

# Current Status and Prospect of Mortar and Concrete Using Fly Ash

## 플라이애시를 활용한 모르타르 및 콘크리트의 이용현황과 전망

강 은 아\*

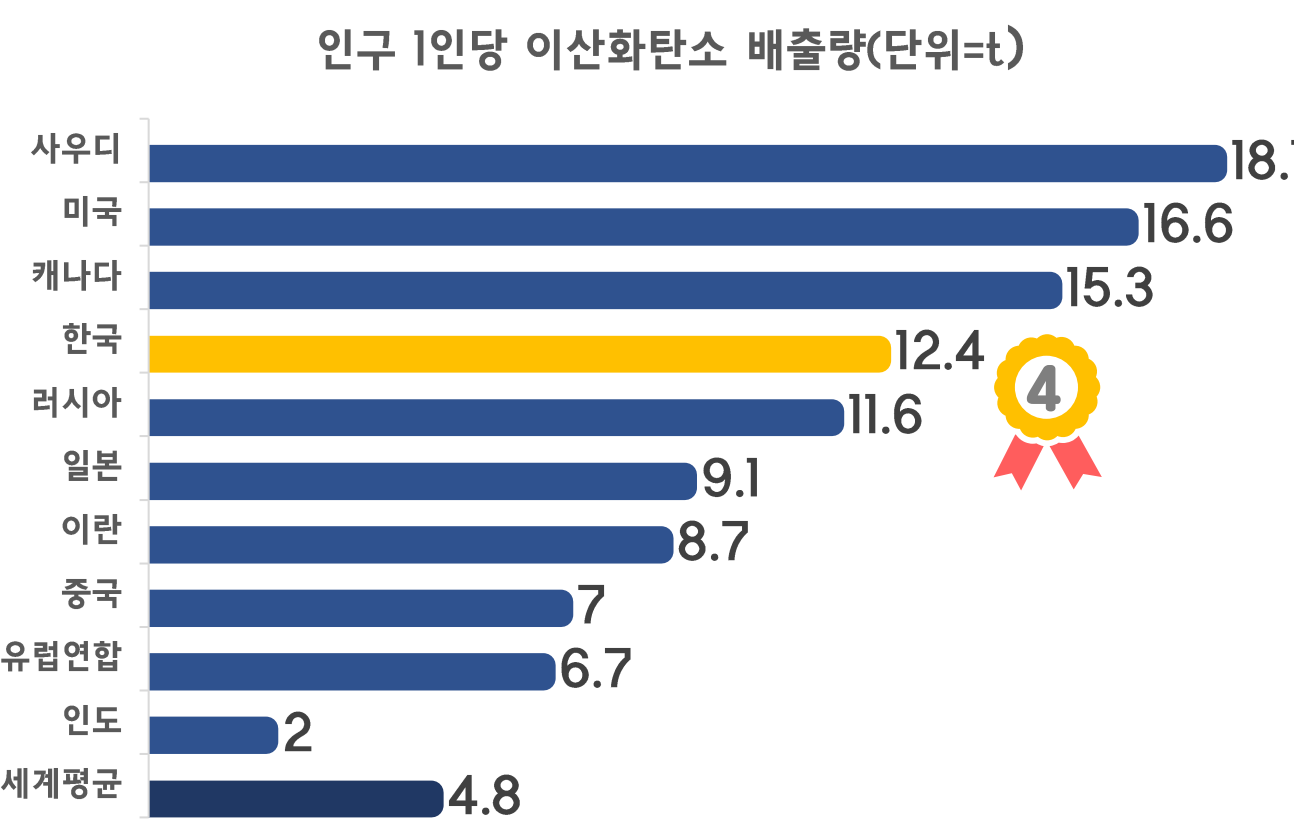
Kang, Eun-Ah

영남대학교 건축학부 건축공학전공 4학년\*

이 채 원\*

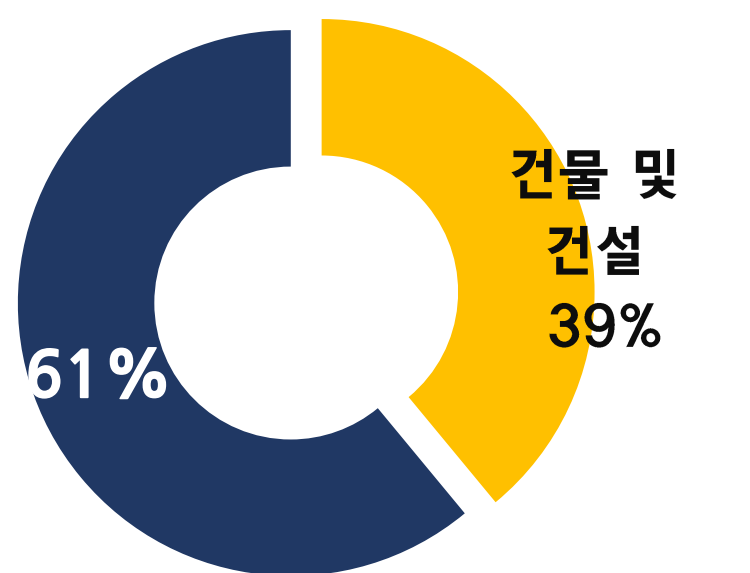
Lee, Chae-Won

### 1. INTRODUCTION



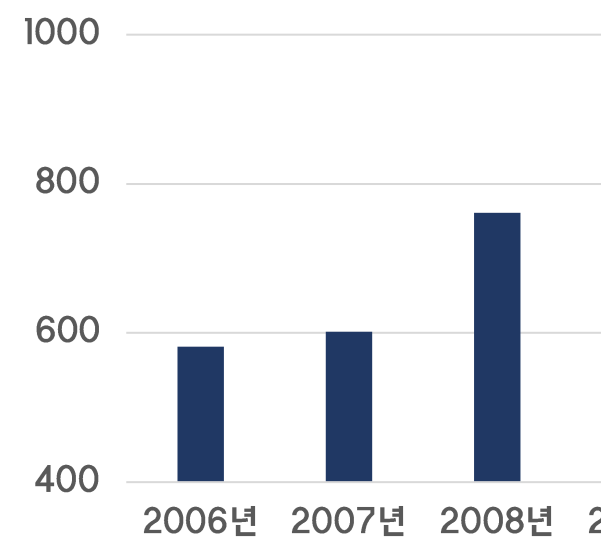
2017년 기준으로 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중에서 우리나라는 이산화탄소 배출량이 4번째

