

가열건조법에 의한 굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Estimation of Water Content in Fresh Concrete by the Heat-Drying Method

김영득^{*} 황인성^{**} 전충근^{***} 한천구^{****} 김광서^{*****}
Kim, Young Deuk Hwang, Yin Seong Jeon, Chung Keun Han, Cheon Goo Kim, Kwang Seo

ABSTRACT

This study is intended to check the possibility to estimate water content by heat-drying method with variation of W/C and slump. According to the results, in case of electric range method, when water content is less than 165kg/m^3 in mixture, it is estimated more and in more than 165kg/m^3 , it is estimated less. It shows that water content in gas burner method is estimated less by about 2kg/m^3 . Also, estimated water content shows difference by less than 12kg/m^3 in electric range method and by less than 12kg/m^3 in gas burner method. Therefore, it is thought that if tested without error from preparing a sample to calculating amount of water, water content will be estimated exactly in the construction field.

1. 서 론

콘크리트 배합에서 단위수량은 콘크리트의 반죽질기, 건조수축, 중성화 및 염분침투 등 내구성과 관련하여 매우 중요하다.

그러나, 실무 레미콘 공장에서는 시멘트량의 경우 레미콘 가격을 결정하는 중요한 요소로 계량정밀도 향상이나 자동인자 기록기의 보급에 의해 비교적 용이하게 파악할 수 있지만, 단위수량의 경우는 콘크리트 제조에 사용하는 골재에 어느 정도의 표면수가 포함되어 있으므로, 혼합시 투입하는 수량은 본래의 단위수량에서 골재의 표면수량을 제한 양이어야만 하므로 그 관리를 어렵게 하고 있다.

특히 골재 표면수량은 변동하기 쉽고, 그 양을 정확하게 파악하는 것은 곤란하며, 또한 레미콘에 가수와 관련하여 단위수량이 콘크리트의 품질에 중요한 영향을 주는 요인임에도 불구하고, 그 정확한 파

* 정회원, 원광대학교 건축공학부, 박사과정

** 정회원, 청주대학교 건축공학부, 박사과정

*** 정회원, 청주대학교 건축공학부, 박사수료

**** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

***** 정회원, 원광대학교 건축공학부 교수, 공학박사

악 및 관리는 상당히 곤란하여 현장에서 신속 용이하게 단위수량을 추정하는 수법의 확립이 요망되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 W/C 및 슬럼프치가 변화하는 콘크리트 배합조건에서 전자렌지 및 가스버너를 이용하여 가열건조법에 의한 단위수량 추정의 가능성을 기초적인 실험으로 검토하므로써, 향후 굳지않은 콘크리트의 단위수량 신속추정에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 먼저, 배합사항으로 W/C는 40, 45, 50, 55 및 60%의 5수준, 목표 슬럼프는 8, 12 및 18cm의 3수준에 대하여, 목표 공기량은 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적중량 및 전자렌지와 가스버너를 이용하여 가열건조법으로 단위수량 추정시험을 실시하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 1, 3, 7 및 28일에서 압축강도를 측정하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 잔골재는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사를 사용하였고, 굵은골재는 충북 옥산산 25mm 부순굵은골재를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 4과 같다. 또한, 혼화제로써 AE감수제는 국내산 J사의 나프탈렌계로써 그 물리적 성질은 표 5와 같다.

표 1. 실험계획

실험요인		수준	
배합사항	W/C(%)	5	40, 45, 50, 55, 60
	슬럼프(cm)	3	8, 12, 18
	공기량(%)	1	4.5±1.5
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적중량, 단위수량추정시험*
	경화 콘크리트	1	표준양생 공시체의 압축강도 (1, 3, 7, 28일)

* 단위수량 추정시험은 전자렌지 및 가스버너를 이용한 가열건조법으로 행한다.

