

콘크리트 密實化에 의한 鹽害對策 및 방청效果에 관한 實驗的 研究

(제1보, 아직굳지않은 콘크리트의 성상 및 경화 콘크리트의 공학적 특성을 중심으로)

An Experimental Study on The Effect of Corrosion Protection by Tighting Concrete

Used fly-ash and silica fume

(Part I, In the case of fresh concrete and hardened concrete)

○ 李 相 洙* 南 相 翌** 柳 得 鉉** 金 文 漢*** 金 武 漢****
 Lee, Sang Su Nam, Sang Ill Ryn, Deug Hyun Kim, Moon Han Kim, Moo Han

ABSTRACT

Lately, among concrete component used in construction works, the aggregate is the most important material because it hold about 70~80 Vol% of most strutral materials. Considering that the demand of aggregate is on the continuous increase in the construction works year after year, it is a very urgent thing to develop a substitute aggregate for river aggregate. This paper, an experimental study on the effect of corrosion protection by tighting concrete used fly-ash and silica fume, is to investigate workability and engineering properties of concrete used fly-ash and silica fume. As a test results, contrary to SF, workability of concrete used FA is inclined to be improved. and In the case of containing SF, the compressive strength containing admixtures is higher than plain concrete with increasing curing age.

1. 序言

최근 사회간접자본의 확충, 서해안 개발, 지하 철 건설 및 민간건설경기의 활황으로 인하여 각종 建設 構造物에서의 콘크리트수요가 폭주하고 있는 바 이러한 콘크리트 畧容積의 70~80%를 전하는 骨材의 供給源으로서 종래에는 하천산골재가 주로 사용되어 왔으나 자연환경보호법의 강화로 골재채취금지지역이 확대되고 상수원보호사업 등으로 하천골재의 개발이 어렵게 되었다.¹⁾ 그러므로 하천산 천연골재의 대체골재로서 해사에 대한 관심과 해사를 사용한 콘크리트공학 기술에 관한 연구가 절실하게 요구되고 있다.²⁾³⁾ 그러나 콘크리트구조물에 해사의 부분별한 사용은 콘크리트중의 염화물당이 급증하여 철근콘크리트 구조물의 열화현상 및 내구성 저하 현상이 나타날

우려가 심화되고 있어 하천산 천연골재를 대용할 수 있도록 해사를 사용한 콘크리트의 고품질화 및 고성능화의 필요성이 고조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 海砂를 사용한 철근콘크리트 구조물의 鹽害對策 및 내구성 증가를 위해 포졸란반

표 1. 실험 요인 및 수준

요 인	수 준	
물시멘트비 (%)	55	65
FA, SF 혼입율(%)	0, 5, 10, 15	
목표슬럼프(cm)	21±2	
아직굳지않은 콘크리트시험	공기량, 슬럼프, 단위용적중량 플로우, 다짐계수, 염분함유량 비빔온도	
경화 콘크리트 시험	압축강도, 단위용적중량, 반발도 초음파속도, 동탄성계수 (측정재령: 1주, 4주, 8주)	
부 식 시 험	W/C 65%에서 촉진폭로횟수 2, 5, 10사이클로 행함	

*正會員, 忠南大 大學院(博士課程)

**正會員, 有進콘크리트(研), 研究室長

***正會員, 서울대 教授 工博

****正會員, 忠南大 教授 工博

응을 일으키는 混和材로서 플라이애시, 실리카흙 (이하 FA, SF라 칭함)등을 사용하여 콘크리트 密實化에 의한 鹽害對策 및 방청효과를 講究하기 위한 것으로 본 보는 FA 및 SF를 혼입한 콘크리트의 施工性 및 強度特性을 비롯한 제공학적 특성들 비교 분석한 結果이다.

