

터널에서 벌크 에멀전 폭약을 이용한 설계기법 연구

이상헌 · 김희도 · 안봉도 · 최성현¹⁾

1. 서 론

최근 터널 발파굴착에서도 기계식 장전시스템을 적용하여 대단면·장대터널에서 종래의 발파굴착방법과 차별화하려는 시도가 활발히 진행되고 있으며 얼마 전 언론매체에서 이슈가 되었던 서울외곽 순환고속도로의 사패산터널(4공구)과 수락산터널(5공구)공사에서 기계식 장전시스템을 적용하여 성공적으로 굴착을 수행한 시공사례도 있다. 화약을 이용한 발파굴착공법은 종래 대부분 인력에 의해 작업이 진행되어 장전작업에 소요되는 다수의 인력 확보와 업무 수행능력에 따른 계획시공의 어려움 등이 문제점으로 지적되었으나 장비에 센서를 부착한 기계화된 장전시스템의 도입으로 정확한 공내 장전밀도 조절이 가능해 졌고 장비운영자를 제외한 순 장약에 소요되는 작업원과 장전시간이 대폭 절감됨에 따라 계획시공 및 공기절감을 통한 경제적 시공이 가능해 졌다.

본 논문에서 소개하고자 하는 기계화 장전 시스템(PLC1000)은 죽상태의 bulk emulsion 폭약을 전용 장전호스를 사용하여 공내 장전하는 방식이며 pump rpm조절을 통하여 전체 흐름양 속도 및 재료별 흐름양 설정이 가능하여 작업의 숙련도에 따라 제어가 용이하고 또한, 장비 운영자나 막장 책임자는 시시각각 장비에 부착된 main LCD화면을 통하여 현장 여건에 적합하도록 자동 setting된 공당 장약량 및 전체 장약량 현황 파악이 가능하고 차후에 암질 및 지질상태등 주변 여건의 변화에 따른 보정 setting을 신속하고 간편하게 조정할 수 있다.

본 연구에서는 2001년부터 2005년까지 국내 터널현장에서 bulk emulsion 폭약을 적용하여 시공한 터널 5개소와 시험발파가 실시된 터널 4개소의 발파결과중 굴진효율 및 여굴량이 양호한 시공결과를 근거로 적용현장의 암반등급별 최적 비장약량과 영역별 적정 장약량을 검토하였다. 상기조건을 만족하는 총 98개의 발파결과를 회귀분석하여 RMR과 벌크에멀전 폭약의 최적 비장약과의 상관식 $Y = 0.669 + (0.0154 \times RMR)$ 을 얻었고, 이때 상관계수는 0.81이었다. 또한, 벌크 에멀전 폭약을 적용하였을때 천공장 및 굴착 단면적의 증가에 따른 최적 비장약량의 변동추이와 영역별 적정 장약장과 장약량을 검토하였으며 이를 근거로 향후 국내 대단면·장공터널에서 bulk emulsion을 보다 효율적으로 설계에 반영할 수 있도록 기초적인 자료를 제공하고자 하였다.

1) (주)고려노벨화약

2. 본 론

2.1 Bulk Emulsion Charging System 소개

터널 굴진용 폭약으로 최근까지 가장 많이 사용된 니트로글리세린 계열 폭약은 폭속과 맹도 등 동적위력이 커서 굴진효율이 양호한 반면, 제품의 원료성분 자체가 폭발성 물질로 안정성이 떨어지고 니트로기에 의한 폭발 화학반응에 의해 질소 화합물 등의 유독가스 배출이 심하고, 지반진동을 과다하게 야기시키며 이에 따른 구조물 안전에 위험을 초래하는 등 시공 능률면이나 환경측면에서 매우 불리한 요소가 많아 이미 전 세계적으로 토목시공(civil engineering)분야에서 그 사용량이 급격히 감소하고 있으며, 에멀전 계열의 폭약으로 대체되고 있는 추세이다.

