

고강도 혼합재(Ω2000) 기술자료

Ω2000 TECHNICAL INFORMATION



고강도 혼합재 (Ω2000)

목 차

1. 제품소개	-----	(1)
2. 제품의 특징	-----	(2)
3. Ω2000 적용사례	-----	(2)
4. Ω2000 사용시 강도 발현 Mechanism	-----	(3)
5. Ω2000을 사용한 PHC Pile	-----	(5)
6. Ω2000을 사용한 고강도 콘크리트(압축강도 600kgf/cm ² 이상)	-----	(9)
7. Ω2000을 사용한 도로교 RPF공법 적용 콘크리트	-----	(17)
8. 주의사항	-----	(19)

제 품 소 개

한일 Ω2000은 국내에서 최초로 개발된 **상압 증기양생용 제품 및 고강도 콘크리트용 혼합재**로써 무기질 재료를 주성분으로 하여 시멘트계 재료와 친화성이 좋으며 콘크리트의 고강도 발현 뿐만 아니라 내구성증가에도 탁월한 효과를 보이는 제품으로 보통강도 콘크리트중에 내구성을 요구하는 구조물의 설계시에도 반영될 수 있는 혼합재입니다.

Ω2000을 사용한 콘크리트는 타 혼합재에 비해 적은 양의 고성능 감수제를 사용하고도 고유동성을 확보할 수 있어 경제적인 콘크리트 배합설계가 가능하며, 고강도, 고내구성 및 고유동성을 충족하는 고성능 콘크리트를 제조할 수 있으므로 초고층빌딩의 건축공사 현장 및 토목공사 현장 등 광범위한 분야에서 사용이 가능합니다.

Ω2000을 사용한 상압 증기양생용 제품 및 콘크리트의 제품특성, 시공시의 주의 사항 등을 기술하여 배합설계 및 시공시에 참조토록 하였습니다.

한일 Ω2000이란 ?

시멘트량의 10~30%를 치환 첨가하여도 표준양생 및 상압 증기양생만으로 고강도 콘크리트를 제조할 수 있는 혼합재로서, 대한민국 특허(등록 제235385호, 1999년 09월 22일)로 등록 출원된 제품입니다.

<특허명: 증기양생용 시멘트의 고강도 혼합재 조성물>

한일 Ω2000의 수화특성

- ① C-S-H계의 결합력 증대
- ② Ettringite($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)의 생성

에 의해 수화가 활성화되며, 이 결과, 조직이 치밀해져 고강도가 발현되며 내구성이 향상됩니다.

제품의 특징

1. 단기간에 초고강도 콘크리트 제조 가능

- 표준양생 고강도 콘크리트(40MPa이상) 제조가 가능합니다.
- PHC 파일 제조시 상압 증기양생을 통하여 7일에 80MPa 이상의 강도 발현이 가능합니다.

2. 내구성 향상

- 동결융해 저항성의 향상이 큼니다.
- 풍화에 대한 저항성이 우수합니다.
- 화학적 저항성이 큼니다.
- 해수저항성이 큼니다.

3. 안정된 품질 및 탄력있는 제품관리

- 최신시설에서 제조하여 품질이 균일하고, 사용자의 요구에 따라 제품설계 변경이 용이하며, 신속대응 가능합니다.

4. 원가절감 (PHC)

- PHC파일 제조 시 Autoclave 양생을 위한 시설투자가 불필요합니다.

5. 특허등록된 제품

- 특허명: "증기양생용 시멘트의 고강도 혼합재 조성물"
(특허등록 NO: 제235385호, 1999.09.22)

Ω2000 적용사례

현재 Ω2000을 사용하여 적용되는 제품의 예

1. 고강도 콘크리트 파일 (PHC = Pretensioned spun High strength concrete pile)
2. 흡관(추진관)
3. 교량 PC Beam (RPF = Represtressed Preflex)
4. 특수 모르타르 제조용 혼합재 (그라우트 등)
5. 일반 및 고강도 콘크리트 제품 등

