

# 습윤양생 장치를 이용한 아파트 측벽 균열제어에 관한 연구

## Study on the Crack Control Effect of Moist Curing Equipment in Side Wall of Building

김 대 건                      이 동 운\*

Kim, Dae-Geon              Lee, Dong-Woon\*

*Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Republic of Korea*

### Abstract

In this study, moist curing equipment was used in the exist gang-form system. By achieving sufficient spray curing, the quality of the concrete was improved and the cracking occurred in building's side wall was decreased. The following results could be made as the conclusion. For the compressive strength, all zones showed the similar results. Comparing with the zone without using moist curing equipment, the zone used moist curing equipment showed higher rebound hardness results. For the cracking, the zone utilized moist curing equipment showed the cracking averaged as 6.6m and the zone without using moist curing equipment showed the cracking averaged as 10.3m. The effect of reducing cracking by utilizing moist curing equipment is about 36%. Using moist curing equipment is considered as a good solution to reduce the cracking in the structure. Considering all the factors analysed, using moist curing equipment improved the quality of the concrete and decreased the cracking. When this equipment was used in the construction site, it is expected that the construction period can be shrunk and the ratio of defect caused by drying shrinkage can be decreased. In this research conditions, The 0.3mm sized moist curing equipment provided the most desirable results on concrete quality and preventing cracking.

Keywords : moist curing, side wall crack, gang-form system, crack control, construction site

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

국내 아파트의 외벽 거푸집공사의 경우 대부분 갱폼 시스템을 통해 철근콘크리트 구조체를 시공하고 있다. 갱폼 시스템은 콘크리트를 부어넣기 전 거푸집 부재를 대형화, 단순화시켜 한 번에 설치 및 해체할 수 있는 시스템화 된 거푸집으로 공동주택 같이 평면이 동일한 구조물에 외부 벽체 거푸집으로 주로 사용된다. 콘크리트를 타설 후 일정기간 양생시간

을 거쳐 거푸집 탈형을 한 콘크리트는 외부환경에 노출되고 특히, 건조한 봄, 가을과 일사량이 높은 서증시기의 벽량이 많은 아파트 측벽에 다량의 균열이 발생되어지고 있다. 이러한 균열은 구조체의 내구성 저하뿐만 아니라, 준공 후 건축주들에 의한 하자소송으로 상호 분쟁의 대상이 되고 있다[1]. 이에, 콘크리트 표준시방서에는 건축구조물에 대한 수요자들의 생활수준 향상에 따른 고품질화 요구에 만족하기 위한 방안으로 콘크리트를 부어넣은 후에는 7일 이상 거적 또는 시트 등으로 덮어 살수 또는 기타의 방법으로 수분을 보존하여야 한다고 되어있고, 기온이 높거나 직사광선을 받는 경우에는 콘크리트 면이 건조하지 않도록 충분히 양생하도록 명시되고 있으나[2], 공기가 촉박하거나 현장여건상 계약 공기 준수가 어려운 현장의 경우, 거푸집 조기탈형으로 인해 콘크리트가 충분히 양생되지 못하고 건조한 외부환경에 노출되어 소성수축 및 건조수축균열이 발생되고 있는 실정이다.

Received : August 28, 2016

Revision received : October 27, 2016

Accepted : February 15, 2017

\* Corresponding author : Lee, Dong-Woon

[Tel: 82-51-320-1931, E-mail: ldu21@hanmail.net]

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

따라서, 본 연구에서는 신축 아파트 건설현장 중심으로 균열량이 많은 아파트 측벽부분의 갱폼시스템에 습윤양생 자동설비장치를 적용하여 초기 콘크리트 양생에 필요한 수분을 공급함으로써 콘크리트의 품질확보와 다량의 측벽균열 저감을 통한 습윤양생 자동장치의 효율성 및 활용성을 검토하고자 한다.

**1.2 연구범위 및 방법**

이 연구는 P건설사의 아파트 건설현장을 중심으로 아파트 측벽에 대한 균열발생량을 조사하고, 균열 발생에 따른 하자비용 발생을 산출하여 이에 대한 문제의식을 진단하였고, 습윤양생 자동장치를 시공중인 아파트 현장에 적용하여 측벽에 나타나는 균열발생량을 산출하여 적용 유무에 따른 결과치를 비교하는 방법을 통해 습윤양생 자동장치의 효율성 및 활용성에 대해 검토하는 것으로 한다.