2. 實馬會計書及 方法

2.1 實驗計劃

FA 및 SF를 混入한 콘크리트의 施工性에 影響을 미치는 콘크리트의 密實化 效果를 比較檢討하고 究明하기 위한 本 실험요인 및 수준은 표1과 같이 물시멘트비 55%, 65%에서 목포슬럼프를 21cm로 한 플레인 콘크리트에 FA 및 SF 혼입율을 각각 0, 5, 10, 15(%)의 4가지 수준으로 하고 비빔 후 아직굳지않은 상태에서 슬럼프, 플로우, 다짐계수, 空氣量, 비빔온도, 單位容積重量, 염화물총량 등 測定을 행하였고 경화상태에서는 압축강도, 반발도, 단위용적중량, 동탄성계수 및 조음파속도를 재령 1, 4, 8(주)에서 측정하였다.

한편 철근의 부식에 영향을 미치는 밀실화 효과를 구명하기 위한 축진폭로시험은 2, 5, 10사이클에서 각각 측정하였다.

2.2 使用재료

本 實驗에 使用된 시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드 시멘트로서 그 物理的 性質은 표2와 같이 混和材로 使用된 FA 및 SF의 成分分析 結果는 표3, 骨材의 物性 및 粒度曲線은 표4 및 그림1과 같다.

2.3 콘크리트의 調合, 供試體의 製作 및 각종 試驗方法

콘크리트의 調合은 大韓建築學會 標準示方書의 參考調合表를 基礎로 하여 각 물시멘트비 별로 슬럼프값 21cm를 목표로 하여 수차의 시험비빔을 통하여 표5와 같이 결정하였고, 비빔은 조골재-혼화재-시멘트-세공재-물의 순으로 100ℓ 강제식 믹서에 투입한 후, 3분비빔(1분비빔→1분휴지→2분비빔)으로 하였다.

供試體는 콘크리트의 強度試驗用 供試體 製作方法에 준하여 10φ × 20cm 실린더형 용모를 처

표 2. 시멘트의 물리적 성질

시멘트 종류	비중 (cm ³ /g)	수입도 (h:μ)		안정성	압축 강도 (kg/cm ²)			
		초경	중경		3일	7일	28일	
보통포틀랜드 시멘트	3.15	3.240	5.7	7.20	양호	194	216	323

표 3. 플라이애시 및 실리카흙의 성분분석결과

혼화재 의 종류	주 성분 (%)						비중
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Mn	
플라이애시(FA)	71.90	1.77	21.5	2.42	0.48	—	2.1
실리카흙 (SF)	84.62	0.45	1.17	10.36	1.00	1.40	2.2

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	입경 (mm)	조립율 (F·H)	비중	흡수율 (%)	실적율 (%)	단위용적중량 (kg/l)	비고
해사	5.0	3.20	2.59	0.81	66.9	1.73	울진산
켄 장자갈	25	7.16	2.67	1.24	58.1	1.55	미사 리산

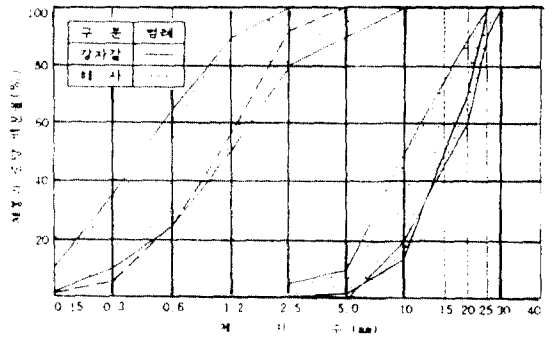


그림1 골재의 입도분포곡선

표 5. 콘크리트의 조합

조합 종류	물시 멘트 비 (%)	SF C+SF FA C+FA	슬 럼프 (cm)	잔골 재율 (%v)	단위 수량 (kg/m ³)	겉대용적 (l/m ³)			중량 (kg/m ³)		
						시 멘트	혼 화 재	모 차 갈	시 멘트	혼 화 재	모 차 갈
Plain	55	0	21	41.5	204	118	0	371	0		
SF5		5				112	9	352	19		
SF10		10				106	17	334	37	717	1044
SF15	15	100	26	277	391	315	56				
FA5	55	5	21	43.5	211	112	9	352	19		
FA10		10				106	18	334	37		
FA15		15				100	27	277	315	56	
Plain	65	0	21	43.5	211	103	0	326	0		
SF5		5				98	8	310	15		
SF10		10				93	15	293	23	762	1019
SF15	15	88	23	294	282	277	49				
FA5	65	5	21	43.5	211	98	8	310	16		
FA10		10				93	15	293	23		
FA15		15				88	23	277	31	49	

