

벌크 에멀전 블렌드 폭약의 특성 고찰

The Study of Bulk Emulsion Blends Consisting of Emulsion and ANFO

정 천 채
C.C. Jeong
(주) 한 화

초 록

국내에서는 Heavy ANFO로 더 잘 알려져 있는 Emulsion Blends는 왁스 대신 오일을 사용하여 상온에서 펌핑이 가능하도록 한 에멀전과 ANFO(또는 초안)의 혼합물을 일컫는다. ANFO는 저렴하고 안전하며 장약이 쉽고 밀장전되는 장점이 있지만, 내수성이 거의 없고 폭발 속도가 느리며 장약 비중이 0.75~0.90g/cc 정도로 낮아 폭약으로서 그 위력이 작은 단점을 갖고 있다.

Blends는 수용성 ANFO 입자 사이의 빈 공간을 내수성 에멀전이 채우고 있는 형태로서 에멀전 함량 25%부터 내수성이 나타나기 시작하여 에멀전 함량 40% 이상에서는 완전한 내수성을 갖게 되며, 에멀전의 함량이 증가할수록 폭발속도는 카트리지 에멀전 폭약에 근접하게 된다. 장약 비중은 에멀전의 함량이 증가할수록 증가하여 45% 근처에서 1.25~1.30g/cc의 최대 값을 갖지만, 그 이상의 에멀전 함량에서는 기폭 감도 저하로 예감제를 사용하여 비중을 감소시키는 것이 바람직하다.

Blends는 자체에 물을 함유하고 있으므로 열역학적으로 계산된 단위 중량당 반응열은 ANFO에 비해 매우 적지만, 폭발속도, detonation pressure(폭굉압), borehole pressure(폭발압력) 등이 ANFO에 비해 크므로 폭발압력에서부터 암석의 파괴가 가능한 압력까지의 단위 중량당 유효한 에너지의 양은 암석의 강도가 커질수록 ANFO에 가까워지고 비장약량도 ANFO와 비슷해진다. 따라서 장약 비중이 ANFO의 130~145%로 높은 Blends는 동일한 천공에 더 많이 장약할 수 있어 단위 천공당 암석 파괴에 이용되는 유효 에너지의 총 양이 커지게 되므로, 공간격과 저항선을 늘릴 수 있어 총 천공수를 감소시킬 수 있다. 결론적으로, Blends의 장점은 내수성과 함께 비장약량은 비슷하거나 약간 증가하는데 비해, 천공수는 크게 감소하여 전체적으로는 발파 현장의 경제성이 향상된다는데 있다.

핵심어 : Heavy ANFO, Blends, 내수성, 장약 비중, 천공수, 경제성

1. 서 론

Blends 폭약은 물을 포함한 화약(에멀전,

슬러리, 워터젤)과 ANFO(또는 초안)로 구성되어 있는 혼합물로 정의할 수 있으며, 최근에는 에멀전과 ANFO의 혼합물을 주로 일컫

고 있다. 에멀전과 ANFO의 혼합비는 혼합에 따른 효과를 얻기 위하여 20:80에서 80:20의 범위에서 이루어지고 있다. 에멀전 함량이 60%미만인 Blends는 펌프로 이송이 되지 않아 기존 ANFO 벌크 트럭과 같이 Auger로 장약하며, ANFO 입자 사이의 빈 공간에 에멀전이 채워져 있으므로 ANFO 단위 부피당 무게를 증가시켰다 하여 'Heavy ANFO'라는 명칭이 붙어진 것 같다. 에멀전 함량이 60% 이상으로 펌핑이 가능한 Blends는 'Pumped Blends'로 분류한다. Blends를 사용하는 주요 목적은 1) ANFO의 비중을 증가시켜 공당 에너지를 증가시키고, 2) ANFO에 내수성을 부여하며, 3) 공당 에너지 증가로 인한 천공 비용 절감과 내수성 카트리지를 사용하여 사용하지 않음으로써 얻어지는 총 발파 비용의 절감에 있다.

2. Emulsion Blends의 특성

2.1 에멀전과 예감화

(1) 에멀전

에멀전은 산화제와 연료를 계면활성제를 사용하여 유화시킨 혼합물로서 발파 여건에 맞게 그 조성비중을 다양하게 변경하는 것이 가능하다. NewMITE나 Emulite와 같은 카트리지에 에멀전 폭약은 일정한 형상을 유지시키기 위해 왁스를 주요 연료 성분으로 사용하고 있다. Emulsion Blends에 사용하는 에멀전은 발파 현장에서 펌프를 통한 장약이 가능하도록 경유와 같이 점도가 작은 오일을 사용하여 에멀전을 액상으로 제조하며, 장약 설비를 이용하여 벌크로 장약할 때 안전성을 향상시키기 위해 물 함량을 증가시켜 뇌관으로도 기폭되지 않는 조성으로 제조한다.

(2) 임계밀도(critical density)

혼합 화약의 기폭 감도는 밀도가 증가함에 따라 감소한다. 강력한 프라이머에 의해서도 기폭되지 않는 밀도를 임계밀도(critical density)라고 한다.

ANFO는 초안의 종류, 장약 방법에 따라 0.75~0.90g/cc의 장약 밀도를 갖으며, 프라이머 기폭성을 나타낸다. ANFO를 분쇄하거나 초안 가루를 혼입하면 비중이 증가하며 연소 표면적이 증가하고 산화제와 환원제의 접촉성이 좋아져 폭발 속도와 기폭 감도가 증가하게 된다. 그러나 비중이 대략 1.15g/cc 정도가 되면 갑자기 불폭점에 도달하게 된다. 카트리지에 에멀전 폭약은 비중이 대략 1.30g/cc 근처에서, Blends는 대략 1.28g/cc 근처에서 기폭성이 불안정해진다.(임계밀도는 천공경에 따라 약간씩 다르다)

임계밀도와 관련하여 주의할 점은 1) 인접공의 쇼크 또는 도폭선에 의한 사압(dead-pressed) 발생으로 ANFO 입자가 부서져 밀도가 증가하는 경우와, 2) Chemical gassing agent 사용시 전단력에 의해 가스 버블이 유실되거나, 장공에서 화약 칼럼의 static head에 의해 공저의 가스 버블이 압축되어 공저의 비중이 증가하는 경우와, 3) 수중 발파시 수압에 의해 기폭 감도가 감소하거나 저속 폭굉하는 경우 그리고, 4) 에멀전과 ANFO를 혼합한 Blends에서 다공성 초안이 에멀전으로부터 오일을 흡수하여 시간이 경과함에 따라 비중이 증가하여 기폭이 불안정해질 수 있다는 점이다.

