



레미콘 단위수량 산포가 콘크리트 강도 및 내구성에 미치는 영향

우영제^{1),2)*} · 이한승²⁾ · 정상화¹⁾

¹⁾한국건설자재시험연구원 건설기반기술센터 ²⁾한양대학교 건축학부

An Influence of Unit-Water Content Distribution in Ready-Mixed Concrete on Strength and Durability of Concrete

Young-Je Woo,^{1),2)*} Han-Seung Lee,²⁾ and Sang-Hwa Jung¹⁾

¹⁾Construction Material Research Center, Korea Institute of Construction Materials, Seoul 137-707, Korea.

²⁾School of Architecture & Architectural Engineering, Hanyang University, Ansan 425-791, Korea

ABSTRACT Various problems such as durability degradation may happen when extra water is added to concrete. Because of these reasons, the change of water content is managed by using rapid evaluation method of unit water content such as electric capacity method, heat drying method making use of micro wave, unit capacity mass method among various methods. Especially, in Japan, guidance for the change of water content ($\pm 10, 15, 20 \text{ kg/m}^3$ etc.) were regulated and used. However, it is the real situation that the guidance which were regulated in South Korea evaluate suitability only considering production and measurement error under the circumstances which are not considering the degree of durability degradation. Therefore, this study tries to investigate the influence of addition of extra water in the concrete on the durability degradation of concrete when it was added by artificial manipulation or by management error. From the test results, a guideline of the contents of extra water for the quality control is suggested with the consideration of the degree of durability degradation and the probable error resulted from the addition of extra water. The contents of extra water for tests are set as 0, 15, 25, 35 kg/m^3 . To examine the durability degradation of concrete, freezing and thawing, carbonation, chloride penetration and compressive strength are tested.

Keywords : extra water, unit water content, durability, freezing and thawing, chloride penetration

1. 서 론

콘크리트 제조시 물은 강도 발현을 위한 수화반응 및 일정 수준의 유동성을 확보하기 위하여 반드시 필요한 재료이다. 일반적으로 콘크리트 내의 수량이 증가하면 Fig. 1과 같이 굵은골재와 모르타르가 분리되는 재료분리 현상이 발생하고, 건조수축 증대에 따른 수축균열 발생, 블리딩이 증가하여 철근이나 골재 저면의 공극을 발생시켜 철근과 콘크리트와의 부착력이 저하된다. 또한 침하균열, 수분의 이동에 의한 표면성상의 악화, 자유수 증가에 따른 내부 공극률 증가로 염분, 물, 기체 등의 침투저항성이 저하되는 등 내구성에 다양한 문제점을 야기하게 된다.¹⁾

이에 따라 콘크리트구조물의 내구성 및 품질관리의 신뢰성을 향상시키고 건설현장에서의 정량적인 콘크리트 품질관리를 위한 방안으로 최근 정전용량법, 고주파가열법, 단위용적질량법 등의 방법이 제시되고 있다. 특히 일본의 경우에는 Fig. 2와 같이 국토교통성 및 일본콘크리트

트공학회 이하 여러 기관에서 단위수량 변동 ($\pm 10, 15, 20 \text{ kg/m}^3$ 등)에 대한 자체적용 관리지침을 규정하여 콘크리트 품질을 관리하고 있다.²⁾

그러나 일본에서 규정하고 있는 각종 지침들의 경우 내구성 측면을 고려하지 않은 상태에서 제조오차와 측정 오차를 확률적으로 고려하여 합부 판정 기준 값을 정하고 있는 실정이다.³⁾ 즉, 일본 국토교통성의 경우 단위수량 판정 기준치를 레미콘 제조 오차 $\pm 10 \text{ kg/m}^3$, 단위수량 측정 오차 10 kg/m^3 등의 확률적 오차를 고려하여 $\sqrt{10^2 + 10^2} = \pm 15 \text{ kg/m}^3$ 를 판정 기준 값으로 정하고 있다.⁴⁾ 이에 본 연구에서는 레미콘 제조시의 관리오차에 의한 가수 및 인위적인 가수 등에 의하여 콘크리트 내의 수량 변화가 콘크리트의 전반적인 품질과 내구성 저하에 미치는 영향을 검토하여, 향후 건설현장 및 레미콘 생산시 단위수량 관리를 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험 계획