특히, 기계화 장전시스템을 도입한 벌크형 에멀전폭약의 경우 취급 사용에 따른 에멀전계 폭약의 안전성 측면을 더욱 높이고, 아울러 공내 밀장전에 따른 폭력 손실을 최소화하여 굴진 및 암 파쇄효율을 증대시키고, 작업의 편리성을 높인 미래형 터널 폭약장전 시스템이다. 현재 국내에서 도입된 기계식 장전시스템은 PLC1000으로 스웨덴의 Dyno Nobel사에서 제작된 bulk emulsion 전용 장비다(그림 1). PLC1000의 구조는 크게 에멀전 및 물의 흐름량 조절을 위한 펌프, 무선 송신장치, PLC touch screen과 bulk emulsion tank, hose feeder, air compressor, electric cabinet등으로 구성되어 있다(그림 2). PLC 1000의 장전형태는 고무 장전호스를 공내 삽입하여 remote controller에 의해 자동 충전되면서 호스가 공 밖으로 나오며 공당 장전량과 전체 장약량은 PLC touch screen을 통하여 통제 가능하고 암반, 암질상황과 천공장에 따라 조절이 자유롭다(그림 3).

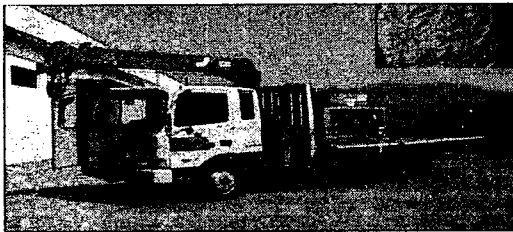


그림 1. 벌크 에멀전 폭약 장전장비

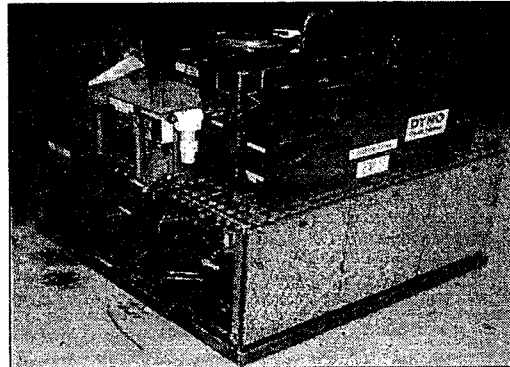


그림 2. PLC1000 cabinet

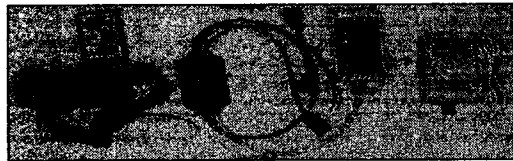


그림 3. Radio remote control

2.2 Bulk Emulsion 폭약과 장전원리

Bulk emulsion 폭약이란 포장하지 않은 상태에서 기계화 장전 시스템(PLC1000)에 장착된 장전호스를 통하여 직접 장약공으로 주입되는 에멀전계 폭약을 말하는 것으로 미주나 서구 유럽등지의 발파분야에 있어 선구적인 역할을 수행하여 왔던 나라에서는 이미 보편화된 시스템으로 ANFO 다음으로 노천이나 터널등지에서는 가장 보편화된 장전 System이다.

Bulk emulsion 폭약은 원료가 기본적으로 일반 에멀전 폭약과 거의 흡사한 불 폭성 물질의 화합물로서 제조, 저장, 운반 및 사용에 있어서 극히 안전하며 반드시 booster (카트리지 형 emulsion이나 dynamite)가 있어야 기폭한다. 공당 장전밀도를 증가시켜 천공수가 감소하고 효과적인 파쇄와 굴진률 향상을 기대할 수 있으며 발파 후 가스가 매우 양호한 것을 비롯하여 기계화 장전에 따른 시공 능력 향상과 작업 안전성을 동시에 강화할 수 있다. 또한, 공저부로부터 밀 장전에 의해 공내 공극이 발생하지 않아 공극에 의한 폭력손실이 적어 폭력을 효율적으로 활용하여 공당 파쇄범위 증가 및 파쇄도 향상효과를 기대할 수 있다.

Bulk emulsion폭약은 노천용과 터널용으로 구분되며 터널용과 노천용 벌크에멀전 폭약의 차이점은 구성요소가 다소 상이하며 터널용 bulk emulsion 폭약은 노천용에 비하여 점성을 증가시켜 수평공·상향공에 장전 가능하도록 제조한 것으로 본 논문에서는 터널용 벌크에멀전 폭약인 New Emulite1000에 대해서 소개하기로 한다.

