

콘크리트의 初期凍害에 미치는 空氣量의 效果에 관한 研究

金 武 漢

(忠南大學校 工科大學 建築工學科教授·工學博士)

目 次

I. 序 論

II. 研究計劃 및 研究方法

1. 實驗計劃 및 事用材料
2. 供試體의 製作 및 養生方法
3. 아직 굳지 않은 콘크리트의 強度 試驗 및 凍結融解試驗

III. 研究結果 및 考察

1. 아직 굳지 않은 콘크리트의 物性 및 初期材令에 있어서 引張強度와 壓縮

強度의 關係

2. 壓縮強度와 空氣量의 영향
3. 凍結最低 溫度와 凍結融解 反復回數 및 콘크리트種別의 영향
4. 물시멘트比 및 스톱프의 영향
5. 氣泡에 關한 諸指標와 그의 考察
6. 細孔徑 分布에 關한 考察

IV. 結 論

I. 序 論

건축공사의 通式施工은 寒冷地에서 그 意義가 크고 이의 실현을 위해서도 콘크리트의 初期凍害防止는 寒中콘크리트의 基本目標로 되어 있다.¹⁾ 콘크리트가 初期凍害를 받으면 強度低下, 強度增進不能, 透水性의 增大, 耐水性의 損失등의 危險성이 생기고 콘크리트構造物로서 致命的인 타격을 받게 된다. 더욱이 初期凍害의 危險이 豫想되는 기간의 始終日을 고려하여 보면 그 기간은 寒中콘크리트의 適用期間보다도 길고, 寒中콘크리트의 適用地域이 외에도 初期凍害를 입을 危險성이 있다.^{2) 3) 4)}

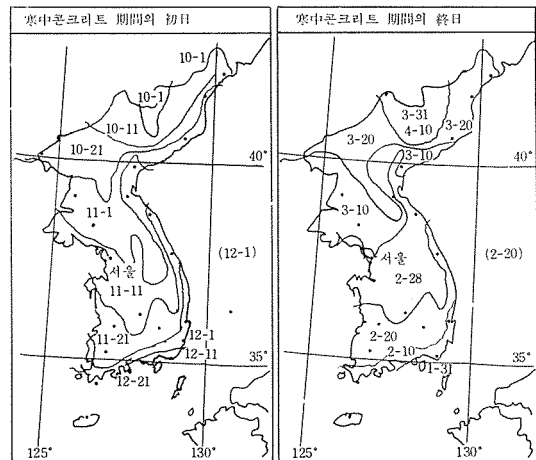


그림 1. 積算溫度 $M=370^{\circ}D.D$ 로 求한 寒中콘크리트의 適用地域과 期間

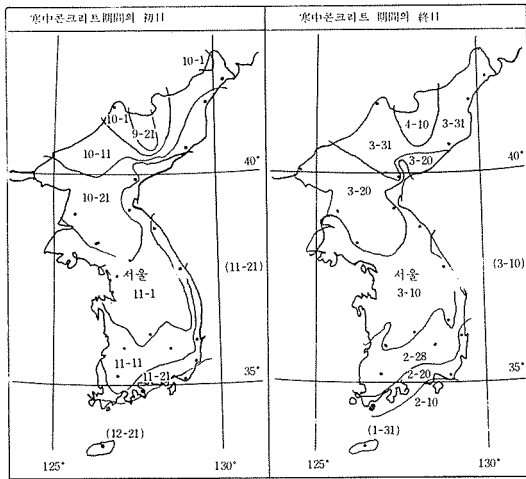


그림 2. 積算溫度 $M=420^{\circ}D.D$ 로 求한寒中콘크리트의 適用地域과 期間

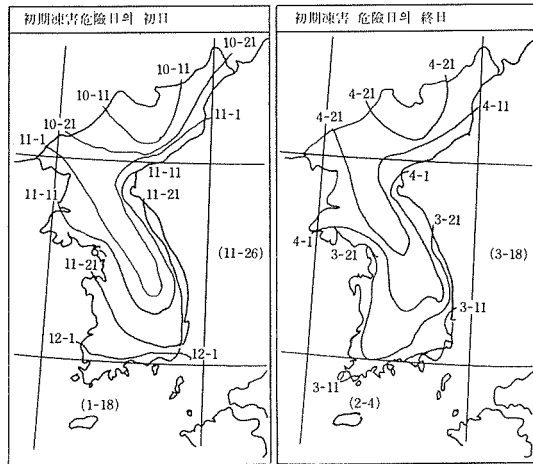


그림 3. 初期凍害危險日의 初日과 終日 (日最低氣溫이 $-2^{\circ}C$ 以下로 되는 5年間 平均日)

또한 한중콘크리트 施工에 대한 한국의 氣象條件⁵⁾을 검토하여보면 한국의 寒候期의 平均氣溫이 낮은 반면, 한후기의 강수량이 현저하게 적은것을 나타내고 있어 콘크리트의 凍害에 대한 濕潤要因⁷⁾보다도 온도요인의 영향이 큰것으로 나타나고 있음으로 경화콘크리트의 耐凍害性보다도 寒中콘크리트 施工에 있어서 初期

凍害의 防止¹⁰⁾가 무엇보다도 중요한 것으로 나타나고 있다.

본연구는 콘크리트의 初期凍害에 영향을 미치는 여러요인중 AE劑에 의한 엔트레인드·에어 (entrained-air)를 주요인으로하여, 기타의 諸要因과 比較檢討를 行하여 初期凍害에 대한 空氣量의 影響을 단순히 定性的으로뿐만 아니라 定量的으로 파악구명하는데 그 목적이 있다. 즉 아직까지 충분하게 구명되어 있지않은 콘크리트의 初期凍害와 空氣量간의 相關關係¹¹⁾를 명확히하여 종래 壓縮強度만으로 표시되어온 初期凍害耐力에 대하여 空氣量의 概念을 加하여 보다 확실하고 정확하게 콘크리트의 초기동해 방지를 기하는데 있다.

II. 研究計劃 및 研究方法

1. 실험계획 및 사용재료

表 3과 같이 I, II, III시리즈는 초기재령 즉 凍結融解開始時의 강도, 공기량, 동결최저온도, 동결융해회수, 콘크리트종별등의 제요인의 영향을 검토하고 강도상의 물시멘트비 60%, 비빔 온도 $15^{\circ}C$ 목표슬럼프 18cm로 하여 材齡을 20, 30, 40, 50, 60D.D의 5종류 공기량은 AE劑 混入率을 0.00, 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04%의 6종류, 동결융해회수는 5회와 10회의 2종류로 했다. 동결최저온도는 I, III시리즈에서는 $-18^{\circ}C$, II시리즈에서는 $-10^{\circ}C$ 로 했다.

I시리즈에서는 동결융해후 28일간 濕空 또는 水中養生을 한후 인장강도시험과 동탄성계수의 측정을 行하여 동결융해를 받지 않은 건전시편체와 비교하여, 초기동해를 받은경우의 강도증진을 검토했다.

