP 기준에 따른 강도별 재령에 따른 압축강도발현 (단위:kgf/cm²)

	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
210	72	106	126	139	149	157	164	169	173	177
240	82	121	144	159	171	180	187	193	198	203
270	92	136	162	179	192	202	210	217	223	228
300	103	151	179	199	213	224	234	241	248	254
350	120	176	209	232	249	262	273	282	289	296

● 이러한 두가지 기준에 따른 이론식으로 콘크리트 1일 강도의 평균 발현치 (58~96 kgf/cm²)가 시방서 요구사항 사항인 50 kgf/cm²가 이론적으로 상회하므로 해제할 수 있는 조건이 된다. (실험식에 의한 강도 발현식에 의한 추정임)

2.1.2 ACI 및 BS 기준에 의한 존치기간

① ACI 347R Guide to Formwork for Concrete (3.7 Removal of forms and supports)

[표 2.7] ACI 수직재 존치기준 (10°C(50°F) 이상의 외기 기온일 때)

부위	재령	비고
Wall	12hrs	
Columns	12hrs	
Sides of beams and girders	12hrs	

● 벽체나 기둥에 있는 거푸집이 슬래브나 보의 아랫면을 지지하고 있으면 수평재의 존치기간을 따른다.

② BS 8010에 따른 규정

[표 2.8] BS 수직재 존치기준 (보통, 혹은 내황산염 포틀랜드 시멘트)

부위	콘크리트 표면온도			비고
	16°C 이상	7°C 이상	t=온도 (0~25°C)	
수직재 (벽, 기둥, 보)	12hr	18hr	$\frac{300}{t+10}$ (hr)	● 콘크리트 압축강도가 102 kgf/cm ² (10N/mm ²) 이상이거나 허용휨발생시 최대응력의 2배 이상의 콘크리트 강도 중 큰 값이 상일 때 해제가능

※ 만약 콘크리트 표면온도를 구하지 못하는 상황일 경우 주변대기 온도를 이용 할 수 있다.

2.2) 수평재

수평재의 경우 국내의 콘크리트 표준 시방서와, 건축공사 표준 시방서에서는 거푸집 존치기간으로 규정하고 있지 않으므로 ACI Code나 영국의 BS Code를 준용하여 사용하는 것도 유용하다.

2.2.1 ACI 및 BS 기준에 의한 존치기간

① ACI 347R Guide to Formwork for Concrete (3.7 Removal of forms and supports)

[표 2.9] ACI 수평재 존치기준

부위	최소존치기간	비고
Pan Joist 거푸집	폭76cm이하	3일
	폭76cm초과	4일
보 밀	하중조건	설계 적재하중이 고정하중보다 적을 경우
	설계 적재하중이 고정하중보다 클 경우	설계 적재하중이 고정하중보다 클 경우
	Clear Span이 3m이하	7일(3.5일)
	Clear Span이 3m초과 6m이하	14일(7일)
아치중장부	14일	7일
슬래브 밀	Clear Span이 3m이하	4일(3일)
	Clear Span이 3m초과 6m이하	7일(3.5일)
	Clear Span이 6m초과	10일(5일)
	Two-way 슬래브	전문참조

② BS 8010에 따른 규정

[표 2.10] BS 수평재 존치기준 (보통, 혹은 내황산염 포틀랜드 시멘트)

부위	콘크리트 표면온도			비고
	16°C 이상	7°C 이상	t=온도 (0~25°C)	
보 밀	거푸집	10일	$\frac{250}{t+10}$ (hr)	● 콘크리트 압축 강도가 102 kgf/cm ² (10N/mm ²) 이상이거나 허용휨발생시 최대응력의 2배 이상의 콘크리트 강도 중 큰 값이 상일 때 해제가능
	동바리	14일	$\frac{360}{t+10}$ (hr)	
슬래브 밀	거푸집	4일	$\frac{100}{t+10}$ (hr)	
	동바리	10일	$\frac{250}{t+10}$ (hr)	

※ 만약 콘크리트 표면온도를 구하지 못하는 상황일 경우 주변대기 온도를 이용 할 수 있다.

3. 결론

3.1 공시체 시험을 할 경우

공시체를 표준양생이 아닌 현장과 유사 조건 양생(현장 기건양생)으로 하여 공시체 시험을 한다. 이러한 압축강도 값으로부터 거푸집의 탈형시기를 조절한다.