산업 이산화탄소 배출량



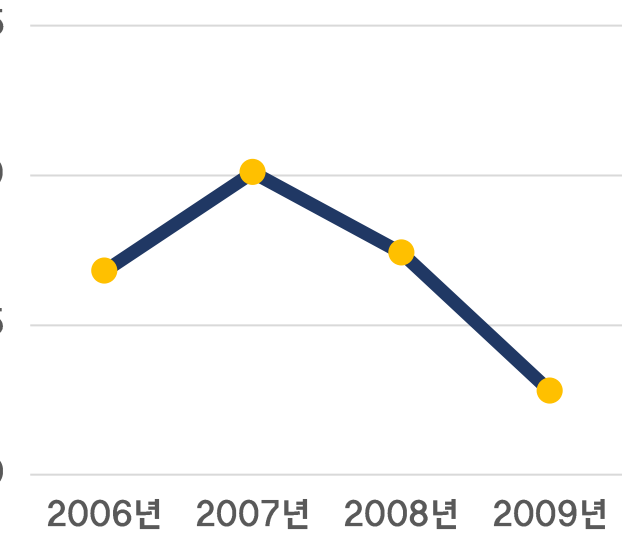
2018 년 건물 및 건설 부문이 전체 산업 이산화탄소 배출량의 39 %를 차지

석탄회 발생량(단위=만t)



석탄회 발생량은 2009년 기준으로 연간 약 835.4만 톤으로 저렴한 석탄가 및 전력수요의 증가로 향후에 지속적으로 증가할 것으로 예상 BUT, 재활용 비율은 매년 감소하고 있는 추세로 석탄회의 재활용률은 더욱 저하될 것으로 예상

석탄회 재활용률(단위=%)



플라이애시 생산 과정



본 연구에서는 플라이애시의 이용현황을 알아보고 모르타르 및 콘크리트의 특성, 즉 압축강도, 수화열 등을 보통 포틀랜드 시멘트와 비교하여 플라이애시를 활용전 망에 있어서 필요한 점을 연구

### 2. THEORETICAL CONSIDERATION

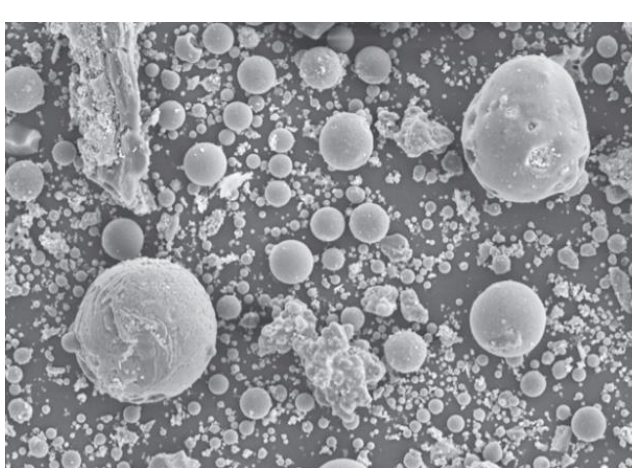
#### 플라이애시의 특성



플라이애시가 생산되는 화력발전소



플라이애시 제품 염상



플라이애시 입자 염상

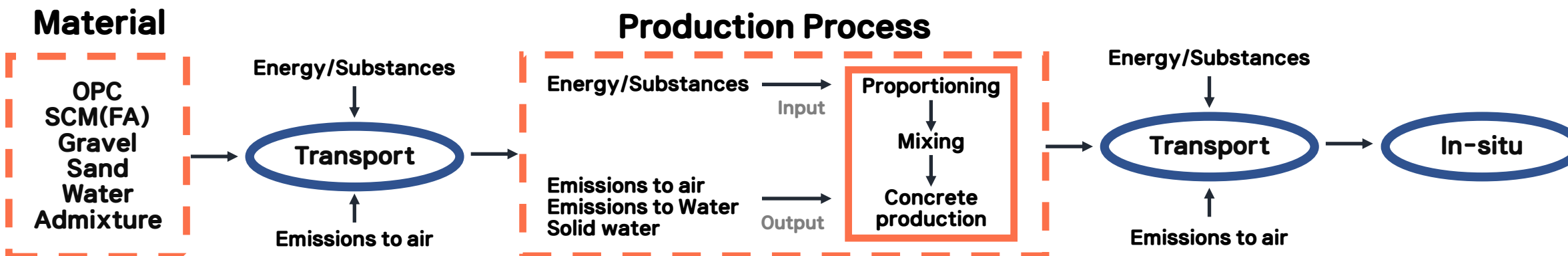
#### 플라이애시 치환 시 이산화탄소 발생량



#### Result

- ▶ 일반적으로 플라이애시 치환율이 증가할수록 각 환경부하량 감소
- ▶ 동일 콘크리트 설계 압축강도(fck)에서 FA 치환율이 0%에서 30%로 증가할 때 CO<sub>2</sub> 발생량 32% 절감

