발파CM, VE 사례분석 및 새마을지식운동화 방안

KICEM

안명석 지앤비건설(가치)연구원 원장/책임연구원
유현민 대구광역시청 VE담당관/선임연구원
박주한 지앤비가치연구원/연구원

1. 발파기술의 발전과 발파CM,VE 전망

1.1 기술개발과 CM의 발전과정

공업뇌관과 흑색화약을 사용하였던 1960년대의 제 1세대 광산발파공법 시대에서 2000년대 부터 지금의 제 5세대 디지털 발파공법 시대를 지나 수년 후 제 6세대에서는 벌크에멀젼폭약을 대규모현장에서도 일상적으로 사용하는 기술이 더욱 가속화 되어 창조적 가치상승이 일반화 되어 발파기술의 제2 새마을 지식운동의 시발점인 반값 토공사 시공시대가 열릴 것이며, 무선전자뇌관을 사용하는 육해공,우주공간에서의 리모콘발파가 곧 실용화 될것이다.

표 1. 화약제조 및 발파기술의 변천사

세대와 공법 / 화약 제조기술	1세대 광산발파 (1960)	2세대 건설발파 (1970)	3세대 다단식발파 (1980)	4세대 비전기식발파 (1990)	5세대 디지털발파 (2000)
화약	흑색 화약	다이너마이트	초유 폭약	슬러리 폭약	에멀젼 폭약
뇌관	공업 뇌관	전기 뇌관	지발전기 뇌관	비전기식 뇌관	전자 뇌관

상기의 화약류제조기술 및 공법개발 번성기에 이어서 화약류 관리기술 즉 발파CM,VE의 가치창출시대의 번성기가 시작되었다고 할 수있다.

1.2 발파공학의 향후 연구과제

손상대 평가 – 조절발파기술의 실용화 및 검증
파쇄도 평가 – 입도평가기술, 적정입도 생산기술
발파이론확립 – 하우저의식,소음진동추정식보완
수치해석적이론 – 다차원 3D 가상프로그램개발
해체기술 – 초고층철골및 수중구조물 해체기술
발파응용 – 폭발압접기술의 응용, 지반다짐기술
발파관리기술 – 발파CM,VE기법 기술개발

2. 국토교통부 발파지침과 CM 적용 근거

2.1 도로공사 노천발파 설계 · 시공 지침

도로건설공사장의 암 발파로 인하여 발생되는 진동 · 발파소음으로 인한 민원발생을 사전에 예방하고, 현장 여건에 적합한 경제적인 발파공법을 적용하기 위하여 암 발파설계 및 시험발파, 시공 등에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다. 즉 국토교통부는 2006.12 부터 발파CM과 VE의 필요성을 국가지침으로 명시하였으며 10년이 지난 지금은 부분 보정 및 개정이 긴급히 필요한 시점이다.

2.2 도로공사 노천발파 설계시공 지침과 CM

2.2.1 지침의 개요와 CM at Risk 시행 명시

현행 발파설계시 발파원과 보안물건 간의 이격거리로만 구분하여 적용하던 암 발파공법을 지발당 장약량 등을 기준으로 하여 6가지 Type으로 표준화하고,보안물건의 허용진동기준과 이격거리에 따라 [거리~지발당장약량 조견표]에 의거 설계자가 쉽게 적정 발파공법을 선정할 수 있도록 하였다.

도로공사에서 불가피하게 수행되는 발파의 영향으로 진동, 발파소음 등 민원이 발생하고 있는 점을 감안하여, 환경피해를 저감시키고 효율적인 설계 및 공사추진을 도모함으로써 민원을 예방하고 예산을 절감할 수 있으므로 발파공사 시행 전에는 반드시 시험발파를 통하여 발파진동 추정식을 구하고, 시공성과 경제성 및 인근 보안물건의 안전성 등을 종합적으로 검토하여 적정발파공법을 적용해야 한다. 즉 건설기술진흥법에서 명시한

CM단 구성 및 CM at Risk 시행을 이미 앞서 명시한 것이다.