I II III시리즈에서는 소정의 적산온도가 얻어진 단계에서 동결융해 시험을 行하였다. 또한 동시에 만든 공시체로 동결융해 개시시의 인장강도와 압축강도를 측정하였다. 동결융해 시험

표 1. 한중콘크리트의 적용지역과 기간

(1) 寒中콘크리트의 適用地域과 期間
(370°D. D.의 경우)

(2) 寒中콘크리트의 適用地域과 期間
(420°D. D.의 경우)

寒中콘크리트의 適用地域		適用期間	
咸鏡北道	茂山 會寧 雄氣*	左	10月11日~3月20日
	清津*, 城津*		10月21日~3月20日
咸鏡南道	豐山	左	10月1日~4月10日
	三水 北清, 威興*		10月1日~3月31日
	元山*		11月1日~3月10日
平安北道	慈城, 江界 熙川, 新義州*	左	10月11日~3月20日
平安南道	德川, 陽德 鎮南浦, 平壤 順川*		10月21日~3月20日
黃海道	黃州, 載寧, 谷山 海州*, 長淵	에	11月1日~3月10日
京畿道	開城 楊平, 加平 서울*, 水原, 平澤 仁川*		11月11日~3月10日
江原道	平昌, 旌善, 鐵原	準	11月1日~3月10日
	原州, 橫城		11月1日~2月28日
	通川 江陵*, 三陟		11月11日~2月28日
忠清北道	提川 報恩, 永同, 丹陽	하	11月1日~3月10日
忠清南道	大田, 公州, 洪城 錦山, 唐津, 溫陽 論山, 瑞山, 大川		11月11日~2月28日
慶尙北道	青松, 榮州, 金泉 大邱*, 慶州, 金泉 永川 浦項*	地	11月11日~2月28日
慶尙南道	居昌, 咸陽 密陽 蔚山*, 河東, 晉州 馬山 釜山* 忠武		11月21日~2月20日
全羅北道	茂朱 全州*, 南原, 群山 金堤, 井邑, 裡里	域	11月11日~2月28日
全羅南道	光州*, 寶城, 求禮 長城, 羅州 木浦* 順天 麗水*, 珍島 玩島		11月21日~2月20日

寒中콘크리트의 適用地域		適用期間	
咸鏡北道	雄基*, 茂山, 會寧 清津*, 城津*	左	10月11日~3月31日
咸鏡南道	豐山, 三水 威興* 北青, 元山*		10月21日~3月31日
平安北道	慈城, 江界 熙川 新義州*	에	9月21日~4月10日
平安南道	平壤*, 德川, 陽德 順川 鎮南浦		10月21日~3月31日
黃海道	谷山 黃州 載寧 海州*, 長淵	準	10月21日~3月20日
京畿道	서울*, 開城, 楊平 加平, 水原 平澤, 仁川*		10月21日~3月10日
江原道	鐵原, 金化 平昌, 旌善, 原州 橫城, 通川 江陵*, 三陟	하	11월 1일~3월 10일
忠清北道	提川 報恩, 永同, 丹陽		10月21日~3月20日
忠清南道	大田, 公州, 洪城 錦山, 唐津, 溫陽 論山, 瑞山, 大川	地	10月21日~3月10日
慶尙北道	青松, 榮州, 金泉 大邱*, 慶州, 金泉 永川 浦項*		11월 1일~3월 10일
慶尙南道	居昌, 咸陽 密陽 蔚山*, 河東, 晉州 馬山 釜山* 忠武	域	11월 1일~3월 10일
全羅北道	茂朱 全州*, 群山 裡里, 南原, 金堤 井面		11월 11일~3월 10일
全羅南道	光州*, 寶城, 求禮 長城, 羅州 木浦* 麗水*, 順天 珍島, 玩島	城	11월 11일~3월 10일
濟州道	濟州*		11월 21일~2월 28일

[註] 1) 1975년에 있어 邑規模(인구 30,000이상)로 氣象資料가 있는 都市로 대표함.
2) 氣象資料는 氣象官署의 地點(*표)은 1931년~1960년의 日平均氣溫平年值를 사용, 이 외의 지점은 1931~1960년의 月平均 氣溫을 사용.

[註] 1) 1975년에 있어 邑規模(人口 30,000이상)로 氣象資料가 있는 都市로 대표함.
2) 氣象資料는 氣象官署의 地點(*표)은 1931년~1960년의 平均氣溫平年值를 사용, 이 외의 지점은 1931년~1960년의 月平均氣溫을 사용.

표 2. 平均氣溫 및 日最低氣溫의 平均

地名	北緯	높이 (m)	平均氣溫 (°C)						最低氣溫의 平均 (°C)					
			11月	12月	1月	2月	3月	4月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
雄基	42°19'	88	1.2	-6.1	-9.3	-6.6	-1.0	5.4	-2.8	-9.8	-13.0	-10.6	-4.9	1.4
清津	41°47'	87	3.1	-4.0	-7.5	-5.5	0.5	5.7	-1.6	-9.1	-12.4	-10.6	-3.9	1.4
中江鎮	41°47'	313	-3.1	-15.1	-20.8	-15.3	-4.0	6.5	-8.8	-22.3	-28.8	-24.3	-10.8	-0.3
城津	40°40'	31	4.0	-2.9	-5.7	-4.0	0.8	6.6	-0.3	-7.3	-10.8	-8.7	-3.3	2.6
新義州	40°06'	6	2.8	-6.1	-9.3	-5.8	0.9	8.6	-2.2	-10.4	-14.2	-10.8	-3.6	3.5
威興	39°58'	19	3.9	-3.5	-5.1	-3.0	2.1	6.8	-0.9	-8.6	-10.9	-8.6	-3.3	3.2
元山	39°11'	35	5.8	-0.9	-3.8	-2.4	2.5	9.7	1.4	-5.1	-8.1	-6.7	-1.6	4.8
平壤	39°01'	27	3.4	-4.8	-8.1	-4.8	1.7	9.5	-1.4	-9.6	-13.3	-9.9	-3.2	3.6
長箭	38°44'	34	7.6	0.0	-1.8	-1.0	3.3	10.7	3.8	-3.3	-5.7	-4.8	-0.2	6.2
新幕	38°25'	126	3.5	-4.9	-8.1	-4.9	2.1	9.2	-2.5	-9.6	-14.4	-11.4	-4.0	2.6
海州	38°02'	79	6.5	-1.6	-5.0	-2.8	3.0	9.8	2.2	-5.4	-9.1	-7.0	-1.1	5.4
江陵	37°45'	26	8.8	2.4	-1.0	0.3	4.7	11.5	4.4	-1.7	-5.2	-3.8	0.4	6.5
서울	37°34'	86	6.3	-1.2	-4.9	-1.9	3.6	10.5	1.3	-5.4	-9.5	-6.5	-1.1	5.3
仁川	37°28'	69	7.2	-0.4	-4.0	-1.6	3.4	9.7	3.0	-4.2	-7.8	-5.3	-0.3	6.0
鬱陵島	37°29'	221	9.7	3.9	0.6	1.1	4.5	10.2	7.2	1.4	-1.9	-1.3	1.7	7.3
秋風嶺	36°13'	246	6.7	0.2	-3.1	-0.7	4.8	11.0	1.5	-4.2	-7.2	-5.2	-0.6	5.2
浦項	36°03'	46	9.9	3.4	0.6	2.2	6.1	12.1	4.9	-1.3	-4.0	-2.6	1.3	7.1
大邱	35°53'	58	7.8	1.4	-1.6	0.6	5.7	12.1	2.5	-3.1	-6.2	-4.2	0.3	6.1
全州	35°49'	51	7.8	1.7	-1.7	0.2	5.0	11.3	2.7	-2.7	-6.1	-4.2	-0.1	5.6
蔚山	35°33'	32	9.0	3.2	0.4	2.1	6.0	11.5	3.8	-1.7	-4.5	-2.7	0.9	6.1
光州	35°09'	35	8.2	2.4	-0.6	1.1	5.7	11.4	2.9	-1.9	-4.8	-3.3	0.4	5.4
釜山	35°06'	69	11.1	5.0	1.8	3.6	7.3	12.5	7.4	1.3	-1.9	-0.3	3.5	8.9
木浦	34°47'	31	10.3	4.3	1.0	2.1	5.9	11.5	6.5	0.8	-2.3	-1.3	2.1	7.5
麗水	34°44'	67	10.9	4.5	1.5	3.0	6.8	12.3	7.6	1.3	-1.8	-0.5	3.2	8.9
濟州	33°31'	22	12.1	7.6	4.8	5.2	8.0	12.3	8.6	4.4	1.9	2.1	4.4	8.3