齡별로 3개씩 製作하여 測定하였고, 反應度用은 15φ × 30cm 실린더형 몰드로 製作하여 소정의 材齡까지 20 ± 3℃의 水中 標準 養生을 행하였으며 아직굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 각종 시험은 각 규준에 준하여 실시하였으며⁴⁾ 鹽分 測定器는 일본의 H(社)에서 製作한 것으로 이온전극법을 이용한 鹽分 濃度計 U-7CL을 使用하였다.⁶⁾

3. 實驗結果 및 考察

3.1 아직굳지않은 콘크리트의 성상 검토

3.1.1 공기량

FA 및 SF 混入率에 따른 空氣量의 變化를 나타낸 표6, 그림2에 의하면 FA의 경우는 混入率이 증가할수록 空氣量이 감소하는 반면에 SF의 경우 혼입율이 증가할수록 공기량은 증가하는 傾向이 보이고 있다. 공기량은 전반적으로 1.0%이하로 FA와 SF를 사용한 콘크리트에서 콘크리트가 동결 응해에 저항하기위한 적정 공극을 확보하기 위해서는 AE제의 사용이 필수불가결하다고 사료된다.

3.1.2 單位容積重量

FA 및 SF 混入率에 따른 單位容積重量을 나타낸 그림3에 의하면 각 混和材 공히 混入率이 증가함에 따라 플레인 콘크리트의 單位容積重量보다 적어지는 傾向이 있는데 이는 시멘트에 대체되는 混和材의 比重이 시멘트보다 현저하게 작기 때문인 것으로 사료된다.

3.1.3 초기습umpf, 플로우, 다짐계수의 檢討

FA 및 SF 混入率에 따른 초기 습umpf, 플로우, 다짐계수를 나타낸 그림4, 5 및 그림6에 의하면 초기 습umpf의 경우 SF는 混入率이 증가할수록 습umpf 저하가 극심하게 보이고 있다. 이것은 SF이 비포면적이 크고, 수산화칼슘과 아주 빠른 時間에 反應하여 結晶態의 物質을 생성하기 때문에 습umpf의 발현성이 매우 나빠진 것으로 사료되나 高性能減水劑를 使用하면 이 問題를 解決할 수 있을 것으로 여겨진다.

FA는 혼입율이 증가할수록 플레인 콘크리트와 유사하거나 증가하는 傾向을 보이고 있다. 이것은 FA입자의 대부분이 세분말이고 구형이며 시멘트입자를 분산시키는 역할을 함으로서 시멘트의 一部로 置換하여 使用할 경우 一般적으로 비교적

높은 流動性을 얻는다는 기존의 研究⁶⁾와 일치하고 있다.

플로우의 경우에도 SF의 混入率이 증가할수록 플로우치는 감소되고 FA의 混入率이 증가할수록 플로우치가 增加하는 傾向을 보이고 있어 습umpf의 傾向과 類似함을 알 수 있다.

다짐계수의 경우에는 양호한 반죽질기를 갖는 FA 및 SF 5%, 10%의 경우에는 별다른 差異點을 볼 수 없으나 SF 15%의 원비빔콘크리트의 경우 다짐계수치가 다소 저하하는 傾向을 보이고 있다.

3.1.4 염화물총량

아직굳지않은 콘크리트의 鹽分含有量 測定結果를 나타낸 그림7에 의하면 물시멘트비 55%의 경우 플레인 콘크리트의 鹽分含有量이 1.10kg/m³로 우리나라 염분함유량총량 기준인 0.3kg/m³보다는 상당히 높게 나타나고 있으며 SF 및 FA 混入率別 鹽分含有量은 플레인 콘크리트와 類似한 結果를 나타내고 있다. 또한 물시멘트비 65%경우 플레인 콘크리트의 鹽分含有量이 1.09kg/m³인것에 비하여 FA 및 SF 混入率別 鹽分含有量도 큰 差異를 보이지 않고 있다.