**1.2.1 균열발생현황 검토**

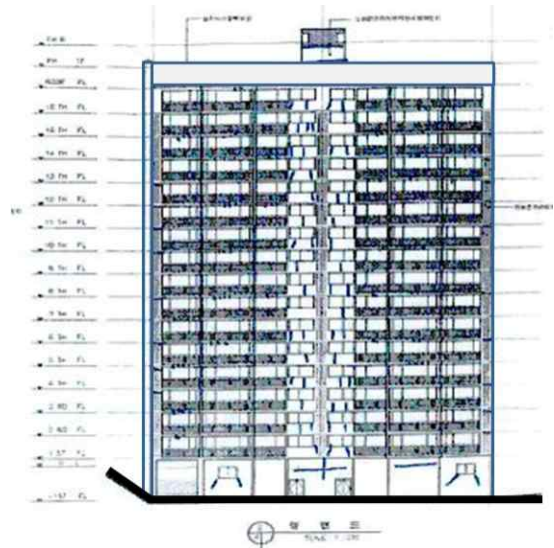
Table 1은 P건설사의 서울, 인천, 경기 등 총 11개 아파트 현장을 중심으로 균열감정 보고서를 통해 전체 균열 중측벽에 나타난 균열발생량을 검토한 것이며, Table 2는 균열하자비용이 전체 하자비용에 대하여 차지한 비율을 나타낸 것이다. 전반적으로 전체 균열발생에 대한 측벽균열발생 비율의 경우 평균적으로 약 30% 발생되는 것으로 나타났으며, 이때의 측벽균열 발생량의 경우 189m로 상당히 많은 양의 균열이 발생하는 것으로 조사되었다. 또한, 균열에 대한 하자비용의 경우에도 전체 균열발생에 대한 하자비용 중 측벽균열에 대한 하자비용이 약 30%정도 차지하는 것으로 나타났다. Figure 1은 실제 현장 균열 조사도를 나타낸 것으로, 균열 조사의 경우 전면 모두를 근접 조사할 수는 없었고, 확인한 균열만을 표시하였다.

**Table 1. Incidence of cracking**

Sphere	Object	Total amount of crack	Amount of crack(m)	
			Amount of outer wall cracks / Total amount of crack	Amount of side wall cracks / Total amount of crack
Seoul	A1	948	645	168
	A2	860	636	159
	A3	842	581	180
	A4	889	729	233
Gyeonggi	A5	872	680	252
	A6	855	710	234
	A7	932	634	171
	A8	915	613	159
	A9	844	582	157
Incheon	A10	856	631	164
	A11	814	659	204
Average		879	645	189

**Table 2. Incidence of repair costs**

Sphere	Object	Repair costs of all Cracks(%)	Repair costs(%)	
			Repair costs of outer wall Cracks(%)	Repair costs of side wall Cracks(%)
Seoul	A1	100	62	26
	A2	100	60	24
	A3	100	74	29
	A4	100	79	31
Gyeonggi	A5	100	91	36
	A6	100	80	32
	A7	100	64	25
	A8	100	65	26
	A9	100	65	26
Incheon	A10	100	63	27
	A11	100	76	30
Average		100	70	30



**Figure 1. Crack investigation of construction**

**2. 현장계획 및 적용방법**

**2.1 실험계획**

본 연구의 현장 적용 계획은 Table 3과 같고, 사용된 레미콘 배합사항은 Table 4와 같다. 먼저, ○○주공아파트 104동 현장에 대하여 습윤양생 적용구간과 미적용구간의 총 2수준에 대하여 0.3, 0.6, 1.0 및 1.2mm의 노즐 사이즈 별 발생하는 콘크리트 품질변화, 낙수량 및 발생된 균열길이를 비교하는 것으로 계획하였다. 실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 기초적인 품질시험을 진행하는 것으로 계획하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 별 압축강도 및 반발경도 시험을 진행하며, 습윤양생시 발생하는 낙수량과 습윤양생 후 발생하는 균열을 육안으로 관찰하여 발생하는 균열길이를 측정하는 것으로 계획하였다. 또한, 본 연구에서 사용한 재료는 모두 일반적인 국내산을 사용하였다.

Table 3. Field application plan

Factors		Levels	
Site		· ○○Housing Corporation Apts.	
Ready-mixed concrete	1	· 25-24-150	
Sprinkle curing	2	· Application section · Not applied section	
Moist curing automaton	4	· 0.3mm size · 0.6mm size · 1.0mm size · 1.2mm size	
Fresh concrete	3	· Slump · Air contents · Unit volume weight	
Hardened concrete	3	· Compressive strength(3, 7, 28 days) <sup>1)</sup> · Rebound hardness test(7, 28 일) · Amount of drop · Crack length	

1) Age of compressive strength

Table 4. Mixing proportions

W/B (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )				
			C	FA	S	G	AD
50	175	47	328	36	791	902	3.09

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 콘크리트의 기초 물성

굳지 않은 콘크리트의 시험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2421의 규정에 따라 측정하였다. 경화 콘크리트의 시험으로 압축강도는 Ø100×200mm 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 계획된 소정 재령에서 KS F 2405에 의거하여 표준적인 방법으로 실험을 진행하였다.