체는 5 회 또는 10회의 凍結融解후에 인장강도 시험을 행하였다. IV시리즈는 물시멘트比와 슬럼프의 영향을 주로 검토한 것으로 강도상의 물멘트비 40%에서는 슬럼프 18cm, 60%에서는 슬럼프 8 cm, 18cm의 2종의 콘크리트를 작제하였다. 이 경우 초기양생의 적산온도는 4종, AE劑 혼입율은 0.00%~0.03%의 4종류에 관하여 동결융해 회수는 5회만 하였다.

또한 AE劑를 사용하지 않은 콘크리트와 표

준적인 AE劑 혼입율 0.03%의 콘크리트에 대하여 경화후 공기분포를 현미경 관찰로 비교 검토하고 일부에서는 소성의 양생후의 초기재령의 콘크리트에 대하여 細孔經分布를 수은압입법으로 측정하였다. 본 시험에 사용한 시멘트 및 골재의 물리시험 결과는 각각 표 4 및 표 5와 같고 혼화제는 빈솔을 시멘트 중량에 대한 혼입율을 변경하여 사용하고 물은 청정한 지하수를 사용했다.

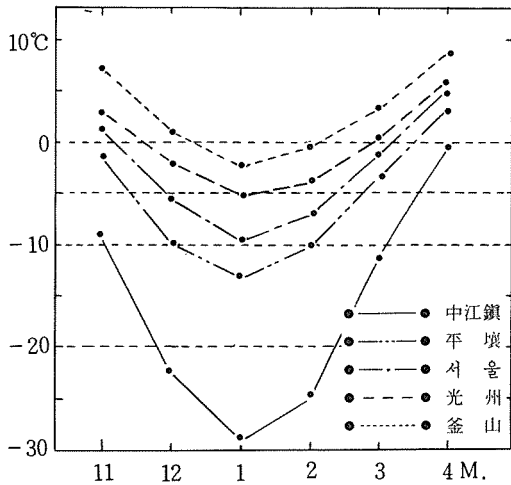


그림 4. 전국 각지의 日最低氣溫平均의 比較

2, 공시체의 제작 및 양생방법

프레인콘크리트 (Plain Concrete)의 調合은 일본건축학회의 콘크리트 조합설계 조합관리 품질검사 지침안·동해설 중의 참고조합표를 기초로 시험비빔을 행하여 결정하였다. 또한 AE제를 사용하는 경우는 공기량 증가에 따라 강도저하와 워커빌리티 (Workability) 향상이 예견되므로 단위시멘트량을 프레인콘크리트와 거의 동일하게 하고 단위 조골재량을 변화시키지 않고 단위수량만 감소시켜 프레인콘크리트와 동일강도, 동일스럼프를 얻을것을 목표로 시험비빔을 행하여 조합을 표 6과 같이 결정 하였다. 콘크리트의 비비기 및 치기는 콘크리트의 강도

표 3. 實 驗 計 劃

시리즈	콘 크 리 트				凍結融解試驗			付隨實驗項目		
	種別	W / C (%)	슬럼프 (cm)	A E 劑 混入率 (C×%)	最低 溫度	返 復 回數 (사이클)	試 驗 開 始 時 的 積算溫度 (°D·D)	水 銀 壓入 試驗	顯 微 鏡 觀 察	4 週 壓 縮 強 度 試 驗
I	普通	60	18	0.00	-18	5	20			
II				0.005						
III	1種 輕量			0.01	-10	10	30			
				0.02			40			
IV	普通	40	18	0.03	-18	5	50	○	○	○
				0.04			60			
				0.00						
				0.01						
		60	8	0.02						
		60	18	0.03						

표 4. 시멘트의 物理試驗結果

시리즈	比重	凝 結		安全 性	플로우 值 (mm)	휨 強度 (kg/cm ²)			壓 縮 強度 (kg/cm ²)		
		始 結 (時-分)	終 結 (時-分)			3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日
I - III	3.15	2 - 45	3 - 40		245	34.2	47.1	72.7	147	240	411
IV	3.15	2 - 50	3 - 50		242	34.1	48.3	69.9	150	242	412

표 5. 骨材의 物理試驗結果

骨 材 種 別		實 驗 시리즈	最大 值數 (mm)	組粒率	表乾 比重	吸收率 (%)	單位容 積重量 (kg/l)	實積率 (%)
잔 골 재	廣 島	I, II, III	5	2.55	2.65	1.69	1.74	66.9
		IV	5	2.54	2.63	2.79	1.70	66.4
굵은 골재	廣 島	I, II, III	20	6.53	2.58	2.59	1.63	64.9
	人工輕量(B)	III	5	6.37	1.30	6.80	0.804	65.9

