

40~60MPa급 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램 개발

Development of the Proportion Design Program for 40~60MPa High Strength Concrete

유 승 엽* 최 동 호* 이 상 래** 구 자 슬*** 강 석 화****

Yoo, Seung Yeup Choi, Dong Ho Lee, Sang Rae Koo, Ja Sul Kang, Suck Hwa

ABSTRACT

This study exploited the design of mixture proportion for the high strength concrete to establish the method of the quality control and high strength ready-mixed concrete for the application to the construction filed systematically how to output the estimated formula which could forecast mixture proportion for the high strength concrete classed 40~60MPa through a experiment. It might contribute for systematic establishment of the method of the quality control and high strength ready-mixed concrete because it was possessed of the function of common data though a server, preservation and output of data, and estimation for the design of mixture proportion for the high strength concrete due to the experimental result, and Visual Basic, MS-SQL were used. Simply, it was produced corresponding to the condition of a laboratory, so it could be fundamental data for the design of mixture proportion for the high strength concrete. If upgrade is enforced with mixture proportion data of the each factory after then, it may contribute to the stability on quality and manufacture of high strength ready-mixed concrete to agree with the properties of each factory.

요 약

본 연구는 국내 건설현장 여건에 적합한 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질관리기술의 체계적 확립을 위하여, 40~60MPa급 고강도 콘크리트의 배합설계를 예측할 수 있는 추정식을 실험으로 산출하고, 이를 적용하여 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램을 개발한 것이다. 프로그램의 사용 언어는 Visual Basic, MS-SQL을 사용하였고, 실험 결과를 토대로 산출한 수식을 이용한 고강도 콘크리트의 배합설계 계산 기능, 데이터의 저장 및 출력기능, 서버를 통한 데이터 공유기능 등을 갖추고 있어, 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질관리 기술의 체계적 확립에 이바지 할 것으로 사료된다. 다만, 본 프로그램은 실험실 조건을 기본으로 제작되어, 초기에는 고강도 콘크리트 배합설계의 기초자료로 활용할 수 있을 것이나, 추후 공유되는 공장별 배합설계 자료를 이용하여 업그레이드한다면 각 공장의 특성에 맞는 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질안정성에 기여할 것으로 판단된다.

* 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소, 연구원

** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소, 주임연구원

*** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소, 책임연구원

**** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 소장

1. 서 론

최근 건축 및 토목구조물의 대형화 및 고품질화 경향으로 고강도 콘크리트의 수요가 증가하고 있는 추세이고, KS F 4009의 개정과 맞물려 고강도 레디믹스트 콘크리트의 품질인증제가 시행되면서 실무 현장에서 편리하게 사용할 수 있는 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램의 개발이 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내 건설현장 여건에 적합한 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질 관리기술의 체계적 확립을 위해, 고강도 콘크리트의 배합설계를 예측할 수 있는 추정식을 실험으로 산출하고, 이를 적용한 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램을 개발함으로써 실무에서 고강도 레디믹스트 콘크리트 제조 및 품질관리에 유용하게 활용하고자 한다.

2. 고강도 콘크리트 배합설정을 위한 실험계획 및 결과

고강도 콘크리트의 배합기준 설정을 위한 실험으로 배합강도는 40MPa, 50MPa 및 60MPa 3수준으로 하였고, 목표 슬럼프 플로 및 목표 공기량은 $500 \pm 75\text{mm}$ 및 $3.5 \pm 1.5\%$ 로 정하였다. 혼화재는 플라이 애쉬 및 고로슬래그미분말을 사용하였으며, 각각의 배합강도에 따라 혼화재 치환율을 표 1과 같이 정하여 실험을 실시하였다. 이 때 굳지않는 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험 결과는 표 2와 같다.

표 1 고강도 콘크리트의 배합설정을 위한 실험계획

배합 강도 (MPa)	W/B (%)	W (kg)	B (kg)	결합재		목표 슬럼프 플로 (mm)	목표 공기량 (%)	실험사항	
				구분	치환율(%)			굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
40	37.8	165.5	438	OPC	100	500±75	3.5±1.5	슬럼프 플로 공기량 (0, 60분)	압축강도 (3, 7, 28일)
				FA	10				
				SP	20				
				SP+FA	20+10				
50	30.2	156.5	518	OPC	100				
				FA	10				
				SP	30				
				SP+FA	30+10				
60	25.1	150.0	598	OPC	100				
				FA	10				
				SP	40				
				SP+FA	40+10				