2.1 실험 개요

본 연구에서는 Table 1에 나타난 바와 같이 기존 레미

*Corresponding author E-mail: imgod@kicm.re.kr

Received December 10, 2007, Revised January 17, 2008, Accepted January 17, 2008

©2008 by Korea Concrete Institute

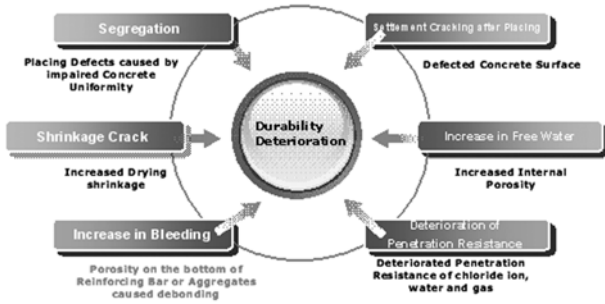


Fig. 1 Drop in durability according to unit Water content

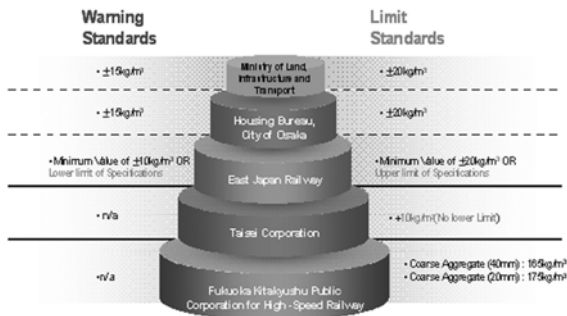


Fig. 2 Japanese guideline on unit Water content²⁾

Table 1 Test plain and mix of concrete

W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				
		W	C	S	G	
48.0	45.7	155	0	320	885	1,050
			+15			
			+25			
			+35			
52.0	45.7	165	0	320	872	1,036
			+15			
			+25			
			+35			
55.0	45.7	175	0	320	860	1,021
			+15			
			+25			
			+35			
58.0	45.7	185 185	0	320	848	1,007
			+15			
			+25			
			+35			
61.0	45.7	195	0	320	836	993
			+15			
			+25			
			+35			

콘 3개 제조사에서 가장 많이 사용되는 배합을 참조하여 단위수량을 기준으로 5 단계 (155, 165, 175, 185, 195 kg/m³)의 기본 실험변수를 설정하였다. 그리고 레미콘 플랜트에서의 단위수량 변동에 따른 문제점 검토를 위해 각 단위수량에서 4 단계의 수량의 증가 (0, +15,

+25, +35 kg/m³)를 실험인자로 설정하였으며, 경화콘크리트를 대상으로 KS에서 규정하고 있는 실험 방법에 따라서 재령별 압축강도 및 동결융해 저항성, 염소이온 침투 저항성, 탄산화에 대한 저항성 등을 평가하였다.

2.2 사용 재료

본 연구에서 콘크리트 실험에 사용한 재료의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

2.3 실험 항목 및 평가 방법

실험 항목 및 내구성 관련 실험 평가 방법은 Table 3과 같이 KS규격에 준하여 실시하였다.

염소이온 침투저항성 시험은 Tang & Nilsson이 제안한 전기촉진시험방법⁵⁾과 ASTM⁶⁾의 규정에 따라 수행하였다.

동결융해 저항성 실험은 각형 100 × 100 × 400 mm의 실험체를 대상으로 KS F 2456 (급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 실험 방법)의 B방법인 공기중에서 동결하고 수중에서 융해하는 시험방법으로 4시간 동안 온도 범위 -18°C~+4°C로 동결융해 하는 것을 1 사이클로 하여 0, 50, 100, 150 사이클 동안 실험하였다.

촉진 탄산화 저항성 실험은 KS F 2584 (콘크리트의 촉진 탄산화 시험 방법)에 따라서 온도 (20 ± 2)°C, 상대 습도 (60 ± 5)%, 이산화탄소 (5 ± 0.2)%의 조건으로 하였으며, 탄산화 깊이의 측정 방법은 KS M 8238에서 규정한 시약 (페놀프탈레인 1% 수용액)을 분무하여 적자색으로 변색된 구간까지의 깊이를 표면으로부터 측정하였다. 측정 재령은 7일, 14일, 21일, 28일로 하였다.