표 6. 콘크리트의 調査과 아직굳지 않은 콘크리트의 試驗結果

시 리 즈	AE劑* 混入率 (C×%)	調 合					아직굳지 않은 콘크리트			
		W / C (%)	單 位 水 量 (kg/m³)	絶對容積 (1 / m³)			슬럼프 (cm)	空氣量 (%)	비 빔 온 도 (°C)	單位容 積重量 (kg/l)
				시멘트	細骨材	粗骨材				
I	0.00	60	185	98	332	375	18.0	1.8	12.8	2.36
	0.005	59	183	98	329	375	19.0	2.5	15.0	2.34
	0.01	58	180	99	326	375	17.5	3.4	14.4	2.32
	0.02	56	175	99	321	375	18.0	4.1	14.8	2.30
	0.03	54	170	100	315	375	18.0	5.0	14.5	2.27
	0.04	52	165	101	319	375	16.5	6.0	14.8	2.25
II	0.01	60	185	98	332	375	18.0	1.3	16.8	2.36
	0.005	59	183	98	329	375	18.0	1.9	15.6	2.35
	0.01	58	180	99	326	375	19.0	2.5	16.0	2.34
	0.02	56	175	99	321	375	18.0	3.7	16.0	2.31
	0.03	54	170	100	315	375	17.5	5.2	14.7	2.27
	0.04	52	165	101	309	375	17.0	5.7	14.3	2.25
III	0.01	60	187	99	366	338	17.5	1.8	15.7	1.99
	0.005	59	185	99	363	338	17.0	2.3	15.6	1.98
	0.01	58	182	100	360	338	18.0	3.3	13.5	1.96
	0.02	56	177	100	355	338	20.0	4.0	13.5	1.92
	0.03	54	172	101	349	338	18.0	5.9	15.9	1.90
	0.04	52	167	102	343	338	16.5	6.3	15.6	1.88
IV	0.00	40	203	161	250	376	19.5	1.3	15.0	2.35
	0.01	39	197	161	246	376	19.0	2.2	16.0	2.34
	0.02	38	193	161	240	376	18.0	3.8	12.5	2.29
	0.03	37	189	161	234	376	18.0	4.9	12.3	2.25
	0.00	60	167	88	315	420	8.5	1.1	14.5	2.33
	0.01	58	162	89	310	420	8.0	2.2	15.0	2.33
	0.02	56	157	89	304	420	7.0	2.8	17.0	2.33
	0.03	54	152	89	299	420	7.0	4.0	17.3	2.34

	0.00	60	187	99	331	373	18.5	1.4	15.3	2.34
	0.01	58	182	100	325	373	19.0	1.8	16.2	2.34
	0.02	56	177	100	320	373	19.0	3.8	12.5	2.29
	0.03	54	172	101	314	373	18.5	3.7	16.5	2.29

(註) *시멘트 重量에 대한 百分率.

시험용 공시체제작방법에 준하여 비빔온도 15℃를 목표로 4분비빔(2분비빔→1분휴지→2분비빔)으로 하였다. 비빔후의 콘크리트는 슬럼프 공기량, 단위용적중량 비빔온도를 측정하였으며 동결융해시험 및 강도시험용의 공시체는 10×20cm의 실린더형 강제모울드에 콘크리트를 친후 콘크리트의 수분이 증발하지 않도록 비닐로 봉합하여 10℃ 항온박스에서 소요의 적산온도 즉 소요의 초기강도를 얻을 때까지 초기양생을 하였다. 또한 초기양생온도는 방수처리한 열전대를 중심부에 매입한 10×20cm의 실린더형시험체를 작성하여 자기온도기록계에 의한 기록으로 소정적산온도 달성을 확인하였다.

3. 아직 굳지않은 콘크리트의 강도시험 및 동결융해시험

1) 아직 굳지않은 콘크리트의 시험.

슬럼프는 콘크리트의 슬럼프시험방법, 공기량은 굳지않은 콘크리트의 공기량의 압력에 의한 시험방법, 또한 단위용적중량은 콘크리트의 단위용적중량 시험방법 및 공기량의 중량에 의한 시험방법에 따라 측정하고 콘크리트비빔온도는 봉상알콜온도계를 사용하여 측정하였다.

2) 동결융해 시험

① 동결융해 시험방법

동결융해시험은 ASTM C666-75¹⁹ 「急速凍結融解에 대한 콘크리트의 내구성에 관한 標準試驗」에 준한 급속기중동결 수중융해방법으로 시험장치는 전자동기중동결수중융해조를 사용하여 1회의동결융해에 요하는 시간은 4시간(동결2.5시간 융해1.5시간)으로 하고 동결융해횟

수는 I II III시리즈에서는 5회 및 10회로 하고 IV시리즈에서는 5회만 하였다. 또한 온도범위는 I, II, III시리즈에서는 -18℃~+10℃, II시리즈에서는 -10℃~+10℃로 했다. 동결융해시험의 시험체온도 및 槽内温度的 온도곡선의 예시로 그림 5와 같다.

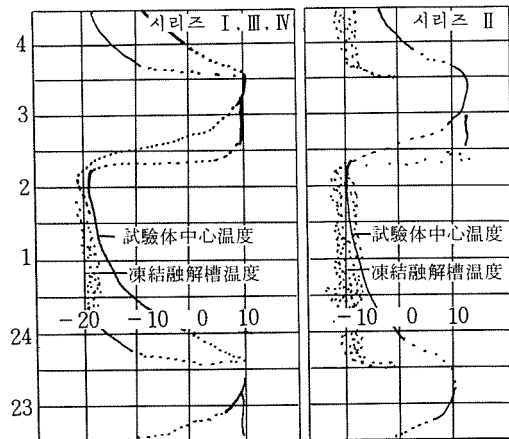


그림 5. 試驗體 및 凍結融解槽의 溫度曲線의 例

② 콘크리트의 열화의 판정

소정의 적산온도에서 압축강도와 인장강도의 시험을 행하여 동결융해 개시시에 있어서 인장강도(Fn)을 구하고 동결융해 5회 또는 10회후의 시험체에서 표면상황균열(Cracks)의 유무를 관찰한후 인장강도 시험을 행하여 동결융해 후의 인장강도(fn)을 구했다. 그러나 5회의 동결융해를 가하는 사이에 약 8°D·D의 적산온도의 증가가 있었으므로 동결융해 개시시 부터의 적산온도의 증가를 고려한 경우의 강도(Fn')를 강도증진곡선으로부터 추정하여 추정인장강도

비 (f_n/F_n')를 통해 열화의 지표로 했다.

또한 기포에 관한 제 지표는 ASTM C457-71¹³⁾에 준하여 올림퍼스 광학공업제 만능금속 현미경(PMD)를 사용하여 linear traverse 법으로 측정했다. 그리고 세공경분포의 측정은 수은압입포로시미터(미국 Micrometric Instrument Corporation제로 최고가압능력 300psi (210 kg/cm²))로 세공경분포의 측정을 행하였다.¹⁴⁾

III. 연구결과 및 고찰

1. 아직 굳지않은 콘크리트의 물성 및 초기 재령에 있어서 인장강도와 압축강도의 관계.