(3) 예감화

산업용 화약의 기폭성과 가장 관련이 있는 물성은 비중이라고 할 수 있다. 일반적으로 비중이 감소할수록 화약의 기폭 감도는 증가하지만, 필요 이상의 비중 감소는 취급상 위험하고 공당 장약량 감소로 이어져 천공 비용이 점점 증가하고 있는 오늘날에는 발파 효율 측면에서 바람직하지 않다.

산업용 화약의 비중 감소가 기폭성을 향상시킨다는 사실은 hot-spot 이론에 근거를 두고 있다. 혼합 화약은 산화제와 연료가 각각의 phase를 유지한 채 계면의 면적만 다소 증가한 상태에서 계면에서 산화제와 연료가 접촉해 있는 양은 전체에 비하면 여전히 소량이다. 따라서 혼합화약이 빠른 속도로 반응하기 위해서는 계면에서의 반응 이외에 산화제와 연료의 각 상으로부터 개별 성분들이 먼저 활성화되어야 한다. 산업용 화약의 주성분으로 사용되는 초안을 예로 들면, 초안은 170°C부터 분해하기 시작하여 250°C까지는 주로 N_2O 와 물을 생성하는데 이 반응은 분해열이 크지 않으므로 폭굉 반응과는 관련이 적으며, 300°C 이상은 되어야 질소, 물, NO_x 류(NO , NO_2 , N_2O_3) 그리고 산소를 배출하며 분해 반응열도 커지게 된다. 따라서 폭발 과정과 관련 있는 초안의 온도는 적어도 300°C 이상은 되어야 할 것으로 추정된다. 어떤 외부 자극에 의한 온도 상승으로 분해하여 발생한 산소와 NO_x 류가 액상 또는 기상의 연료 성분과 만나 산화 반응을 일으키게 된다. 일단 산화 반응이 국부적으로 일어나면 산화 반응열은 초안의 분해열보다 훨씬 크므로 근처의 미반응 물질들을 더욱 빠른 속도로 활성화시켜 산화 반응을 가속하고 다량의 가스가 순간적으로 발생하여 쇼크가 발생하게 된다.

에멀전 매트릭스는 액상 또는 반고체상으로 비압축성 유체로 볼 수 있다. 따라서 뇌관이

나 프라이머로부터 오는 강력한 쇼크에도 반응에 필요한 충분한 온도까지는 상승하지 못한다.

그러나 에멀전 매트릭스에 기체를 분산시킨 후 쇼크를 주면 기체가 순간적으로 단열 압축되면서 온도가 상승한다. 고온의 기체와 접촉한 응축상의 표면 성분부터 활성화하기 시작하여 산화 반응이 사방으로 전파된다. 따라서 Hot spot 이론에 근거한 산업용 화약의 폭굉은 뇌관이나 프라이머로부터의 쇼크적 충격 이외에 열적, 기계적, 마찰, 전기적 충격에는 그렇게 민감하지 않다.

ANFO는 입자 사이에 공극이 있으며, 초안 자체에도 닫힌 기공과 열린 기공이 있다. 외부의 쇼크에 의해 공극과 기공이 단열 압축되면서 온도가 상승하여 반응의 중심점이 된다. Hot-spot 효율은 닫힌 기공, 열린 기공의 순이며, 입자 사이의 공극은 크기가 크고 서로 연결되어 있으므로 압력 유지가 어려워 비효율적이다. 한편, ANFO를 분쇄하면 입자 사이 공극의 절대 크기가 감소해 각 미세 공극이 어느 정도 압력을 유지할 수 있으므로 기폭 감도와 폭발 속도가 증가한다. 그러나 과도하게 분쇄하면 초안 내부의 기공까지 파괴되어 불폭점에 도달하기도 한다.

혼합 화약의 기폭 감도는 기체의 혼입량, 기체 버블의 크기 및 분산 상태, 기체를 둘러싼 버블의 강도 등에 영향을 받는다. 버블의 강도에 따라 기폭 감도가 영향 받으며, 열분해성 여부에 따라 화약의 총 에너지에도 영향을 준다. 기체 버블의 혼입량이 증가하면 비중이 감소하고 기폭 감도와 폭발속도가 향상되나, 필요 이상으로 혼입하면 오히려 에너지, 폭발 속도, 공당 장약량이 감소한다. 따라서 성능과 기폭 감도간에 적절한 타협이 필요하다.

에멀전 기재 폭약에 사용하고 있는 예감제는 microsphere, chemical gassing agent, ANFO(또는 프릴 초안), perlite, EPS, gas injection 등이 있는데, ANFO 또는 프릴 초안을 예감제의 전부 또는 일부로 사용한 에멀전 기재 폭약이 바로 Emulsion Blends이다. Heavy ANFO 조성은 hot-spot으로서 역할이 크지 않은 ANFO 입자 사이의 공극에만 에멀전이 채워지고 초안의 기공에는 채워지지 않으므로 폭약의 단위 부피당 hot-spot 양은 ANFO와 동일한 상태를 유지하므로써 예감화되지 않은 에멀전 매트릭스를 혼합하더라도 기폭 감도는 ANFO 수준을 유지하게 된다. 단, 혼합후 시간이 경과하면 에멀전의 오일이 초안의 열린 기공에 흡수되어 비중이 증가하고 hot-spot 양이 감소하므로 Heavy ANFO의 기폭 감도는 수일 후에는 크게 감소한다. 한편, 미국에서 비화약으로 분류될 만큼 기폭성이 없는 에멀전 매트릭스의 함량이 50%를 초과하면 초안 입자간 거리가 점점 멀어져 단위 부피당 Hot-spot 양이 부족하게 되므로 에멀전에 별도의 예감제를 사용해야 원하는 정도의 기폭 감도를 얻을 수 있다.

2.2 혼합비에 따른 영향

Blends는 에멀전과 ANFO의 혼합비에 따라 Heavy ANFO와 Pumped Blends로 나눈다. 약상 또는 외관이 ANFO에 가까운지, 슬러리에 가까운지 또는 예감화가 필요한지에 따라 50%를 기준으로 하기도 하며, 실용적인 목적상 펌핑이 가능한 60%를 기준으로 하기도 한다. 50~60%의 조성은 별도의 예감제가 필요하며, 펌프 이송이 어렵고, Auger에서 부분적으로 ANFO rich phase와 Emulsion rich phase로 분리될 수 있어 잘 사용하지 않으므로 혼동되지는 않는다.