2.4 실험 결과

2.4.1 수량에 따른 압축강도 실험 결과

Fig. 3의 가수에 의한 콘크리트 내 수량변화에 따른 압축강도 실험 결과를 살펴보면 낮은 단위수량 (또는 낮은

Table 2 Physical properties of used materials

Cement	Type : portland cement (type I) Density : 3,150 kg/m ³ , Fineness : 3,200 cm ² /g	
Aggregate	Fine aggregate	Type : sea sand Density : 2,640 kg/m ³ , FM : 2.57
	Coarse aggregate	Type : crushed gravel Maximum size : 25 mm Density : 2,670 kg/m ³ , FM : 6.96

Table 3 Items of measurement

Items of measurement	Instantaneous compliance
Compressive strength	3, 7, 28 day
Freezing-thawing resistance	0,50,100,150 cycle
Penetration resistance of chlorine ion	28 day
Accelerated carbonation	7, 14, 21, 28 day

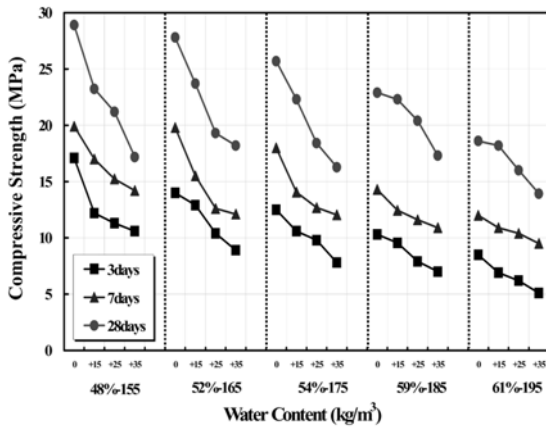


Fig. 3 Compressive strength of concrete according to unit water content

물-시멘트 비)에서 단위수량 변화에 따른 압축강도 저하가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 경향을 Fig. 4에 나타냈다.

즉, 각각의 단위수량에서 가수를 하지 않은 상태의 재령 28일 압축강도를 100으로 하였을 때 가수에 따른 상대압축강도비를 백분율로 나타내면 A class의 경우, 15 kg/m³ 가수일 때 상대압축강도비가 84~87%, 25 kg/m³ 가수일 때 상대압축강도비가 67~76%, 35 kg/m³ 가수일 때 상대압축강도비가 61~62%까지 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다.

이는 배합강도 계산시 설계기준강도에 안전율을 할증하여 계산하고 있으나 25 kg/m³ 이상의 가수가 되었을 경우에는 설계기준강도 이하의 압축강도 결과가 나타날 수 있음에 따라 유의할 필요성이 있을 것으로 판단된다. 또한 A class에 비해 상대적으로 저강도 영역인 B class의 압축강도 저하가 15 kg/m³일 때 2~3%, 25 kg/m³일 때 13~14%, 35 kg/m³일 때 24~25%로 상대적으로 적은 것으로 나타났는데, 이는 일정수준 이하의 저강도 영역에서는 블리딩수 발생의 영향으로 가수로 인한 강도저하 영향이 미미한 것으로 판단된다.

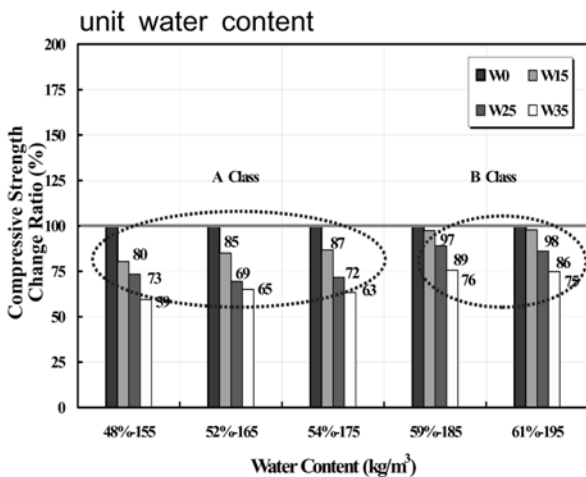


Fig. 4 Decrement of compressive strength according to unit water content

2.4.2 동결융해에 대한 저항성

Fig. 5를 살펴보면 150 사이클에서 48%-155의 배합조건은 상대 동탄성계수비가 73~75%, 52%-165의 배합조건은 상대 동탄성계수비가 61~71%로 가수가 많이 될수록 상대 동탄성계수비도 저하하는 것으로 나타났으나 가수에 의한 큰 차이를 보이지는 않고 있다. 그러나 54%-175, 59%-185의 경우에는 가수에 의한 영향이 두드러지게 나타나 150 사이클에서 15 kg/m³ 가수한 경우에는 가수하지 않은 경우와 유사한 결과를 나타내고 있으나, 25, 35 kg/m³ 가수한 공시체의 경우는 동결융해시 파괴되어 측정이 불가능한 것으로 나타났다. 특히 61%-195 경우에는 모든 시험체가 150 사이클에서 파괴되는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 단위수량 증가에 따른 동결융해 저항성은 높은 압축강도를 나타내는 낮은 단위수량 (물-시멘트 비)의 경우 상대적으로 저하 정도가 작은 것을 알 수 있다.