아직 굳지않은 콘크리트의 물성은 표 6과 같고, AE제 혼입율과 공기량의 관계는 그림 6과 같이 거의 직선적인 관계를 보여주고 있다. 초기재령에 있어서 인장강도와 압축강도의 관계는 그림 7과 같으며 이러한 관계는 洪¹⁵⁾의 초

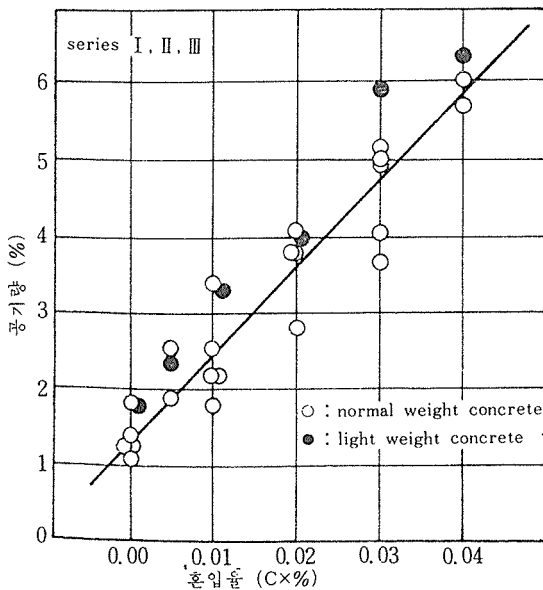


그림 6. AE劑 混入率과 空氣量의 關係

기재령에 있어서 100kg/cm²이하의 작은압축강도의 경우 압축강도 F_c 와 인장강도의 관계는 $F_c = 8 \times F_t^{1.015}$ 로 표시 할 수 있으며 간략화하여 압축강도는 인장강도의 약 8 배로 하면 안전하다고 보고 한 것과 동일한 경향을 나타내고 있다.

2. 압축강도와 공기량의 영향

그림 8은 적산온도를 지표로하여 동결융해 개시와 5회 및 10회의 동결융해 후의 인장강도를 AE제 혼입율비로 나타낸 것이다. AE제의 영향은 어느 시리즈에서도 명료하게 나타나 시리즈 I의 AE劑를 사용하지않은 콘크리트의 경우 적산온도 60°D·D를 경과해도 5회 또는 10회의 동결융해 후 강도저하가 현저하게 나타나고 있으나 AE제 혼입율의 증대 즉 공기량이 현저하게 증대함에 따라 동결융해 후의 강도저하가 거의 나타나지 않게되어 사용한 AE제의 표