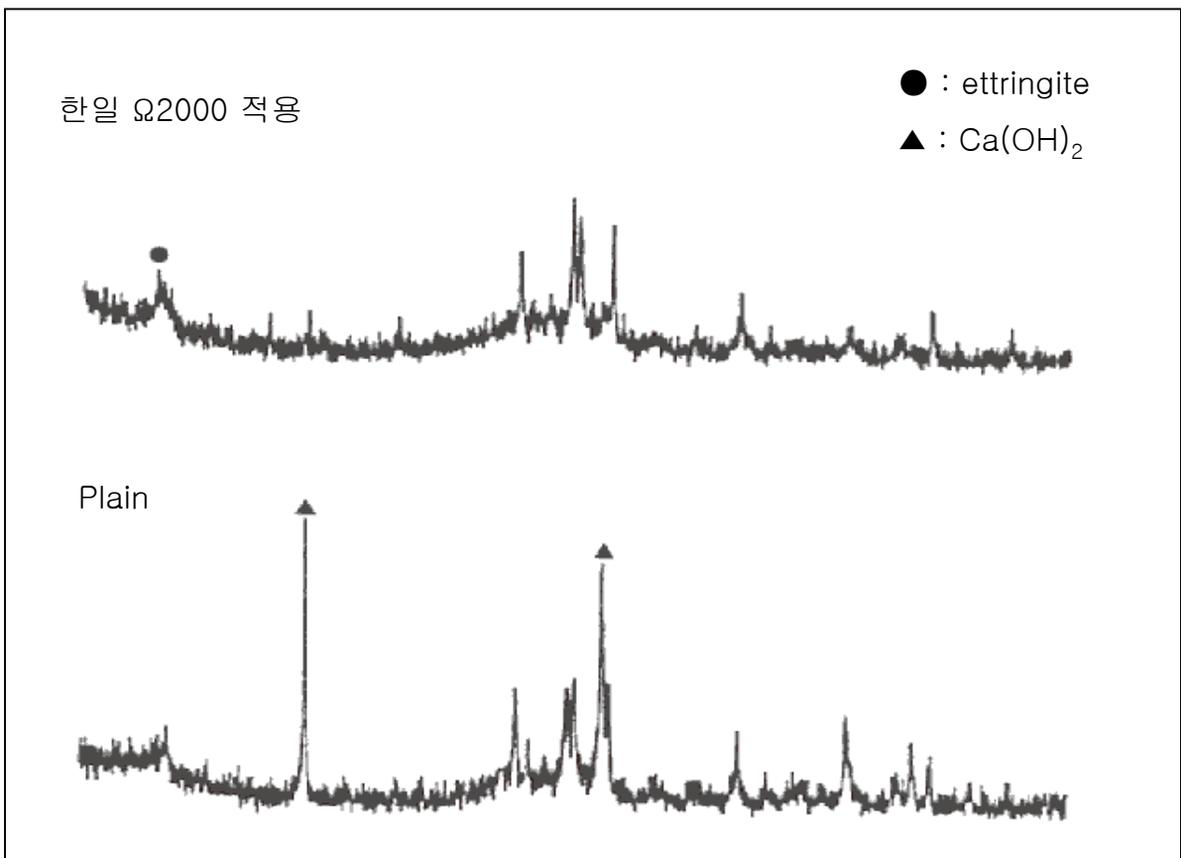
Ω2000 사용시 강도 발현 Mechanism

1. C-S-H(CaO-SiO₂-H₂O)계의 증대에 의한 고강도 발현

시멘트 수화시 생성되는 Ca(OH)₂가 Ω2000과 반응하여 C-S-H를 생성하므로써 조직의 결합력이 증대되어 고강도를 발현합니다.

2. Ettringite(3CaO·Al₂O₃·3CaSO₄·32H₂O)의 생성

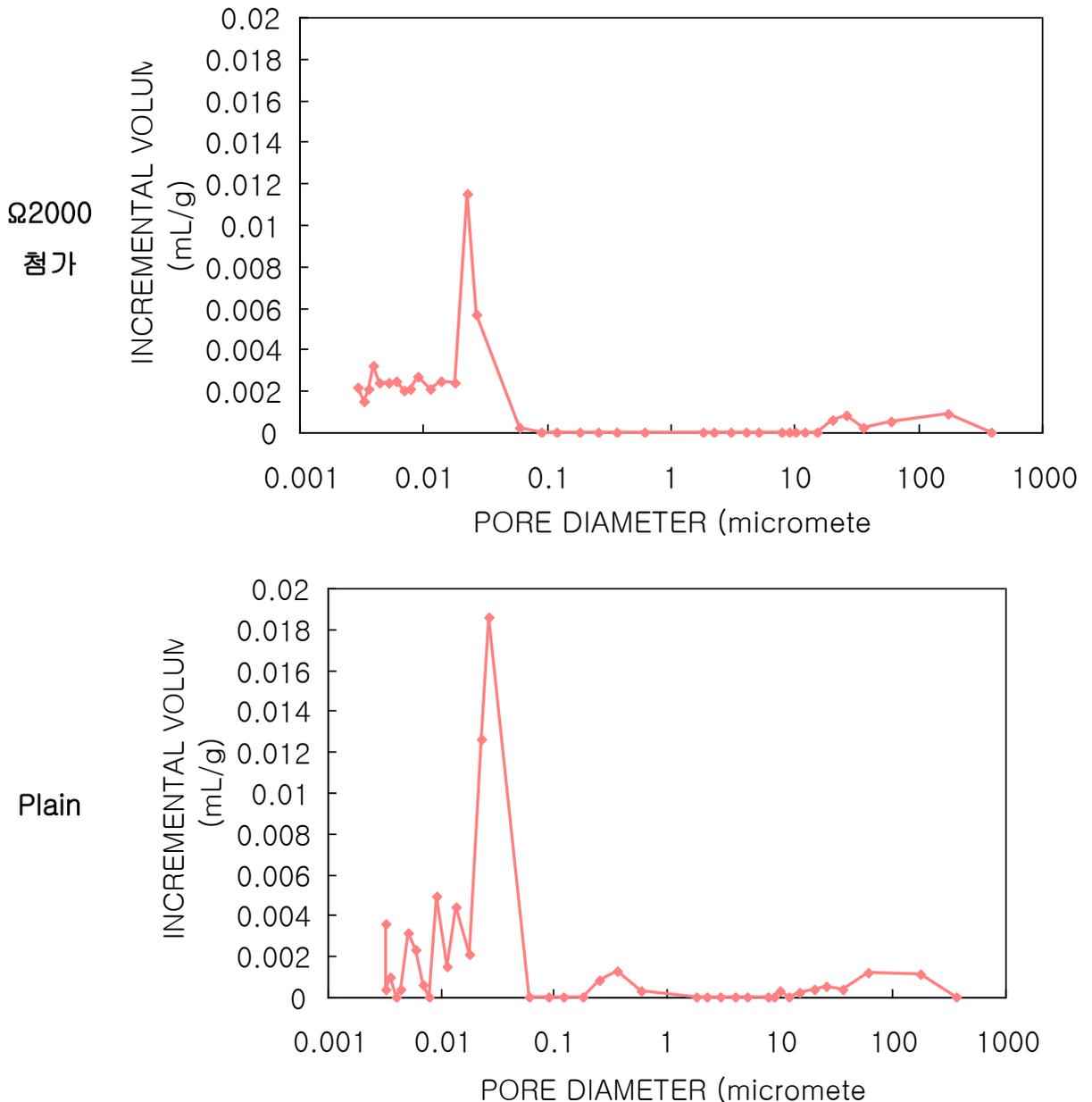
Ω2000을 혼합재로 사용하므로써 Ettringite의 생성이 증가되며, 이것이 시멘트 페이스트와 골재사이의 공극을 충전하여 콘크리트 조직을 치밀화시켜 고강도를 발현합니다.



[그림] 한일 Ω2000 적용시 경화체의 XRD 비교

3. 기공율 측정

Ω2000의 첨가로 인한 경화체의 기공율 변화를 아래 그림에 나타내었습니다. Ω2000첨가에 의해 내구성의 약화를 초래하는 거대기공(10 μm 이상)의 분포가 감소되고 있으며 조직의 치밀화, 내구성 향상과 관련 있는 미세기공(0.01 μm 이하)의 세공분포가 증가되므로 치밀한 미세조직을 형성합니다.