표 2. 배합사항

W/C (%)	목표 슬럼프 (cm)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	AER* / C (%)	절대용적 (ℓ/m ³)		
					C	S	G
40	8	155	42	0.45	123	311	366
	12	160	43	0.45	127	294	374
	18	175	46	0.35	139	269	372
45	8	150	43	0.35	106	336	364
	12	160	44	0.35	113	314	368
	18	170	47	0.45	120	299	366
50	8	155	43	0.25	98	316	386
	12	165	45	0.30	105	288	397
	18	175	47	0.40	111	281	388
55	8	155	44	0.40	89	341	369
	12	160	46	0.40	92	323	379
	18	175	48	0.40	101	299	380
60	8	155	45	0.30	82	345	373
	12	165	46	0.40	87	316	386
	18	175	48	0.40	93	309	378

* 단위시멘트량에 대한 AE감수제의 사용량

표 3. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,522	0.16	209	353	241	305	392

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	비중	조립률	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	0.08mm체 통과량
잔골재	2.60	2.8	1.17	1,622	1.5
굵은골재	2.60	6.9	1.2	1,626	0.3

표 5. 혼화제의 성질

명칭	주성분	형태	색상	비중 (20. C)	점도 (mPas)
AE감수제	나프탈렌계	액상	암갈색	1.18	15.0

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 20rpm에서 30초간 건비빔 후, 물을 투입하고 30rpm으로 60초간 비빈 다음, AE감수제를 첨가하고 40rpm으로 90초간 혼합한 후 배출하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2401, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량은 KS F 2409의 규정에 준하여 측정하였다.

단위수량 추정으로 가열건조법은 콘크리트 시료를 1.0ℓ 용기에 균일하게 채워넣고, 중량을 측정한 후 시중에서 판매되는 전자렌지 및 가스버너를 사용하여 가열건조한 다음 증발수량을 측정하였다. 이 때 가열 시간은 전자렌지의 경우는 10분을 표준으로 하였고, 가스버너의 경우는 그림 1에서 내부수분이 완전히 증발하는 20분을 표준으로 하였다. 사진 1 및 2는 시료를 전자렌지 및 가스버너를 이용하여 가열건조하는 모습을 나타낸 것이다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 실시하였다.

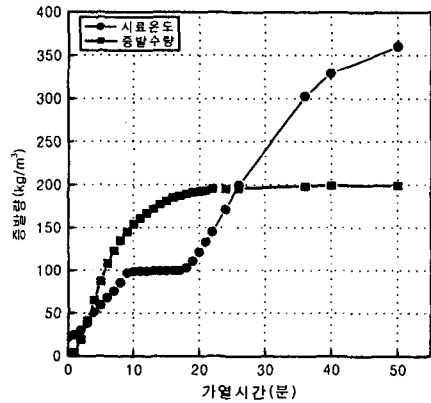


그림 1. 가열건조중의 시료온도와 증발수량

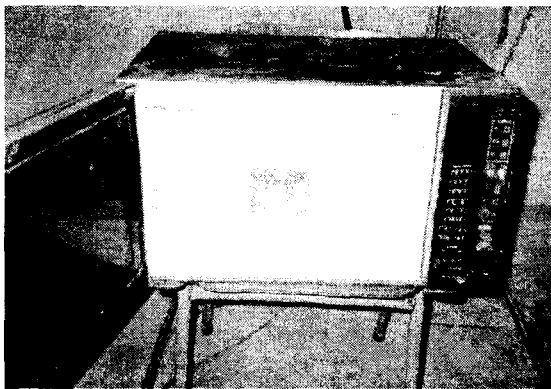


사진 1. 전자렌지법에 의한 가열건조

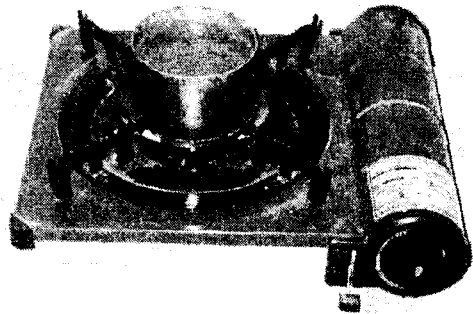


사진 2. 가스버너법에 의한 가열건조

3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험결과

표 6은 본 실험에서 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량, 경화 콘크리트의 압축강도와 배합상의 단위수량 및 단위수량 추정치를 W/C 및 목표 슬럼프 별로 구분하여 나타낸 것이다.