2.2.2 암 발파 업무 흐름도

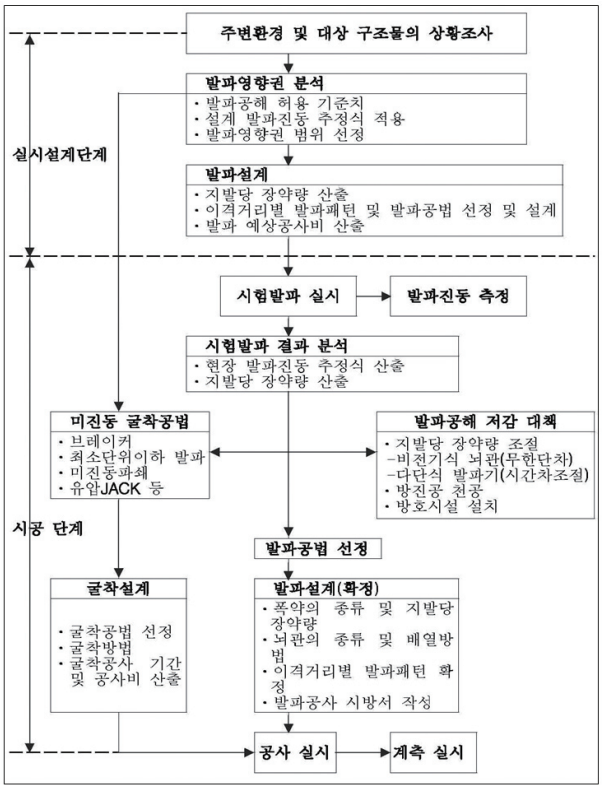

그림 1. 암 발파 업무 흐름도

2.3 발파CM단 선정 및 VE위원회 운영

발파CM단은 발주처 혹은 시공사와 계약하며 발파CM업체의 CM자격 소지 및 업무 수행실적 등을 다각적이고 종합적으로 검토하여 2~3업체에 대해 심의하고 발주한다. 발파CM과 VE는 토목분야가 주축이 되어 산업공학,자원공학,화학공학,기계공학,전자공학,회계 및 경영관리학,조경학,구조학,도시계획,경관디자인 분야 등이 종합 융합된 기술및 경영분야로서 주변환경, 민원, 안전, 사후 영향을 모두 고려해야 하는 복합적인 행위이다.

우리나라의 경우 시공을 위주로 하여 그에 발생하는 사항들에 대해 단편적으로 케이스바이 케이스로 해결해 나가는 방식으로 공사를 진행하지만 미국, 일본, 호주 등 선진국의 경우에는 최대한 문제가 발생될 제반사항들을 미리 검토하고(Pre-Con) 조치 후 공사를 시공하는 섬세함과 종합관리 측면으로 진행하므로 우리나라와는 안전성과 경제적인 면에서 큰 차이가 있어서 실질적인 창의성과 가치창출 및 원가절감을 도출하지 못하고 있다.

2.4 경찰청 발파지침과 CM 적용근거

– 총포도검화약류등 단속법 제 18조 및 동법 시행규칙 제 29조에 의하면 주된 사용지를 관할하는 경찰서장에게 화약류사용(소지)허가 신청서를 제출하여 허가를 득하여야 한다 라고 명시되어있다.

– 그리고 경찰청 안전관리 업무지시내용에 의하면 경찰서장이 법 제 18조 3항을 판단키 어려운 전문기술사항은 기술사법 및 동법 시행령의 시행에 따른 화약류관리기술사가 작성한 설계도서(발파설계)를 화약류사용계획서에 첨부하도록 행정지도한 지시를 따를 수 있다 라고 하였다.

즉, 전문기술사항은 등록된 기술사에 의해 관리(CM)를 받도록 하였다.

2.5 기술사법에 의한 CM적용 근거

– 기술사 (법률 제 4500호) 제 3조 및 동법 제 6조에 의하면 "기술사는 과학기술에 관한 전문적 응용능력을 필요로 하는 사항에 대하여 계획,연구,설계,분석,조사,시험,시공,감리,평가,진단,사업관리,기술판단,기술 중재 또는 이에 관한 기술자문과 기술지도를 그 직무로 한다."로 명시되어 있으며 자격과 수행능력을 갖춘자 즉 "기술사사무소를 개설하고자하는 기술사는 과학기술처 장관에게 등록하여야 한다" 라고 더욱 구체적으로 명시되어 있다.