#### 콘크리트 공정 흐름도



콘크리트 환경부하 평가에 사용되는 LCI DB 요약

Item	Functional Unit (FU)	CO <sub>2</sub>	CO	SOX	NOX	NH <sub>4</sub>	Anthracite coal	Bituminous coal	Natural gas	Crude oil
OPC	kg	9.3E-01	8.90E-02	5.64E-04	1.03E-03	4.36E-07	7.44E-03	1.80E-01	7.99E-03	2.42E-02
Natural sand	m <sup>3</sup>	2.34E-03	4.82E-06	9.49E-06	1.52E-05	3.83E-08	-	-	-	-
Gravel	m <sup>3</sup>	3.23E-03	4.52E-06	1.49E-05	1.64E-05	5.18E-08	-	-	-	-
FA	kg	1.96E-02	-	6.20E-06	7.54E-06	-	-	-	-	-
8.1-15 ton truck	kg/km	6.30E-05	8.13E-07	2.77E-08	8.63E-07	9.20E-12	1.18E-07	5.99E-08	9.26E-07	2.1E-05
23.1-25 ton truck	kg/km	5.88E-05	5.32E-07	2.02E-08	5.69E-07	7.26E-12	9.29E-08	4.73E-08	7.3E-07	1.67E-05
Plant	kg	7.68E-03	-	3.42E-06	6.5E-05	-	-	-	-	-
Mixer(2.5m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	6.02E-04	-	1.95E-07	2.40E-07	-	-	-	-	-
Transit-mixer truck	m <sup>3</sup>	6.60E-01	2.13E-03	4.30E-08	7.97E-03	1.06E-08	-	-	-	-

FA의 다양한 대체율에 따른 콘크리트의 대표적인 환경부하(fck=24MPa)

RF (%)	water	OPC	FA	Sand	Gravel	Anthracite coal	Bituminous coal	Natural gas	Crude oil	CO <sub>2</sub>	CO	NOX	SOX	NH <sub>4</sub>
0	168	319	0	826	951	2.43E+00	5.75E+01	2.63E+00	1.05E+01	3.88E+02	2.84E+01	8.93E-01	2.56E+00	4.73E-02
10	166	287	32	871	942	2.19E+00	5.18E+01	2.34E+00	9.73E+00	3.32E+02	2.58E+01	8.62E-01	2.37E-01	4.80E-02
15	170	272	48	819	945	2.08E+00	4.91E+01	2.22E+00	9.34E+00	3.19E+02	2.43E+01	8.47E-01	2.30E-01	4.86E-02
20	168	256	64	874	922	1.96E+00	4.62E+01	2.10E+00	9.00E+00	3.04E+02	2.28E+01	8.32E-01	2.21E-01	4.89E-02
25	179	239	80	870	882	1.84E+00	4.31E+01	1.96E+00	8.56E+00	2.89E+02	2.13E+01	8.16E-01	2.15E-01	4.91E-02
30	153	214	92	828	1093	1.65E+00	3.86E+01	1.79E+00	8.01E+00	2.47E+02	1.92E+01	7.45E-01	1.95E-01	4.75E-02