표 2 굳지않는 콘크리트 및 경화 콘크리트 실험결과

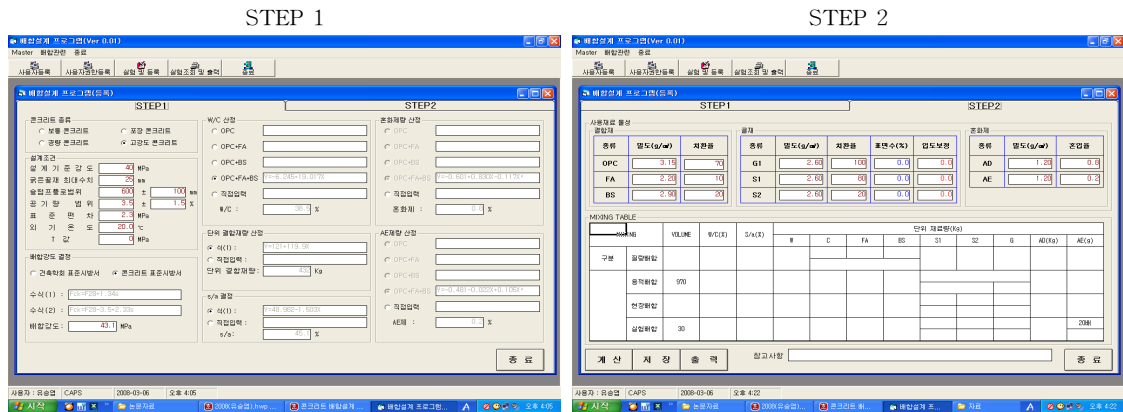
구분	W/B (%)	Binder (kg)	AD (B%)	AE제 (AD%)	슬럼프 플로 (mm)	공기량 (%)	압축강도(MPa)					
							3일		7일		28일	
							강도	발현율(%)	강도	발현율(%)	강도	발현율(%)
40-OPC	37.8	438	0.90	0.15	475	4.0	33.3	83.3	36.1	90.3	41.0	102.5
40-FA10			0.90	0.40	490	3.5	33.1	82.3	35.8	89.5	41.3	103.3
40-SP20			0.80	0.15	490	3.2	28.5	71.3	34.4	86.0	43.5	108.8
40-2010			0.80	0.25	543	4.0	28.4	71.0	33.4	83.5	43.7	109.3
50-OPC	30.2	518	1.10	0.25	550	2.5	41.8	83.6	46.5	93.0	54.6	109.2
50-FA10			1.00	0.80	540	2.9	43.2	86.4	46.0	92.0	54.8	109.6
50-SP30			0.85	0.30	565	3.4	39.0	78.0	47.0	94.0	58.7	117.4
50-3010			0.75	0.30	468	2.4	35.9	71.8	43.0	86.0	57.6	115.2
60-OPC	25.1	598	1.30	0.50	440	2.5	50.2	83.7	53.9	89.8	61.8	103.0
50-FA10			1.10	1.30	475	2.4	51.4	85.7	57.3	95.5	62.3	103.8
60-SP40			0.85	0.70	565	2.3	50.3	83.8	58.7	97.8	71.4	119.0
60-4010			0.80	0.80	533	2.0	43.1	71.8	51.6	86.0	69.0	115.0

3. 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램

고강도 콘크리트 배합설계 프로그램은 그림 1과 같이 구성되어 있다.

프로그램의 사용 언어는 Visual Basic, MS-SQL을 사용하였고, 실험실 실험 결과를 토대로 산출한 수식을 이용한 고강도 콘크리트의 배합설계 계산 기능, 데이터의 저장 및 출력기능, 서버를 통한 데이터의 공유기능 등을 갖추고 있다.

그림 1. 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램



3.1 콘크리트의 종류

콘크리트의 종류는 KS F 4009에 규정된 4가지 종류로 구분하여 추후 보통 콘크리트, 포장 콘크리트, 경량 콘크리트 등으로의 확장이 가능하도록 하였고, 버튼을 이용해서 손쉽게 선택할 수 있도록 구성하였다.

3.2 설계조건

설계조건에서는 설계기준강도(F_{ck}), 굵은골재 최대치수, 슬럼프 플로 범위, 공기량 범위, 표준편차, 외기온도 및 기온보정값(T)을 입력하도록 하였다.

3.3 고강도 콘크리트의 배합강도(F_{cr}) 결정

고강도 콘크리트의 배합강도는 콘크리트표준시방서 및 건축공사 표준시방서에서 제시하는 아래의 식을 사용하여 그 중 큰 값으로 결정하였다.