2.4.3 염소이온 침투 저항성

가수에 따른 염소이온 침투 저항성 실험 결과를 나타낸 Fig. 6을 보면 저강도 영역인 B class의 경우 A class에 비해 염소이온 침투 깊이가 상대적으로 크고 단위수량 변화에 따른 영향도 큰 것을 알 수 있다. 특히 W0

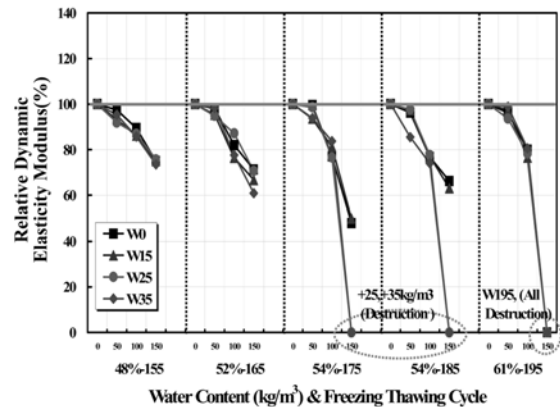


Fig. 5 Relative dynamic modulus of elasticity

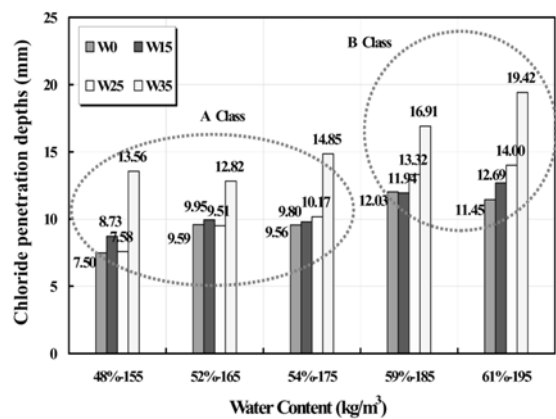


Fig. 6 Depth of penetration of chloride ion according to unit water content

(가수하지 않은 배합조건)와 비교해 보면 15, 25 kg/m³ 가수하였을 경우에는 염소이온 침투 깊이가 A class의 경우 0.08~0.61 mm, B class의 경우 1.29~2.55 mm로 변화 정도가 크지 않으나, 35 kg/m³ 가수하였을 경우에는 염화이온 침투 깊이가 3.23~7.97 mm로 15, 25 kg/m³ 가수하였을 경우에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 또한, 가수에 따른 염소이온 확산계수 측정 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 염소이온 확산계수의 전체적인 경향은 콘크리트 내의 수량이 증가 할수록 염소이온 확산계수가 다소 높게 나타나고 있으며, 가수하지 않은 배합조건 (W0)과 15, 25 kg/m³ 가수하였을 경우 모두 유사하게 나타나고 있으나, 35 kg/m³ 가수하였을 경우에는 $4.23 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec} \sim 7.34 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 의 범위로 특히 크게 나타나고 있다. 이에 따라 인위적인 가수 및 관리 및 제조오차상의 가수로 인해 콘크리트 내의 수량이 증가하더라도 보통강도

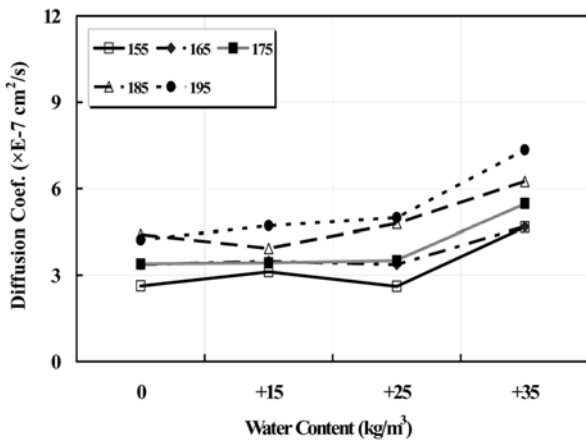


Fig. 7 Diffusion coef. of chloride ion according to unit water content

Table 4 Photograph of penetration of chloride ion according to unit water content