Blends의 비중과 내수성은 에멀전 함량이

증가하여 ANFO 입자 사이의 공극이 모두 채워질 때까지 증가하며, 에멀전 함량 40~50% 사이에서 모든 공극이 채워져 비중이 최대가 되고, 공극이 없어 물이 침투하지 못하므로 내수성도 완전해진다. 그 이상의 함량에서는 기폭 감도가 떨어지므로 예감제를 사용하여 비중을 낮춰야 한다.(표 1)

Blends의 폭발 속도는 ANFO 함량이 감소할수록 계속 증가하여 Straight EMX에서 최대가 된다. 이것은 ANFO의 반응 모델로 흔히 이용되는 surface burning의 반응 속도가 느려 화약 컬럼을 통해 shock front가 진행할 때 고행의 ANFO 입자가 장애물 역할을 할 뿐만 아니라 에너지 방출 속도가 느려 shock front가 빠르게 진행하도록 에너지 측면에서 지탱해 주는데 한계가 있기 때문이다. 에멀전 매트릭스의 함량이 증가할수록 폭발 속도는 완만하게 증가하는데 비해 예감화된 에멀전을 사용하게 되면 폭발 속도는 획기적으로 증가하게 된다.

Straight Bulk EMX는 에너지 측면에서는 Blends와 카트리지 폭약에 못 미치지만, 폭속은 카트리지 에멀전 폭약과 유사하며, 벌크로 장약하면 완벽한 밀장전 효과를 얻을 수 있다. 비중 1.20g/cc 근처의 카트리지 에멀전 폭약은 밀장전성이 떨어지므로, 비중 1.25~1.28g/cc 정도의 Straight EMX를 벌크로 밀장전하면, 에너지 부족을 어느 정도 상쇄시킬 수 있으며, 중경암 정도의 암석에는 적용 가능할 것으로 보인다. 참고로, 에멀전의 장기 저장성을 감안하지 않는다면 물 함량을 카트리지 에멀전 폭약 수준으로 낮춰 뇌관 기폭성으로 제조한 Straight Bulk EMX에 대해서 생각해 볼 수는 있겠으나, 발파 현장에서 운전되는 화약 취급 설비의 안전성이 화약 제조소의 고정 설비에 비해 현실적으로 크게 떨어지는 만큼 폭발 사고에 대한 위험 부담이 따

표 1. 에멀전과 ANFO의 혼합비에 따른 영향

명칭	EM : ANFO	내수성	예감제 필요성	비중 (g/cc)	폭속 (m/s)	반응열 (J/g)	@1,000atm for soft rock		@2,000 atm for hard rock	
							RAWS	RABS	RAWS	RABS
ANFO	0:100	poor	X	0.90	3,300	100% (3,700)	100% (2,384)	100%	100% (2,102)	100%
Heavy ANFO	20:80	poor	X	1.10	3,400	96% (3,537)	104% (2,474)	127%	106% (2,238)	130%
	30:70	short	X	1.18	3,500	93% (3,435)	104% (2,483)	136%	108% (2,265)	142%
	40:60	moderate	X	1.27	3,700	90% (3,339)	105% (2,511)	148%	110% (2,315)	155%
	50:50	good	O	1.25* (1.20*)	3,800 (5,500)	87% (3,227)	101% (2,401)	140%	105% (2,205)	146%
Pumped Blends	60:40	excellent	O	1.25* (1.20*)	5,300 (5,800)	84% (3,125)	98% (2,327)	136%	102% (2,134)	142%
	70:30	excellent	O	1.25* (1.20*)	5,500 (5,800)	82% (3,019)	94% (2,251)	131%	98% (2,059)	136%
	80:20	excellent	O	1.25* (1.20*)	5,900 (5,900)	79% (2,919)	91% (2,178)	126%	95% (1,991)	132%
straight EMX	100:0	excellent	O	1.25* (1.20*)	5,900 (6,200)	73% (2,710)	85% (2,025)	118%	88% (1,848)	122%

내수성 : short - 물을 제거한 다음 장약 직후 기폭해야 함

moderate - 물을 제거한 다음 장약시 수공에서 수일 동안 내수성을 발휘함

excellent - 내수성이 완벽하며, 물이 차있는 공에도 호스를 통해 밀장전이 가능함

* : 에멀전 매트릭스 혼합시 기폭이 되지 않아 예감제로 비중을 조절하였음

르므로 뇌관 기폭성 조성을 벌크로 장약하는 것은 피해야 한다.

발파 현장에서 경제성을 향상시키기 위해서는 천공수를 줄이는 것이 중요하며, 천공수를 줄이기 위해서는 총 반응열 보다는 암석을 파괴하는데 이용될 수 있는 유효 에너지가 증가

해야 한다. 암석을 파괴하는데 순수하게 이용되는 유효 에너지는 표 1에 나타낸 RAWS (relative available weight strength)와 RABS (relative available bulk strength)로 평가하는 것이 타당하다. 반응열과 유효 에너지, 암석 이동 에너지, 손실 에너지의 관계에 대해서는 뒤에서 설명하기로 한다. 표 1에서는 RAWS와 RABS를 암석이 파괴되기 시작하는 임계 압력이 1,000 기압일 때와 2,000 기압일 때로 나누어 나타내었다. 암석의 종류나 암석의 물리적 구조, 지질적 결합 등에 따라 실제 발파에서 암석이 파괴되기 시작하는 압력은 다양하지만(표 2) 암석 내부의 자세한 정보도 얻기 어려우므로 간단한 접근 방법으로써 중경 암일 때는 2,000 기압을, 연암일 때는 1,000 기압을, 다공성 암질일 때는 500 기압을 암석

표 2. 암석 종류에 따른 성질

암종	압축강도 (atm)	비중 (g/cc)	wave velocity
granite	1930-3500	2.60-2.66	2700-4500
limestone	750-1960	2.68-2.78	3700-5000
marble	1270-2120	2.37-2.72	4400-5600
sandstone	720-1850	2.06-2.76	1700-4000
shale	800-2100	2.40-2.80	4100-4560

이 파괴되기 시작하는 임계 압력으로 선정하여 공당 유효 에너지를 비교하여도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다.

