

VE기법으로 유동화 공법 도입에 대한 현장 적용성 연구

Field Application of the Flowing Concrete Method Considering Value Engineering(V.E) Concept

○ 신 현 섭* 박 용 규* 윤 재 령** 전 충 근*** 한 민 철**** 한 천 구*****
 Shin, Hyun-Sup Park, Yong-Kyu Yoon, Jae-Ryung Jeon, Chung-Keun Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates field application of flowing concrete in order to improve workability, quality and economic evaluation of concrete. Test results showed that slump of fresh concrete satisfied the target value before and after flowing concrete, and setting time indicated 3 hours difference depending on the mixture proportion of ready-mixed-concrete company. As for the hardened concrete, compressive strength of standard curing specimens, both control and flowing concrete, presented designed value at 28 days elapse. However, the specimens curing at atmosphere decreased the value, due to the lower curing temperature, but also performed the designed value at 91 days. For the evaluation of construction fee by value engineering(V.E) concept, a flowing method declined 4.89% of concrete construction fee, which is 4.9% reduction for materials and 25% reduction for labor expenses, compared with previous construction methods.

키 워 드 : 가치공학, 유동화 공법, 현장 적용

Keywords : Value Engineering (VE), Flowing Concrete Method, Field Application

1. 서 론

최근 우리나라의 건축 산업은 고도 성장기를 벗어나 저성장기로 진입하게 되면서 건설 물량의 감소와 건설업체의 경영난, 건설자재비의 상승 및 인건비의 상승으로 급속히 위축되고 있는 반면, 건설 프로젝트는 고도화, 고층화, 대형화 및 전문화 되어감에 따라 원가절감의 필요성이 더욱 절실해지고 있는 실정이다.

이러한 비용절감과 기능향상을 위해서 미국에서 1965년 가치공학(Value Engineering : 이하 VE)기법을 처음 실시하였으며, 국내건설공사에 VE기법이 도입된 이래 공사비 및 공사기간의 절감 뿐 아니라 양질의 시공을 위하여 많은 프로젝트에 적용되고 있다.

한편, 건축구조물은 부재단면의 크기가 작고 철근이 조밀하게 배근되어 있어, 된비빔 콘크리트로 밀실한 구조물을 만드는 데 어려운 경우가 많다. 이와 같은 경우에 효과적인 콘크리트 시공법으로 유동화 콘크리트 공법을 들수 있는데, 본 공법을 적용함에 따라 단위수량의 저감, 워커빌리티 개선, 펌퍼빌리티 개선 및 단위시멘트량 저감등의 콘크리트 품질의 향상 및 시공 속도향상 등을 기대할 수 있는 것으로 알려져 있다.

따라서, 본 연구에서는 전술한 유동화 콘크리트 공법을 실제 현장 적용에 따른 효과를 분석하고 아울러 VE기법에 의한 평가를 실시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 VE 개요

VE란 최저의 수명주기비용(Life Cycle Cost)으로 최상의 가치를 얻기 위한 목적으로 수행되는 프로젝트의 기능분석을 통한 대안창출 노력으로, 여러 전문 분야의 협력을 통하여 수행되는 체계적인 프로세스라 할 수 있다. 즉, 시공사의 공사수주 이후에 최저의 비용으로 각 공사에서 요구되는 품질, 공기, 안정성과 같은 필요한 기능을 제대로 달성하기 위하여 공법 및 자재를 포함한 건설 산업의 모든 대상에 대하여 기능을 중심으로 한 개선활동 이라고 정의할 수 있으며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다

$$V (Value) = \frac{F (Function)}{C (Cost)}$$

2.2 VE 프로세스

VE 활동은 시공 단계의 공법 개선에 한정되어 있어, VE 프로세스 단계별 업무 내용과 수반되는 정보의 유형을 살펴보면 다음과 같다.

* 제주대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

** 현대건설(주) 제주대 교양관 현장소장, 정회원

*** (주)선 ENG 기술연구소, 책임연구원, 공학박사, 정회원

**** 제주대 건축공학부 전임강사, 공학박사, 정회원

***** 제주대 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원

표 1. VE Job Plan

준비단계(Pre-Study)	분석단계(Value Study)	실행단계(Post-Study)
1. 정보수집	1. 기능정의-명사+동사 형태 2. 기능정리-Fast Diagram 3. 기능평가 -과거실적 자료법, FD법, DARE법, 부정합법 등	1. 실시 및 후속조치
2. 사용자 요구측정 -품질모델(Quality Model)	4. 아이디어 창출 -Brainstorming -Delphi Technique 5. 개략평가 및 구체화	
3. 대상선정 -Cost to Worth 기법, 비용/성능평가기법, 복합 평가기법	6. 상세평가 및 대안평가 -비용상세 평가, 매트릭스 평가법 등 7. 제안 및 발표	