	W0	W15	W25	W35
155				
165				
175				
185				
195				

영역에서 염소이온 침투 저항성의 고려 차원에서 25 kg/m³ 이상의 가수가 되지 않도록 유의할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2.4.4 탄산화에 대한 저항성

1) 탄산화 침투 깊이

Table 5를 살펴보면 W0 (가수하지 않은 상태)와 비교한 탄산화 깊이의 증가율은 15 kg/m³ 가수의 경우에 4~17%로 나타나 양호한 수준을 보이고 있는 반면, 25, 35 kg/m³ 가수의 경우 각각 24~77%, 35~130%로 나타나 탄산화에 대한 저항성을 고려할 경우에는 유의할 필요가 있는 것으로 나타났다.

2) 탄산화 속도계수를 이용한 내구수명 예측

CO₂ 농도 (5 ± 0.2%)의 동일 조건에서 실험 측정치를

Table 5 Depth of penetration of carbonation according to unit water content

Unit water		W0	W15	W25	W35
Content/days	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
155	28	7.25	10.89	12.80	16.69
165	28	11.86	13.60	14.86	18.53
175	28	13.10	13.99	16.27	20.39
185	28	15.19	15.81	18.78	20.56
195	28	14.58	15.72	20.16	27.43

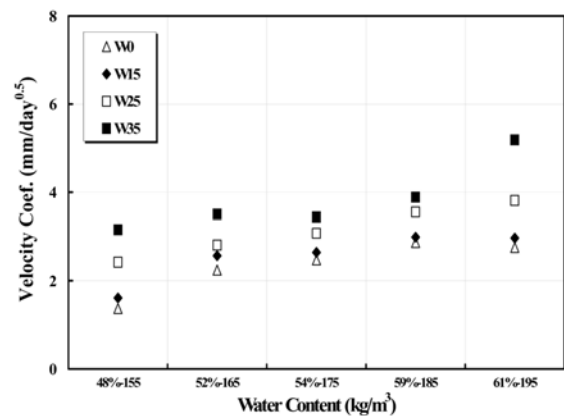


Fig. 8 Velocity coef. of carbonation according to unit water content

Table 6 Velocity coef. of carbonation according to unit water content

Unit water		W0	W15	W25	W35
Content	(mm/day ^{0.5})	(mm/day ^{0.5})	(mm/day ^{0.5})	(mm/day ^{0.5})	(mm/day ^{0.5})
155	1.37	1.61	2.42	3.15	
165	2.24	2.57	2.81	3.50	
175	2.48	2.64	3.07	3.44	
185	2.87	2.99	3.55	3.89	
195	2.76	2.97	3.81	5.18	

이용하여 식 (1)에 따라 Fig. 8, Table 6과 같이 탄산화 속도계수를 구하였으며, 탄산화 속도계수 범위가 약 2.0~4.0 mm/day^{0.5}로 콘크리트 내의 수량이 증가할수록 탄산화 속도계수도 증가하는 것으로 나타났다.

$$C = A \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

여기서 C : 탄산화 깊이, t : 경과시간, A : 탄산화속도 계수

Table 7, Figs. 9~13에서와 같이 탄산화 속도계수를 이용하여 내구수명을 예측한 결과 피복두께 30 mm까지 도달하는 시간은 48%-155인 경우 약 100년으로 나타났고, 높은 물-시멘트비를 갖는 52%-165~61%-195는 이보다 도달 시간이 빠른 60~55년으로 나타났다. 또한, 각 단위수

Table 7 A taking time of carbonation progress from concrete surface into 30 mm depth in concrete

Unit water / Content	W0 (year)	W15 (year)	W25 (year)	W35 (year)
155	100	90	60	40
165	60	45	33	25
175	58	50	43	35
185	46	45	32	28
195	55	45	33	20

량에서 15, 25, 35 kg/m³ 가수하였을 경우 W0 (가수하지 않은 상태)대비 15 kg/m³ 가수의 경우에 내구수명기간 감소율이 평균 14%로 나타나 탄산화 진행 속도가 비교적 양호한 것으로 보이고 있는 반면, 25, 35 kg/m³ 가수의 경우 각각 내구수명 저감율이 평균 36%, 52%로 가수에 따른 내구수명의 저하가 유의할 수준인 것으로 나타났다.