ANFO에 에멀전을 첨가할수록 단위 중량당 반응열은 꾸준히 감소하는 반면, 단위 중량당 유효 에너지로 볼 수 있는 RAWS와 공당 유효 에너지로 볼 수 있는 RABS는 Heavy ANFO 영역에서는 증가하여 40~50%에서 최대가 된 후 Pumped Blends 영역에서 다시 감소하게 된다. 이런 현상은 Heavy ANFO 영역에서는 에멀전 함량이 여전히 적으므로 Blends 전체적으로 물 함량이 적어 에너지 손실은 적은 반면 에멀전 첨가에 의한 폭속 증가로 폭발압력이 높아져 임계 압력까지 팽창하면서 일을 하는 유효 에너지가 상대적으로 더 커지기 때문이다. Pumped Blends 영역에서는 에멀전의 함량이 크므로 Blends 전체적으로 물 함량이 많아 에너지 손실이 큰 반면, 폭속 증가로 폭발 압력이 높아져 임계압력까지 팽창하면서 일을 하는 유효 에너지의 증가가 그에 못 미치기 때문이다. 여하튼, 열역학적으로 계산된 반응열의 차이보다는 유효 에너지의 차이가 적게 된다. 이것은 Blends에는 반응열에 보탬이 되지 않는 물이 다량으로 들어 있음에도 불구하고, 암석을 파괴하는 일을 할 수 있는 에너지의 발생 효율이 ANFO보다는 우수하다는 것을 의미한다. 이러한 경향은 암석의 강도가 높아 파괴 임계 압력이 커지면 더욱 뚜렷하게 나타나 극경암에서는 단위 중량당 유효 에너지가 ANFO보다 커질 수 있다는 점을 시사한다.(암석의 강도가 증가할수록 폭속이 높은 폭약이 유리하다.)

RABS는 천공 배치와 관련하여 발파 패턴 설계에서 가장 중요한 것으로 Blends의 RAWS 값에 Blends와 ANFO간 비중의 비를 곱한 값으로 폭약 단위 부피당 유효 에너지를 ANFO에 대한 비율로 나타낸 것으로 Blends

의 비중이 ANFO의 130~145% 정도로 크므로 RAWS에 비해 RABS는 더욱 큰 값으로 나타난다. 패턴 설계시 RABS에 근거하여 Blends의 공간격과 저항선을 선정한다.

Heavy ANFO 영역은 비중 증가로 유효 에너지는 최대가 되지만 폭속이 낮아 연암에 더 적합하며, Pumped Blends는 폭속은 높지만 유효 에너지가 작아 연암보다는 중경암에 적합하다. Blends의 혼합비 선정시 고려 사항은 다음과 같다.

1) 경암 지역에서 ANFO를 대체하기 위해 Blends를 사용하고자 할 때에는 폭속이 높은 Pumped Blends를 선택해야 하며, 에너지를 증대시키기 위해 펌핑이 가능한 범위에서 최대 ANFO 함량을 갖는 60~70%가 적합하다.

2) 연암 지역에서 Blends를 사용하고자 할 때에는, 폭속이 높은 Pumped Blends는 쇼크의 형태로 에너지의 일부가 외부로 손실되므로, 공당 유효 에너지가 크고 폭속이 ANFO보다 약간 큰 정도의 Heavy ANFO를 선택하는 것이 바람직하다. 이론적으로 40~50%의 혼합비가 가장 좋다고 할 수 있지만, ANFO와 발파 효과 비교시 비중이 증가한 만큼 발파 효과의 증가가 나타나지 않는 경우가 있을 수 있으므로 수차례 현장 적용을 통해 혼합비는 경험적으로 선정하는 것이 바람직하다.

3) ANFO 장약시에도 Bridging이 심한 소구경 현장에서는 Pumped Blends가 바람직하다. Heavy ANFO는 ANFO보다도 흐름성과 충전성이 좋지 않다.

4) 소구경 수공에서 물을 제거하지 않고 장약하고자 할 경우에는 Pumped Blends를 사용해야 한다. Heavy ANFO 조성은 가능한 사전에 물을 제거한 후 장약 하는 것이 바람직하다.

2.3 에너지와 발파 효과

발파에 있어서 어떠한 화약을 선택하였는가 암석 톤당 발파 비용, 버력의 취급 및 후속 공정의 경제성을 크게 좌우한다. 카트리지 폭약은 제조업체마다 약경만 다양할 뿐 한정된 종류만 생산하고 있는 반면, Blends는 천공 및 발파, 버력 파기 및 상처, 운반과 크리싱 등을 최적화하기 위해 현장 여건에 맞게 비중, 폭속, 에너지 등을 폭넓게, 그리고 현장에서 쉽고 신속하게 조절할 수가 있다. 현장 여건에 맞는 화약을 선택하기 위해서는 화약의 실제 strength(위력)에 대한 개념을 이해하는 것이 필요하다.

현재 국내에서는 화약의 위력을 크게 동적 위력과 정적 위력으로 나누고 있는데, 동적 위력은 쇼크에 의해 암석에 크랙을 발생시킬 수 있는 능력으로 주로 폭발 속도로 평가하고 있다. 정적 위력은 쇼크로 이미 크랙이 생긴 암석 조각 더미를 이동시킬 수 있는 능력으로 가스 발생량, 폭발온도 및 탄동구포 시험으로 평가하고 있다. 화약의 종합적인 위력은 동적 위력과 정적 위력의 비교치를 암질에 따라 가중치를 달리 주어 합산하여 평가하고 있다. 외국에서 ANFO보다 발파 효과가 우수한 것이 입증된 Blends를 이런 방식으로 ANFO와 비교하면, Blends는 폭속은 다소 높고 가스량은 비슷하지만, 폭발온도와 탄동구포값이 크게 떨어지므로 ANFO보다 더 좋은 발파 효과를 기대하기 어려울 것처럼 평가된다. 따라서 화약의 총 발파 효과를 동적 위력과 정적 위력으로 명확히 구분하여 개별적으로 평가한 후 종합하는 것보다는 서로 연계하여 평가하는 것이 실제 발파 효과와 더 근접한 결과를 가져올 것으로 예상된다.

화약의 열역학적인 에너지는 후가스의 생성열과 화약을 구성하는 성분 물질의 생성열로부터 구하는데, 이렇게 계산된 반응열은 반응

의 시작과 종결이 모두 25°C, 1기압에서 일어났을 때 화약에 의해 외부로 방출된 총 에너지를 나타낸다. 따라서 화약 폭발시의 고온 고압 상태와 암석의 특성이 반영되지 않아 실제 발파 상황과는 차이가 크므로 화약의 열역학적인 반응열을 화약이 일을 할 수 있는 유효 에너지로 간주하는 데는 논리적으로 무리가 따른다.