표 6. 콘크리트의 실험 결과

W/C(%)		40			45			50			55			60			
굳지 않은 콘크 리트	목표슬럼프(cm)	8	12	18	8	12	18	8	12	18	8	12	18	8	12	18	
	슬럼프(cm)	7.1	12.5	19.2	8.0	12.4	18.5	8.5	12.4	18.7	7.1	11.5	17.8	7.8	12.4	19.0	
	슬럼프플로우(cm)	21.0	23.0	38.5	20.6	22.6	35.0	20.5	22.8	32	21.7	23.3	28.8	22.7	23.2	28.9	
	공기량(%)	4.7	4.5	3.8	4.7	4.8	3.5	4.2	4.0	4.5	4.0	3.7	4.0	4.5	3.5	3.7	
	단위용적중량(kg/m ³)	2299	2309	2324	2147	2299	2337	2279	2281	2277	2339	2349	2333	2298	2343	2357	
압축강도 (kgf/cm ²)	1일	59	52	45	29	27	35	38	27	36	7	7	10	5	9	13	
	3일	207	200	232	168	152	151	138	159	174	96	90	100	77	72	90	
	7일	339	353	350	269	233	241	188	280	271	183	169	171	126	132	130	
	28일	435	436	471	351	367	358	309	357	366	271	270	290	246	244	252	
단위 수량	배합단위수량 (kg/m ³)	155	165	175	155	160	175	155	165	175	150	160	170	155	160	170	
	추정단위수량 (kg/m ³)	전자렌지	163	168	179	154	157	168	160	165	177	153	164	170	156	154	168
		가스버너	155	158	174	157	155	178	149	157	166	147	159	173	158	155	169

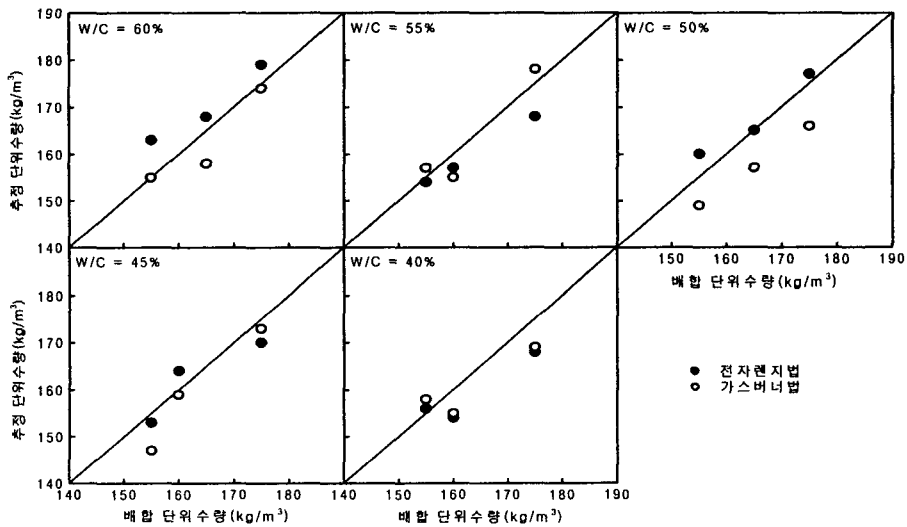


그림 4. W/C별 가열건조에 의한 단위수량추정

3.2 전자렌지 및 가스버너에 의한 단위수량 추정

그림 4는 W/C비에 따른 전자렌지 및 가스버너에 의한 배합 단위수량과 추정 단위수량과의 관계를 산점도로 비교한 것이다.