표 2. 공사 개요

- 공사 명	청주대학교 교양관 신축공사
- 공사기간	2005년 6월 ~ 2006년 11월 (17개월)
- 발 주 처	청주대학교
- 설 계 자	(주)D건축사 사무소
- 감 리 자	(주)S엔지니어링 종합건축사사무소
- 시 공 자	(주)H건설
- 현장위치	충북 청주시 상당구 우암동 37-1
- 대지면적	467,992.00m ² (141,567.58평)
- 건축면적	3,377.27m ² (1,021.622평)
- 연 면 적	14,770.47m ² (4,468.10평)
- 규 모	교양관동 - 지하 1층 ~ 지상 6층

2.3 시공단계의 VE 활동 사이클

시공 단계에 있어서 VE활동의 사이클은 그림 1과 같다. VE 활동 사이클은 먼저 프로젝트의 특성을 파악한 후, 이들 중 향상의 가능성이 가장 많은 부분들을 VE적용 대상으로 선정한다. 이를 위해서 각각의 대상 부문별 가치 향상(비용절감 및 품질향상)의 가능성을 검토한 후, 최종 VE적용 대상 부문이 결정 된다.

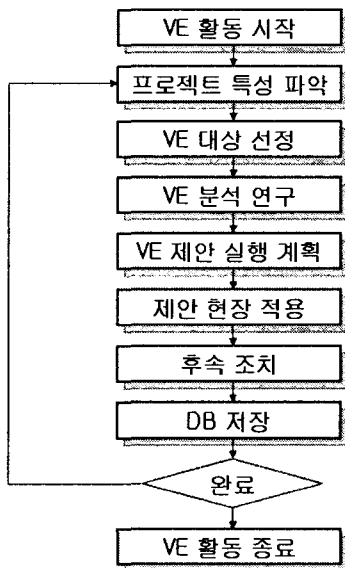


그림 1. 시공 단계 VE 활성 흐름도

3. 유동화 공법의 현장 적용사례

3.1 공사 개요

본 공법을 적용한 '청주대학교 교양관 신축공사'의 공사개요는 표 2와 같고, 기준층의 평면도는 그림 2와 같다.

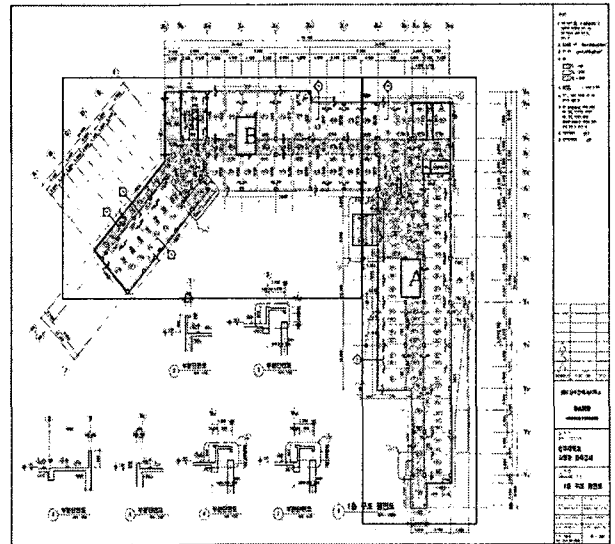


그림 2. 기준층 평면도

3.2 실험 계획

'청주대학교 교양관 신축공사'는 한중 콘크리트 적용기간에 구조체 공사가 시작되어 초기동해 피해와 긴 스패 및 발코니의 파라펫 시공의 문제점을 해결하고, 효율적인 원가절감을 위해 콘크리트를 반입하여 현장 유동화 공법을 적용하고자 하였다.

표 3. 구조체 적용시공의 실험계획

배합 사항	설계기준강도(MPa)		24		
	목표 슬럼프 (mm)	베이스	100±25	유동화	180±25
		목표 공기량 (%)	4.5±1.5		
유동화 교반		· 유동화제 투입후 30회 이상 회전 · 유동화제 투입후 30분내 타설			
실험 사항	굳지않은 콘크리트	베이스	· 슬럼프 · 공기량 · 염화물량 · 응결측정		
		유동화			
	경 화 콘크리트	베이스	· 압축강도 측정 -표준양생(3, 7, 28, 91일)		
		유동화	· 압축강도 측정 -표준양생(3, 7, 28, 91일) · 구조체 관리용 공시체 (1, 2, 3, 7, 28, 91일)		

본 연구의 실험은 그림 2의 기준층 평면을 대상으로 A, B구간의 2개 구간으로 나누어서 타설 하였으며, 콘크리트의 소요량은 1,650m³이며, 현장 적용에 대한 실험계획은 표 3과 같다.