화약으로부터 에너지가 발생하고, 이용되거나 손실되는 단계를 살펴보면 다음과 같다. 화약이 폭발하면 detonation front에 폭발압(detonation pressure)이 발생하는데, 이 때 발생하는 폭발압은

$$P(\text{kbar}) = 2.5 \times \rho(\text{g/cc}) \times D^2(\text{km/s})$$

으로 표현할 수 있다. 폭발 속도가 큰 화약은 폭발압이 커서 강력한 shock wave가 발생하므로 주변 암석에 크랙을 만드는 능력이 크며, 크랙을 만들고 남은 쇼크 에너지는 주변 암석을 가열하거나 변형하면서 멀리까지 전파되어 진동, 소음, 열의 형태로 소산된다. 연암에서 폭속이 높은 화약이 비효율적이라고 하는 것은 크랙에 필요한 쇼크 에너지는 작은데 비해 주변으로 손실되는 에너지가 상대적으로 커지기 때문이다. 한편, 폭속이 크다고 하는 것은 이와 같은 동적인 효과에만 그치지 않고 detonation front 뒤에 오는 화학 반응 영역(reaction zone)에서 연소 속도가 빠르므로 아직 암석의 파괴 또는 팽창이 시작되지 않은 정적 상태(constant volume)에서 가스 양과 에너지가 순간적으로 급증하여 매우 높은 폭발 압력(borehole 또는 explosion pressure)에 도달하게 된다. 장약 비중이 높아지면 단위 부피당 더 많은 가스가 발생하므로 폭발압력이 더욱 커진다. 암석의 파괴가 시작되기 직전에 매우 높은 폭발압력까지 도달한 후 그 높은 압력에서부터 팽창하면서 우선적으로 화약을 감싸고 있는 주변의 암석을 파괴하는 일

을 수행하게 된다. 폭발 속도가 느린 화약은 폭발압력이 느리게 증가하므로 모든 화약 성분이 반응하여 압력이 최고점에 도달하기 이전에 암석의 파괴가 시작되며, 아직 반응하지 않은 화약은 암석 파괴와 가스 팽창이 어느 정도 진행된 때까지도 계속 반응한다. 따라서 폭속이 낮은 화약의 폭발압력은 낮아지게 된다. 카트리지 에멀전 화약은 약 6만 기압 정도, Blends는 3만에서 4만 기압, ANFO는 2만 기압 정도의 폭발 압력을 갖는다.

고온 고압의 가스가 팽창하면서 주변 암석에 일을 하게 되는데, 주변 암석에 미치는 일의 종류는 암석을 파괴하는 일과 암석을 이동시키는 일로 크게 두가지로 나눌 수 있다. 여기서 암석을 파괴하는 일은 가스의 압력이 단열 팽창하면서 암석의 파괴 임계 압력에 도달할 때까지 계속 이루어진다. 여기에서 암석의 파괴 임계 압력은 자세한 지질학적 정보가 없을 때는 경암에서는 약 2,000 기압, 연암에서는 약 1,000 기압으로 보통 선정한다. 암석의 파괴에 이용된 총 일의 양은 고압 상태 방정식(화약반응에서는 흔히 Nobel-Able EOS를 적용한다.)을 이용하여 공내 압력으로부터 암석 파괴 임계 압력까지 단열 팽창 곡선의 아래쪽 면적을 적분함에 의해 구할 수 있으며, 표 1에서 RAWs로 나타내었다. 그 후 암석을 파괴하면서 팽창하던 가스의 압력이 암석 파괴 임계 압력 이하로 떨어지면, 암석의 파괴는 멈추게 되고 가스에 잔류한 에너지는 깨진 암석을 추진시키고, 암석과 고형 생성물을 가열하거나, 고온의 가스 형태로 대기 중으로 손실된다. 비이상적인 폭굉(nonideal detonation)을 하는 저폭속의 화약은 대기 중으로 가스가 유출되는 단계에까지도 미반응 상태로 남아 있는 화약으로 인해 후가스가 심하게 발생하기도 한다.

이상과 같이, 화약의 에너지 형태는 shock

front에서의 shock wave 에너지, 폭발 압력부터 암석 파괴 압력까지의 암석 파괴 에너지, 파괴 압력 이하에서의 암석 추진 에너지, 그리고 손실되는 에너지 등으로 구성되는데, 화약의 종류와 장약 비중에 따라 각 단계마다 발생하거나 손실되는 에너지의 절대량과 속도에 차이가 발생하며, 이러한 총체적인 에너지 발생 및 소모 형태가 발파 여건(암종, 발파 패턴, 지반 결함 등)과 어떻게 조화를 이루는가가 총 발파 효과에 영향을 미치게 된다. 현재까지 국내에서는 화약의 특성과 발파 여건을 최적화시키는 이론적 근거와 경험이 부족한게 현실이다.

현재로서, 화약의 여러 가지 에너지 형태 중에서 폭발 압력으로부터 암석의 파괴 임계 압력까지 단열 팽창하면서 암석을 파괴하는데 사용되는 에너지(RAWs)로서 화약의 종합적인 위력을 평가하는 방법이, 어느 정도 이론적인 근거가 있으며, 실제의 폭발 프로세스를 가장 잘 시뮬레이션 할 수 있고, 시험 발파 결과와도 비교적 일치하므로 가장 적합하다고 판단된다.

ANFO와 Blends의 예를 들어 좀 더 고찰해보자. 암석을 파괴하는 유효한 일을 하는 에너지는 폭발 압력으로부터 암석의 파괴 임계 압력까지의 단열 팽창 곡선을 적분하여 얻어진다. 따라서 폭발 압력을 높이는 것이 중요하며, 폭발 압력은 장약 비중과 폭속에 의해 좌우된다. 장약 비중이 큰 Blends는 빈 공간이 거의 없는 반면, ANFO는 particle density를 1.4g/cc, 겉보기 비중을 0.85g/cc로 계산하면 공극율은 약 40%에 이르므로, 단위 중량당 동일한 가스량이 발생하여도 압력은 크게 감소하게 된다. 따라서 장약 비중이 큰 Blends는 ANFO보다 폭발 온도는 다소 낮더라도 폭발 압력은 커지게 된다. 그리고 전술한 바와 같이 폭속이 높은 Blends는 암석이 파괴되기

전에 모든 성분이 완전히 반응하여 가스와 열을 최대 생성하는 반면, 폭속이 낮은 ANFO는 암석 파괴가 시작된 한참 후에도 반응이 진행되므로 폭발 압력이 감소하게 된다. 팽창에 따른 압력 변화를 PV 선도에 나타내면, Blends는 3~4만 기압 정도의 높은 초기 압력에서부터 시작하여 단일 팽창에 의해 압력이 급속하게 떨어지나, ANFO는 팽창 초기 2만 기압 정도의 낮은 압력에서부터 시작하지만 팽창 과정에서 미반응 물질이 계속 반응하여 가스와 반응열을 공급해 주므로 엄밀한 의미에서 단일 팽창이라고 보기 어려우며 팽창에 의한 압력 손실이 완만해진다. 따라서 PV 선도 아래쪽을 1기압까지 적분하면 ANFO가 더 큰 에너지를 갖게 되며, 이것은 반응열이 된다. 이 PV 선도에서 적분하는 압력값을 증가시키면서 아래쪽 면적을 적분해 보면, 적분하는 압력값이 낮을 때는 ANFO가 더 큰 면적(에너지)을 갖다가 어느 압력에서는 동일해지고, 그 이상에서는 Blends가 더 큰 에너지값을 갖게 된다. 만약 ANFO와 동일한 면적을 갖는 압력값이 실제 암석의 파괴 압력보다 낮으면 단위 중량당 Blends가 ANFO보다 위력이 더 높게 되며, 실제 암석의 파괴 압력보다 더 높으면 ANFO의 위력이 더 높은 것을 의미하게 된다.