### 3. RESEARCH RESULTS

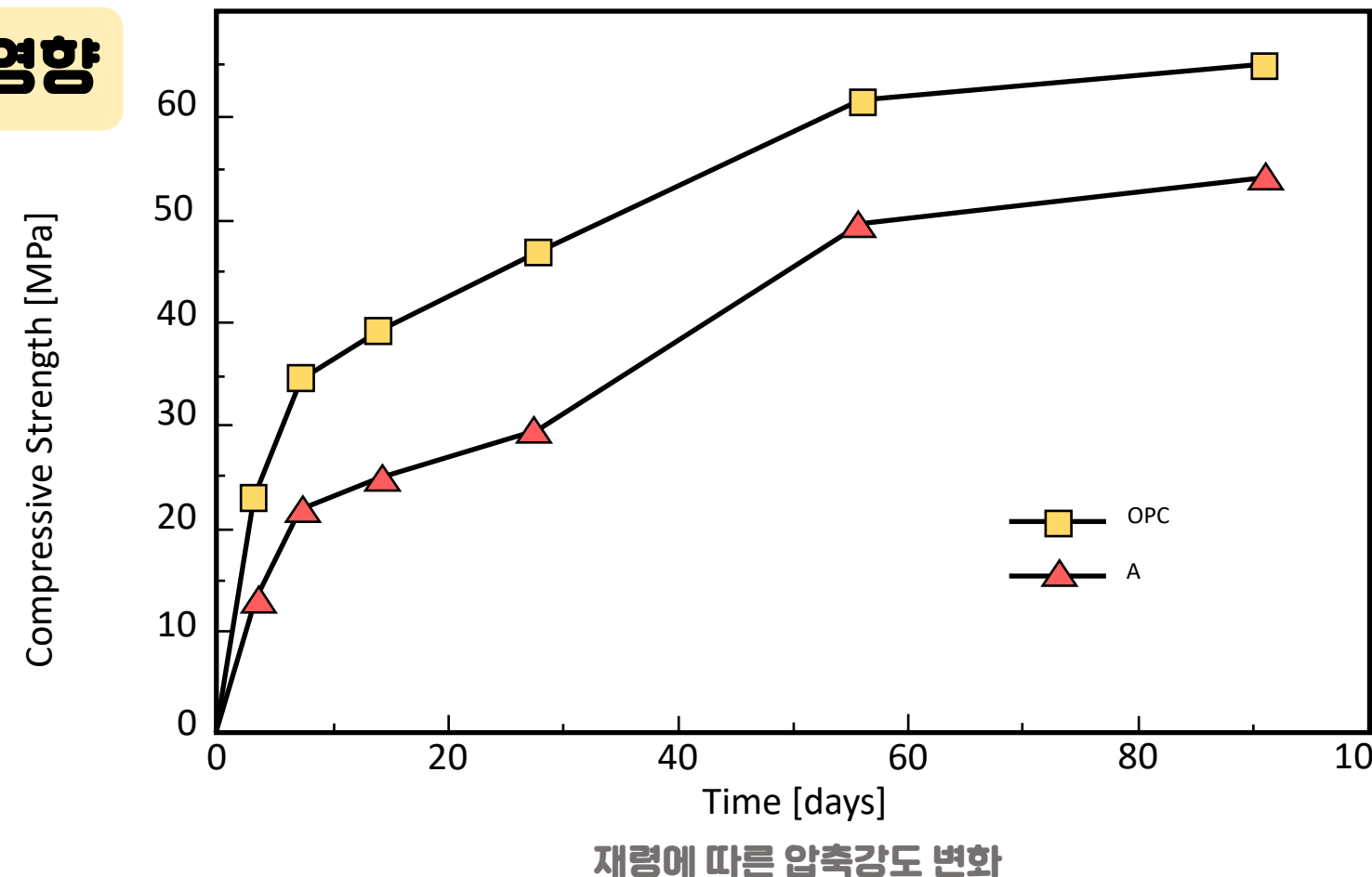
#### 플라이애시가 콘크리트 압축강도발달에 미치는 영향

##### 초기 재령

플라이애시를 혼입한 경우(A)가 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)에 비해 약 70% 정도의 강도만 발휘됨