3. 발파CM,VE 적용사례와 제2새마을지식창조운동

3.1 발파사업관리(CM) 시행사례

3.1.1 혁신도시 연수원신축 공사현장에서 CM사례

– 발파 기능분석 및 주요 인자 도출

설계를 확인한다--〉정밀 진동제어발파로 설계
보안물건을 조사한다--〉양봉시설 이전을 검토
시험발파를 실시한다--〉설계된 공법을 확인
공법을 조정한다–〉소규모진동제어발파로 변경
CM단(계측관리 포함)을 운영한다–〉과업성공

– 소요 공사기간 및 생산물량

과업일수(기간) : 12일(14.1.14~14.1.28)
생산물량 : 8773.8m³ * 공기준수 및 흑자 *

3.1.2 도심지 신축 공사현장에서 CM 미실시사례

– 발파 기능분석 및 주요 인자

설계를 확인한다--〉소규모진동제어발파로설계

보안물건을 조사한다--〉주택,공장,사무실 확인
시험발파를 실시한다--〉설계된 공법을 확인
설계로 시공한다-〉소규모진동제어발파로 시공
CM단 없이 시공-〉민원 및 사고발생, 공사지연
- 소요 공사기간 및 생산물량
과업일수(기간) : 17일(13.12.18~14.2.19)
생산물량 : 5404.8㎥ * 공기지연 및 적자 *

3.1.3 건설사업관리(CM) 사례분석 결과 정리

- 우리나라 건설산업의 세계경쟁에서 생존과 건실화를 위해서는 설계변경 Zero화, 확정된 공기준수, 그리고 프로젝트의 가치를 극대화하기 위해서 PreCon Service 방식을 적극 도입하여야 한다.

특히 발파CM의 경우 안전성을 위한 공법변경, 민원관리 측면에서 더욱 절실히 필요로 하는 공종이다.

- CM서비스의 다각화가 요구되는 최근 건설시장의 흐름에 맞추어 사업관리형 CM(CM for Fee)에서 책임형CM(CM at Risk)으로의 급속한 전환이 요구된다.

- 건설산업에서 발주방식과 수행방식을 혁신할 때 선진 건설산업구조가 정착되며, 이때 기술중심의 영업활동, 발주자와 시공사의 Win-Win구조가 형성되며, 투명성 제고로 건설산업의 신뢰성이 향상되므로 발주방식의 혁신사례로는 CM at Risk + PreCon 발주를 권장해 본다. 이때 건설산업의 만성적 적자, 낭비의 혁신 포인트관리가 되므로 공기단축 및 이익을 극대화할 수 있다.

- 국내에 CM at Risk를 적극 도입하기 위해서는 CMR방식에 대한 상당한 이해가 필요하며 이견 발생시 조정능력이 있어야 하며, GMP 이하로 공사가 완료될 경우 계약자와 성과급 지급 등 수익을 공유해야 활성화가 될 수 있다.

3.2 발파경제성검토(VE) 시행사례

3.2.1 대규모발파현장에서 에멀젼폭약 사용을 벌크에멀젼폭약 사용으로 제안하여 가치창출한 사례

- 브레인스토밍으로 아이디어 창출된 내용
비닐에 ANFO장전 수공발파를 적용한다
배수펌핑으로 건공발파를 적용한다
수공발파에 벌크에멀젼을 적용한다
- VE실시로 공사비 50% 이상 절감
설계:대규모발파공법(수공에 불가한 ANFO사용)
변경안:대규모+일반발파 제안 --〉약30% 증액
VE안 : 대규모발파공법에 벌크에멀젼폭약 사용
* 50% 이상의 비용절감 및 가치혁신형 도출 *