먼저, 배합사항으로 구조체용 콘크리트는 설계기준강도 24MPa의 1수준에 대하여 목표슬럼프 100±25mm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하는 베이스 콘크리트를 반입하였으며, 유동화 교반은 표 3에 준하여 실시하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서 베이스 및 유동화 콘크리트 공히 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 응결시간을 측정하였고, 경화 콘크리트에서 베이스 콘크리트는 표준양생 압축강도를 유동화 콘크리트에서는 구조체 관리용 및 표준양생 압축강도를 계획된 재령 하에서 각각 측정하였다.

3.3 사용재료 및 실험방법

당 현장에 사용한 재료로 콘크리트는 인근지역 KS업체인 레미콘을 사용하였고, 배합사항은 표 4와 같다. 유동화제(밀도: 1.19g/cm³)는 국내산 J사의 나프탈렌계 제품을 사용하였다.

표 3. 콘크리트의 배합사항

레미콘사	W/C (%)	단위량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	질량배합 (kg/m ³)		
					시멘트	모래	자갈
G사	48.3	165	48.2	1.71	342	859	956
B사	49.2	165	48.1	2.35	335	867	957
D사	46.8	159	46.6	2.38	340	828	974

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 염화물량은 KASS 5T-501, 응결시간은 KS F 2436의 규정에 의거 프루터 관입저항 시험방법으로 측정하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2403에 의거하여 계획된 재령 하에서 측정하였다.

4. 실험 결과 및 분석

4.1 굳지않은 콘크리트의 특성

슬럼프는 유동화 전·후 모두 목표 슬럼프를 모두 만족하였고, 공기량은 유동화후 다소 감소하는 경향으로 나타났으나 목표 공기량을 모두 만족하였다. 염화물량 및 콘크리트 온도는 유동화후 미소한 감소를 보이며 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났다.

그림 3은 관입저항치에 따른 응결시간을 나타낸 그래프이다. 유동화제 첨가시 감소효과에 의해 응결시간은 빨라지는 것으로 나타났으며, 레미콘사의 배합사항에 따라 응결시간은 약 3시간 정도의 차이를 나타냈다.

4.2 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 재령 경과에 따른 표준양생 공시체의 압축강도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트의 압축강도는 모든 재령에서 G사를 제외하고 큰 차이

를 보이지 않는 것으로 나타났으며, 재령 28일에서 설계기준강도를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

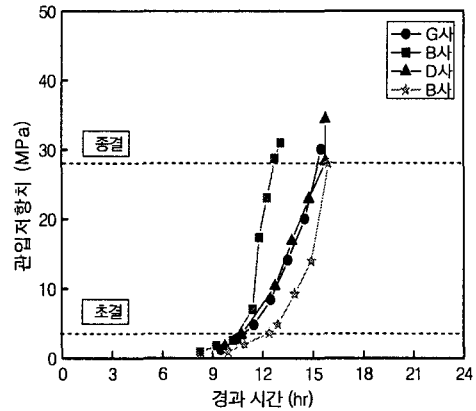


그림 3. 경과시간에 따른 관입저항치

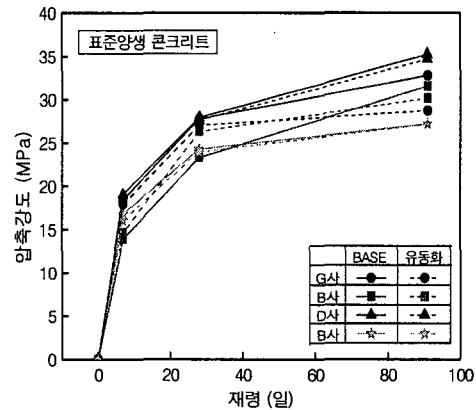


그림 4. 재령 경과에 따른 압축강도 (표준양생)

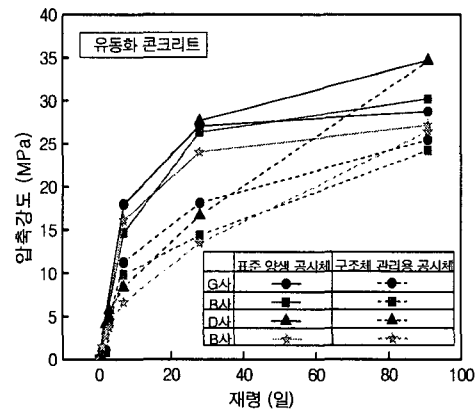


그림 5. 재령 경과에 따른 압축강도 (유동화)