### 2.2.2 습윤양생 자동장치 제작

Figure 2는 습윤양생 자동장치 제작 과정을 나타낸 것이다. 먼저, 기존 건설현장에 사용되는 가설부스터 측벽에 습윤양생을 적용한다. 이때, 수직수평 배관내에 필터를 설치하여 노즐 및 배관막힘을 방지하도록 한다.

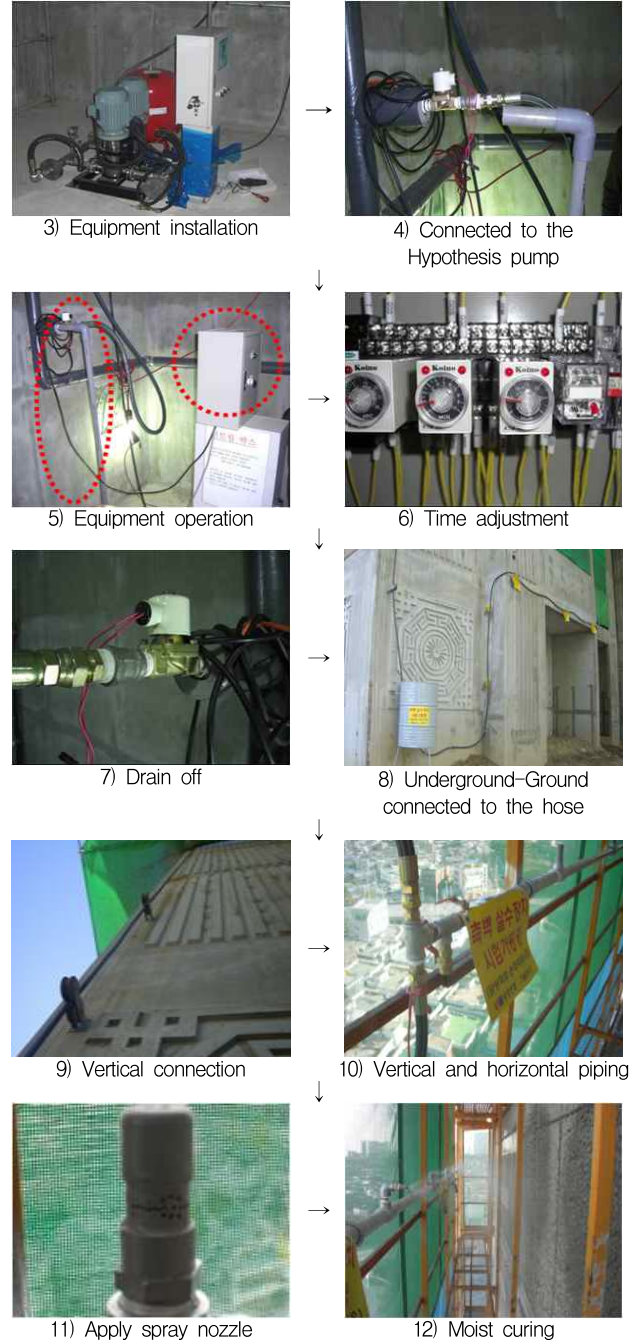
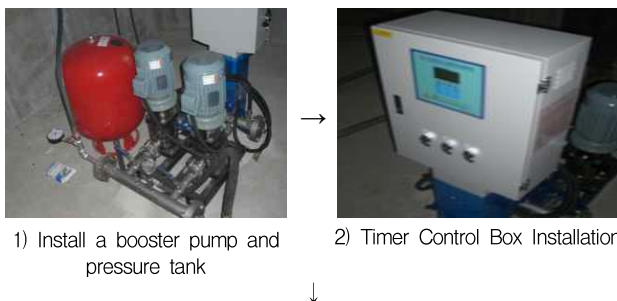


Figure 2. Moist curing automaton production process

### 2.2.3 습윤양생 자동장치 적용방법

Table 5는 공정별 습윤양생 자동장치 적용방법을 나타낸 것이다. 습윤양생 자동장치 작업의 경우 견출공정에 대한 연속작업을 위해 갱폼 탈형 후 콘크리트의 초기 양생을 위해 2일 동안 집중살수를 진행하는 것으로 하고, 살수의 경우 1분 살수 후 10분 정지를 24시간동안 반복하는 것으로 하며, 층별로 공정을 반복하여 연속적인 작업을 진행한다.