따라서 제조오차 및 관리오차로 인한 가수는 콘크리트의 장기 탄산화 진행성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다으며, 이는 콘크리트 내부 공극률 증가로 CO₂ 가스 및 수분의 침투가 용이해져 탄산화에 대한 저항성이 적어지는 것으로, 100년 정도의 탄산화에 대한 내구성을

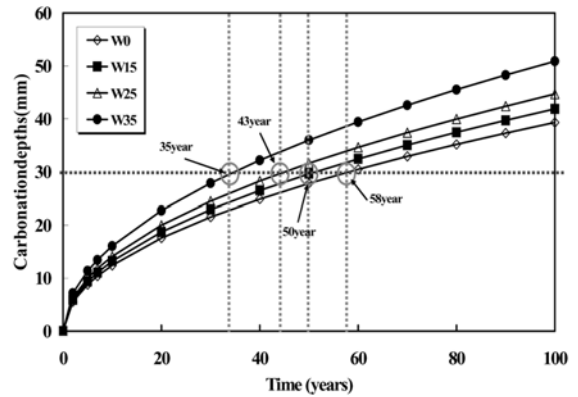


Fig. 10 Carbonation depth of concrete

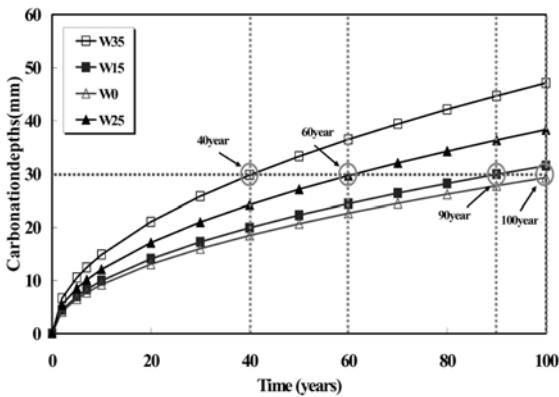


Fig. 9 Carbonation depth of concrete with time (48%-155)

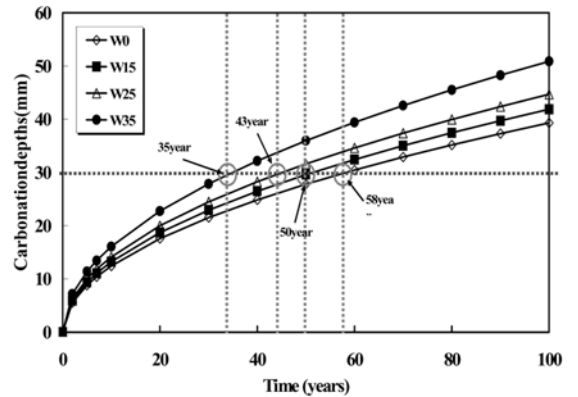


Fig. 11 Carbonation depth of concrete with time (54%-175)

Table 8 Photograph of penetration of carbonation according to unit water content

Water content / days	155				165				175				185				195			
	W0	W15	W25	W35	W0	W15	W25	W35	W0	W15	W25	W35	W0	W15	W25	W35	W0	W15	W25	W35
7	[Photograph grid showing carbonation penetration at 7 days]																			
14	[Photograph grid showing carbonation penetration at 14 days]																			
21	[Photograph grid showing carbonation penetration at 21 days]																			
28	[Photograph grid showing carbonation penetration at 28 days]																			

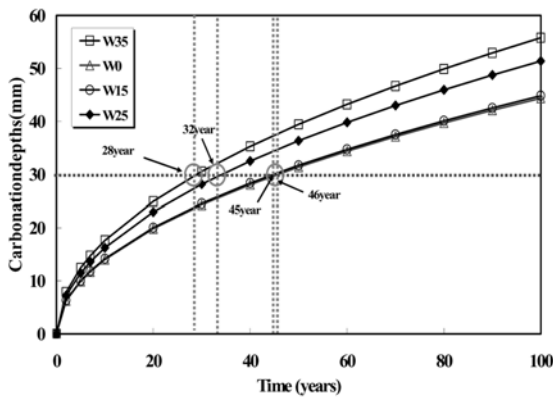


Fig. 12 Carbonation depth of concrete with time (59%-185)