[그림] Ω2000 적용시 경화체의 기공율 비교

Ω2000을 사용한 PHC PILE

1. 고내구성 발현기구

1) 조직의 치밀화에 의한 내구성 증가

- C-S-H 및 Ettringite($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)의 생성이 증대됩니다.

2) C-S-H계의 수화물 생성량 증대에 의한 결합력 향상으로 내구성 증가

- Ω2000 첨가에 의해 C-S-H계 수화물이 증대됩니다.

2. 물리적 특성

1) 균열 휨 모멘트와 파괴 휨 모멘트의 비교

KS F 4306에 따르면 Φ400mm A종의 균열 휨 모멘트와 파괴 휨 모멘트는 아래와 같습니다.

기 준	균열 휨 모멘트	파괴 휨 모멘트
KS F 4306	5.5 tf·m	8.3 tf·m

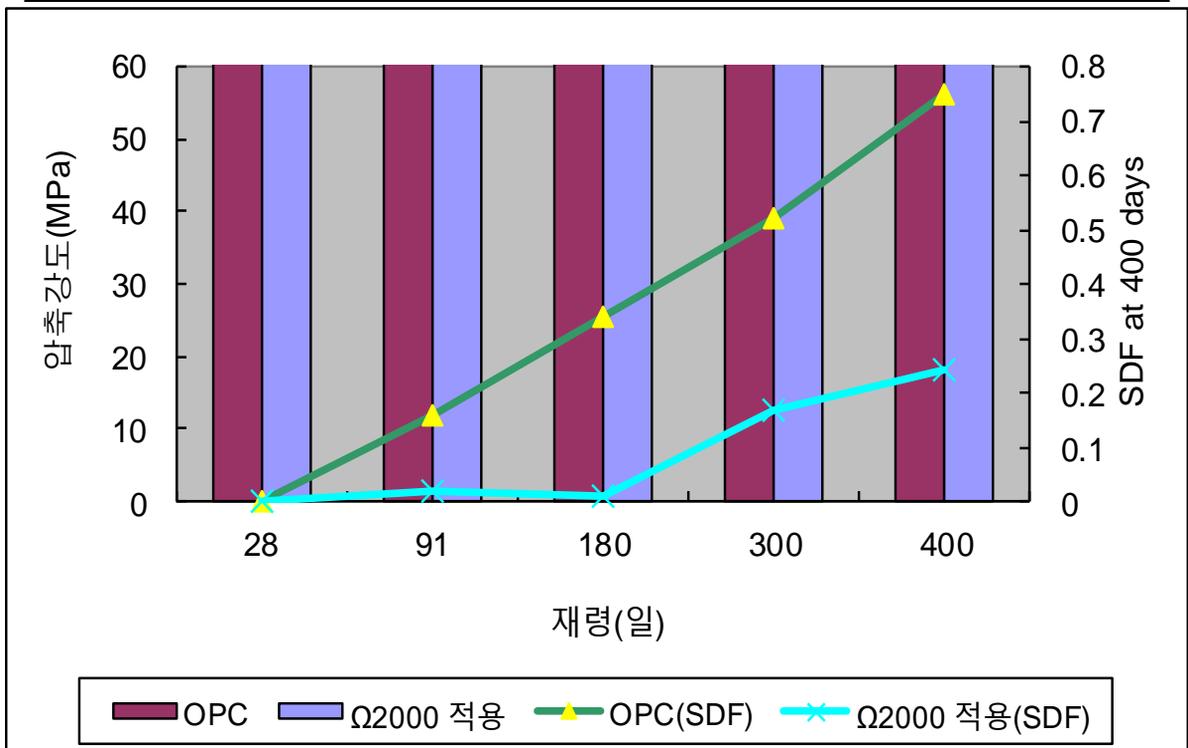
같은 조건에서 Ω2000을 사용했을 경우 KS에 비해 150~200%의 균열 및 파괴 휨 모멘트를 얻을 수 있습니다.

2) 황산염에 대한 저항성

공장폐수, 지하수, 산성토양 및 화산지대 등에는 황산염이 포함되어 있는 경우가 많습니다. 이 황산이온이 콘크리트 구조물에 접할 경우 시멘트 경화체 내부로 침투하여 $Ca(OH)_2$ 와 반응, 1차적으로 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 를 생성하여 콘크리트 표면을 연화시키고 2차적으로 에트린자이트(ettringite)가 생성되어 콘크리트의 팽창균열 및 조직붕괴를 유발하게 됩니다. 이에 따라 콘크리트의 강도저하 현상 및 체적변화에 의한 팽창이 발생하여 콘크리트의 품질이 크게 떨어집니다.

반면, 아래 그림(Ω2000 적용시 황산염 성능저하 지수)에서 보듯이 Ω2000을 첨가한 콘크리트는 시멘트 강도발현의 주요인자인 C-S-H 수화물 조직이 치밀화 되고, 초미립자에 의한 충전성, 수화활성 촉진 등에 의해 경화체내의 공극 감소로 조직이 치밀해져 황산염에 대한 저항성이 향상됩니다.

구분 재령(일)	압축강도 (MPa)				비 고
	OPC		Ω2000 첨가		
	수 중	Na2SO4 (5%용액)	수 중	Na2SO4 (5%용액)	
28	24.0	24.0	25.1	25.1	
91	46.2	39.0	48.1	47.0	
180	47.5	31.5	48.0	47.7	
300	47.7	22.7	49.8	41.5	
400	49.2	12.4	50.4	38.5	