그림 5는 재령 경과에 따른 유동화 콘크리트의 압축강도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 표준양생공시체의 압축강도가 구조체관리용 공시체의 압축강도보다 큰 것으로 나타났으며, 표준양생공시체의 경우 재령 28일에서 설계기준 강도를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 구조체관리용 공시체의 경우 초기 동해를 면하는 5MPa의 압축강도는 대략 재령 3일 이후에 발현되는 것을 알 수 있으며, 재령 28일에서 설계기준강도에 못 미치는 것으로 나타났는데, 이는 공시체가 받은 낮은 양생온도에 의해 저하된 것으로 판단된다. 따라서 실험계획시 한중

콘크리트 공사임을 고려하여 관리재령을 91일까지 연장하여 설계기준강도를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

5. VE기법에 의한 유동화 공법의 평가

표 6은 본 연구에서 적용한 VE기법에 의한 기존의 콘크리트 시공방법과 유동화 공법간의 비용절감 효과에 관한 결과를 나타낸 것이다. 유동화 공법 적용에 따른 재료비의 경우 기존공법에 비하여 4.9%저감, 노무비의 경우 다짐작업의 간소화로 25%저감되어 콘크리트 공사비중 총 4.89%(5,956,500원)가 절감되는 것으로 분석되었다.

표 6. 개선안 원가 분석

VE 개선명	현장 유동화 공법적용					비고
개선내용	1. 콘크리트 작업서 및 펌프 압송성 향상에 의한 시공 속도 및 시공성 개선 2. 블리딩저감 및 표면마감성 향상에 따른 콘크리트 품질향상 3. 레미콘 가격저감에 따른 재료비 절감					
기호	구분	재료비	노무비	경비	합계	
A*	현재 코스트	1,103,685	57,750	57,750	1,219,185	
B	개선안 코스트	1,058,558	43,313	57,750	1,156,898	
C	절감액 (A-B)	54,128	14,438	0	59,565	
절감율 (C/A×100%)		(59,565/1,218,185)×100		4.89%		
유동화 공법의 특징	장점		단점		비고	
	· 위커빌리티개선에 의한 시공속도 향상 · 펌프 압송성 개선 · 건조수축 감소 · 블리딩 감소 · 수화발열량 감소 · 내구성 향상 · 재료비 감소 및 시공속도 향상에 따른 원가절감		· 현장 유동화의 번잡함 · 현장 유동화시 소음발생 · 유동화에 의한 재료분리 · 발생 가능성 · 레미콘 차주의 비협조			

* : 슬럼프 180mm 기준으로 산정

6. 결 론

본 연구에서는 콘크리트의 시공성 향상 및 원가절감을 위하여 현장 유동화 공법을 적용하고, 아울러 VE기법에 의한 평가를 실시하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프, 공기량, 염화물량 및 콘크리트 온도는 유동화 전·후 모두 목표값 범위내에서 만족하는 것으로 나타났다.

- 2) 경화 콘크리트의 압축강도는 표준양생에서 베이스 및 유동화 콘크리트 모두 재령 28일에서 설계기준강도를 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 한중 콘크리트 공사임을 고려하여 관리재령을 91일까지 연장하여 표준양생 및 구조체 관리용 공시체 모두 주문자가 요구하는 호칭강도를 만족하는 것으로 나타났다.

- 3) 유동화 공법에 의한 콘크리트 공사비의 경우 VE기법에 의한 분석결과 유동화 공법의 원가투입율은 재료비가 약 4.9%, 노무비가 약 25%정도 절감되는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 한천구 ; 레미콘 품질관리, 2004.
2. 한천구 ; 한천구의 콘크리트 실무가이드 100, 2006
3. 한국 콘크리트 학회 ; 최신 콘크리트 공학, 2005.
4. 김종, 윤재령, 전충근, 신동안, 오선교, 한천구 ; 이중 버블시트 및 수화발열량차 공법에 의한 한중매스콘크리트의 현장적용 연구, 한국건축시공학회, Vol.6 No.1, pp.15~18, 2006. 5.
5. 유형환, 배수용, 황재우, 윤동진, 이상범 ; VE 대상선정을 위한 평가항목의 가중치 결정방법에 관한 연구, 한국건축시공학회, Vol.5 No.1, pp.149~155, 2005. 5.
6. 한민철, 손성운, 오선교, 김성수, 한천구 ; 유동화공법에 의해 제조한 고유동 콘크리트의 원가분석에 관한 기초적 연구, 한국건축시공학회, Vol.2 No.2, pp99~102, 2002. 2.
7. 한민철 ; 유동화공법에 의해 제조한 고유동 콘크리트의 시공 및 원가분석, 한국건축시공학회, Vol.4 No.2, pp129~136, 2004. 6