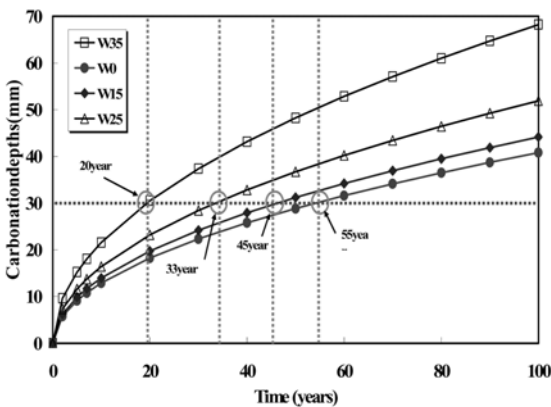


Fig. 13 Carbonation depth of concrete with time (61%-195)

가진 콘크리트의 제조를 위해서는 최소한 물시멘트비 48% 이하, 단위수량 155 kg/m^3 이하를 유지할 필요가 있을 것으로 사료된다.

특히 품질관리 오차상의 가수로 인해 불가피하게 콘크리트 내의 수량이 증가하더라도 현재 재건축 신청가능 연한으로 지정되고 있는 40년 이상의 탄산화에 대한 내구수명을 확보하기 위해서는 15 kg/m^3 이상의 가수가 되지 않도록 유의할 필요가 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

레미콘 제조시 품질관리 오차 및 제조오차로 콘크리트 내의 단위수량이 증가하면 압축강도가 저하할 뿐만 아니라 콘크리트의 내구성 (동결융해저항성, 염화이온 침투 저항성, 탄산화 저항성) 또한 저하하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 압축강도 실험 결과 15 kg/m^3 가수한 경우 상대압축강도비가 84~87%, 25 kg/m^3 가수한 경우 상대압축강도비가 67~76%, 35 kg/m^3 가수한 경우 상대압축강도비가 61~62% 까지 압축강도가 저하되는 것으로 나타나 25 kg/m^3 이상의 가수가 되었을 경우에는 설계기준강도 이하의 압축강도 결과가 나타날 수 있다.

- 2) 동결융해저항성 실험 결과 압축강도가 클수록 단위수량 변동에 따른 동결융해저항성 저하 정도가 적게 나타났으며 특히 52%-165 이하인 경우 단위수량 증가에 따른 영향이 미비한 것을 알 수 있다.
- 3) 염소이온 침투 저항성 실험 결과 가수하지 않은 배합조건 W0와 15, 25 kg/m^3 가수하였을 경우 모두 유사하게 나타나고 있으나, 35 kg/m^3 가수하였을 경우에는 $4.23 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec} \sim 7.34 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 의 범위로 특히 크게 나타나고 있다. 이에 따라 인위적인 가수 및 관리 및 제조 오차상의 가수로 인해 콘크리트 내의 수량이 증가하더라도 보통강도 영역에서 염소이온 침투 저항성의 고려 차원에서 25 kg/m^3 이상의 가수가 되지 않도록 유의할 필요가 있을 것으로 판단된다.
- 4) 탄산화 실험 결과 100년의 탄산화에 대한 내구성을 가진 콘크리트의 제조를 위해서는 최소한 물시멘트비 48% 이하, 단위수량 155 kg/m^3 이하를 유지할 필요가 있으며, 특히 품질관리오차상의 가수로 인해 불가피하게 콘크리트 내의 수량이 증가하더라도 현재 재건축 신청 가능 연한으로 지정되고 있는 40년 이상의 탄산화에 대한 내구수명을 확보하기 위해서는 15 kg/m^3 이상의 가수가 되지 않도록 유의할 필요가 있을 것으로 판단된다.
- 5) 이상의 실험 결과 일반강도 범위에서 15 kg/m^3 이상의 수량이 추가로 첨가되었을 경우 콘크리트의 성능 저하 효과가 크기 때문에 설계된 내구성능의 적정 수준 이상을 유지하기 위해서는 배합 설계된 단위수량에 대한 품질관리에 유의할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 한국건설자재시험연구원에서 주관하는 “건설생산성 향상을 위한 건설자재 표준화 연구” (과제번호 : 06기반구축A02)의 일환으로 건설교통부 건설교통R&D정책·인프라사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 우영제, 류화성, 정상화, 권기준, “콘크리트 내 수량증가에 의한 내구 품질 변동에 관한 연구,” 한국방재학회논문집, 7권, 2호, 2007. 6, pp. 1~6.
2. 日本コンクリート工學協會, フレッシュコンクリートの單位水量迅速測定及び管理システム調査研究委員會報告書, 2004. 6, pp. 1~59.
3. 김용로, 정양희, 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 기술 현황 및 적용성 검토, 대림기술정보 2005년 가을호, 2005, pp. 43~54.
4. 日本國土交通省, レディミクストコンクリート單位水量測定要領(案), 2004. 3, pp. 1~3.
5. Tang, L. and Nilsson, L. O., “Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electrical