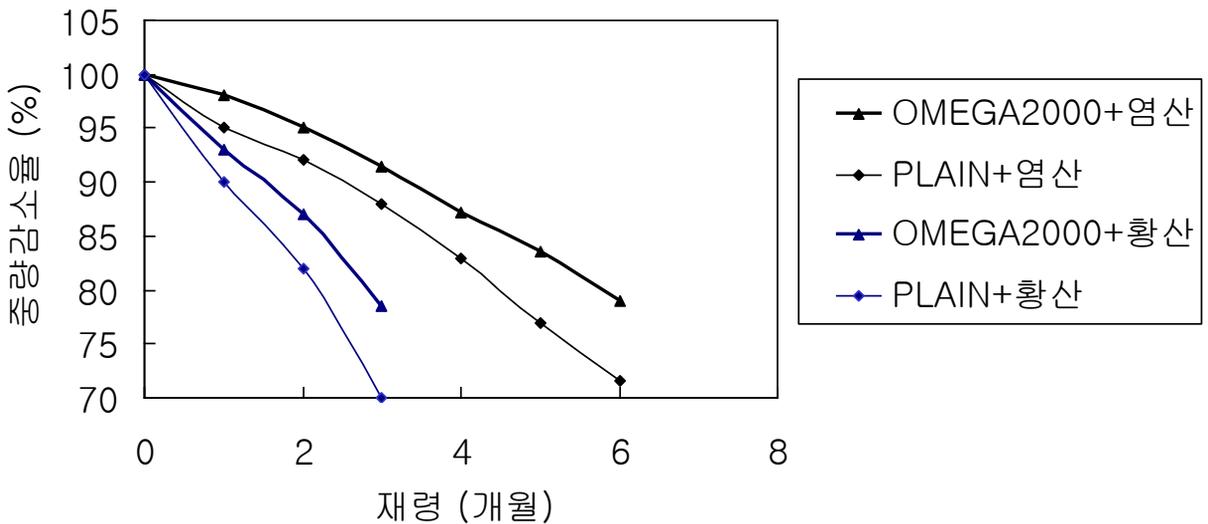


[그림] 한일 Ω2000 적용시 황산염 성능저하 지수(5%-Na₂SO₄ 용액 400일 침지)
 주) SDF(Sulfate deterioration factor : 황산염 성능저하 지수)

3) 내산성

일반적으로 시멘트의 수화물인 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, C-S-H, Ettringite, monosulfate 등이 산과 접촉하면 수화물이 용출되거나 겔상태로 변화하여 경화체는 다공화 되고 이로 인하여 콘크리트의 제반물성이 저하됩니다.

반면 Ω2000을 첨가한 콘크리트는 시멘트 강도발현의 주요인자인 C-S-H 수화물의 조직이 치밀화 되고, 초미립자에 의한 충전성, 수화 활성 촉진 등에 의해 경화체내의 공극 감소로 조직이 치밀해져 산이온의 이동이 어렵기 때문에 산에 대한 저항성이 향상됩니다.



[그림] 한일 Ω2000 적용시 재령별 중량감소율 비교

주) 사용 시약의 농도(%): 염산5%, 황산5% 용액 사용



PLAIN

Ω2000 적용시

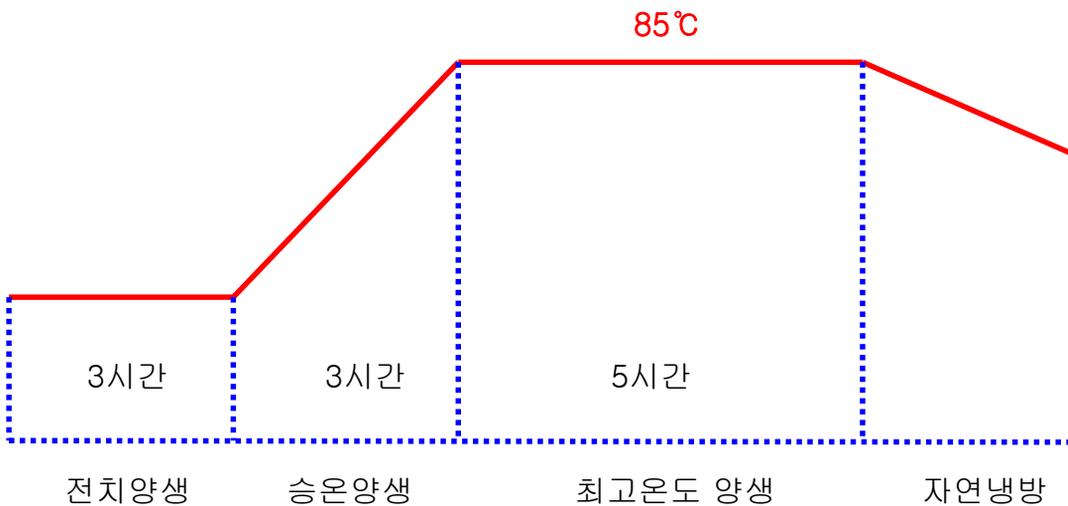
[그림] Ω2000 적용시 내산성 비교 (5% H_2SO_4 1개월 경과)

3. 성형조건 및 양생방법 (예)

1) 원심성형 조건

구 분	저 속	중 속	중고속	고 속
원심력(g)	3.6	7.5	16.5	37.8
시간(분)	3	1	1	5

2) 양생방법



[그림] 한일 Ω2000 적용시 시간별 양생조건

4. Ω2000을 사용한 PHC 파일의 생산배합 (예)

Gmax (mm)	Slump (cm)	W/B (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m³)					압축강도 (Mpa)		
				시멘트	Ω2000	S	G	SP	1일	3일	7일
20	4	23.5	33.0	432	108	582	1,227	9.18	76.6	81.0	87.0

주) - B : Binder (시멘트 + Ω2000)

- PHC 제조 원재료에 따라 배합이 변경될 수 있습니다.