3.2 경화 콘크리트의 공학적 특성 검토

3.2.1 압축강도

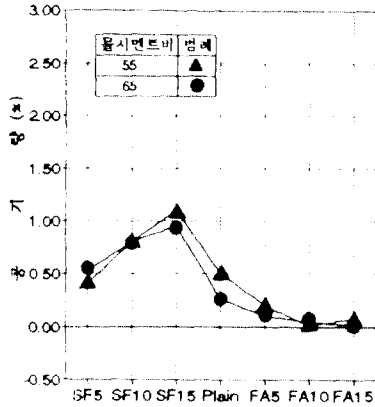
硬化콘크리트의 각종 試驗結果를 나타낸 표7과 材齡別 SF 및 FA 混入率別 壓縮強度와의 關係를 보여주고 있는 그림8에 의하면 全體的으로 材齡이 증가함에 따라서 물시멘트비, SF와 FA 混入率別에 관계없이 증가하는 傾向을 보이고 있으며, 材齡1주의 경우 SF의 混入率이 커질수록 플레인 콘크리트보다 다소 높게 發現되고 있으나 FA는 반대로 저하하고 있으며 이러한 경향은 재령4주에 있어서 SF15%의 경우만을 제외하고는 더욱 현저하다. 또한 재령 8주에 있어서 SF와 FA 공히 급격하게 強度增進을 發現하고 있는 것으로 長期強度에 미치는 影響이 커질 것으로 예상된다.

3.2.2 單位容積重量

재령별 SF 및 FA 混入率에 따른 單位容積重量의 變化는 全體的으로 材齡이 증가함에 따라 물시멘트비에 관계없이 單位容積重量의 증진을 나타내고 있고, 또한 SF 및 FA를 混入함에 따라 플

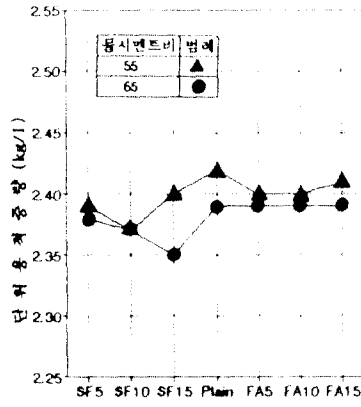
표 6. 이직군시상은 콘크리트의 시험 결과

구분	물시멘트비 (%)	소골재 크기 (mm)	비빔 온도 (°C)	공기량 (%)	단위용적량 (kg/ℓ)	슬럼프 (cm)	플로우 (cm)	다짐계수 (C-F)	엄화물량 (kg/m ³)
Plain	55	25	16.2	0.50	2.42	20.5	54.8	0.99	1.10
SF5			15.0	0.40	2.38	19.5	50.3	0.98	1.15
SF10			15.0	0.80	2.37	16.0	45.0	0.99	1.13
SF15			15.0	1.10	2.38	9.0	43.0	0.97	1.11
FA5			15.0	0.20	2.40	20.0	52.0	0.99	1.11
FA10			15.0	0.01	2.40	19.7	54.5	0.99	1.07
FA15			15.5	0.08	2.41	19.6	54.8	0.99	1.10
Plain	65		16.8	0.25	2.39	20.4	58.8	0.99	1.09
SF5			16.0	0.52	2.39	19.5	57.8	0.99	1.19
SF10			16.0	0.80	2.37	17.2	51.8	0.99	1.11
SF15			16.0	0.95	2.35	12.3	46.8	0.98	1.09
FA5			16.0	0.10	2.39	20.5	59.3	0.99	1.14
FA10			16.0	0.05	2.39	21.0	61.3	0.99	1.14
FA15			16.0	0.01	2.39	21.0	61.0	0.99	1.16



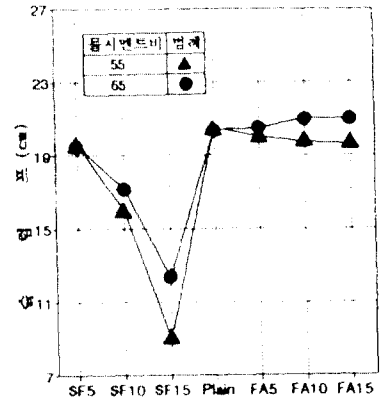
플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림2 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 공기량의 변화