상기와 같은 위력 평가 방법은 기존의 정적 위력과 동적 위력을 화약의 폭발 속도와 장약 비중을 매개로 서로 연계하였다는 장점 외에도 발파하고자 하는 암의 특성(파괴 임계 압력의 형태로써)까지 반영하였다는 점에서 매우 바람직한 방법으로 평가된다. 단, 폭속이 높은 화약에 대해 shock wave 형태로 외부로 손실되는 에너지가 반영이 되지 않는 아쉬움이 있지만, 연암이나 다공성 암질에서는 폭속이 작은 폭약을 사용하는 원칙을 세우면 큰 문제가 되지 않는다.

3. ANFO와 Emulsion Blends의 비교

3.1 장단점 비교

ANFO는 가격이 저렴하고, 원료의 조달과 제조 그리고 사용이 쉬우며, 카트리지 폭약에 비해 뇌관 기폭성이 없어 큰 위험 부담 없이 별크로 장약할 정도로 취급상 안전한 폭약이다. 그러나 ANFO는 다음과 같은 단점을 갖고 있다.

1) ANFO는 내수성이 거의 없다. 수량이 크지 않은 수공에서는 물을 제거한 즉시 장약하고 곧바로 기폭 시킬 수는 있다. 이 때에는 철저히 물을 제거하고 기폭 대기 시간을 짧게 해야 한다. Blends는 에멀전 함량 25%부터 내수성이 나타나기 시작하므로 물의 양에 따라 조성을 변경하여 적용이 가능하며, Pumped Blends를 사용할 때는 별도로 물을 제거할 필요가 없다.

2) ANFO는 장약 비중이 작으므로 공당 에너지가 적어 천공수가 증가하게 된다. 대규발파가 많은 외국과는 달리 국내 대부분의 현장에서는 민원 등으로 인해 천공경이 3~4인치 이내로 제한된다. 따라서 원하는 비장약량을 얻기 위해서는 저항선과 공간격을 가깝게 유지할 수밖에 없어 천공수가 증가하게 된다. 현재 천공에 따른 인건비 및 제반 경비가 증가 추세에 있으며, 향후에는 더욱 커질 것으로 예상되는 바, 장약 비중이 1.20~1.28g/cc 정도인 Blends를 사용하면 천공 비용이 줄어 발파 현장의 경제성을 향상시킬 수 있다.

3) ANFO는 갈색의 후가스를 발생시켜 민원을 야기할 수 있다. ANFO는 산화제와 연료의 비율을 정확히 유지하기 어려우며, 유통과정중 연료가 계속 손실되어 산화제의 비율이 증가하므로 갈색의 NOx가 많이 발생한다. 또한 수공에서 물 제거후 사용할 때에도 NOx와 블랙 카본이 합쳐져 검갈색의 후가스가 발

표 3. ANFO와 Blends의 특성 비교

구 분	ANFO		Emulsion Blends		Straight	
			HiMEX-40	HiMEX-70	HiMEX-100	
내수성	Poor		Moderate	Excellent	Excellent	
최소 공경 (inch)	unconfined	3	3	2	1.5~2	
	confined	<1.5	<1.5	<1.5	1.0	
저온 기폭성, ℃	<-20		<-20	<-20	<-20	
Minimum Primer, lb	<1		<1	<1	<1	
Fume	Orange brown, Black		None	None	None	
장약 비중 (g/cc)	0.85	0.90	1.27	1.25	1.25	
폭발 속도 (m/s)	3,300	3,300	3,700	5,500	5,900	
폭발 온도 (℃)	2,164	2,164	1,934	1,764	1,603	
가스량 (mole/g)	0.0430	0.0430	0.0431	0.0430	0.0429	
Borehole pressure(kbar)	18	21	42	37	34	
반응열(J/g) 또는 유효 에너지@1atm	3,688 (100%)	3,700 (100%)	3,339 (90%)	3,019 (82%)	2,710 (73%)	
연압 @1,000 atm	유효에너지(J/g) (RAWS)	2,322 (97%)	2,384 (100%)	2,511 (105%)	2,250 (94%)	2,025 (85%)
	RABS	92%	100%	148%	131%	118%
경압 @2,000 atm	유효에너지(J/g) (RAWS)	2,033 (97%)	2,102 (100%)	2,315 (110%)	2,059 (98%)	1,848 (88%)
	RABS	92%	100%	155%	136%	122%

* HiMEX는 (주)한화의 Emulsion Blends 제품명이며, 뒤에 붙는 숫자는 에멀전의 함량(%)임.
고려Nobel화약의 Emulsion Blends 제품명은 Emulan임.

생하기도 한다. 그리고 벌크 ANFO는 국내 현장이 대부분 소구경으로 공당 용적이 작아 장약공을 변경할 때마다 Auger를 섣다운해야 하므로 초안과 연료의 혼합비를 정확히 유지 시키기는 더욱 어려우며, 이로 인해 에너지가 감소하고 NOx가 많이 발생한다. Blends는 후 가스가 양호하여 ANFO보다 더 환경 친화적 이다.

4) ANFO는 장약시 분진과 정전기가 발생 하므로 작업 환경이 열악하다. ANFO는 온도와 습도가 반복적으로 변하면 입자가 부서져 가루가 되며, 이것이 날려 작업자의 피부나 호흡기로 침투하여 따가움을 많이 느낀다. Blends는 액상으로서 분진과 정전기가 발생하 지 않아 장약 작업자들의 작업 여건이 개선될 수 있다.

한편, Blends가 갖는 단점은 다음과 같다.

1) 장약 설비가 별도로 필요하다. Heavy ANFO의 장약은 수작업과 기존 ANFO 장전 기의 사용이 어렵고, 현장에 Auger 공급 장치가 필요하다. 기존 벌크 ANFO 차량을 개조 하는 경우에도 에멀전 탱크와 계량 시스템이 추가로 필요하다. Pumped Blends는 고가의 펌프와 각종 안전 장치가 필요하며, 지속적으로 유지 보수해야 한다.