Ω2000을 사용한 고강도 콘크리트

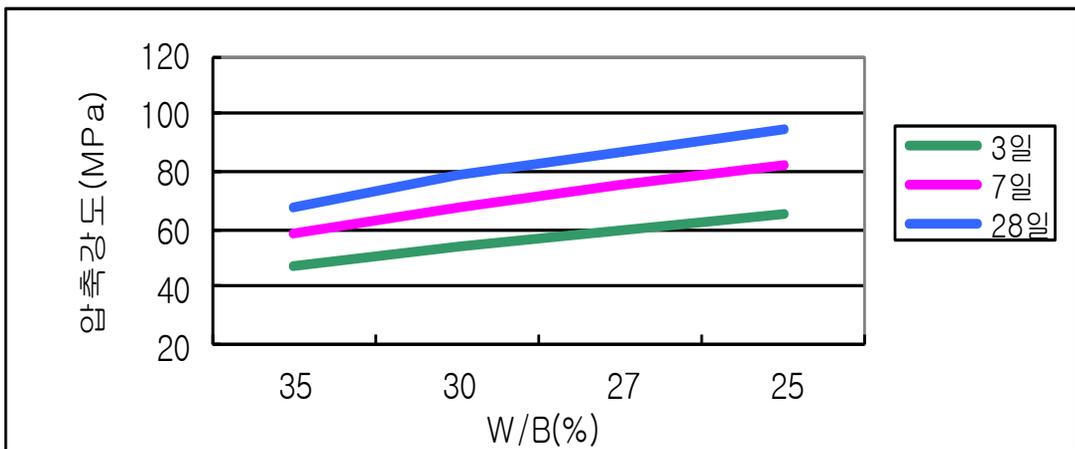
(압축강도 600MPa)

1. 배합 특성

1) W/B에 따른 고강도 콘크리트 배합설계 (예)

W/B (%)	S/a (%)	W	C	F/A	Ω2000	압축강도 (Mpa)			비 고
						3일	7일	28일	
35	40	185	423	-	106	49.3	53.9	60.5	
30	38	185	463	-	154	54.0	64.0	80.5	
27	35	168	428	50	142	58.6	68.0	86.0	
25	33	160	430	50	160	63.0	78.0	91.0	

주) Slump flow 60±5%

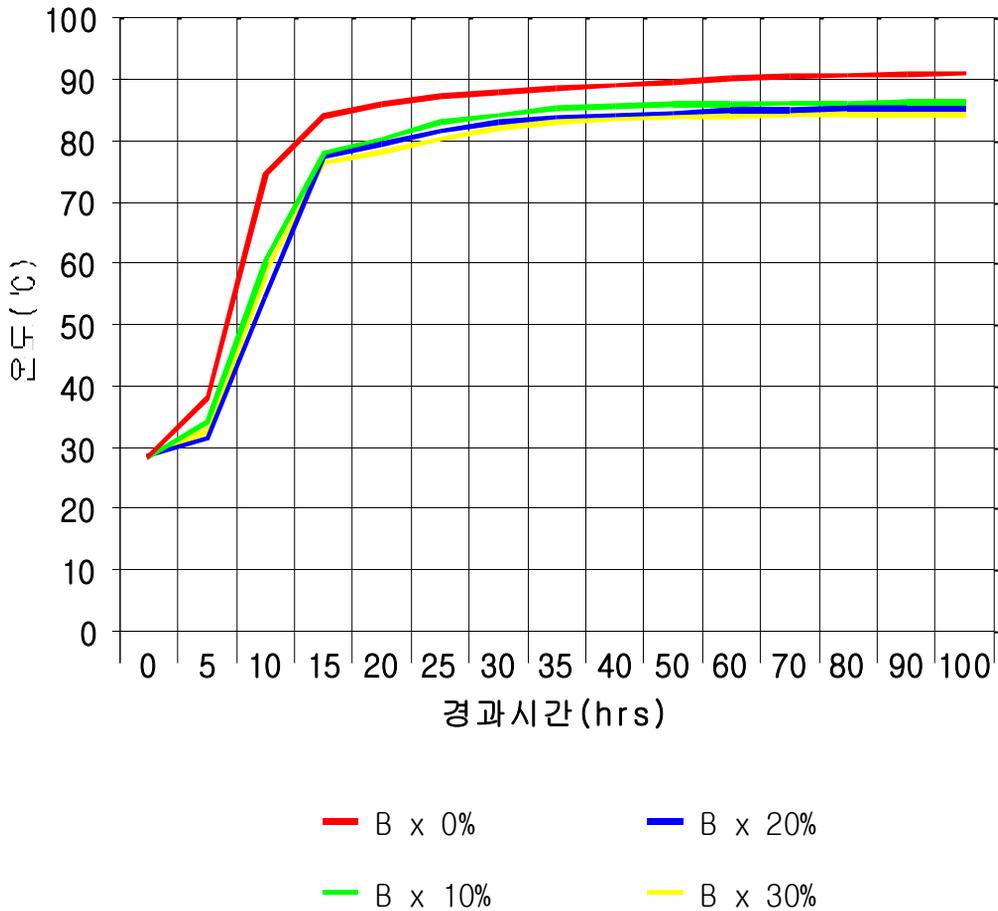


[그림] 시멘트 물비에 따른 Ω2000 첨가 콘크리트의 압축강도 발현

2) 단열온도 상승

콘크리트는 시멘트의 수화열에 의해 콘크리트의 온도가 상승하게 되고, 콘크리트의 내구성에 영향을 미치는 온도균열은 부재 내부의 온도분포가 불균일한 경우와 온도 상승과 하강에 동반해서 발생하는 체적 변화시에 발행합니다.

그림에서와 같이 $\Omega 2000$ 을 사용한 콘크리트 단열온도 상승은 오히려 저감되어 콘크리트의 내구성에 유리합니다.



[그림] $\Omega 2000$ 첨가량에 따른 콘크리트 단열온도 상승

3) 길이변화율 (%)