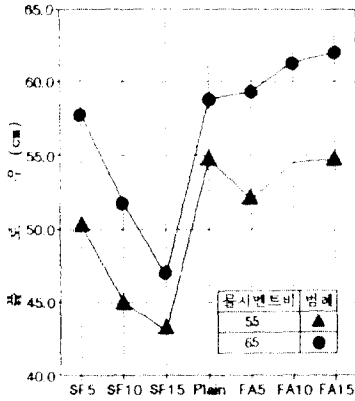
플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림3 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 단위용적량의 변화



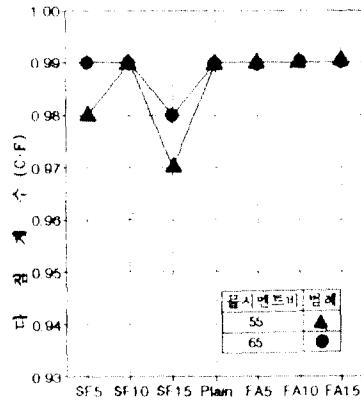
플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림4 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 초기슬럼프의 변화



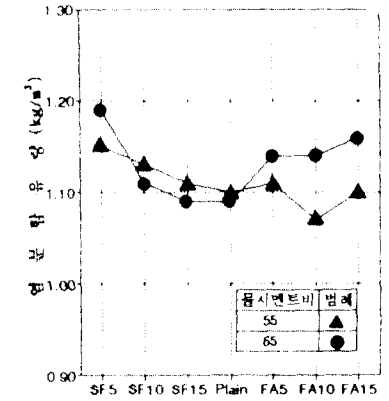
플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림5 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 플로우의 변화



플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림6 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 다짐계수의 변화



플라이애시 및 실리카흄의 혼입율

그림7 실리카흄 및 플라이애시 혼입율별 단위중량의 변화

레인 콘크리트에 비하여 저하하고 있으며 이러한 경향은 혼입률이 증대함에 따라 더욱 크게 나타나고 있어 SF 및 FA의 낮은 비중에 기인하는 현상으로 여겨진다.

3.2.3 反撥度

材齡별 SF와 FA의 혼입률에 따른 反撥度の變化는 전체적인 傾向이 壓縮強度와 유사하게 나타나고 있다. 주 재령 1, 4(주)경우에 SF가 증가할수록 플레인 콘크리트보다는 다소 적지만 反撥度는 증가하는 傾向을 보이고 8주이후는 SF가 증가할수록 反撥度도 증가하는 傾向을 보인다. FA의 경우는 혼입율이 증가할수록 反撥度가 대개 감소하는 경향을 보이고 있어 混和材 添加로 인한 뚜렷한 影響은 없는 것으로 思料된다.

3.2.4 超音波速度

재령별 SF와 FA의 혼입율에 따른 超音波速度의變化는 앞에서 考察한 壓縮強度 및 反撥度와는 SF에서 상이한 傾向을 보여주고 있으며, 재령 1주의 경우 SF와 FA의 혼입률이 增加함에 따라 全體 물시멘트비 공히 저하하는 傾向을 보이며 材齡이 증가할수록 더욱 뚜렷하다. 또한 SF의 경

우에 혼입률이 증가할수록 超音波速度는 감소하는 傾向을 보이고 있어 이에 대해서는 더욱 심도 있는 研究가 필요하다고 하겠다.

3.2.5 動彈性係數

재령별 SF와 FA의 혼입률에 따른 動彈性係數의 변화는 一般的으로 混和材를 혼입한 콘크리트가 플레인 콘크리트에 비해서 動彈性係數가 저하하는 傾向을 보이며 SF와 FA의 혼입률의 증가에 따라 動彈性係數는 감소하는 경향을 보이며 이는 單位容積重量의 변화와 거의 일치하는 경향으로 이의 영향이 큰 것으로 여겨진다.