2) Blends가 ANFO 시장의 일부를 대체하 기 위해서는 가격적인 면이 가장 중요하다. 제조 원가는 논외로 하고도, 저장고와 현장 장약 설비 등의 신규 투자비와 부대 비용이 증가한다. 부대 비용의 규모는 신규 폭약으로 서 운송 및 사용 관련 법규가 어떻게 정비되 는 지에 달려 있다. Blends의 가격은 제조업

체의 영업 전략에 따라 다르지만, ANFO 수준에서 크게 벗어나지 않을 것으로 예상된다. 한편, 비장약량이 다소 증가할 것으로 예상되므로 화약 소비자 입장에서 보면 일차적으로 화약 비용이 증가하게 되므로 거부 반응이 생길 수 있다. 그러나 이것은 천공 비용이 그보다 더 크게 감소할 수 있으므로 전체적인 발파 경제성은 향상될 것으로 예상된다.

3.2 발파 사례

Emulsion Blends의 발파 사례를 표 4에 나타내었다. 발파 현장은 석회암 광산이었으며 석회암중에서 경도가 높았다. 발파 대상지의 석회암을 경암으로 간주하여 암석 파괴 임계압력을 2,000 기압으로 설정했을 때 Pumped Blends의 공당 유효 에너지를 ANFO와 비교하여 기존 ANFO 발파 패턴에서 공간격과 저

항선을 110~120% 정도 증가시켰다.

발파 결과, Straight EMX인 HiMEX-100은 전체적으로 ANFO와 비슷한 발파 결과를 얻었으며, ANFO에 비해 파쇄도가 전반적으로 우수한 것은 폭속이 높기 때문으로 해석되며, 토우가 발생하지 않은 것은 ANFO에 비해 sub-drilling을 증가시켰기 때문으로 해석된다. 예렬전 함량 70%의 Blends 제품인 HiMEX-70은 공간격과 저항선을 각각 20% 정도 증대시키고, 비장약량을 ANFO와 유사하게 유지함으로써 천공수를 30% 감소시켰는데도 ANFO와 대등한 발파 결과를 얻었다. 따라서 전체적으로는 ANFO보다 우수하다는 것을 알 수 있었다. HiMEX-70은 공당 유효 에너지 계산에서 폭약의 위력이 매우 높은 것으로 나타났기 때문에 비석을 우려하여 전색장을 과도하게 증가시켰기 때문에 전색 부분

표 4. 발파 적용 사례

사용 폭약		Bulk ANFO	HiMEX-70	HiMEX-100	비고
발파 제원	천공경	89mm	89mm	89mm	벤치 높이 15m 경사 천공
	공간격	3.8m	4.5m(118%)	4.2m(110%)	
	저항선	3.5m	4.2m(120%)	4.0m(115%)	
	전색장	3.0m	3.5m	3.2m	
	sub-drilling	1.2m	1.6m	2.1m	
	공당 장약량	75kg	108kg(144%)	109kg(145%)	
	천공수	20	14(70%)	15(75%)	
	총암석량	3,990m'	3,970m'	3,780m'	
	총화약량	1,510kg	1,450kg	1,620kg	
	비장약량	0.38kg/m'	0.37(97%)	0.43(113%)	
평가 결과	파쇄도	보통	상부 대괴	우수	폭속, 전색장 영향
	토우 처리	불량	불량	우수	sub-drilling 영향
	암석 이동	보통	보통	보통	가스량 유사
	후가스	갈색	무색	무색	ANFO 불완전연소
	종합 평가	보통	ANFO보다 우수	ANFO와 비슷	
경제성 분석 (천공비: 화약비)	천공비	100%(기준)	70%	79%	암석량당 천공수 비
	화약비	100%(기준)	97%	113%	ANFO 단가 적용시
	40:60인 현장	100%	86%	99%	장약, 토우, 상차, 추가 파쇄 비용이 동일하다고 가정
	50:50인 현장	100%	84%	96%	
	60:40인 현장	100%	81%	93%	

의 암석이 대석으로 남게 되었으며, 토우처리 할 물량은 ANFO와 비슷하게 나타났다. Sub-drilling을 ANFO보다 약간 증대시켰으나, 공간격과 저항선이 더 크게 늘어남으로 인해 토우 처리가 잘 이루어지지 않은 것으로 생각된다.

Blends의 암석 이동 거리는 ANFO와 비슷하였는데, 이는 총 가스량이 비슷하므로 암석 파괴 이후의 압력에서 상압까지의 팽창 과정에서 할 수 있는 일의 양이 비슷하기 때문으로 생각된다. 후가스는 Blends 제품에서 뚜렷하게 향상되었다.

Pumped Blends와 Straight Bulk EMX는 자체에 물을 포함하고 있어 폭발 온도가 ANFO에 비해 400℃ 이상 낮고, 총 반응열이 각각 82%와 73%로 ANFO에 비해 매우 작지만, 장약 비중과 폭발 속도가 커서 폭발 압력이 높으므로 2,000 기압까지의 유효 에너지 또는 화약으로서의 단위 중량당 화약의 위력은 각각 98%, 88%로 ANFO에 근접하게 된다. 비장약량이 비슷한 상태에서 Blends의 장약 비중이 ANFO에 비해 30~40% 정도 큰 것이 천공수를 30% 정도 줄이는데 기여했다고 볼 수 있다. 결론적으로 Blends가 ANFO에 대해 발파 효과면에서 갖는 장점은 비장약량은 비슷하거나 약간 증가하는데 비해, 공당 장약 비중이 크게 증가하고 이로 인해 상대적으로 천공수가 감소함으로써 얻어지는 발파 경제성의 향상에 있다. 표 4의 경제성 분석란에서는 다른 비용은 동일하다고 가정하고, ANFO를 기준으로 하여 천공비와 화약비만 고려하였으며, 각 현장의 천공비와 화약비의 구성 비율에 따라 가중치를 두어 합산한 결과를 나타낸다. 본 발파 현장에는 HiMEX-100 보다는 HiMEX-70 제품이 적합하며, ANFO에 비해 천공 및 화약 비용이 15% 이상 절감되었다.