표 1. New Emulite 1000 제품사양

제 품 명	New Emulite1000
• 폭속 (m/sec)	5,500
• 가비중 (g/cc)	1.20~1.25
• 폭발열 (kcal/kg)	690
• 가스량 (ℓ/kg)	976
• 내한성 (℃)	-20
• 내수성	최우수
• 포장규격	150, 200, 300kg/barrel

공당 장약량 및 전체 장약량은 PLC screen(그림 4, 그림 5)을 통하여 통제 가능하며 touch screen 방식으로 조작이 간편하고 장약 중·장약 후 모든 상태가 실시간 조절이 용이하다. 이는 계획된 공당 혹은 전체 장약량에 대한 정확한 폭약량 계산이 용이하여 작업자의 경험 및 숙련도에 따른 작업오차를 최소화 할 수 있다.

이상현, 김희도, 안봉도, 최성현

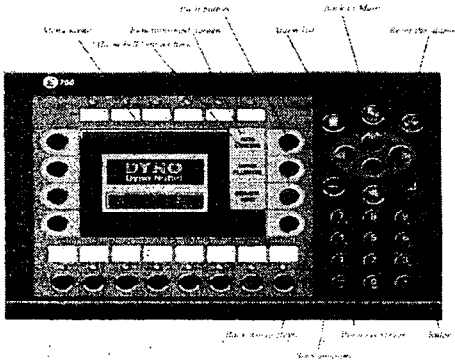


그림 4. PLC 메인

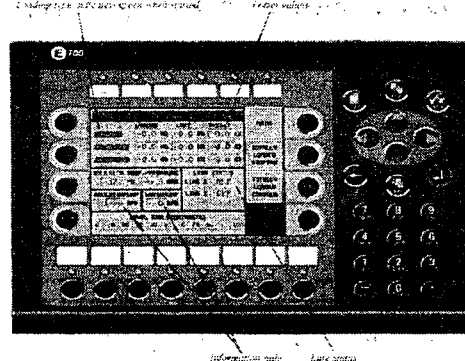


그림 5. 자동장전

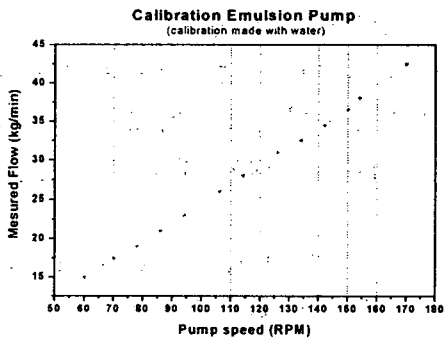


그림 6. 흐름양 및 속도조절(emulsion)

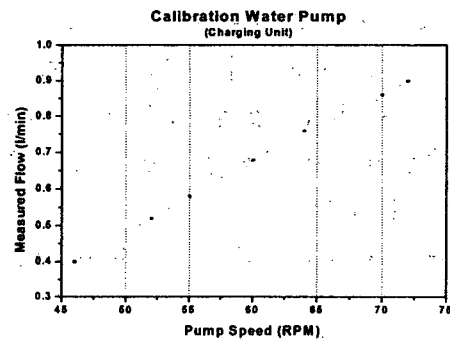


그림 7. 흐름양 및 속도조절 (water)

상기 그래프는 emulsion pump와 water pump의 rpm대비 흐름량을 나타낸다. 일반적으로 stoping 장약 시 40kg/min(high)의 속도로 놓고 contour 장약 시 20kg/min으로 하며, 최종 흐름량 설정은 현장에서 폭약의 실제조건(물과 emulsion matrix)에 부합하여 조정한다. Bulk emulsion폭약의 장전이론은 그림 8과 같으며 뇌관에 의한 기폭이 이루어지지 않으므로 포장형 약포의 emulsion폭약이나 NG계열의 전폭약포를 사용하여야 한다. 즉, 역기폭의 경우 뇌관을 장착한 전폭약포를 호스와 함께 공내 밀어 넣고 bulk emulsion이 호스를 통하여 주입되면서 공 내 충전하게 되며 이때 주입압에 의해 장약호스는 자연스럽게 장약공 밖으로 밀려나게 된다.