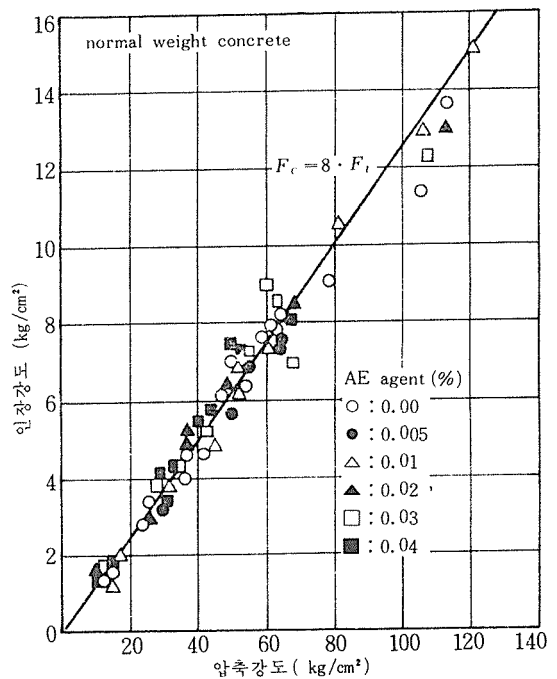


그림 7. 압축강도와 引張강도의 關係

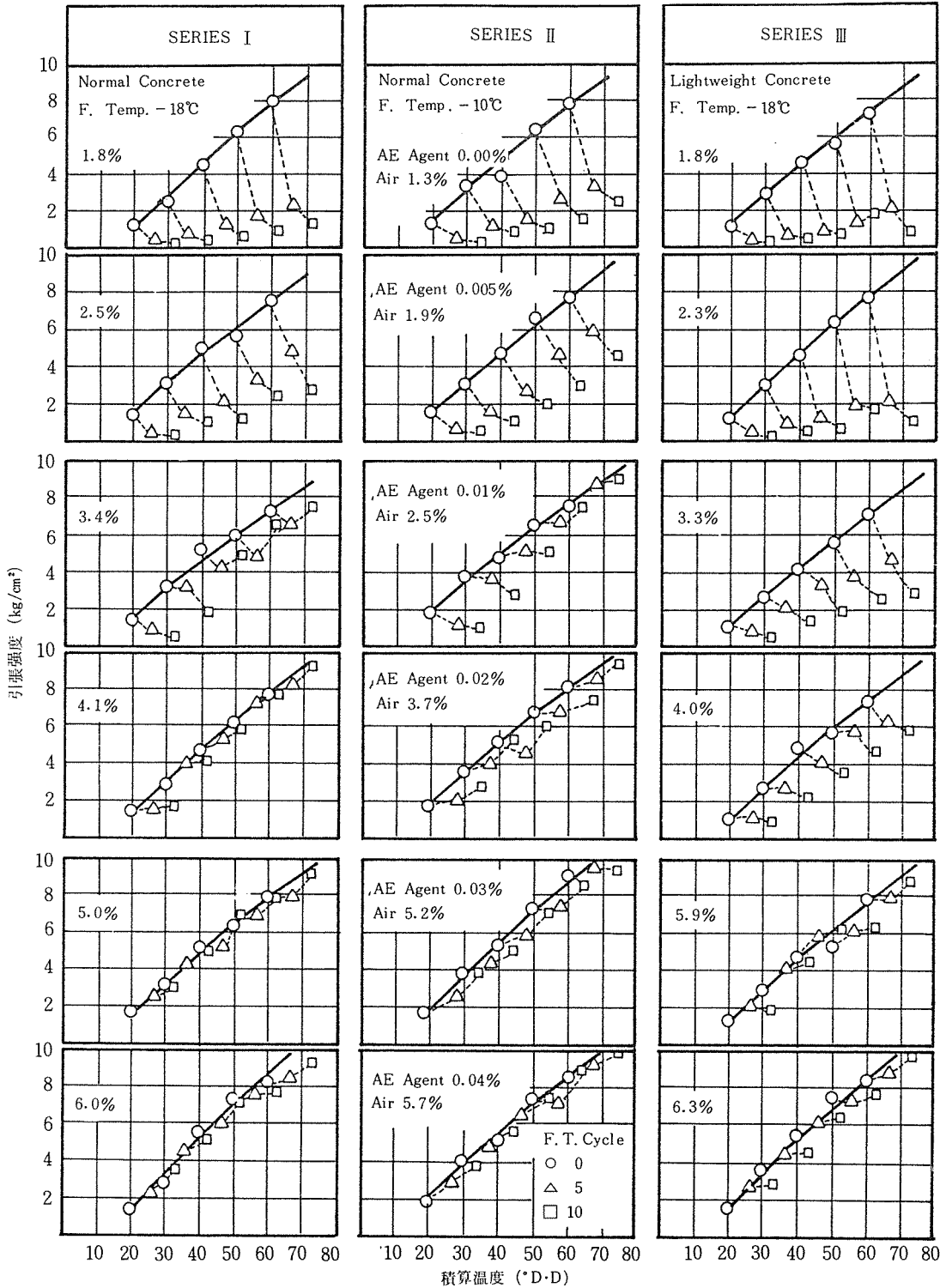


그림 8. 5 회 또는 10회의 초기동해를 받은 콘크리트의 인장강도에 대한 공기량의 효과

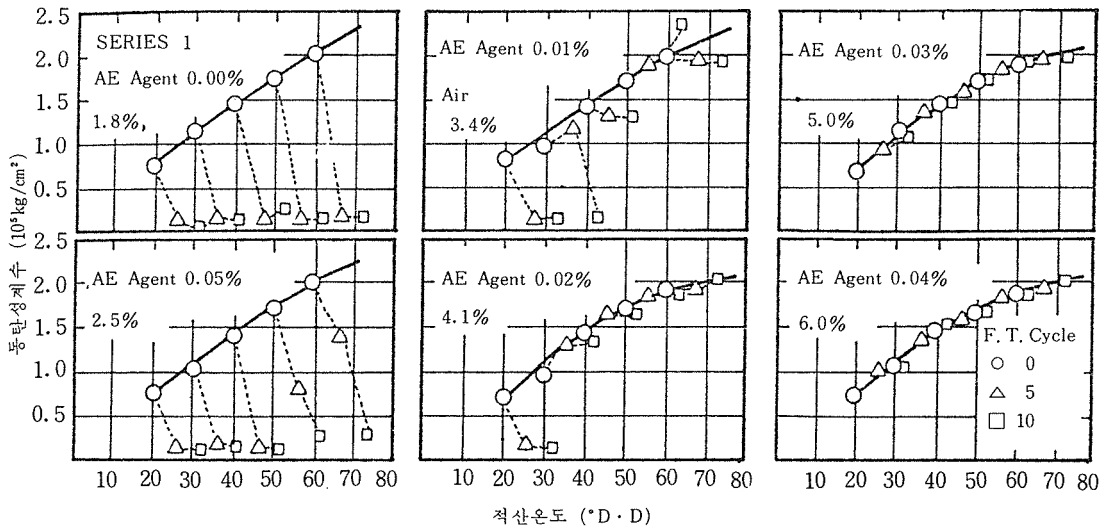


그림 9. 5회 또는 10회의 초기동해를 받은 콘크리트의 동탄성계수에 대한 공기량의 효과

준혼입물인 시멘트 중량의 0.03%를 혼입할 경우에는 동결융해 후의 강도저하는 거의 보이지 않고 있다. 이 경우 동결융해 중의 적산온도의 증가에 해당하는 강도증가가 있어 동결융해에 대한 악영향은 거의 없다고 보여진다. 또한 그림

9는 동결융해 전후에 있어서 동탄성계수를 나타낸 것으로 인장강도와 비슷한 경향을 나타내고 있음이 인정되었다. AE제 혼입물이 0.02% 이하에서는 적정치 이하인 공기량이 연행되므로써 T. C. Powers¹⁶⁾의 소위 기포에 의한 수압

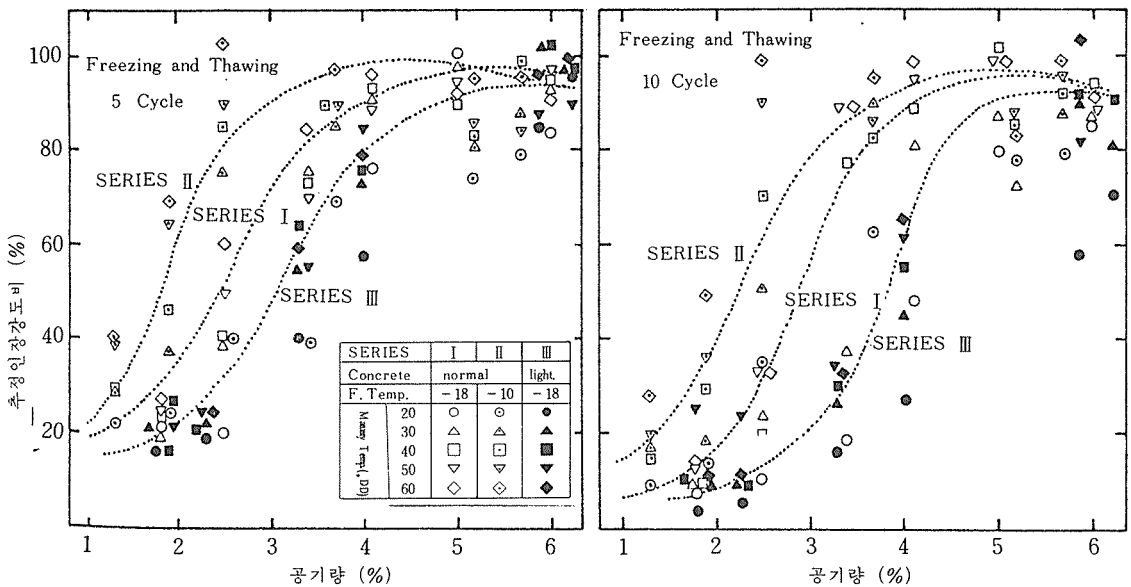


그림 10. 공기량과 추정인장강도비의 관계

의 완화기구가 불충분하게 형성되어 콘크리트의 내부에 눈에보이지 않는 小균열 (Small cracks) 이 발생하여 동탄성계수의 값이 저하한 것으로 보여진다. 그림10은 공기량과 추정인장강도비의 관계를 동결융해 5회 및 10회별로 나타낸 것으로 공기량의 증가에 따라서 초기 동해에 대한 저항력이 크게되는 것을 보여주고 있다. 극단적인 예이나 w/c=40%의 경우 동결융해 개시시와 적산온도가 50°D·D이고 압축강도가 100kg/cm²을 넘고 있으면서도 AE제를 사용하지 않은 경우에는 공기량이 1.3%에 불과하여 추정강도비 (fn/Fn')가 30%정도로 저하하므로 초기동해 내력을 압축강도만으로 규정하는 것은 결코 安全하다고 말할 수 없다.

또한 초기재령의 적산온도 즉 강도의 영향이 전혀 없다고는 말할 수는 없으나 AE제에 의하여 연행된 공기량이 초기동해에 대한 저항력에 큰 역할을 하고 있는 것으로 나타나고 있다.