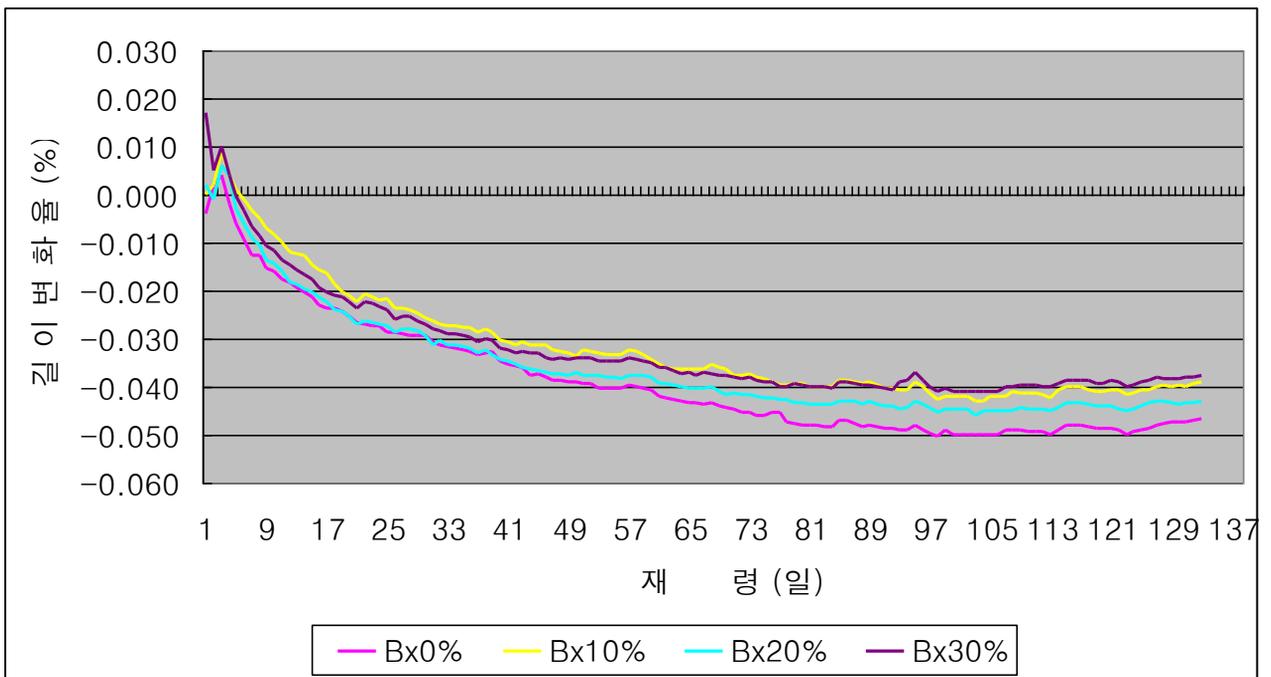
모르타르, 콘크리트 등은 건조함에 따라서 수축합니다.

건조수축은 시멘트, 골재의 성질, 콘크리트의 배합 및 양생조건, 공시체의 크기 등에 따라 크게 변화하며 콘크리트 부재에 있어서 균열발생의 원인이 되고 내구성에도 나쁜 영향을 미치게 됩니다. 이와 같이 콘크리트의 건조수축은 역학적 특성 중에서도 중요합니다.

아래 그림에서 보듯이 한일 Ω2000을 적용시 건조수축(길이변화율)이 줄어듭니다.

■ 단위수량 = 185kg/m ³ ■ W/B = 30% ■ S/a = 38.0% ■ Ω2000 첨가	Ω2000 (B×%)	고성능 감수제 (B×%)	길이변화율 (%)						
			수중양생		대기양생				
			3일	7일	7일	1개월	2개월	3개월	4개월
0	1.40		-0.004	0.004	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05
10	1.15		0	0.009	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04
20	1.10		0.002	0.006	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04
30	1.10		0.017	0.010	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04

배합 => 성형 => 대기양생(24시간) => 수중양생(7일) => 대기양생(6개월)



[그림] Ω2000 첨가량에 따른 재령별 길이변화율

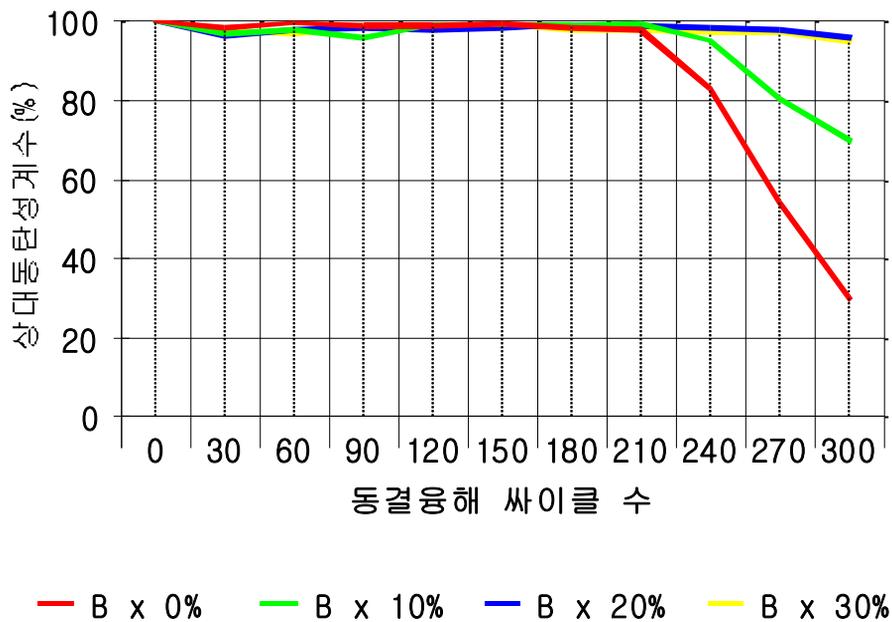
4) 동결융해 저항성

콘크리트 구조물은 심한 기상 작용하에서, 특히 저온 한랭지에 있어서는 겨울에 콘크리트중의 수분이 동결함에 의하여 약 9%의 체적팽창이 생겨 공극안의 부피 팽창압력이 발생하고 일정 압력 이상이 되면 콘크리트에 미소균열이 발생하여 강도저하는 물론 심할 경우에는 표면에 박리현상이 발생합니다.