##### 재령 28일 이후

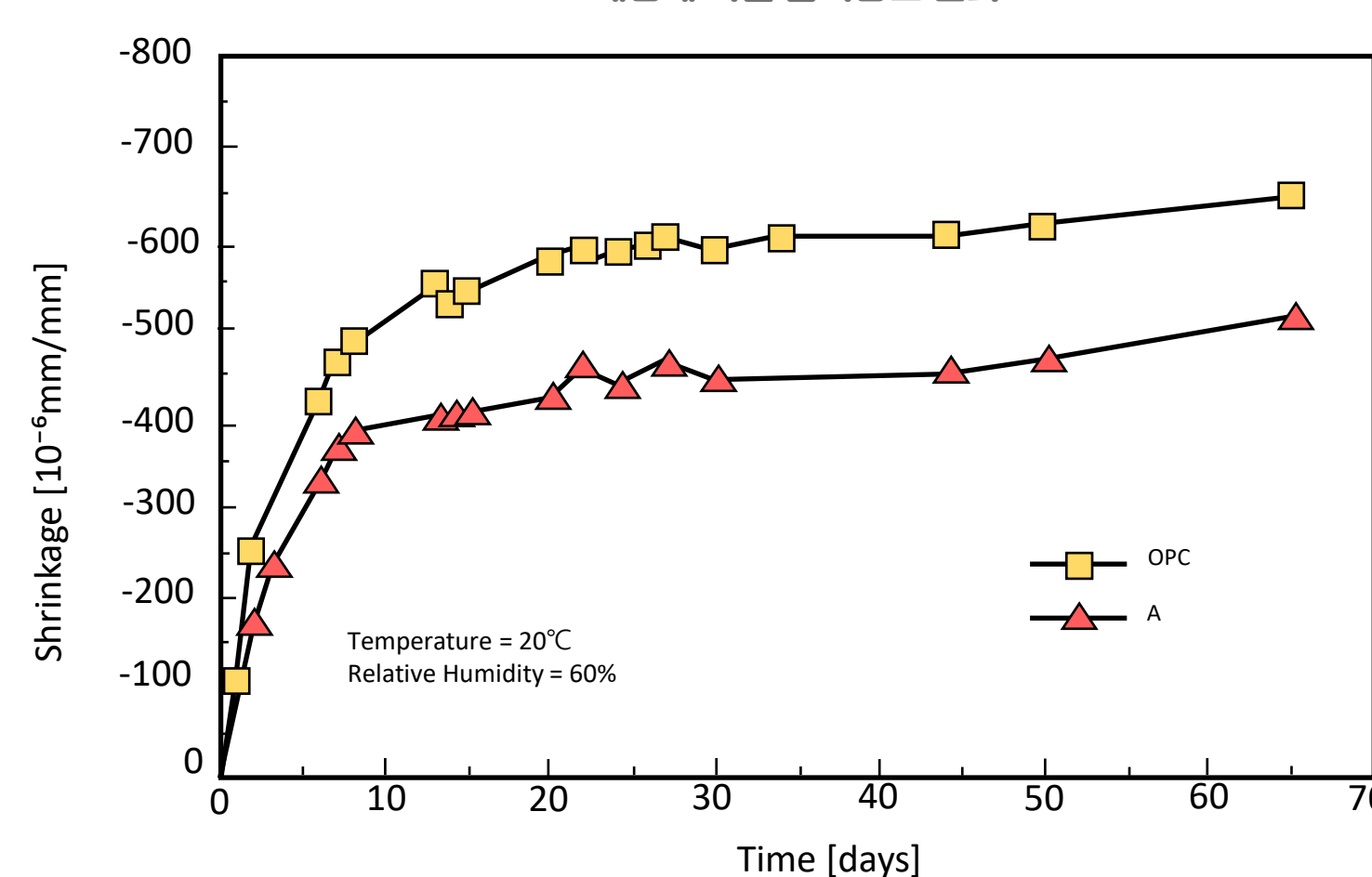
포졸란 반응으로 인해 플라이애시를 혼입한 경우(A)의 압축강도 증가



#### 플라이애시 시멘트의 건조수축과 탄산화

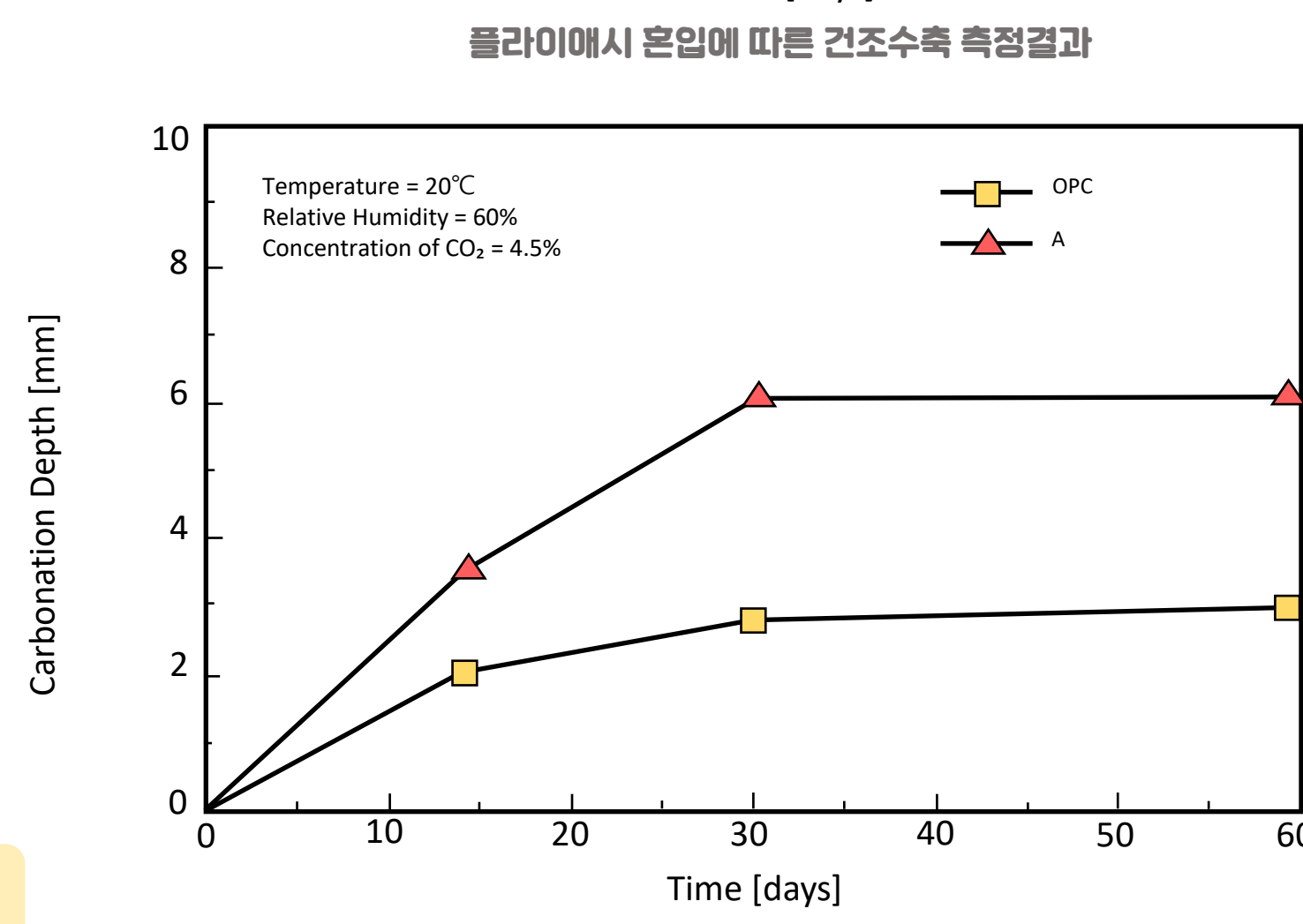
##### 건조 수축

- 플라이애시를 혼입한 경우(A)가 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)보다 20%정도 감소
- 초기 재령 시 OPC가 A보다 수축이 더 크게 증가
- A가 OPC보다 수화반응이 느려 전체적인 수화반응 정도가 건조수축에 영향을 끼친 것으로 판단됨



##### 탄산화

- A는 수산화칼슘량이 현저히 적어 OPC보다 탄산화 반응이 더 빠르게 발생됨
- A가 OPC보다 노출 재령에 따른 탄산화 깊이가 대략 3배 정도 깊음