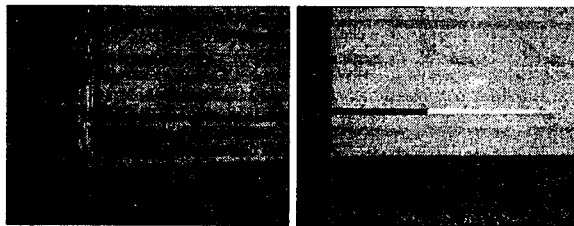


그림 8. PLC 1000을 이용한 bulk emulsion 장전

2.3 Bulk Emulsion 폭약의 위력 증대요인

현재 국내에서 생산되는 터널용 산업폭약 중 카트리지형의 경우 경압 이상의 암반조건에 적합하도록 제작된 NG계열의 Dynamite와 고성능 Emulsion계열의 폭약이 적용되고 있다. 폭약의 위력을 결정하는 1차적인 분류에는 폭발에너지(발생열량)와 가스량, 폭발속도 등의 기본 요소의 상호 복합적인 작용과 폭약의 약경, 장전밀도와 같은 응용요소에 의해 결정되며 특히, 동일한 폭약을 적용한 경우 공당 장전밀도를 증가시킬 경우 또는 폭약경을 증가할 경우 공내 폭압을 대폭 증대시킬 수 있다. 상기효과는 터널의 최외곽부나 암반사면의 절취부에 공경에 비하여 작은 직경의 폭약을 적용하여 폭압이 공기층에 일정부분 상쇄됨으로서 모암 및 주변 암반 손상영역을 줄이는 제어발파의 용도로 적용되기도 하며 터널의 스무스 발파나 사면 절취부에서 선 균열 발파가 이러한 폭력 저감효과를 활용한 대표적으로 예이다. 그러나 이와는 상반되는 목적으로 터널의 심발부 및 확대부, 바닥부는 굴진효율의 증대를 목적으로 가급적 집중장약의 형태로 장전하여야 하며 천공직경과 폭약경의 차이로 생성된 장전부의 공극은 우수한 파쇄 및 굴진을 저해하는 대표적인 요소로서 작용하게 된다.

표 2. 벌크 대비 카트리지형 공내 충진을 비교

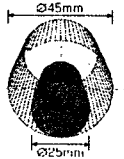
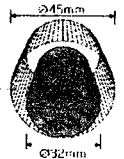


약포 직경	Φ25mm	Φ32mm	Φ34mm	Φ36mm
폭약 충진 개요도				
장전밀도	0.5 kg/m	0.8 kg/m	1.05 kg/m	1.25 kg/m
Bulk대비	중량비 26.3%	중량비 42.1%	중량비 55.3%	중량비 65.8%

표 3. 공내 폭압과 De지수와와의 상관관계

사용 약폭의 직경에 따른 폭력 저감			
• 관련식 : $Decoupling\ Index (D_e) = \frac{\text{발파공의직경}}{\text{폭약의직경}}$			
• 천공경 Φ45mm에 대하여 Φ32mm와 Φ36mm의 직경의 약 포를 장전하는 경우 De지수는 각각 1.4와 1.25 정도임			
폭약직경	De	공내폭압	(B),(C)/(A)
Φ45mm(A)	1.00	2.75×10^4	100 %
Φ32mm(B)	1.40	0.90×10^4	32.7 %
Φ36mm(C)	1.25	1.50×10^4	54.5 %

이상헌, 김희도, 안봉도, 최성현

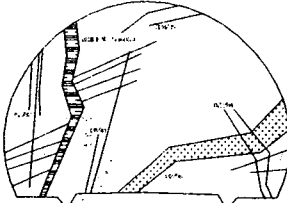
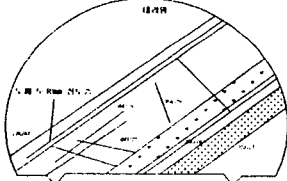
단위 장약장에 대하여 bulk emulsion으로 장전하였을 경우와 동일 천공직경($\Phi 45\text{mm}$)에서 cartridge형 폭약의 약경에 따른 장전비율을 비교하면 표 3과 같다(단, bulk emulsion M당 장약량은 약 1.908kg임).