- Field,” *ACI Materials Journal*, Jan.-Feb., 1992, pp. 49~53.
6. ASTM C 1079-87, Standard Test Methods for Determining the Water Content of Freshly Mixed Concrete, ASTM.
 7. Comite Euro-International du Beton, “CEB-FIP Model Code 1990,” *Bulletin d'Information*, Nos. 195 and 196, Lausanne, 1990.
 8. Miguel Angel Sanjun and Csar del Olmo, “Carbonation Resistance of One Industrial Mortar Used as a Concrete Coating,” *Building and Environment*, Vol. 36, 2001, pp. 949~953.
 9. 日本建築學會, 材料施工委員會 コンクリート試験法小委員會, 콘크리트의試驗方法にするシンポジウム報告集, 2003. 11.
 10. 日本콘크리트工學協會,フレッシュ콘크리트의單位水量迅速測定及び管理システム調査研究委員會報告書, 2004. 6.
 11. 小林 茂敏, “フレッシュ콘크리트의位水量迅速判定法にする的討”, 日本콘크리트工學年次論文集, Vol. 12, No. 1, 1990.
 12. 友 史紀 ほか, 高周波加熱装置を用いたフレッシュ콘クリートの單位水量簡易迅速試驗法の開發, 日本建築學會構造系論文報告集, 第400, 1989. 6, pp. 1~7.
 13. 豊福俊泰, “フレッシュ콘クリートの位水量の早期迅速試法にする究,” 日本콘크리트工學年次論文集, Vol. 11, No. 1, 1989.
 14. 小林 茂敏, “フレッシュ콘クリートの位水量迅速判定法にする的討,” 日本콘크리트工學年次論文集, Vol. 12, No. 1, 1990.
 15. 丸嶋紀夫 ほか, “水中質量法によるフレッシュ콘クリートの位水量試方法の究,” 日本建築學會學術講演梗概集, 1997. 9, pp. 619~620.
 16. 江守 秀次, “フレッシュ콘クリートの位水量迅速推定法にする究,” 日本콘크리트工學年次論文集, Vol. 19, No. 1, 1997.
 17. 田村 博 ほか, “RI水分計を用いたポンプ配管中の콘クリートの水量連續モニタリング,” 日本콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 20, No. 1, 1998, pp. 125~130.
 18. 長井 義 ほか, “濃度差法によるフレッシュ콘クリートの位水量測定にする,” 日本建築學會年次大會梗概集, 2003. 9, pp. 613~614.
 19. 日本國土交通省, 레디믹스트콘크리트單位水量測定要領(案), 2004. 3.
 20. 杉山雅 ほか, “フレッシュ콘クリートの位水量の各種測定方法にする比較,” 日本建築學會年次大會梗概集, 2004. 9, pp. 591~592.

요 약 레미콘 제조오차에 의한 콘크리트내의 물의 수량이 증가하면 내구성저하 등의 다양한 문제점을 야기하게 된다. 이러한 이유로 여러 방법들 중에 단위수량의 신속측정법인 정진용량법, 고주파가열법, 단위용적질량법을 이용하여 단위수량의 변동을 관리하고 있으며, 특히 일본의 경우에는 단위수량 변동 ($\pm 10, 15, 20 \text{ kg/m}^3$ 등)에 대한 관리지침을 규정하여 관리하고 있다. 그러나 일본에서 규정하고 있는 각종 지침들이 내구성 저하도를 고려하지 않은 상태에서 제조오차와 측정오차를 확률적으로 고려한 불확도 개념에서 합부판정 기준을 정하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 불확도 개념뿐만 아니라 실제 수량 산포에 따라 내구성 저하에 미치는 영향을 검토하고자 수량을 추가로 첨가하여 동결융해, 중성화, 염해를 중심으로 내구성 저하도를 측정하였다. 이상의 실험 결과 일반강도 범위 내에서 15 kg/m^3 이상의 수량이 추가로 첨가 되었을 경우 콘크리트의 성능 저하 효과가 크기 때문에 설계된 내구 성능의 적정 수준 이상을 유지하기 위해서는 배합 설계된 단위수량에 대한 품질관리에 유의할 필요가 있다.

핵심용어 : 가수, 단위수량, 내구성, 동결융해, 염소이온 침투