- 건축공사 표준시방서

$$F_{cr} = F_{ck} + T + 2s \dots\dots\dots (1)$$

$$F_{cr} = 0.9(F_{ck} + T) + 3s \dots\dots\dots (2)$$

- 콘크리트 표준시방서

$$F_{cr} = F_{ck} + 1.34s \dots\dots\dots (3)$$

$$F_{cr} = F_{ck} - 3.5 + 2.33s \dots\dots\dots (4)$$

여기서, T : 기온보정값

s : 표준편차

3.4 W/B의 결정

W/B는 실험을 통하여 혼화재 종류에 따라 C/W(B/W)와 압축강도와의 관계를 분석한 아래의 식을 사용하였다.

$$Y = 0.690 + 15.627X \text{ (OPC)} \dots\dots\dots (5)$$

$$Y = 0.523 + 15.778X \text{ (OPC+FA)} \dots\dots\dots (6)$$

$$Y = -11.622 + 20.972X \text{ (OPC+BS)} \dots\dots\dots (7)$$

$$Y = -6.245 + 19.017X \text{ (OPC+FA+BS)} \dots\dots\dots (8)$$

여기서, X : C/W or B/W

Y : W/C or W/B

3.5 단위결합재량의 결정

단위결합재량은 실무 현장에서 사용된 고강도 레디믹스트 콘크리트의 배합자료를 분석하여 단위결합재량과 C/W(B/W)의 관계를 분석한 아래의 식을 사용하였다.

$$Y = 121 + 119.9X \dots\dots\dots (9)$$

여기서, X : C/W or B/W

Y : 단위결합재량(kg)

3.6 단위수량의 결정

단위수량은 3.4와 3.5에서 결정된 W/B 및 단위결합재량을 사용하여 구하는 것을 기본으로 하였다.

3.7 잔골재율, 고성능감수제 및 AE제량 결정

잔골재율은 실험을 통하여 C/W(B/W)와의 관계를 1차식으로 구한 것을 사용하였고, 고성능감수제 및 AE제는 실험을 통하여 C/W(B/W)와의 관계를 2차식으로 구한 것을 사용하였다.

3.8 배합설계의 계산

배합설계의 계산은 STEP 2에 골재의 밀도, 치환율, 1m³의 콘크리트 용적 및 실험배합의 용적을 넣고 계산 버튼을 사용하는 것으로 하였다.

3.9 배합 결과

배합설계 프로그램을 사용하여 설계한 고강도 콘크리트 배합 결과는 그림 2와 같다.

그림 2. 결과의 출력

MIXING TABLE											동양엔지니어링		
시 용 재 료		구분	밀도(g/m ³)	용량(%)	표준수(%)	탄도보정							
		C	3.15	79									
		G	2.60	100	0.0	0.0							
		S1	2.60	80	0.0	0.0							
		S2	2.60	39	0.0	0.0							
		FA	2.20	10									
		BS	2.80	20									
AE/AD(%)	1.02	0.8											
AE/AD(%)	1.03	0.2											
입자크기	VOL(%)	W/C(%)	S/A(%)	단위: 표준용량(kg)									
구분	입자크기			W	C	FA	BS	S1	S2	G	AD(kg)	AE(kg)	
				302	43	86		618	154	838	3.46	6.91	
				432									
				608									
				297									
				361									
25-40-600	입자크기	30.5	45.1	386.3	302	43	86	618	154	838	3.46	6.91	
	입자크기	30	38.5	45.1	4.99	9.06	1.29	2.58	18.54	4.82	28.17	103.08	4.15
공기수량													
공기량은 콘크리트 특성													
경과시간		슬럼프(mm)	슬럼프_분포(mm)	공기량(%)	양생방법(kg/m ³)		표준온도(20±0.5℃)						
60분			600	3.5			16℃						
90분							18℃						
							20℃						
							25℃						
							30℃						

4. 결론

본 연구는 국내 건설현장 여건에 적합한 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질관리기술의 체계적 확립을 위하여, 40~60MPa급 고강도 콘크리트의 배합설계를 예측할 수 있는 추정식을 실험으로 산출하고, 이를 적용하여 고강도 콘크리트 배합설계 프로그램을 개발한 것이다.

프로그램의 사용 언어는 Visual Basic, MS-SQL을 사용하였고, 실험 결과를 토대로 산출한 수식을 이용한 고강도 콘크리트의 배합설계 계산 기능, 데이터의 저장 및 출력기능, 서버를 통한 데이터 공유 기능 등을 갖추고 있어, 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질관리 기술의 체계적 확립에 이바지 할 것으로 사료된다.

다만, 본 프로그램은 실험실 조건을 기본으로 제작되어, 초기에는 고강도 콘크리트 배합설계의 기초 자료로 활용할 수 있을 것이나, 추후 공유되는 공장별 배합설계 자료를 이용하여 업그레이드한다면 각 공장의 특성에 맞는 고강도 레디믹스트 콘크리트의 제조 및 품질안정성에 기여할 것으로 판단된다.