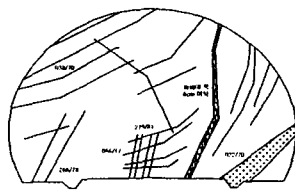
2.4 조사대상구간의 암반평가

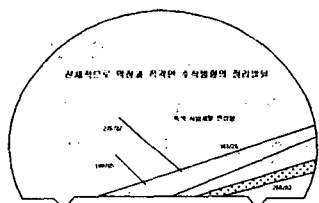
본 연구에서 현장별 암반상태를 정량적으로 평가하기 위하여 Bieniawski(1973)의 RMR 분류방법을 채택하였다. 터널 막장조사와 시추자료로부터 구할 수 있는 5개(무결암의 단축압축강도, RQD, 불연속면의 간격, 불연속면의 상태, 지하수 상태)의 측정 가능한 변수로 대상 지역의 암반에 대한 기본 평점을 결정하였다.

표 4는 본 연구에서 공학적 암반분류 방법으로 활용한 대상 지역의 RMR평가 결과이다.

표 4. 조사 대상지역의 암반분류 평가

Face mapping	매개변수	결과	점수	
	• 단축강도	150Mpa	10	
	• RQD	63%	12	
	불연속면	• 간격	20~60cm	10
		• 길이	3~10m	2
		• 틈새	0.1~1.0m	4
		• 거칠기	거칠	5
		• 충전물	없음	6
	• 풍화도	신선	6	
• 지하수	습윤	4		
• 총 점			잘못된 계산식	
Face mapping	매개변수	결과	점수	
	• 단축강도	180Mpa	10	
	• RQD	68%	14	
	불연속면	• 간격	20~60cm	10
		• 길이	10~20m	2
		• 틈새	0.1~1.0m	4
		• 거칠기	매끄러움	2
		• 충전물	단단(>5)	4
	• 풍화도	보통	5	
• 지하수	완전건조	15		
• 총 점			잘못된 계산식	

Face mapping	매개변수	결과	점수	
	• 단축강도	170Mpa	10	
	• RQD	60%	12	
	불연속면	◦ 간격	0.6~2m	15
		◦ 길이	3~10m	2
		◦ 틈새	0.1~1.0m	4
		◦ 거칠기	거침	3
		◦ 충전물	단단(>5)	4
	◦ 풍화도	신선	6	
	• 지하수	완전건조	15	
	• 총 점			잘못된 계산식

Face mapping	매개변수	결과	점수	
	• 단축강도	210Mpa	10	
	• RQD	76%	17	
	불연속면	◦ 간격	0.6~2m	15
		◦ 길이	3~10m	2
		◦ 틈새	<0.1mm	5
		◦ 거칠기	거침	5
		◦ 충전물	없음	6
	◦ 풍화도	신선	6	
	• 지하수	완전건조	15	
	• 총 점			잘못된 계산식

2.5 RMR과 bulk emulsion의 비장약량

중부내륙고속도로 제9공구 이화터널(시점구간), 대구-부산간 고속도로 제7공구 고정2터널, 서울외곽 순환고속도로 4공구 사패산 터널 및 5공구 수락산터널, 중앙선 3공구 팔당터널등 총 5개 현장에서 수행한 시공실적과 이외 강촌 1터널, 팔괴터널, 옥산터널, 이화터널(중점구간)등 총 4개 현장에서 수행한 시험발파결과를 기초로 해서 구한 비장약량과 RMR과의 상관관계를 구하였다. 현장별 최적 비장약량을 산정하기가 어렵기 때문에 발파결과 측정 자료 중 발파효율 90%이상이고, 평균 여굴량이 0.25m²/m 이하의 양호한 결과를 나타낸 자료만을 선택해 비교하였다. 이 범주에 들어온 98개의 데이터를 회귀분석한 결과 상관계수가 0.81로 비교적 좋게 나타났다.