3.2 공시체 시험을 할 수 없을 경우

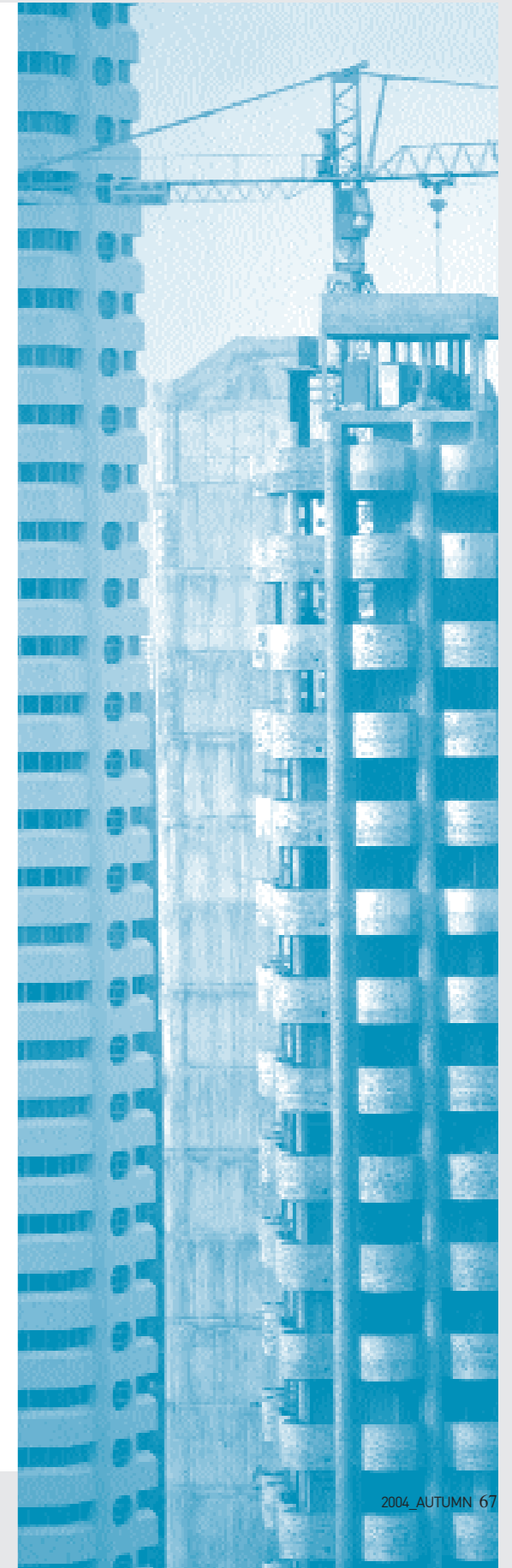
① 수직재

재령에 따른 압축강도의 발현 값(1일 강도 : 현 시방서의 조건과는 배치됨.)으로 탈형 하거나 ACI, BS규정을 준용한다. 그러나 12시간의 존치기간은 10°C이상의 적산온도의 합산 이므로, 여름을 제외한 다른 시기는 1일 내지 2일 정도의 존치기간이 필요하다.

② 수평재

재령에 따른 압축강도의 값과 ACI, BS규정을 준용한다.

3) PKVMAR MEITTA 외 1인, Concrete Structure, Properties and materials, Prentice - Hall, 1986



첨부

1. 콘크리트 표준 시방서(1999년 개정판)
2. 건축공사 표준 시방서(1999년 개정판)
3. 주택공사 표준 시방서(2000년 개정판)

참고 자료 1. 콘크리트 표준 시방서(1999년도)

3.6 거푸집 및 동바리(받침기둥) 떼어내기

3.6.1 거푸집 및 동바리 떼어내기

(1) 거푸집 및 동바리는 콘크리트가 자중 및 시공중에 가해지는 하중에 충분히 견딜만한 강도를 가질 때까지 떼어내서는 안된다. 그러나 고정보, 라멘, 아치 등에서는 콘크리트의 크리프의 영향을 이용하면 구조물에 균열이 발생하는 것을 적게 할 수 있으므로 구조물의 콘크리트가 자중 및 시공하중을 지탱하기에 충분한 강도에 도달했을 때 될 수 있는 한 빨리 거푸집 및 동바리를 제거하도록 한다.

(2) 거푸집 및 동바리의 떼어내기 시기 및 순서는 시멘트의 성질, 콘크리트의 배합, 구조물의 종류와 중요도, 부재의 종류 및 크기, 부재가 받는 하중 콘크리트 내부의 온도와 표면온도의 차이 등의 요인에 따라 다르므로 거푸집 및 동바리의 해체 시기는 이들을 고려하여 정해져 사전에 책임감리원의 승인을 받아야 한다.