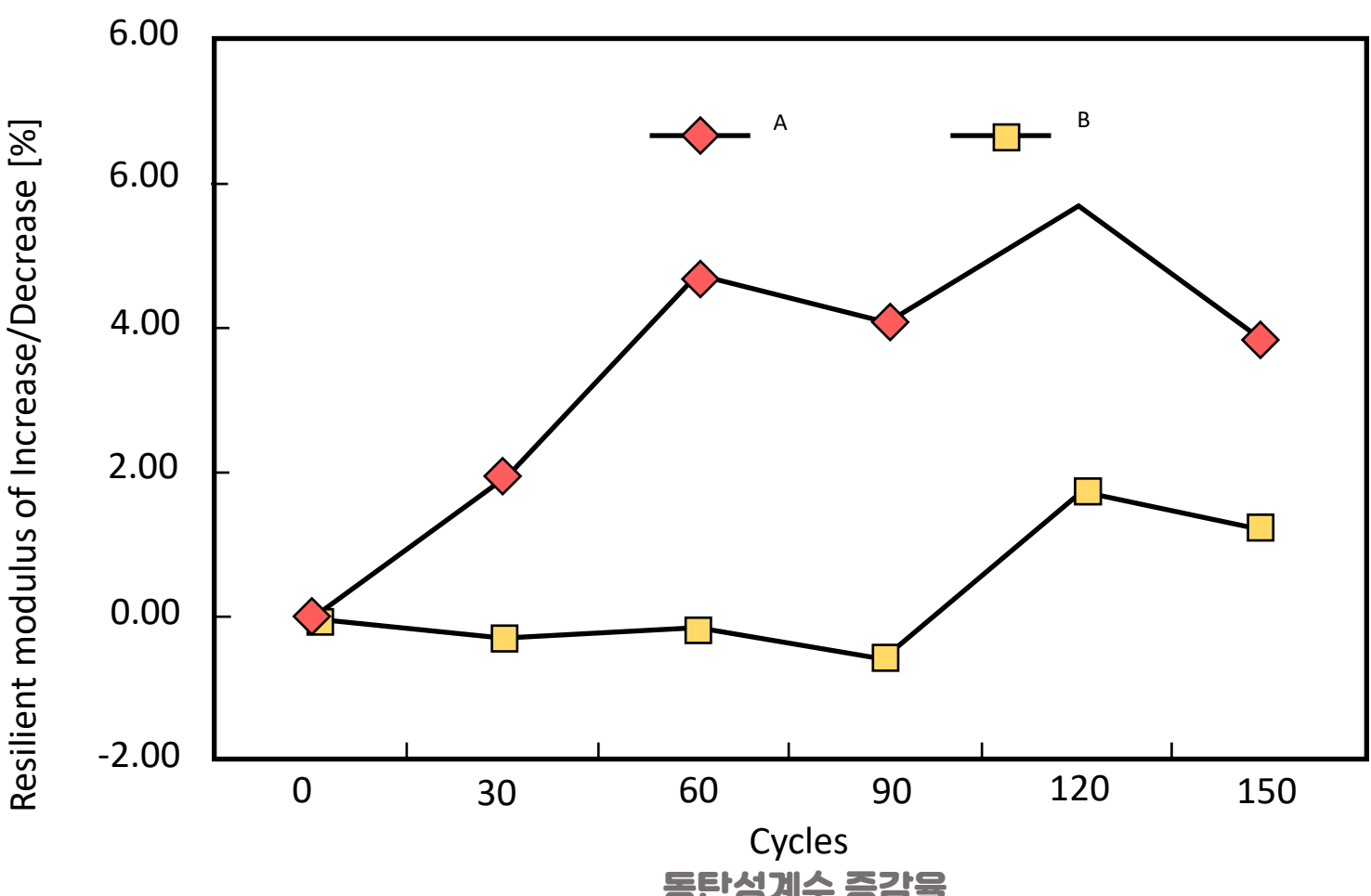
#### 플라이애시 콘크리트 물시멘트비 동결융해저항성

##### A (W/C 40%)

##### B (W/C 32.2%)

물시멘트비만 변화를 두어 14일간 수중 양생 실시

- A는 초기 사이클에 비해 최대 6% 정도 동탄성계수가 증가 (상대 동탄성계수가 대체로 증가하는 양상)
- B가 A에 비해 동해저항성이 낮다는 것을 알 수 있음
- 150 사이클 이후 A도 동탄성계수가 계속 감소할 것이라 예상