이는 RMR값이 높을수록 암반의 결함이 적기 때문에 단위부피의 암석을 발파하는데 소요되는 장약량이 증가함을 의미한다. 따라서 현장별 RMR자료를 기준으로 벌크 에멀전 적용 시 암질 및 암반상황을 고려한 적정 지발당 장약량을 추측할 수 있는 근거자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

이상현, 김희도, 안봉도, 최성현

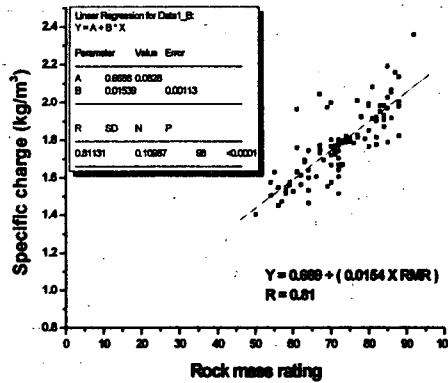


그림 9. RMR과 비장약량의 상관관계

2.6 영역별 설계 장약량

터널에서 bulk emulsion폭약을 설계에 적용할 경우 영역별 공당 장전밀도의 판단기준은 터널용 bulk emulsion생산의 기술 제휴사인 Dyno Nobel사에서 제안한 방법을 근거로 하고 있다. 그러나 암반 및 지반여건과 주변환경이 국내 상황과 차이가 있을 것으로 판단되어 국내 실정에 적합한 영역별 장전패턴을 국내 시공실적을 근거로 알아보고 제시된 기준안과의 차이점을 비교·검토해 보았다.

기준 안에서 영역별 장전패턴은 전체 천공 체적에 대하여 심발 및 바닥부 기준 100%, 확대부 75%, 전열부 50%의 장전밀도를 요구하고 있으며 외곽부의 장전밀도는 국내 터널 현장에서 대체로 정밀폭약을 적용하므로 비교 대상에서 제외하였다. 국내 터널시공 실적을 근거로 영역별 장약패턴을 검토해본 결과 bulk emulsion과 booster의 합계 장전 밀도는 각 천공 체적에 대하여 심발부와 바닥부는 65%~72%(68.5%), 확대부는 55%~68%(61.5%), 전열부는 47%~57%(52%)로 조사되었다.

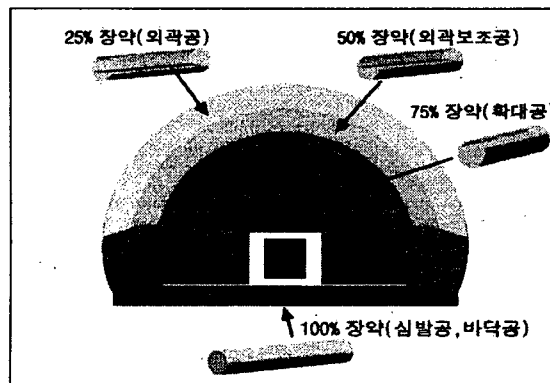


그림 10. 영역별 장전밀도(Dyno Nobel)

대체로 천공장의 증대에 따라 영역별 장전밀도가 증가하는 양상을 보였으며 현장에 따라서는 확대부와 전열부에 장전밀도의 차이를 두지 않는 경우도 다수 조사되었는데 이는 전열부의 장전밀도를 감소함에 따라 적정 장약장이 확보되지 못하고 전색장이 길어짐으로서 최 외곽부가 부담해야하는 저항선이 증대되어 전열부에 그루터기가 발생하는 현상과 부석량이 증대되어 스캐닝등의 막장 정리시간이 증대되고 안전상의 문제를 발생시킬 소지가 있다. 따라서, bulk emulsion으로 전열부 장전 시 50%이상의 한계 장약장 선정은 양호한 발파결과 및 안전한 작업환경, 작업시간의 단축에 매우 중요한 요소로 판단된다.

일반적으로 천공장의 증대는 RMR과 높은 상관성을 가지므로 천공장 변화에 따른 단면적별 비 장약량의 변화 추이를 조사하였다. 조사방법은 현장에서 수행한 발파결과 중 양호한 굴진효율을 보인 데이터만을 정리하여 천공장 증대에 따른 단면적별 비장약량의 최대 값과 최소 값을 계산하고 최종적으로 그 중간 값에 해당하는 변화량을 분석하여 단면적별 최적 비 장약량을 알아보았다.

그림 11, 그림 12, 그림 13은 단면적이 각각 80m², 95m², 105m²일때 천공장 증가에 따른 비 장약량과의 상관관계와 중간 값의 상관식을 나타낸다. 그림 14는 굴착 단면적 변화에 따른 천공장별 비장약량 변화추이를 나타내며 단면적이 증대함에 따라 최적 비장약량이 감소하는 경향을 나타냈다.