3. 동결최저온도와 동결융해 반복횟수 및 콘크리트 종별의 영향

그림10은 실험시리즈 I II III에 의한 결과를 추정, 인장강도비와 공기량을 지표로하여 표시한 것으로 동결최저온도, 동결융해 반복횟수 및 콘크리트 종별, 동결융해 개시시의 적산온도가 표시되어 있다. 그림10에 의하면 동결온도에 한하여서는 공기량 4%미만인 콘크리트에서 차가 인정되어 동결최저온도가 낮은 쪽이 추정인장강도비가 적게 나타나 30%이상의 차까지 인정되었다. 동결융해 반복횟수의 영향은 공기량 5% 정도까지의 본실험의 범위에서 동일공기량으로 비교하면 동결융해횟수 10회의 경우는 5회의 경우에 비하여 추정강도비 (fn/Fn')의 값이 20~30% 저하됨을 보여주고 있다.

통상 흡수율이 높다고 생각되어지는 인공경량골재를 사용한 일종경량콘크리트와 보통콘크리트를 비교하면 공기량 5% 미만인 콘크리트에서는 동일공기량이라 하더라도 경량콘크리트의 인장강도저하율이 크게되어 추정강도비에서

20%정도의 차가 인정되었다. 謙田 洪¹⁷⁾ 흡수율이 높은 골재를 사용하면 콘크리트가 습윤상태로 되기 쉽고 또한 동결과정에서 그 수분이 경화시멘트페이스트중에 방출되어 모세관의 습윤 정도를 높게한다고 설명하고 있으나 보통 콘크리트에 비하여 흡수율이 높은 골재에 의한 일종경량콘크리트와 강도저하가 큰 사실을 설명할 수 있다고 보여진다.

4. 물시멘트비 및 슬럼프의 영향.

그림11은 적산온도를 지표로하여 물시멘트비

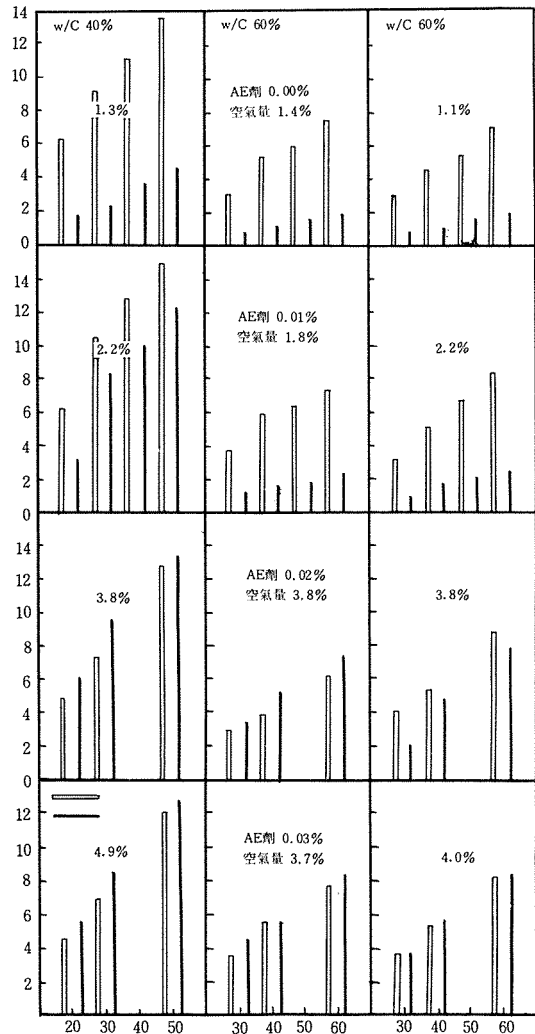


그림 11. 凍結融解前後의 引張強度의 比較

와 슬럼프의 영향을 검토하기 위하여 AE제 혼입율별로 동결융해 개시시와 소정횟수 동결융해 후의 인장강도를 비교한 것이다. 동결융해후의 인장강도를 동일적산온도에서 비교하면 강도상의 물시멘트비 40%의 경우 AE제의 혼입율이 약간 적어도 3.8%의 공기량이 연행되어 있어 인장강도의 저하가 나타나지 않고 있다. 또한 슬럼프의 차는 특별히 인정되지 않고 있다. 전술한 바와같이 그림11에 보여 주듯이 물시멘트비 슬럼프 또한 어느정도 이상의 적산온도보다도 공기량의 초기동해에 대한 저항력에 미치는 효과는 아주 큰 경향을 보여주고 있다.

5. 기포에 관한 제지표와 그의 고찰

표 7은 본실험인 IV시리즈에서 경화콘크리트인 현미경측정에 의해구한 기포에 관한 제지표를 나타낸 것이다. 물시멘트비 40%의 경우가 60%에 비해 기포인 평균弦長(\bar{l}) 및 氣泡間隔係數(\bar{L})가 적게 나타나고 있다. 기포간격계수와 내동해성인 상관관계에¹⁸⁾ 착목하면 3.3에서 논술한 바와같이 연행된 공기량과도 관계가 있으나 물시멘트비가 적은 경우가 어느정도 동결융해후인 인장강도비가 큰것을 뒷받침 해주고 있다고 볼 수가 있다. 또한 단위수량의 영향은 AE제를 사용하지 않은 콘크리트에서는 본 측정에

서도 명료하게 나타나 단위수량(슬럼프)이 적은 경우가 기포의 평균현장 및 기포간격계수가 적게 나타나고 있으므로 단위수량을 적게하는 것도 내동해성에 있어서 약간 유리하다고 생각되어지나 초기동해에 대한 저항력은 별로 그 차이가 크게 나타나지 않았다.

6. 세공경 분포에 관한 고찰

IV시리즈에서 행한 수은압입법에 의한 세공경 분포의 측정결과를 나타낸 그림12에 의하면 물시멘트비 40%의 경우가 60%에 비하여 세공 분포의 피크가 적은 반경쪽에 있고 충분히 경화

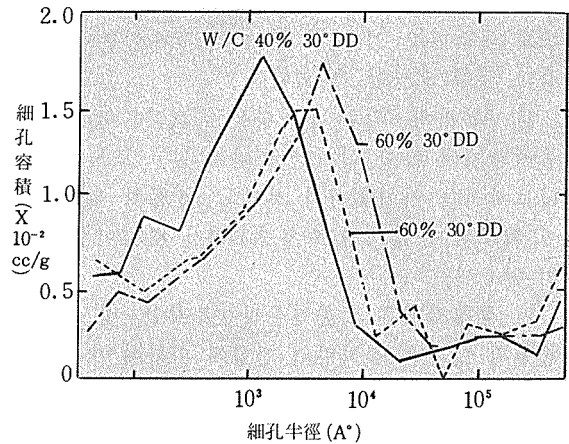


그림 12. 細孔半徑의 分布

표 7. 顯微鏡測定結果

시리즈	W/C (%)	슬럼프	AE劑混入率 (C×%)	아직 굳지 않은 콘크리트의 空氣量 (%)	硬化콘크리트의 空氣泡諸指標					
					페이스트 量 P (%)	氣泡의 平均弦長 \bar{l} (mm)	氣泡의 比表面積 a (mm ² /mm ³)	空氣量 A (%)	空氣 페이스트 比 A/P	氣泡間隔係數 \bar{L} (mm)
IV	40	18	0.00	1.3	36.4	0.131	30.5	0.94	0.0257	0.372
			0.03	4.9	35.0	0.096	41.8	2.20	0.0614	0.188
	60	8	0.00	1.1	25.7	0.235	17.0	1.10	0.0416	0.546
			0.03	3.9	24.1	0.135	29.6	2.00	0.0842	0.231
	60	18	0.00	1.8	28.6	0.363	11.0	1.50	0.0524	0.765
			0.03	5.8	27.3	0.166	24.1	3.60	0.1320	0.232