Table 5. Moist curing process

day	0 day	1day	2day	3day	4day	5day	6~7 day	8day
Process	Form and reinforced floor	Form in wall	Reinforcement in wall	Reinforced walls and form installation	Slab form	Slab form and installation of reinforced	Slab reinforced and electrical equipment	Placement of concrete
Gang form floor	Gang form of salvage	External wall installation of gang form						
Watering curing floor		24hours Concentration moist curing	-	-	-	-	-	-
Wrap up floor		-	-	-	Wrap up		Wrap up curing	

Figure 3은 습윤양생 자동장치의 적용구간 및 모습을 나타낸 것이다. 거푸집 작업층, 갱폼 설치층, 살수양생층, 견출층을 1세트로 층고의 변화에 따라 연속적인 작업을 진행할 수 있다. 또한, Figure 4는 시간별 실제 현장 습윤양생 적용구간의 모습을 나타낸 것으로, 습윤양생 자동장치를 통해 아파트 측벽의 양생이 균질하게 진행된 것으로 나타났다.

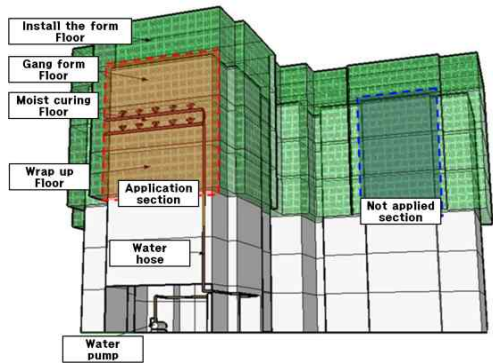


Figure 3. Appearance and moist curing automatic application interval



Figure 4. Appearance of moist curing automatic application site

### 3. 현장적용 결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Figure 5, 6은 L사의 반입된 레미콘의 타설물량의 로트(lot) 별로 레미콘 품질시험 결과를 나타낸 것이며, 이는 타설기간 총 물량의 평균값을 나타낸 것이다. 먼저, 타설한 슬럼프의 경우 레미콘 도착시 슬럼프 로스 없이 모두 목표 슬럼프 150±25mm를 만족하는 것으로 나타났으며, 공기량 역시 모두 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 단위용적질량의 경우 공기량에 영향에 의해 증가 또는 감소하는 비슷한 경향을 나타내었다.

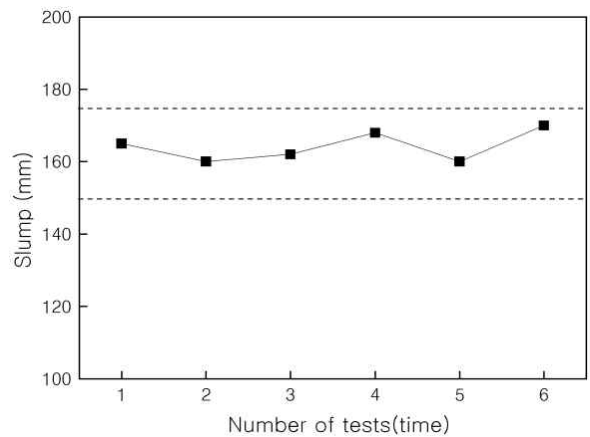


Figure 5. Ready-mixed concrete slump test results

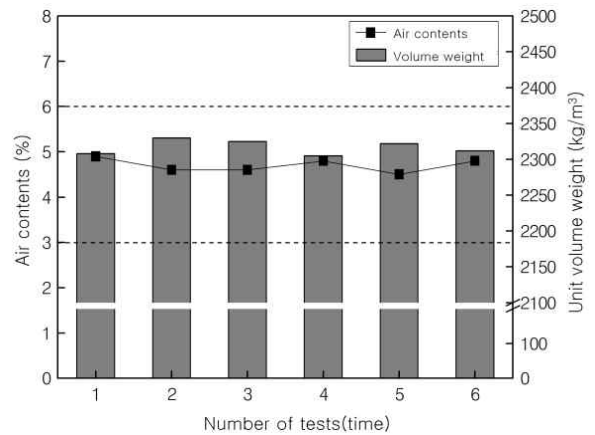


Figure 6. Air contents and unit volume weight test results

#### 3.2 경화 콘크리트의 특성

Figure 7은 L사의 반입된 레미콘의 타설물량의 로트(lot) 별로 압축강도 시험결과 평균하여 그래프로 나타낸 것이다. 경화 콘크리트의 압축강도는 재령 28일에서 10차 타설의

평균치가 약 24.9MPa로 호칭강도인 24MPa를 충분히 상회하는 것으로 나타났으며, 전반적으로 모두 유사한 경향의 압축강도 발현율을 나타내었다.