(3) 일반적으로 콘크리트를 지탱하지 않는 부위, 즉 보엿, 기둥 벽등의 축벽의 경우 10℃ 이상의 온도에서 24시간 이상 양생한 후에 콘크리트 압축강도가 50kgf/cm² 이상 도달한 경우 거푸집을 해체할 수 있다. (표 5.1 참조). 다만, 거푸집을 뜬 시점에서의 평균 기온이 10℃ 이상인 경우는 콘크리트 재령이 표 5.2 에 주어진 재령이상 경과하면 압축강도시험을 하지 않고도 해체할 수 있다.

(4) 슬래브 및 보의 밑면, 아치 내면의 거푸집을 뜬 시점은 콘크리트의 압축강도(f_{cu}) 시험에 의하여 설계기준강도(f_{ck})의 2/3 이상 값에 도달한 것이 확인되면 해체가 가능하다. (표 5.1 참조), 다만 140 kgf/cm² 이상이어야 한다.

(5) 보, 슬래브(slab) 및 아치(arch) 밑의 거푸집을 뜬 시점은 원칙적으로 동바리를 해체한 후에 떼어낸다. 그러나 충분한 양의 동바리를 현상상태로 유지하도록 설계 시공된 경우 콘크리트를 10℃ 이상 온도에서 4일 이상 양생한 후 사전에 책임감리원의 승인을

받아 떼어낼 수 있다.

(6) 동바리 해체 후 해당 부재에 가해지는 하중이 구조계산서에서 제시한 그 부재의 설계하중을 상회하는 경우에는 전술한 존치기간에 관계없이 구조계산에 의하여 충분히 안전한 것을 확인한 후에 해체한다.

〈표 5.1〉 콘크리트의 압축강도를 시험할 경우

부재	콘크리트 압축강도(f _{cu})
확대기초, 보엿, 기둥, 벽 등의 축벽	50 kgf/cm ² 이상
슬래브 및 보의 밑면, 아치 내면	설계기준강도×2/3 (f _{cu} ≥2/3f _{ck}) 다만, 140 kgf/cm ² 이상

〈표 5.2〉 콘크리트의 압축강도를 시험하지 않을 경우

시멘트의 종류	조강포틀랜드시멘트		
	보통포틀랜드시멘트 고로슬래그시멘트 포틀랜드포졸란시멘트(A중) 플라이애시시멘트(A중)	고로슬래그시멘트(특급) 포틀랜드포졸란 시멘트(B중)	플라이애시시멘트(B중)
평균기온			
20℃이상	2일	4일	5일
20℃미만~10℃이상	3일	6일	8일

기초, 보엿, 기둥 및 벽의 축벽

3.6.2 거푸집 및 동바리를 떼어낸 직후의 재하

(1) 거푸집 및 동바리를 떼어낸 직후의 구조물에 재하할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 해야 한다.

(2) 동바리를 떼어낸 후에도 재하가 있을 경우 적절한 동바리를 재설치하여야 하며, 시공중의 고층건물의 경우 최소 3개층에 걸쳐 동바리를 설치하고 콘크리트 작업에 의한 하중 등을 재해해야 한다.

참고자료 2. 건축공사 표준시방서(1999년 개정판)

3.5 거푸집의 존치기간

가. 기초, 보엿, 기둥 및 벽의 거푸집판재 존치기간은 콘크리트의 압축강도 50kgf/cm² 이상에 도달한 것이 확인될 때까지로 한다. 다만, 거푸집판재 존치기간 중의 평균기온이 10℃ 이상인 경우는 콘크리트의 재령이 (표 05015.2)에 나타난 일수 이상 경과하면 압축강도 시험을 하지 않고도 떼어낼 수 있다.

〈표 05015.2〉

기초, 보엿, 기둥 및 벽의 거푸집을 뜬 시점을 정하기 위한 콘크리트의 재령(일)

시멘트의 종류	조강포틀랜드시멘트		
	보통포틀랜드시멘트 고로슬래그시멘트 포틀랜드포졸란시멘트(A중) 플라이애시시멘트(A중)	고로슬래그시멘트(특급) 포틀랜드포졸란 시멘트(B중)	플라이애시시멘트(B중)
평균기온			
20℃이상	2일	4일	5일
20℃미만~10℃이상	3일	6일	8일

나. 바닥슬래브밑, 지붕슬래브밑 및 보밑의 거푸집판재는 원칙적으로 받침기둥을 해체한 후에 떼어낸다.