4. 系言

FA 및 SF를 혼입한 콘크리트의 施工性 및 공학적 특성에 미치는 밀실화 효과에 관한 본 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) SF를 혼입한 경우 슬럼프가 低下하는 傾向을 보이고 있으나 FA를 혼입한 경우에는 슬럼프가 증가하여 施工性이 改善되는 傾向이 보이고 있다.

표 7. 경화 콘크리트의 시험 결과

혼화재 혼입비율	재령 (주)	조골재 크기 (mm)	압축강도 (kg/cm ²)		동탄성계수 (x10 ⁵ kg/cm ²)		초음파속도 (km/sec)		단위용적중량 (kg/l)		반발도 (R/N)	
			W/C (%)		W/C (%)		W/C (%)		W/C (%)		W/C (%)	
			55	65	55	65	55	65	55	65	55	65
Plain	1	25	225	166	3.74	3.28	4.39	4.13	2.45	2.39	19	14
	4		268	214	3.96	3.80	4.69	4.59	2.45	2.44	25	22
	8		286	215	4.18	3.93	4.67	4.64	2.47	2.45	25	21
SF5	1		225	161	3.53	3.19	4.47	4.31	2.44	2.39	17	13
	4		322	247	3.91	3.74	4.55	4.58	2.42	2.43	19	18
	8		374	311	4.10	4.02	5.10	5.01	2.42	2.42	25	23
SF10	1		235	163	3.40	3.10	4.39	4.24	2.41	2.40	18	12
	4		389	304	3.76	3.62	4.50	4.50	2.41	2.39	21	19
	8		462	348	4.04	4.00	4.87	5.03	2.42	2.40	28	22
SF15	1		229	190	3.35	3.09	4.35	4.36	2.38	2.39	17	12
	4		310	295	3.71	3.57	4.51	4.51	2.40	2.39	23	19
	8		442	398	3.89	3.98	4.87	4.97	2.40	2.39	29	22
FA5	1	212	138	3.59	3.23	4.45	4.19	2.44	2.42	16	14	
	4	267	204	3.83	3.62	4.57	4.54	2.44	2.44	20	17	
	8	332	238	3.93	3.96	4.84	5.09	2.44	2.41	24	21	
FA10	1	186	135	3.63	3.28	4.41	4.33	2.45	2.42	14	12	
	4	240	164	3.79	3.66	4.56	4.54	2.44	2.44	22	19	
	8	291	233	4.07	3.99	4.93	5.10	2.43	2.43	22	21	
FA15	1	163	119	3.42	3.22	4.37	4.35	2.44	2.45	12	11	
	4	246	176	3.77	3.69	4.57	4.57	2.44	2.42	20	17	
	8	286	222	4.13	3.97	4.97	5.08	2.44	2.42	22	18	

2) FA 및 SF의 混和材料를 혼입한 콘크리트의 鹽化物總量은 플레인 콘크리트와 유사한 傾向을 보이고 있다.

3) 材齡이 길어질수록 混和材料를 혼입한 콘크리트의 壓縮強度가 플레인 콘크리트보다 큰 傾向을 보이고 있으며 특히 SF의 경우 현저한 壓縮強度의 增進을 보이고 있다.

4) 재령별 SF와 FA의 혼입율에 따른 超音波速度의 경우 壓縮強度 및 反撥度와는 SF에서 상이한 傾向을 보여주고 있다.

參 考 文 獻

- 1) 서울대학교 工學研究所 : "海砂活用技術研究(Ⅰ), (Ⅱ)", 1991, 1992.
- 2) 岸谷孝一外 : 鹽害(Ⅰ), (Ⅱ) 技報堂出版, 1987, 1991
- 3) 金武漢 : 構造 材料 實驗 方法論, 學文社, 1982. pp.194, 270
- 4) 大韓住宅公社 : 海外專門家 招請講演會—海砂活用技術 研究, 1991.4.
- 5) 李在龍 : 철근콘크리트에 있어서 鹽分이 鐵筋腐蝕에 미치는 影響에 관한 研究, 1992, 2, pp25-32
- 6) 岸谷 : "鐵筋콘크리트 構造物에 對한 鐵筋의 腐蝕에 對한 研究", 콘크리트 노urnal Vol. 12, No. 2, Feb, 1972.