3.2.2 도로건설발파설계에서 공법조정및 절감사례

- 도로건설공사 보완설계에서 발파암 223,666㎥ 중에 중규모진동제어발파공법 적용이 79.55%를 차지(발파암 순 공사비 : 42억8658만원)하는 공사임
- 브레인스토밍으로 아이디어 창출된 내용
발파패턴과 발파암 깍기 장비조합을 재검토한다
암 굴착공법에 따라 굴착기준선을 확정하여 공사비를 절감한다
암파쇄방호시설 단가를 재검토한다
공법검토 절감액은 안전시설물로 추가 보강한다
- VE실시로 공사비 30% 절감 사례
설계 : 중규모진동제어발파 약80%로 설계 확인
VE안 : 굴착기준선 확정으로 브레이커 절취공법과 진동제어발파공법 조정으로 중규모진동제어발파공법 대폭 축소
* 30% 이상의 비용절감 및 가치혁신형 도출 *

3.2.3 경제성검토(VE) 사례분석 결과 정리

- 건설서비스의 다각화가 요구되는 시장의 흐름에 맞추어 설계변경 Zero화, 확정된 공기준수를 위해, 또한 발파의 경우 안전성을 위한 공법변경, 민원관리 측면 등에서 발파경제성검토(VE)는 꼭 필요로 하는 원가관리 기법이다.

- 경제성검토기술에서 간단한 지침 수준의 메뉴얼은 있으나 우리나라 산업발전 수준을 감안 할때 실무중심의 산학연 공동참여 VE실무 메뉴얼이 절실히 필요한 시점이다. 또한 아직도 미흡한 LCC 기준 마련을 위한 연구 보완이 필요하므로 현재 까지 시행된 자료를 모아서 그를 토대로 하여 먼저 LCC 시설물관리 메뉴얼 작성을 하여야 한다.

- 설계VE는 대부분 공공성이 있는 국가 차원에서 진행되고 있으므로 시행중 절감된 부분에 대한 성과급 지급이 불투명하여서 현 수준을 급격히 발전시키기 힘들지만, 시공VE의 경우는 민간 주도가 많으므로 7:3 정도의 절감액 분배로 진행할 때 상당한 윈윈 효과가 예상된다. 또한 기술심의와 VE의 중복 적용은 피해야 하며, 비용절감 목표는 대체로 5% 전후가 적당하며 일부 지자체의 실적 위주의 과도한 비용절감형을 억제하고 진정한 의미의 가치창출형으로의 발전이 예상된다.

- VE로 인한 비용절감은 건설사의 이익감소로 이어지는 것으로 일부조직에서 오해가 있으나 잘못 알고 있는 사안이다.

오히려 수주한 프로젝트에 대한 건설가치향상과 실질적 이익은 물론이고 대내외 신뢰도향상 및 발주처와 협력업체간의 동반성장을 유도하는 좋은 기법이다.

– 대형건설사와 대형설계사 등에서 VE물량을 대부분 수주하고 있는 현실이지만 해당회사는 물론이고 건설시장에서 매우 나쁜 영향을 미치고 있다고 한다. 구성원의 업무질의 저하는 물론이고 과도한 출혈경쟁으로 품질저하와 수익저하를 일으키고 있다. 이어서 VE대가 하락으로 전문가와 전문회사의 처우를 현저히 떨어뜨리고 있다고 한다.

– 모범적인 VE팀 운영 지자체로는 우수한 VE전문가를 확보하고 자유로운 아이디어 창출 분위기 조성 및 가치혁신형 제안이 가장 많이 나오고 있는 대구광역시를 들수 있으며, 중앙정부기관으로는 VE프로젝트 발주시 70% 이하 수주 자제를 권고하고 있는 환경부를 들수 있다. 수의계약시 막연하게 VE대가 저가요구를 하는 곳은 스스로 거부하는 등 덤핑발주 및 수주관행이 조속히 근절되어야 할 것이다.