다. 받침기둥의 존치기간은 슬래브밑, 보밑 모두 설계기준강도의 100% 이상 콘크리트 압축강도가 얻어진 것이 확인될 때까지로 한다.

라. 받침기둥 해체후 해당 부재에 가해지는 하중이 구조계산서에 있는 부재의 설계하중을 상회하는 경우에는 전술한 존치기간에 관계없이 계산에 의하여 충분히 안전한 것을 확인한 후에 해체한다.

마. 위 '다'항보다 먼저 받침기둥을 해체할 경우는 대상으로 하는 부재가 해체 직후, 그 부재에 가해지는 하중을 안전하게 지지할 수 있는 강도를 적절한 계산방법에 따라 구하고, 그 압축강도가 실제의 콘크리트 압축강도보다 상회하는지 확인하여야만 한다. 다만, 해체가능한 압축강도는 이 계산결과에 관계없이 최저 120kgf/cm² 이상이어야 한다.

바. 캔틸레버 보 또는 차양의 받침기둥 존치기간은 위의 '다, 라'항에 따른다.

참고자료 3. 주택공사 표준 시방서(2000년 개정판)

3.6 거푸집 해체

3.6.1 거푸집 및 동바리 존치기간

가. 거푸집 존치기간
거푸집 존치기간은 “20210 콘크리트”의 콘크리트 압축강도시험에 따라 아래의 압축강도 이상에 도달한 것이 확인될 때까지로 한다.

부위	기초, 기둥, 보엿, 벽체	슬래브, 보하부
콘크리트 압축강도	50 kg f /cm ²	설계강도×2/3 다만, 140kgf/cm ² 이상

다만, 평균기온 10℃ 이상인 경우는 압축강도시험을 하지 않아도 아래 존치기간이 경과 하면 해체할 수 있다.

존치기간	부 위	기초, 기둥, 보엿, 벽체	슬래브, 보하부
	평균기온 20℃ 이상일때		4 일
평균기온 10℃ 이상, 20℃ 미만일 때		6 일	9 일

나. 동바리 존치기간

1) 슬래브 및 보의 동바리 존치기간은 콘크리트 압축강도가 설계 기준강도의 100% 이상 구현된 것이 확인될 때까지로 한다. 다만, 설계기준강도의 100% 도달 이전 에 동바리를 해체할 경우에는 “그림 5”와 같이 콘크리트 타설층 하부 2개층까지 동바리를 존치시켜야 하며, 이때 중간보조판(Filler) 부위 거푸집은 동바리를 바꾸어 세움 없이 28일 동안 존치시켜야 한다. 단, 캔틸레버보, 차양, 지하주차장의 동바리는 위의 단서조항에 불구하고 해당 부위의 콘크리트 압축강도가 설계기준강도의 100% 이상 구현된 것이 확인될 때까지 해체할 수 없다.

2) 동바리 존치기간 경과 후에도 해당 부재에 가해지는 하중이 구조계산서에 있는 그 부재의 설계하중을 상회하는 경우에는 동바리 존치기간기준에 관계없이 계산 에 의하여 구조안전을 확인한 후 동바리를 해체한다.

3.6.2 동바리 바꾸어 세우기

가. “거푸집 및 동바리 존치기간”의 기준에 따라 동바리 바꾸어 세우기가 가능한 경우 동바리를 바꾸어 세울 수 있다.

나. 바로 위층에 현저히 큰 적재하중이 있는 경우는 동바리 바꾸어 세우기를 하면 안된다.

다. 동바리 바꾸어 세우기는 양생 중인 콘크리트에 진동 및 충격 을 주지 않도록 하면서 신속하게 시행하되, 한 부분씩 순차적으로 바꾸어 세운다.

라. 라멘조에서 큰보의 동바리 바꾸어 세우기는 하면 안된다.

마. 동바리 상부에는 30cm 각 이상 크기의 두꺼운 머리받침판을 둔다.

3.6.3 해체

가. 돌출된 구조물의 동바리는 시공 중의 충격 등을 감안하여 필요개소에 지속적으로 존치시킨다.

나. 거푸집의 해체는 반드시 거푸집 존치기간 및 압축강도를 확인한 후에 시행하되 구조체에 충격을 주지 않도록 한다.

다. 해체완료 즉시 콘크리트면의 검사를 시행하여야 하며 이상이 발견되었을 때에는 즉 새 필요한 조치를 취한 후에 후속공사를 진행해야 한다.

그림 5. 동바리 존치 상태