Figure 8은 습윤양생 적용 유무에 따른 재령 별 반발경도를 그래프로 나타낸 것이다. 먼저, 습윤양생을 적용한구간의 경우는 습윤양생을 미적용한 구간에 비해 높은 반발경도를 나타내었고, 특히, 일본재료학회에서 제시한 강도 추정식과 동경재료검사소에서 제시한 강도 추정식을 적용한 결과 재령 7 및 28일에서 습윤양생을 적용한 모든 구간이 습윤양생을 미적용한 구간에 비해 높은 추정 강도값을 나타내었는데, 이는 아파트 측벽 부분에 공정별 습윤양생 자동장치 사용에 따른 적절한 살수양생을 통해 콘크리트의 강도 및 품질이 향상됨에 따라 미적용구간에 비해 높은 반발경도와 추정강도를 나타낸 것으로 사료된다. 또한, Figure 9는 강도추정식 종류에 따른 재령 별 압축강도를 나타낸 것으로 재령 7일의 경우는 일본재료학회와 동경재료검사소에 의한 추정강도식이 비슷한 경향을 나타낸 반면에, 재령 28일의 경우는 동경재료검사소의 추정강도식에 비해 일본재료학회 추정강도식이 더 높은 값을 나타내었다.

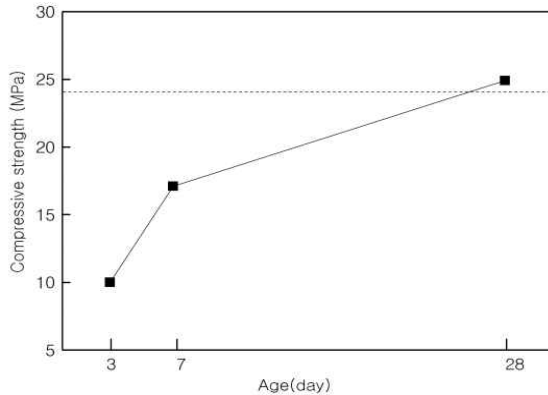


Figure 7. Compressive strength associated with age

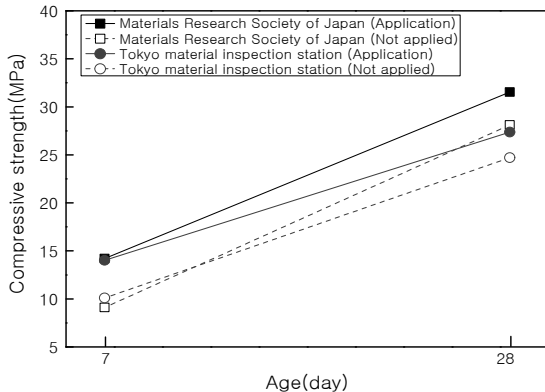


Figure 8. Compressive strength associated with age

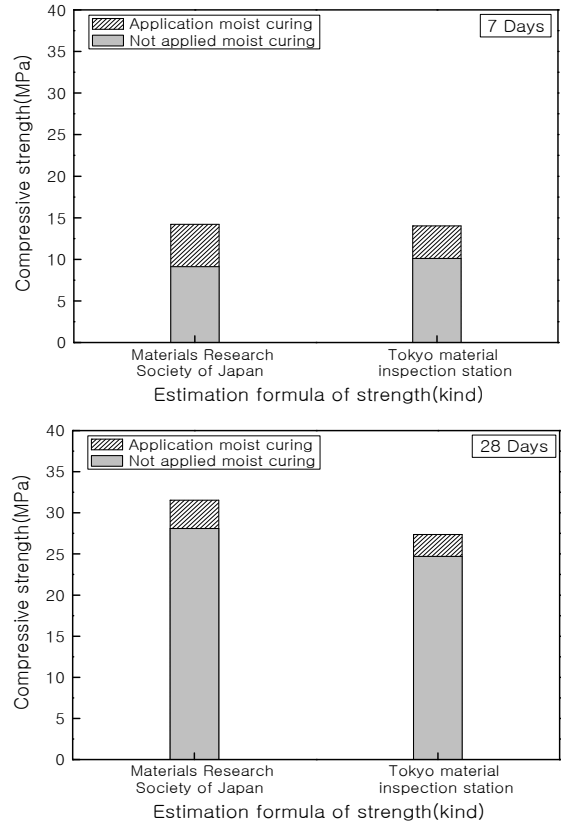


Figure 9. Compressive strength of materials by age according to the estimation formula of strength type