전반적인 경향으로 전자렌지 및 가스버너를 이용하여 가열건조법으로 단위수량을 추정할 경우는 W/C와 관계 없이 배합 단위수량보다 약간 작게 추정되는 것으로 나타났다. 또한, W/C가 저하할수록 추정 단위수량은 약간 작게 추정되었는데, 이는 W/C가 낮아질수록 단위 시멘트량 증가에 따른 흡착수량의 증가에 기인한 결과로 분석되어진다.

그림 5는 가열건조 방법별 추정 단위수량을 산점도로 비교한 그래프이다.

전반적으로 추정 단위수량은 가열건조 방법별에 따라 다르게 나타났는데, 전자렌지법의 경우는 단위수량이 165kg/m^3 보다 작을 경우 추정 단위수량이 많은 것으로 나타났으나, 그 이상에서는 적게 나타났다. 가스버너법의 경우는 전반적으로 추정 단위수량이 약 2kg/m^3 정도 작게 나타났다. 또한, 데이터의

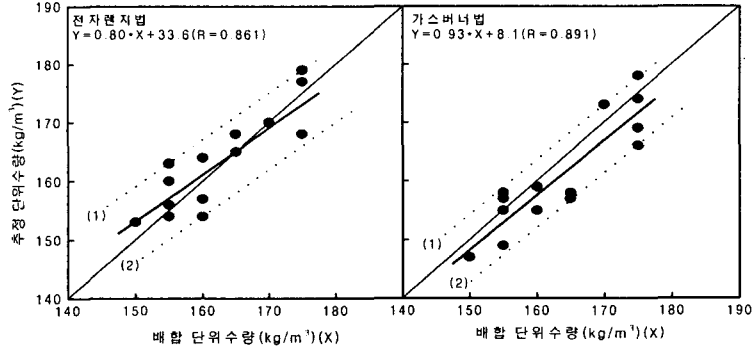


그림 5. 가열건조 방법별 단위수량추정

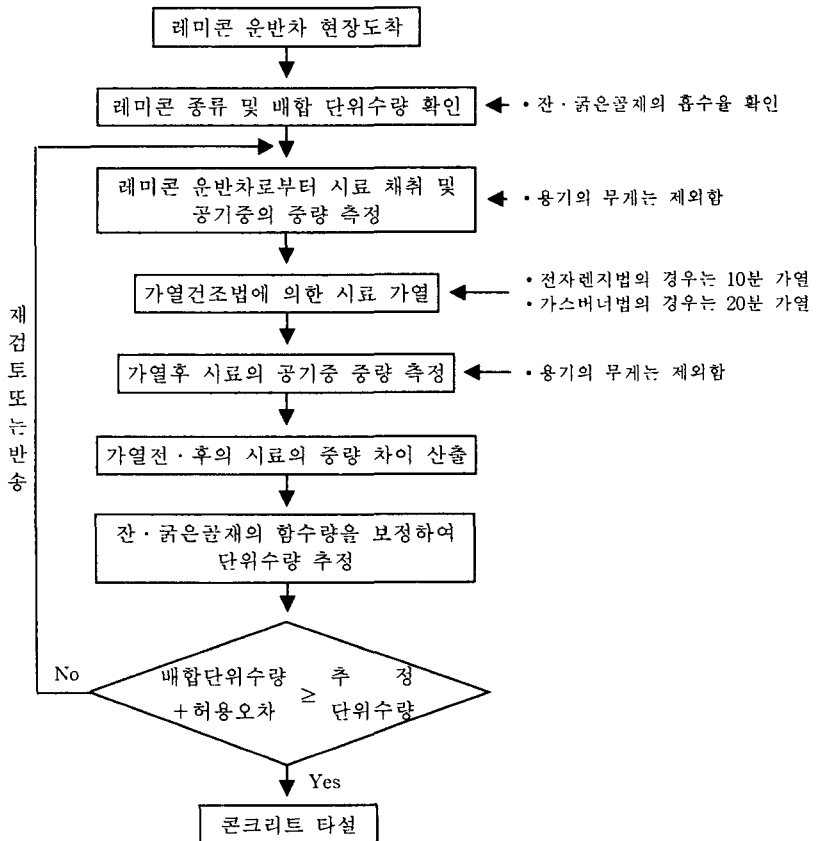


그림 6. 가열건조법에 의한 단위수량 추정 흐름도

산포에 있어서 추정되는 단위수량 범위는 전자렌지법의 경우 약 12kg/m^3 , 가스버너의 경우 약 8kg/m^3 이내에서 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

3.3 가열건조법에 의한 단위수량 추정

본 실험에서 전자렌지 및 가스버너를 이용하여 가열건조법으로 단위수량을 추정하였을 경우는 배합 단위수량과 추정 단위수량간에 양호한 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

따라서, 가열건조법에 의한 단위수량 추정법을 실무현장에서 활용하기 위하여는 그림 6의 흐름도에 따라 측정하는 것을 제안 하는데, 잔·굵은골재의 흡수율을 정확하게 측정하고, 채취 시료중의 골재량을 정확하게 산출하여 함수량을 보정하면 양호하게 단위수량을 추정할 수 있는 방법이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결 론

전자렌지 및 가스버너를 이용한 가열건조법으로 단위수량을 신속하게 추정하기 위한 일련의 실험연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 전자렌지 및 가스버너를 이용하여 가열건조법에 의한 단위수량 추정은 W/C가 낮을수록 단위시멘트량의 증가에 따른 흡착수량의 증가에 기인하여 약간 작아 지는 것으로 나타났다.