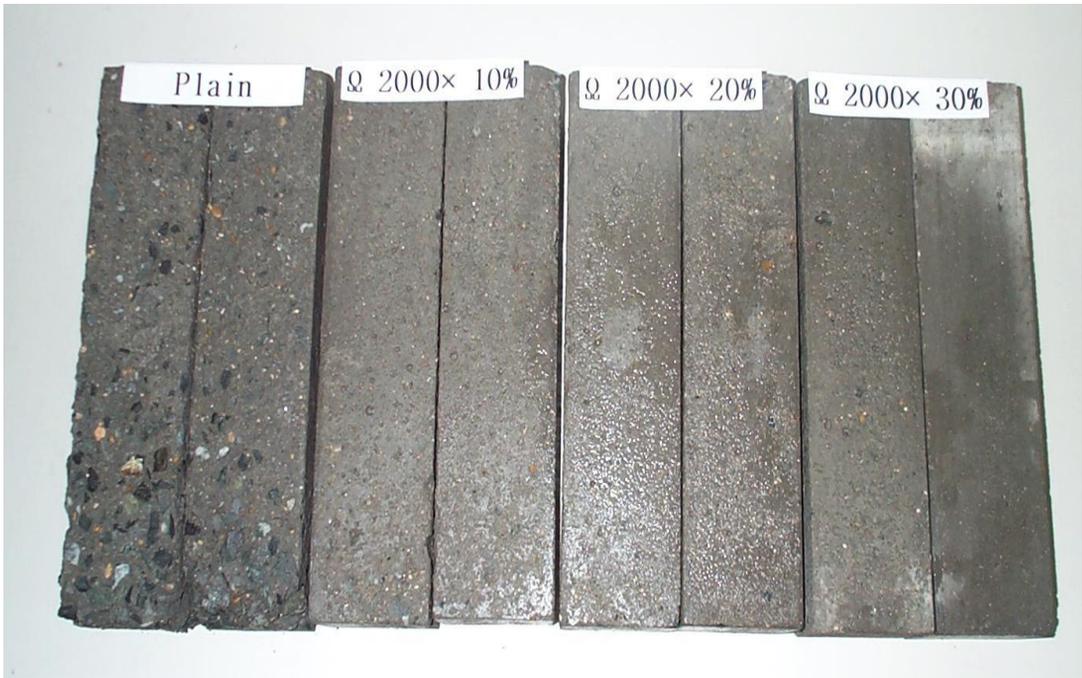
Ω2000을 첨가한 콘크리트는 시멘트 강도발현의 주요인자인 C-S-H 수화물의 조직이 치밀화 되고, 초미립자에 의한 충전성, 수화활성 촉진 등에 의해 경화체내의 공극 감소로 조직이 치밀해져 동결융해 저항성이 향상됩니다

■ 단위수량 = 185kg/m ³ ■ W/B = 30% ■ S/a = 38.0% ■ Ω2000 첨가	Ω2000 (B×%)	상대동탄성 계수 (%)											
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	D.F
	0	100	99.6	99.2	99.0	98.7	98.4	98.3	97.7	82.8	54.2	30.0	48.8
	10	100	99.4	99.1	99.1	99.1	97.9	96.7	96.0	95.1	80.6	70.0	72.6
	20	100	99.1	98.7	98.3	98.2	98.0	97.9	97.9	96.4	96.0	91.5	88.2
	30	100	99.1	99.1	98.8	98.0	97.6	97.6	97.2	97.0	96.2	95.0	87.5

배합 => 성형 => 대기양생(24시간) => 수중양생(7일) => 대기양생(6개월)

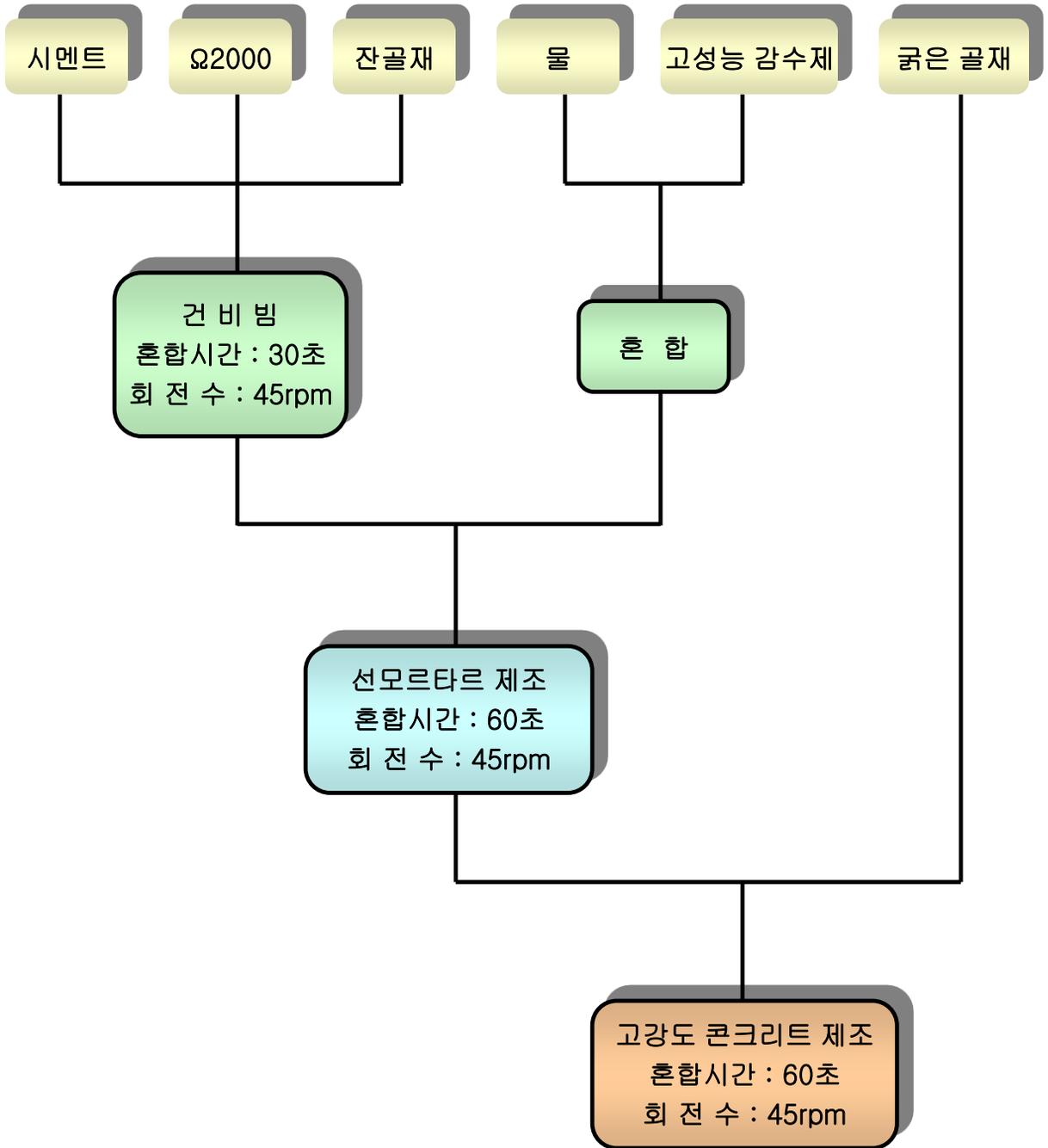


[그림] Ω2000 첨가량에 따른 상대동탄성 계수



[그림] 동결융해 공시체 시편상태 (300 싸이클 완료시)