한 콘크리트의 경우와 동일한 경향을 나타내고 있다. 또한 물시멘트비 60%일 경우 적산온도 60°D·D의 경우가 30°D·D의 경우에 비하여 세공분포의 피크가 약간 작은 세공반경쪽으로 이동하고 있음을 보여주고 있다.

4. 결 론

보통 콘크리트에 대하여 추성인장강도비의 관계를 종합하여 정리한 그림13에 보여주는 바와 같이 콘크리트의 초기동해에 영향을 미치는 여러가지 요인중 공기량의 효과가 가장 현저한 것으로 나타나고 있다.¹⁹⁾ 본 연구결과로부터 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) AE제에 의한 공기량은 콘크리트의 초기동해방지에 아주 현저한 효과가 있고 보통 콘크리트에서는 치어붓기시 적어도 4%의 공기량이 확보되지 않으면 추성강도비가 80%이상 되지 않는다.

2) 동결최저온도 동결융해반복횟수 및 골재종별의 영향은 공기량의 영향에 비하여 아주 적다.

3) 동결융해 개시시의 강도 및 물시멘트비는 초기동해에 대한 저항력에 상당히 영향을 주나 단위수량은 본 실험의 범위 내에서는 확실한 영

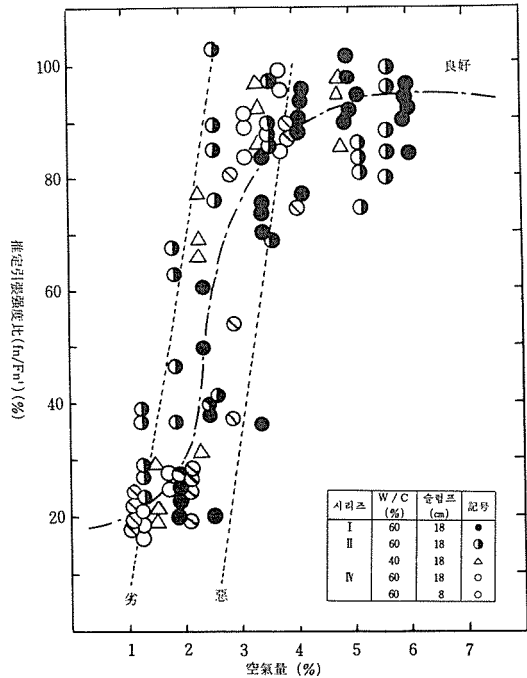


그림 13. 空基量과 推定引張強度比의 相開關係圖

향을 보여주지 않고 있다.

4) 초기동해를 받은 콘크리트의 강도증진은 수중 또는 습윤양생에 있어서는 어느정도 기대할 수 있으나 실제의 시공에 있어서는 이러한 조건이 거의 없으므로 기대할 수 없다. *

參考文獻

- 1) Proposed Recommended Practice for Winter Concreting (ACI 604-55) ACF Journal, Proc., Vol. 52, 1955. pp. 113~130.
- 2) 金武漢, 콘크리트의 初期凍害耐力に及ぼす空氣量の効果に関する研究 (第1報・普通 콘크리트의 均合), 日本建築学会論文報告集 No. 265, 昭53 pp. 1~10.
- 3) 金武漢, 寒中콘크리트施工에 대한 韓國의 地域조건에 관한 연구 (한중콘크리트의 적용지역과 그 기간), 大韓建築学会논문보고집 第23권 제89号 1979. 8, pp. 77~84.
- 4) 金武漢, 寒中콘크리트施工에 대한 韓國의 地域조건에 관한 연구 (한중콘크리트의 적용지역과 그 기간의 비교분석) 대한 건축학회논문 보고집, 第24권 第93號 1980. 4. pp. 64~71.
- 5) 金武漢, 韓國의 氣象條件下의 寒中콘크리트施工에 관한 基礎的研究 (凍結最低溫度의 影響), 大韓土木学会第27권 第1号 1979. 2. pp. 73~81.
- 6) 金武漢, 寒中 콘크리트의 氣象條件と初期凍害防止に関する研究, 北海道大学学位論文, 昭53.

-
-
- 7) 長谷川寿夫, コンクリートの凍害に対する 外的要因の研究, 北海道大学 学位論文, 昭50 pp. 18~57.
 - 8) W. A. Cordon, Freezing and Thawing of Concrete-Mechanisms and Control, ACI Monograph No. 3, pp. 23~24.
 - 9) 長谷川, 洪, コンクリートの 湿潤程度と耐凍害性の関係について, セメント技術年報 XXVIII, 昭49, pp. 311~314.
 - 10) 金武漢外, コンクリートの初期凍害に及ぼす凍結温度要因の影響に関する研究, 日本建築学会論文報告集 No. 267, 昭53, pp. 11~20.
 - 11) コンクリートの調査設計・調合管理・品質検査指針案・同解説, 日本建築学会, 昭51. pp. 95~96.
 - 12) ASTM. C666~75 Standard Method of Test for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.
 - 13) ASTM. C 457~71 Standard Recommended Practice of Microscopical Determination of Air-Void Content and Parameters of the Air-Void Strength in Hardened Concrete.
 - 14) 横山隆, コンクリートの初期凍害耐力に及ぼす空気量の影響, 北海道大学修士論文. 昭51. pp. 68~76.
 - 15) 洪悦郎, 初期凍害に対する AE コンクリート などの効果, セメント技術年報 XII, 昭33, pp. 273~276.
 - 16) T. C. Powers, A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete, Proc. ACI Vol. 41, 1945, pp. 245~272.
 - 17) 錢田, 洪, 人工軽量骨材コンクリートの凍害機構に関する考察, セメント技術年報 XXV, 昭46, pp. 285~288.
 - 18) J. E. Backstrom, R. W. Burrows, R. C. Mielenz and V. E. Wolkdoff, Origin, Evolution, and Effects of the Air Void System in Concrete Part 2-Influence of Type and Amount of Air-entraining Agent, ACI Journal, Proc., Vol. 55, 1958, pp. 271~272.
 - 19) 寒中コンクリート施工指針案・同解説, 日本建築学会, 昭53, pp. 149~153.



근로자는 주인의식
기업가는 공인의식