### 3.3 균열특성

Figure 10, 11은 습윤양생 노즐 사이즈 변화에 따른 아파트 측벽의 균열량을 그래프로 나타낸 것이다. 전반적으로, 습윤양생을 적용한 구간의 경우는 습윤양생을 미적용한 구간에 비해 균열량이 적게 나타났다. 특히, 노즐 사이즈 변화에 따른 균열발생량의 경우는 노즐사이즈가 증가할수록 균열발생량이 증가하는 경향을 나타내었는데, 먼저 0.3mm의 경우는 살수 방식이 안개분사식으로 0.6mm에 비해 약 8m정도 균열량이 적은 것으로 나타났고, 1.0mm에 비해 약 11m, 1.2mm에 비해 약 20m정도로 노즐 사이즈의 크기가 증가할수록 벽면에 공급되어지는 수분이 증가하여 균열이 적게 발생할 것으로 예상한 것과 달리 균열량이 적은 것으로 나타났는데, 이는 습윤양생 자동장치의 육안관찰 결과, 동일 입력에서의 노즐 사이즈 0.3mm의 경우는 넓은 면적에 분무형태의 분사가 이루어지는 반면에, 0.6mm의 경우는 0.3mm에 비해 다소 좁은 면적에 분무형태의 분사와 일부 물줄기 형태가 발생되었고, 노즐 사이즈가 증가할수록 분사의 면적 및 양이 감소됨에 따라 균열량의 차이가 발생된 것으로 판단

된다. 이에, 습윤양생을 적용한 구간에는 타설부위에 대한 균열량이 평균 6.6m로 나타난 반면에, 습윤양생을 미적용한 구간의 타설부위에 대한 평균 균열량이 10.3m로 나타나, 습윤양생을 적용한 구간이 미적용한 구간에 비해 약 36% 균열량이 저감한 것으로 나타났다. 또한, 전체 균열량의 경우에도 습윤양생 적용구간의 경우는 미적용구간에 비해 급격히 적은 균열량을 나타내었는데, 이는 전술한 바와 같이, 콘크리트 타설량이 많은 측벽부분에 습윤양생장치를 이용한 살수양생으로 콘크리트의 충분한 양생과 활발한 수화반응에 의하여 콘크리트의 품질이 향상됨에 따라 균열발생이 저하된 것으로 판단된다.

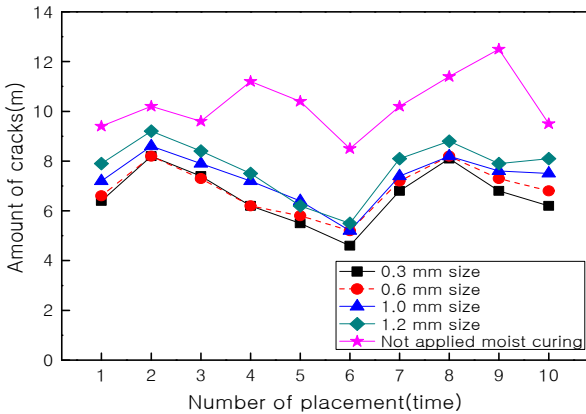


Figure 10. Cracks in the side wall with the change of moist curing nozzle size

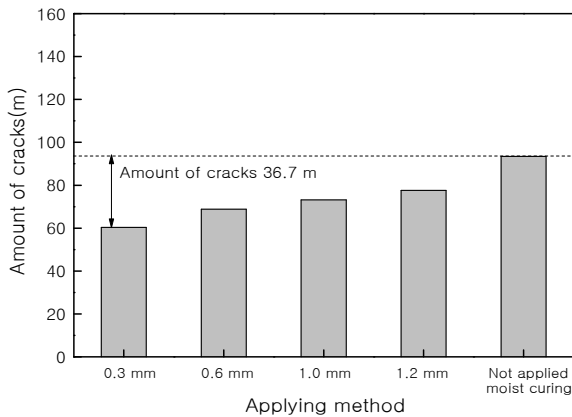


Figure 11. Total cracks in the side wall with the change of moist curing nozzle size

Figure 12는 경과시간에 따른 노즐 사이즈 별 낙수량을 나타낸 것이다. 먼저, 습윤양생 자동장치는 1분 살수 후 10분 정지를 24시간 동안 반복하여 2일동안 살수양생 하는 방법으로, 살수량 변화를 알아보기 위하여 노즐 사이즈 별

측정을 진행하였는데, 0.3mm 사이즈의 노즐의 경우 안개분무형식으로 측벽면의 적절한 살수를 진행하고, 일부 살수는 공기중에 건조되어 시간경과에 따라 측벽면을 통한 낙수량이 발생되지 않은 반면에, 0.6, 1.0 1.2mm 사이즈의 노즐의 경우 동일한 살수양생 방법임에도 불구하고, 일부는 분사식, 물줄기 형태의 분사에 의해 시간경과에 따라 측벽면을 통한 낙수량이 증가하는 것으로 나타났으며, 특히, 1.2mm 노즐 사이즈의 경우 살수 양생 24시간 경과시 약 125 L 정도의 많은 양의 낙수량이 나타나, 이에 대한 낭비가 초래될 것으로 예상된다.