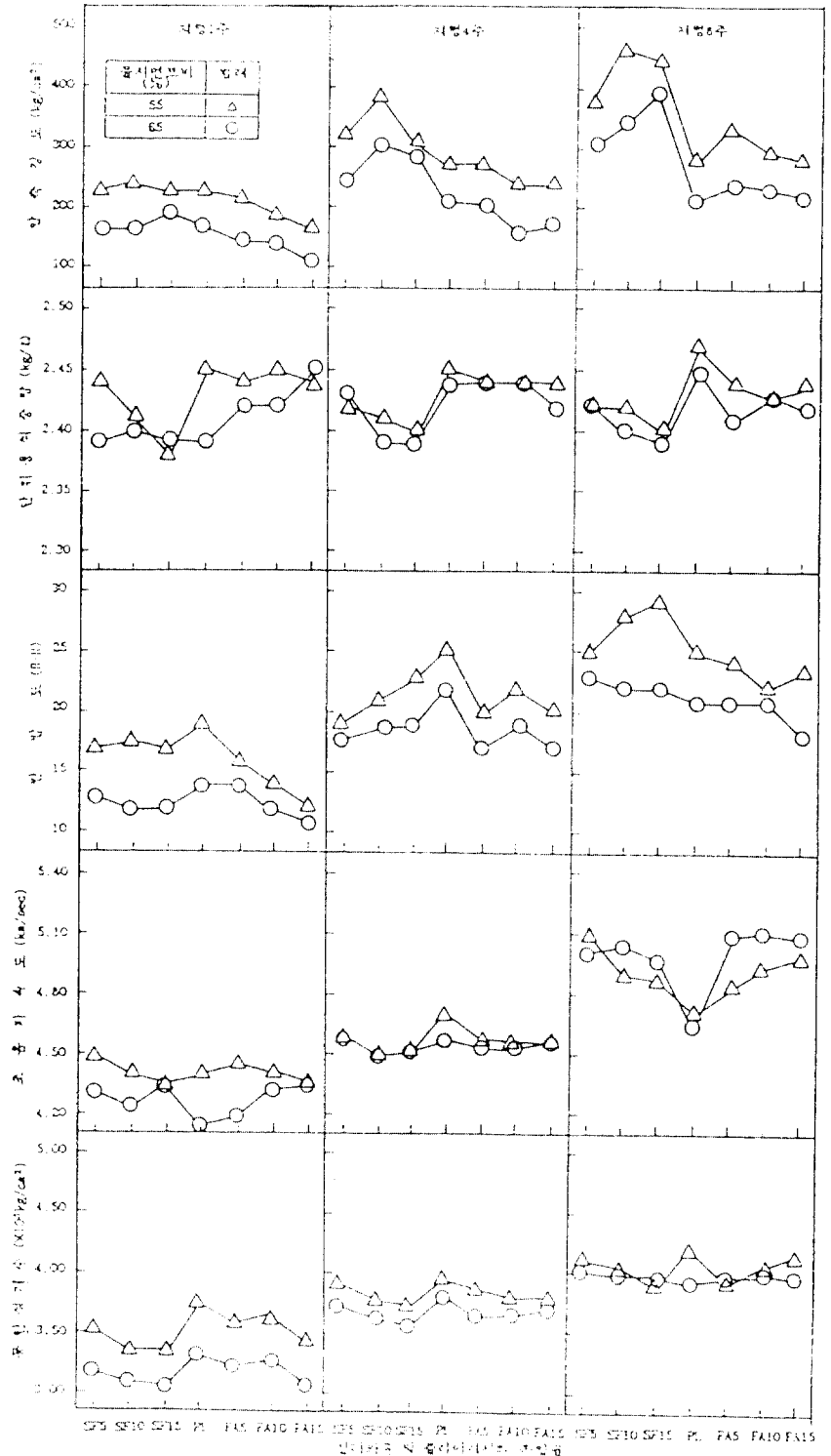


그림8 경화 콘크리트에서의 제 공학적 특성