#### 플라이애시 시멘트와 보통 포틀랜드 시멘트 수화열 비교

보통 포틀랜드 콘크리트 콘크리트 타설 후 경과 시간

약 30시간 경과

최고 온도 79.1 °C 도달

플라이애시 10% 치환

약 36시간 경과

최고 온도 74 °C 도달

플라이애시 15% 치환

약 42시간 경과

최고 온도 65 °C 도달

플라이애시 20% 치환

약 45시간 경과

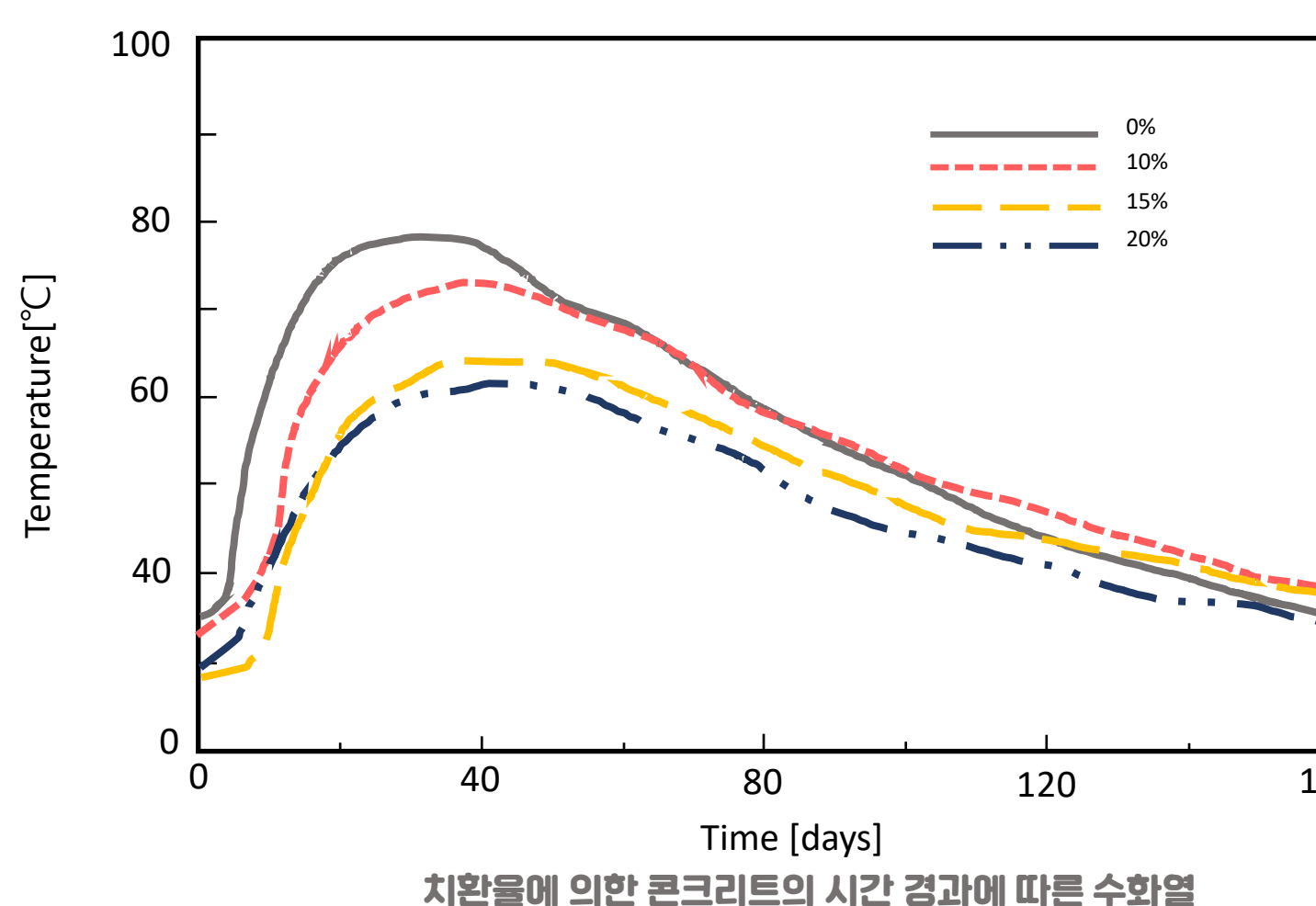
최고 온도 62.1 °C 도달

##### 플라이애시 치환율이 높을 수록

- 발열량은 작아지고 최고 온도 도달 시간 늦어 짐
- 온도 상승 및 하강 속도가 완만

플라이애시 치환율에 따른 콘크리트 온도변동

temperature variation	Fly Ash replacement ratio	0	10	15	20
상승	상승량(°C)	44.9	40.9	35.8	32.1
	상승율(%)	100.0	90.4	79.7	71.5
하강	하강량(°C)	43.7	35.5	27.6	28.3
	하강율(%)	100.0	81.2	63.2	64.8