4. Bulk Loading

4.1 Bulk Truck

(1) ANFO 트럭

ANFO 트럭은 세 가지 형태가 있다. 첫째, Auger가 차량 뒤쪽에 붙어 있고 붐대가 위에 있는 표준형으로 공간격이 좁은 현장에 적합하다. 국내 ANFO 현장에서 사용하는 형태이다. 붐대는 사방으로 회전이 가능하고, 붐대 끝에 호스를 달아 붐대를 움직이지 않고도 가까운 인접공까지는 장약이 가능하다. 둘째, Auger가 운전석 바로 뒤쪽에 붙어 있는 형태로 표준형의 장점을 모두 갖고 있다. 운전석에서 차량 이동, 붐대 이동, ANFO 공급과 중단이 가능하므로 총 장약시간과 인건비가 절감된다. 추운 겨울이나 더운 여름에도 작업 여건이 좋다. 셋째, 붐대가 운전석쪽 측면에 낮게 설치되어 있는 형태이다. 붐대의 회전은 운전석쪽으로 180도만 가능하고, 붐대 끝의 위치가 낮으므로 장약공마다 트럭을 이동시켜야 한다. 장약 속도가 매우 크므로 천공경이 크고 공간격이 넓은 현장에 적합하다.

(2) Heavy ANFO 트럭

ANFO 트럭에 에멀전 탱크와 계량 시스템이 붙어 있는 트럭으로, Auger를 통해 ANFO와 Heavy ANFO의 공급이 가능하다.

(3) Quad Truck

Heavy ANFO 트럭에 예감제 탱크, 혼화설비 및 펌프가 부착된 트럭으로 ANFO, Heavy ANFO, Pumped Blends, Straight EMX의 공급이 모두 가능한 다목적 트럭이다. ANFO와 Heavy ANFO는 Auger를 통해 장약하고, Pumped Blends와 Straight EMX는 펌프를 통해 장약한다. ANFO에서부터 Straight

EMX까지 모든 영역의 조성을 공급하기 위해서는 각 저장 탱크의 용량이 커져야 하고 가격이 비싼 단점이 있다.

(4) Pump 트럭

초안 저장 탱크가 없으며, 에멀전과 예감제 탱크, 혼화 설비 및 펌프로 구성되어 있는 간단한 형태의 트럭이다. 주로 Straight EMX를 공급하는데 사용한다. 예감제는 chemical gassing 방법이 많이 사용된다.

(5) 기타 장약 설비

대형 벌크 트럭은 진입 도로, 차고와 차폭, 회차 면적 등이 확보되어야 한다. 그렇지 못한 현장에서 벌크로 장약하기 위해서는 현장 여건에 맞게 설계된 간단한 장약 설비를 소형 트럭에 장착해서 사용할 수는 있다. 소형 벌크 장약 설비도 대부분 펌프를 이용하므로 각종 안전장치를 반드시 마련해야 한다.

4.2 수공 장약

Emulsion Blends는 수공이 많은 ANFO 사용 현장에 적용할 때 최대의 장점을 나타낼 수 있다. Blends를 수공에 장약하는 방법은 다음과 같다.

Heavy ANFO는 물을 먼저 제거한 다음에 장약하는 것이 바람직하다. 에멀전 함량 35% 이상이면 sleep time을 수일간 유지할 수도 있다.

Pumped Blends는 물을 제거하지 않고 장약해도 좋다. 수공이나 건공에 관계없이 호스 끝을 장약면에 약간 묻힌 상태로 유지하면서 장약해 올라오면, 수공에서는 물이 장약면 위로 모인 후 Blends에 밀려 올라오고, 건공에서도 에어 포켓이 생기지 않아 밀장진이 가능하다.

수공의 바닥면에는 천공시 잔류한 암분이

물과 함께 슬러지로 되어 가라앉아 있는데, 이 슬러지가 기폭을 어렵게 할 수 있으므로 정기폭을 하거나, 역기폭을 할 때에는 프라이머를 잡아 당겨 바닥면에서 약간 올라오게 하거나 프라이머를 2분 정도 사용하는 것이 좋다.

5. Blends의 Safety

ANFO를 포함하여 특정 조성 범위에 있는 Blends, Straight Bulk EMX를 미국에서는 뇌관 기폭성이 없는 Blasting agent로 분류하고 있으며, 국제적으로도 UN classification 1.5D에 속한다. 현재 국내에서는 법적으로 기폭성에 차이가 큰 Explosive와 Blasting agent의 구별이 없는 상태이다. 그렇지만, 사용 안전과 관련하여 발파 현장에서 기계식으로 장약하는 함수 폭약은 뇌관 기폭성이 없어야 한다.

Heavy ANFO는 ANFO와 폭발성이 없다고 알려진 에멀전 매트릭스의 혼합물이며, Auger는 압력 상승이나 열축적이 발생할 가능성이 적으므로 안전과 관련된 제반 취급 요령은 ANFO에 준한다.

Pumped Blends와 Straight EMX에서는 실용적인 범위에서 비중을 조절할 때(예를 들면, 발파 경제성 측면에서 ANFO를 대체하기 위해서는 비중 1.10g/cc 이상은 되어야 한다.) 에멀전에 포함된 물의 총 함량에 따라 뇌관 기폭성이 나타나는 경우와 나타나지 않는 경우가 있다. 뇌관 기폭성이 없는 Blends도 폭발성을 갖고 있으므로 취급은 화약에 준해야 하며, 특히 펌프 사용시 토출 배관이 막히거나, 흡입이 안되거나, 폭약이 기계 부위에 끼게 되면, 온도와 압력이 상승하여 펌프가 파괴되거나, 심한 경우 폭발하는 경우가 발생할 수 있으므로, 압력, 온도, 유량에 대해 항상 주시해야 한다.

6. 향후 전망

우리나라는 국토가 좁고 그동안 개발이 많이 이루어져 앞으로는 점점 더 밭과 여건이 나빠질 수밖에 없을 것으로 예상된다. 따라서 밭과 기술적인 면에서 한층 더 진보해야 하며, 이를 뒷받침해주기 위해서는 다양한 폭약이 준비되어야 한다. 현재 전세계 산업 분야에서 사용하고 있는 폭약중에 Blends 폭약만이 국내에 본격적으로 소개되지 않고 있는 실정이다. Blends는 그 특성상 연암에서부터 중경암까지의 다양한 암질에 대해 적용 가능하고, 폭약 제조소가 아닌 현장에서 소비자의 요구에 대응하여 비중, 장약량, 에너지 등을 신속하게 조절하여 공급할 수 있으므로 Blends가 국내 시장에서 본격적으로 도입되면, 국내 밭과 기술의 향상과 밭과 산업의 경제성 향상에 일조할 수 있을 것으로 생각된다.

Blends의 주 수요처로는 현재 ANFO를 사용하는 현장 중에서 수공이 많아 물 제거가 번거롭거나, ANFO의 위력이 다소 떨어지는 현장, 그리고 천공비용의 비율이 높아 장약 비중을 늘리고자 하는 현장과 같이 기존 ANFO 시장의 틈새 시장이 될 가능성이 높다.