2. 고강도 콘크리트 제조방법



3. Ω2000을 사용한 고강도 콘크리트 생산배합 (예)

※ 양생방법 : 표준양생

1) 규격 : 20 - 600 - 18 (A공장)

W/B (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m ³)						압축강도 (MPa)		
		물	시멘트	Ω2000	S	G	AD	3일	7일	28일
30.8	38.0	185	480	120	578	961	9.0	36.5	48.7	72.1

2) 규격 : 25 - 600 - 12 (B공장)

W/B (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m ³)						압축강도 (MPa)		
		물	시멘트	Ω2000	S	G	AD	3일	7일	28일
29.4	38.0	185	480	150	576	996	7.56	37.1	50.3	73.5

3) 규격 : 20 - 500 - 08 (C공장)

W/B (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m ³)						압축강도 (MPa)		
		물	시멘트	Ω2000	S	G	AD	3일	7일	28일
34.0	37.7	185	435	109	578	955	6.0	35.4	44.0	57.0

[제조공정 기술] -- 선모르타르방식

- ① 시멘트, 잔골재, Ω2000, 반죽수 70%, 사용 혼화제 30%를 1차 혼합
- ② 반죽수 30%, 혼화제 70% 2차 혼합
- ③ 굵은골재 투입하여 3차 혼합

4. Silica fume과 Ω2000 비교시험

※ Silica fume과 Ω2000 배합비 및 시험결과

구 분	W/B (%)	S/a (%)	W	C	F/A	Silica fume	Ω2000	S	G	AD	비고
Silica fume	27	40	168	520	50	50	-	603	940	14.26	
Ω2000	27	35	168	428	50	-	50	530	1024	13.02	

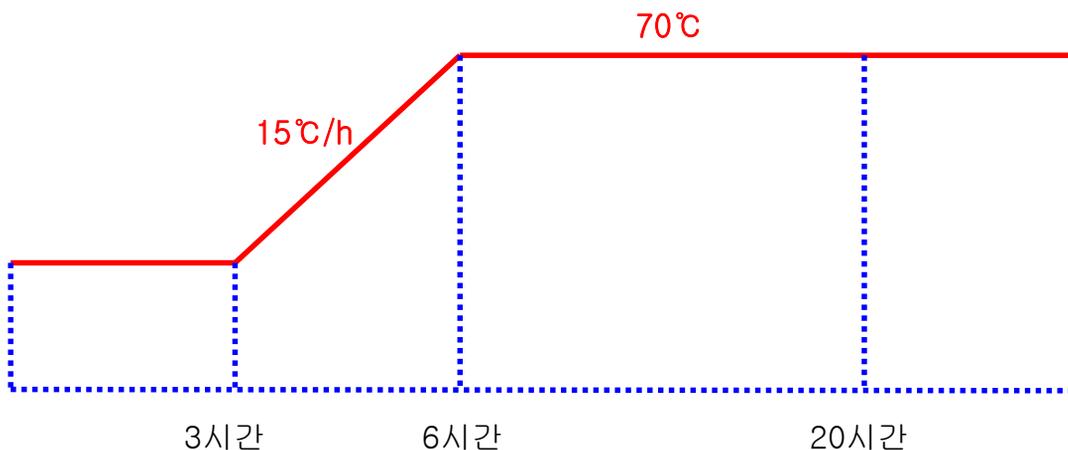
구 분	슬럼프 (플로우)	압축강도 (MPa)		
		3 일	7 일	28 일
Silica fume	12	51.5	62.4	75.0
Ω2000	25(50)	59.2	70.4	86.0

Ω2000을 사용한 도로교 RPF공법 적용 콘크리트

1. RPF(Represtressed Preflex) 합성형의 하부플랜지 콘크리트

$\sigma_{ck} = 450 \text{ kg/cm}^2$ 이상

2. 양생조건



3. Ω2000 사용 배합비 (19 - 480 - 8)

kg/m³

Ω2000 치환량 (%)	W/B (%)	S/a (%)	W	C	Ω2000	S	G
10	31	39	174	504	56	630	1,032
20	31	39	174	448	112	629	1,029
30	31	39	174	392	168	627	1,027

[재료비중] C : 3.15, Ω2000 : 2.9, S : 2.58, G : 2.7

4. Ω2000 사용량별 시험결과

Ω2000 치환량 (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도 (MPa)		
			3 일	7 일	28 일
10	22	2.0	49.0	54.0	59.4
20	24	2.9	52.0	59.8	65.5
30	26	2.7	51.0	61.2	66.6

1d = 48.0 MPa 목표로 Ω2000을 이용한 현장 증기양생시

W/C : 31%, S/a : 39%, B : 560kg/m³, Ω2000 = 10%, 혼화제는 B×1.5% 배합이 적합합니다. (원재료에 따라 배합이 변경 될 수 있습니다.)

주의 사항

※ Ω2000은 장기간 습기에 노출시 풍화되어 품질에 영향을 미칠 수 있으므로 건조한 곳에 보관하여야 한다.

본 자료의 일부 또는 전부를 사전협의
없이 수정하거나 변형하지 마십시오.

□ 레미탈 기술문의

본사 특수영업팀 : TEL (02) 531-7142~8

기술연구소 : TEL (080) 552-9996