따라서, 습윤양생 자동장치에 0.3mm 사이즈의 노즐을 사용하여 안개분무형식의 살수양생을 실시할 경우, 자원낭비 없이 콘크리트의 품질향상 및 균열저감에 효과적일 것으로 판단된다.

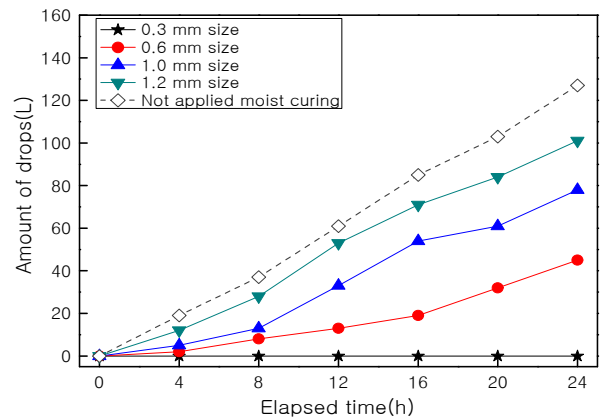


Figure 12. Nozzle size by dropping amount corresponding to the elapsed time

### 3.4 VE분석결과

본 공법에 대한 VE 분석결과는 AHP기법을 이용하여 공법대상으로 중요도를 산출하였고, Table 6~10은 습윤양생 자동화 장치를 이용에 따른 공법과 기존 습윤양생 공법에 대한 VE 분석결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 성능점수에서 기존 습윤양생 공법에 비해 습윤자동화 장치를 이용한 공법이 크게 나타났으며, 노즐 사이즈가 작을수록 높은 성능점수를 나타내었다. 이를 가중치와의 관계를 종합해본 결과, 가치점수로 습윤양생 자동화장치 공법 중 0.3mm 사이즈의 노즐을 이용할 경우 타 공법에 비해 높게 나타났고, 기존 습윤양생 공법에 비해 습윤양생 자동화 장치의 우수성을 나타내었다.

Table 6. Analysis of the VE method using existing moist curing

Evaluation items	Weight	Existing curing	
		Rating	Score
Defect	0.681	4.3	29.3
Procure of cost quality	0.319	4.7	15.0
Crack prevention	0.75	6.6	49.5
Procure of strength	0.25	6.1	15.3
Reduction of construction cost	0.725	4.5	57.3
Cost reduction of field management	0.275	4.3	11.8
Ease of uae	0.45	5.4	24.3
Collaboration with other process	0.55	4.4	24.2
Performance score		40.3	

Table 7. Analysis of the VE method using moist curing automaton(0.3mm)

Evaluation items	Weight	Moist curing automaton	
		Rating	Score
Defect	0.681	8.7	59.2
Procure of cost quality	0.319	8.5	27.1
Crack prevention	0.75	7.5	56.3
Procure of strength	0.25	7.6	19.0
Reduction of construction cost	0.725	7.9	32.6
Cost reduction of field management	0.275	6.3	17.3
Ease of uae	0.45	6.7	30.2
Collaboration with other process	0.55	6.5	35.8
Performance score		59.7	

Table 8. Analysis of the VE method using moist curing automaton(0.6mm)

Evaluation items	Weight	Moist curing automaton	
		Rating	Score
Defect	0.681	7.8	53.1
Procure of cost quality	0.319	8.2	26.2
Crack prevention	0.75	7.2	54.0
Procure of strength	0.25	7.3	18.3
Reduction of construction cost	0.725	7.6	55.1
Cost reduction of field management	0.275	6.0	16.5
Ease of uae	0.45	6.4	28.8
Collaboration with other process	0.55	6.5	35.8
Performance score		57	

Table 9. Analysis of the VE method using moist curing automaton(1.0mm)

Evaluation items	Weight	Moist curing automaton	
		Rating	Score
Defect	0.681	6.9	47
Procure of cost quality	0.319	7.8	24.9
Crack prevention	0.75	7.0	52.5
Procure of strength	0.25	6.8	17.0
Reduction of construction cost	0.725	7.2	52.2
Cost reduction of field management	0.275	5.6	15.4
Ease of uae	0.45	6.2	27.9
Collaboration with other process	0.55	6.5	35.8
Performance score		54	