#### 플라이애시의 콘크리트 철근 부식 저항성

##### 보통 포틀랜드 콘크리트

A 철근 부식 개시 시기 : 18일

C 철근 부식 개시 시기 : 22일

E 철근 부식 개시 시기 : 14일

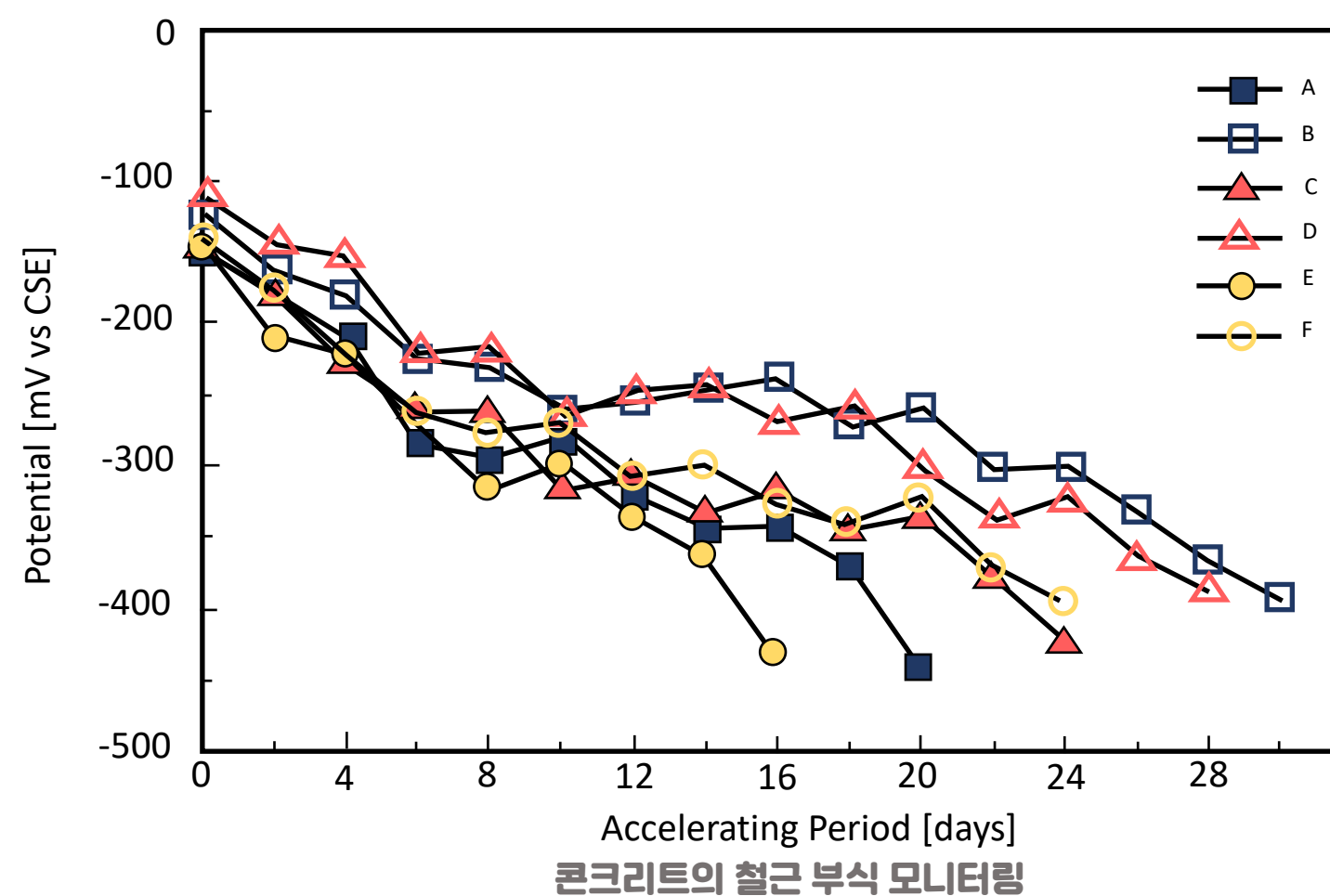
##### 플라이애시 혼입 콘크리트

B 철근 부식 개시 시기 : 28일

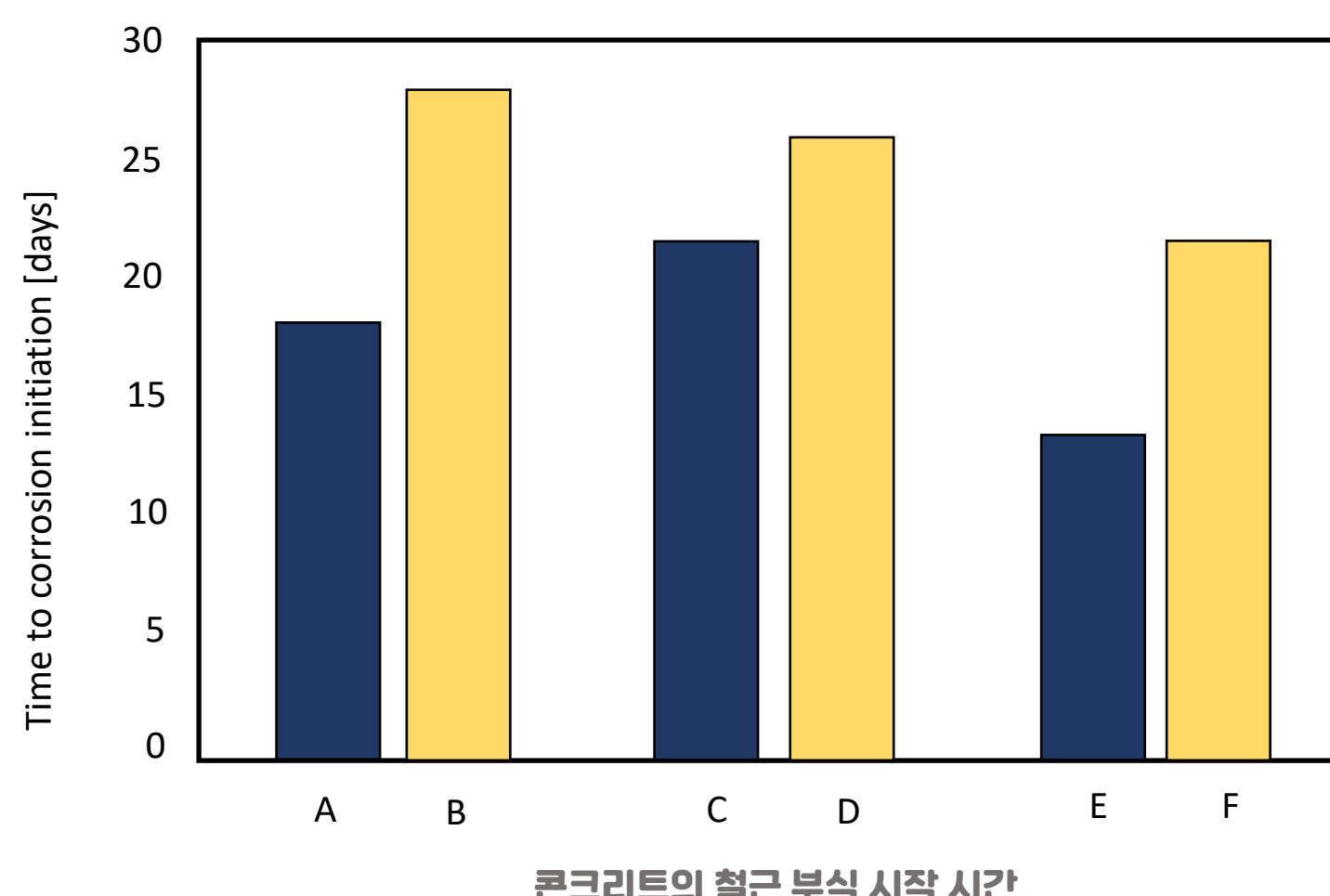
D 철근 부식 개시 시기 : 26일

F 철근 부식 개시 시기 : 22일

플라이애시를 혼입한 콘크리트의 경우가 보통 포틀랜드 콘크리트의 경우보다 철근 부식 저항성이 더 우수하다 판단



철근 부식 개시 시기 1.2~1.6배 증가



### 4. CONCLUSION

- 이산화탄소 발생량 적음
- 장기강도 높어남
- 수화열 적게 발생
- 동결융해저항성 큼
- 철근부식저항성 큼

- 탄산화에 대한 저항성이 낮은 부분은 혼화제를 사용하는 등 품질 개선을 할 수 있을 것이라 생각

- 국내 플라이애시 품질이 규격화되지 않아 품질의 차이가 심함
- 플라이애시 처리 및 보관하기 위한 장소가 필요한데 민원 및 환경 문제 등으로 어려운 상황

- 선진국에서는 단일 기준이 아니라 품질등급화로 판단하여 구체적이고 체계적으로 관리

우리나라도 품질관리 및 처리에 좀 더 체계적으로 관리하는 시스템이 필요하고 플라이애시의 이점에 주목하고 단점은 보완하여 활용률을 높여야 함