3.3 건설CM과 VE는 제2의 새마을운동이다

3.3.1 새마을운동의 기본개념

– 1970년 4월 22일 시작된 새마을운동은 박정희 대통령이 1969년 수해를 입은 영남지역을 시찰하기 위해 열차로 청도군을 지날때 수해복구를 위해 주민들이 협동작업을 하는 모습을 보고 현장을 방문해 격려한 뒤 새마을운동을 구상하였다고 한다. "새벽종이 울렸네, 새아침이 밝았네"로 시작하는 새마을 노래는 그 시대 국민 모닝콜이었고 '정신문화운동'이었으며 "하면 된다"는 혁신적 사고를 고취하게 함으로써 자신감과 희망을 불어넣어 주었다. 지금은 대한민국의 새로운 도약을 위해 제 2의 새마을[지식창조]운동이 참으로 절실한 때이다.

– 근면,자조,협동정신으로 잘 살아보자 라고 외치면서 국민 스스로 생활환경의 개선과 소득 증대를 획기적으로 향상시킨 새마을운동의 정신을 이어받기 위해 2009년 4월에 청도 신도마을에는 "새마을운동 발상지 기념관"이 개관되었고, 이어서 포항시 북구 기계면 문성동에도 9월에 개관되었으며 최근에는 구미시 상모사곡동 일대에 '새마을운동 테마공원'을 조성하고 있다.

3.3.2 제 2의 새마을운동은 도전과 혁신의 견인차

– 새마을운동은 지역사회에서 공동체 정신을 회복하고 국민통합에 앞장서고 있으며, 국제사회의 대표적인 개발협력 모델로 발전되고 급속히 세계화가 진행되고 있다. 새로운 에너지의 모멘텀이 필요한 지금 시점에서는 제조업에서 성공사례와 건설업에서 성공적으로 진행되고 있는 CM과 VE기법을 전분야에 전파하는 가치창출 및 창조경제 정신운동이 가능하다. 제 2 새마을[지식창조]운동은 도전과 혁신의 중심이 되어야 한다.

3.3.3 제조업에서 건설업으로, 그리고 농업, 행정VE로 발전시켜야 한다

– 창조(創造,Creation)의 사전적 의미는 처음으로 만드는 것, 만들어 내는 것이다. 또한 E.K.von Fange는 창조란 새로운 결합을 말하는 것이다. 창조란 전혀 아무 것도 없는 곳에서 생긴 것이 아니고 창조가 생기기 위해서는 일정한 전제조건이 필요하다는 것이다.

– 가치공학(Value Engineering)은 가치창조라고 표현할 수 있다. 즉 Worth Creation이다.

– VE는 제조업에서 L.D Miles에 의해 1947년 미국 GE사에서 탄생되어 산업혁명에 기여하고 제조산업에서 고부가가치 실현에 크게 기여하였다.

– 건설업에서는 수년간 연구개발과 설계VE 등으로 체계화되고 최근에는 100억 이상 공사에 모두 적용함 으로써 기관별로 수억 내지 수백억원씩 절감효과를 발휘하고 있다.

– 시공VE 단계에서는 더욱 많은 효과가 기대된다. 그러므로 이제는 더욱 많은 효과가 예상되는 농업VE 진출에도 준비하여야 되겠으며 동단위,구단위,시단위의 행정VE와 군사, 정치분야에서도 더욱 체계화된 VE 그리고 00CM도 준비하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, "도로공사 노천발파 설계 · 시공 지침", 2006.12

2. 안명석, "발파업계의 동향과 CM · VE사례", (사)대한화약발파공학회 호남지회 창립총회 세미나, 2014. 8

3. 박주한, "암발파시공에서 건설사업관리와 경제성검토에 관한연구", 동서대학교 대학원 공학석사학위논문, 2016. 2

4. 관음로~칠곡로간 도로건설공사(2단계) 보완설계 설계VE, 대구광역시, 2016. 3

5. 강인구,"가치공학의 이해와 창조원리" 지자체 VE 활성화를 위한 세미나, 한국건설관리학회, 부산광역시, 한국건설VE연구원. 2016. 4

6. 안명석 · 김가현, 한중일 해저터널 건설공사에 대한 소고 – 깊은 심도 해저터널의 굴착기술과 CM · VE 적용–, (사)대한화약

발파공학회 추계학술발표회 논문집, p129~140, 2009. 10
7. 한국VE협회, www.skve.org, 2016

■ 안명석 E-mail : amspeoff@chol.com