이는 일반적으로 최소한의 고정적 천공수가 요구되는 심발부와 최 외곽부를 제외하고 단면적의 증대에 따라 확대부와 전열부가 차지하는 천공수의 비중이 증대하면서 종래의 시공패턴에 비하여 bulk emulsion을 적용하였을 때 확대부와 전열부의 천공수가 감소한다는 것을 의미한다.

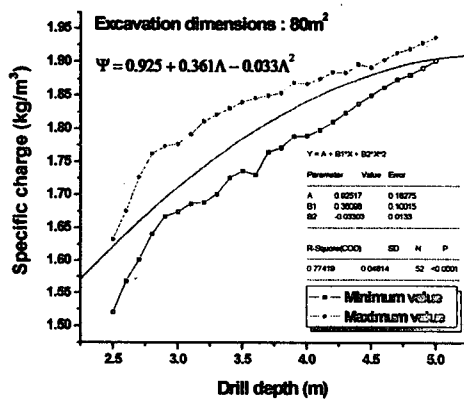


그림 11. 굴착 단면적 : 80m²

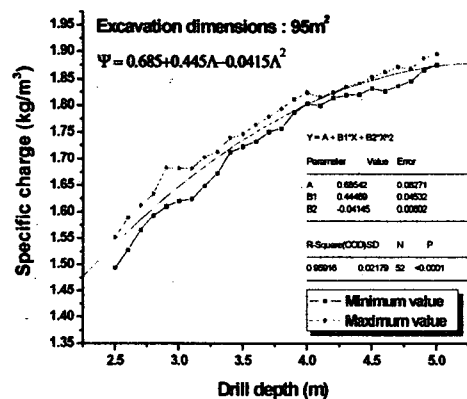


그림 12. 굴착 단면적 : 95m²

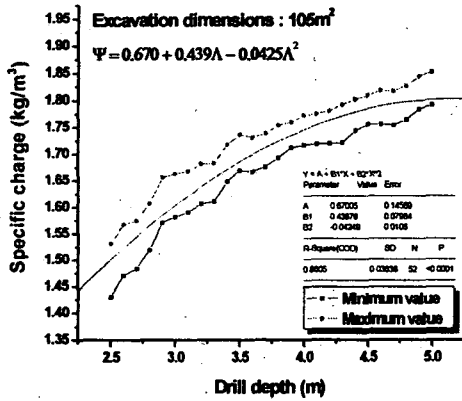


그림 13. 굴착 단면적 : 105m²

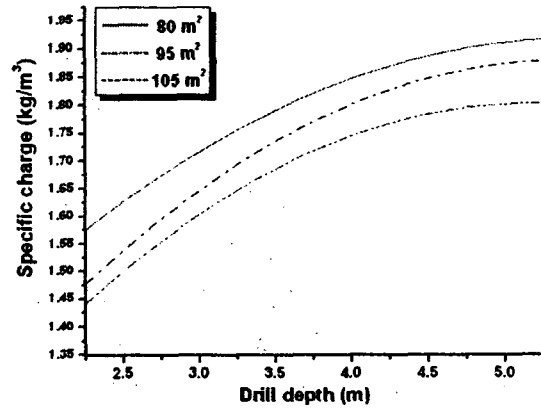


그림 14. 단면적 크기와 비장약량의 상관관계

3. 결 론

본 연구에서는 bulk emulsion폭약을 활용한 터널용 기계화 장전 System인 PLC1000의 소개와 이를 활용하여 주로 경암 및 극 경암 지역에서 수행한 국내 터널 시공사례를 통하여 양호한 시공실적을 보인 발파결과 자료를 활용하여 암반등급별, 천공장과 굴착 단면적 증가에 따른 적정 비장약량과 영역별 적정 장약밀도등을 검토하였다. 본 연구로부터 얻어진 주요 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 현재 국내 터널에서 적용하고 있는 bulk emulsion charging system은 서구 유럽등지에서 적용하는 SSE system(Site Sensitized Emulsion)과는 폭약의 초기 예감성 부여방법에 다소 차이는 있지만 거의 동일한 장전 system으로 공당 혹은 전체 폭약량 제어가 가능한 신 개념의 기계화 장전 장비다.