(2) 전자렌지법의 단위수량 추정은 단위수량이 165kg/m^3 보다 작을 경우 큰 것으로 나타났으나, 그 이상에서는 크게 나타났다. 가스버너법의 경우는 추정 단위수량이 전반적으로 약 2kg/m^3 정도 작게 나타났다.

(3) 데이터의 산포에 있어서 추정되는 단위수량 범위는 전자렌지법의 경우 12kg/m^3 , 가스버너법의 경우 8kg/m^3 의 차이가 있는 것으로 나타났고, 상관성은 0.85이상으로 양호하게 나타났다.

종합적으로 실무현장에서 가열건조법으로 단위수량을 추정할 경우에는 시료준비 단계에서 골재의 함수율을 정확하게 파악하고, 수량측정 단계에서도 시료중의 골재량을 정확하게 측정하여 함수량을 보정하면 양호하게 단위수량을 추정할 수 있는 방법이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 韓千求, 콘크리트 強度의 早期推定에 관한 研究, 忠南大學校 大學院 博士學位論文, 1998.
2. 片平博,フレッシュコンクリートの單位水量, 콘크리트工學, Vol. 39, No. 5, 2001.5.
3. 정재동, 굳지않은 콘크리트의 단위수량 시험법, 콘크리트 학회지, 제 10권, 3호, 1998.6.
4. 片平博, 河野廣隆,フレッシュコンクリートの單位水量迅速推定法に關する 實驗的研究, 土木研究所資料, 第3657號, 1999.
5. 菅井敏彦, 田岡浩太郎, 長田英和, 生コンクリートの單位水量・水セメント比・推定強度測定器の開發について, 第22回日本道路會議論文集, pp.830~831, 1997.
6. 丸島記夫, 黒羽健嗣, 並木哲, 久保田浩, 水中質量法による單位水量試驗方法, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, pp.313~318, 1998.
7. 瀨古繁喜, 田村博, 鈴木一雄, 熊原義文, RI水分計によるフレッシュコンクリートの單位水量連續推定法に關する檢討, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 22, No. 2, pp.343~348, 2000.
8. 桑充, 尹木統一, 杏掛文夫, 靜電容量型水分計によるフレッシュコンクリートの單位水量推定, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, pp.307~312, 1998.