Table 10. Analysis of the VE method using moist curing automaton(1.2mm)

Evaluation items	Weight	Moist curing automaton	
		Rating	Score
Defect	0.681	5.8	39.5
Procure of cost quality	0.319	7.2	23.0
Crack prevention	0.75	6.8	51.0
Procure of strength	0.25	6.3	15.8
Reduction of construction cost	0.725	6.8	49.3
Cost reduction of field management	0.275	5.2	14.3
Ease of uae	0.45	5.8	26.1
Collaboration with other process	0.55	6.5	35.8
Performance score		50.4	

#### 4. 결론

본 연구는 기존에 사용되어지는 갱폼시스템에 습윤양생 자동장치를 적용하여 충분한 살수양생을 통한 콘크리트의 품질향상과 기존의 아파트 현장에 발생하는 측벽균열 문제 점을 저감시키고자 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프 및 공기량은 모두 목표 범위를 만족하는 것으로 나타났다.
- 2) 강도 특성으로 납품된 콘크리트의 압축강도는 전반적

으로 모두 호칭강도인 24MPa를 충분히 상회하는 것으로 나타났다. 또한, 습윤양생 적용 유무에 따른 반발경도 특성으로 습윤양생 자동장치의 적용구간에 경우는 미적용구간에 비해 높은 반발경도 및 추정강도 값을 나타내었다.

- 3) 균열특성으로 노즐 사이즈 변화에 따른 균열량은 0.3mm 가 가장 적은 균열량을 나타내었다. 또한, 습윤양생을 적용한 구간에는 타설 부위에 대한 균열량이 평균 6.6m 로 나타난 반면에, 습윤양생을 미적용한 구간의 타설부위에 대한 평균 균열량이 10.3m로 나타나, 습윤양생을 적용한 구간이 미적용한 구간에 비해 약 36% 균열량이 저감한 것으로 나타났으며, 전체 균열량의 경우에도 습윤양생 적용구간이 급격히 적은 균열량을 나타내었다.

이상을 종합하면, 습윤양생 자동장치는 콘크리트의 품질 향상과 균열저감에 효과적이며, 이를 현장에 적용할 경우 공정별 연속작업에 따른 공기단축과 균열발생에 대한 하자 비용발생의 비율을 저감시킴으로서 건축주 및 시공주의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 판단되며, 양생 효과 및 낙수량 고려시 습윤양생 자동장치에 0.3mm 사이즈의 노즐을 사용하여 살수양생을 실시할 경우, 자원낭비 없이 콘크리트의 품질향상 및 균열저감에 효과적일 것으로 판단된다.

## 요 약

최근 국내 아파트의 외벽 거푸집공사의 경우 대부분 갱폼 시스템을 통해 철근콘크리트 구조체를 시공하고 있다. 이러한 갱폼 거푸집을 사용한 콘크리트의 경우는 거푸집 탈형 후 외부환경에 노출되고 특히, 건조한 봄, 가을과 일사량이 높은 서증시기의 벽량이 많은 아파트 측벽에 다량의 균열이 발생되어지고 있다. 이에, 본 연구에서는 신축 아파트 건설 현장 중심으로 균열량이 많은 아파트 측벽부분의 갱폼시스템에 습윤양생 자동설비장치를 적용하여 초기 콘크리트 양생에 필요한 수분을 공급함으로써 콘크리트의 품질확보와 다량의 측벽균열 저감을 통한 습윤양생 자동장치의 효율성 및 활용성을 검토하고자 하였는데, 그 결과, 양생 효과 및 낙수량 고려 시 습윤양생 자동장치에 0.3mm 사이즈의 노즐을 사용하여 살수양생을 실시할 경우, 자원낭비 없이 콘크리트의 품질향상 및 균열저감에 효과적인 것으로 판단되었다.

**키워드** : 매트 매스콘크리트, 저발열 배합, 수화열해석, 온도이력, 온도균열

## References

1. Kim DS, Kim YS. A Study on the productivity analysis of new forming methods of reinforced concrete apartment. Journal of Architectural Institute of Korea, 2001 Mar;21(1):525-8.
2. Ministry of Land, Concrete Standard Specifications, 5th ed, Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2016. Chapter 2, Curing; p. 55-7.
3. Yang SH, Jo JY, Jo JW, Lee JH, Kim YS. Development of an automated gangform climbing system for apartment housing construction-structural stability and tower crane lifting load analysis. Journal of the Korean construction of Archives and Records Management, 2012 Jul;13(4):48-59.
4. Lee SG. Development of safety vertical form for tall building [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Korea university; 2009. 61 p.
5. Park BK. Gang form work system, Journal of Korea concrete institute, 2002 Sep;14(5):15-20.