2) 포장 재질 및 교질상태에 따라 다소 다짐도의 차이는 발생할 수 있지만 대체로 포장형 폭약 대비 단위 길이 당 장전밀도는 약 35~60%까지 증가시킬 수 있으므로 급격한 암질변화에 따른 적용성이 우수하고 공 저부 밀 장전효과로 발파 후 잔류공이 거의 생성되지 않으며 버력의 집적상태와 파쇄효율이 우수하다.

3) 발파결과 측정 자료 중 발파효율 90%이상이고, 평균 여굴량이 0.25m²/m이하의 양호한 범주에 들어온 98개의 데이터를 회귀 분석한 결과 RMR과 bulk emulsion폭약의

최적 비장약과의 상관식 $Y = 0.669 + (0.0154 \times r_{mtr})$ 을 얻었고 현장별 RMR자료를 기준으로 벌크 에멀전 적용 시 암질 및 암반상황을 고려한 적정 지발당 장약량을 추측할 수 있는 근거자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4) 국내 터널시공 실적을 근거로 영역별 장약패턴을 검토해본 결과 bulk emulsion과 booster의 합계 장전밀도는 각 천공 체적에 대하여 심발부와 바닥부는 65%~72%(68.5%), 확대부는 55%~68%(61.5%), 전열부는 47%~57%(52%)로 조사되었다.

5) 전열부의 장전밀도를 감소함에 따라 적정 장약장이 확보되지 못하고 전색장이 길어짐으로서 최외곽부가 부담해야하는 저항선이 증대되어 전열부에 그루터기가 발생하는 현상과 부석량이 증대되어 스케닝등의 막장정리시간이 증대되고 안전상의 문제를 발생시킬 소지가 있으므로 bulk emulsion으로 전열부 장전시 50%이상의 한계 장약장 선정은 양호한 발파결과 및 안전한 작업환경, 작업시간의 단축에 매우 중요한 요소로 판단된다.

6) 굴착 단면적별 천공장 변화에 따른 적정 비 장약량 산정식을 제안하였으며 대체로 동일 천공장에서 단면적 증가에 따라 비 장약량이 감소하는 경향을 보이는데 이는 단면적의 증대에 따라 확대부와 전열부가 차지하는 천공수의 비중이 증대하면서 종래의 시공 패턴에 비하여 bulk emulsion폭약을 적용하였을 때 확대부와 전열부의 천공수가 감소한다는 것을 의미하는 것으로 파악된다.

참고문헌

1. 김태형, 2002, 터널발파패턴 설계의 자동화를 위한 설계변수의 정량적 표현에 관한 연구, 서울대학교 공학석사 학위논문.
2. 최용근, 2005, 터널발파설계 자동화를 위한 발파패턴 설계식 개발, 화약·발파, Vol. 23, No. 4, pp. 19-29.
3. Fauske, A., 1999, The SSE bulk Emulsion system : A new explosives system designed for tunnelling and blasting underground, Gyttop, Sweden, June 9.
4. Persson, P-A., R. Holmberg and J.M. Lee, 1993, Rock blasting and explosives engineering, Emulsion explosives and blasting Agents, pp. 76-78.
5. Olofsson, S. O., 1995, Applied explosives technology for construction and mining, pp. 31-32.
6. Hagan, T. N. and M. B. Duval, 1993, The importance of some performance properties of bulk explosives in rock blasting, Rock fragmentation by blasting,

이상현, 김희도, 안봉도, 최성현

- Fragblast-4, pp. 387-394.
7. ISEE Cleveland Ohio USA, 1999, Chapter 9 Blends, Blasters hand book 17th edition pp. 93-106.
 8. 3 Country Park Section, Tai Lam Road Tunnels, Hong Kong, New Territories. Elvøy, Jan ; Storås, Ingvild ; Rønn, Pal-Egil ; " Bruk av Slurry I Hanekleivtunneen I Vestford", Fjellprenger'n nr. 2 1996.
 9. Fauske, A. and D. Nobl, 1996, Norwegian Urban Tunnelling, ITA, Washington D.C., pp. 21-26.
 10. Fauske, A. and D. Nobl. 1996, Development of Drilling Pattern and Initiation Sequences From Controlled Blasting to Conventional Round, Preliminary Report, Route.