

저진동굴착공법(Type I)의 검토와 채택

안명석¹⁾ · 양형식²⁾

1. 서론

건설교통부는 2003년에 암발파 설계 및 시험발파 잠정지침을 발표하여 도로공사에 적용하였다. 이 잠정지침에는 단당 장약량에 기초하여 암 발파를 세분하였으며 그 중에서도 Type 1 공법은 '암파쇄 굴착공법'으로 명명하였고 그 예로서 미진동파쇄기를 들었다.

이 공법은 처음부터 여러 가지 문제를 야기하였는데 특히 특정회사의 상표명 한가지만이 예시로 들어 있어 민원의 대상이 되었으며 여러 가지 대체 공법이나 신기술이 자의적으로 이 범주에 속하는 것으로 주장하여 공법에 대한 명칭의 변경과 재정의가 필요하다고 판단되었다.

현재 대한화약발과공학회는 건설교통부의 의뢰로 암발파 설계 잠정지침에 대한 개정 작업을 하고 있으며 이 논문은 그중에서도 Type 1 공법에 대하여 고찰한 것이다.

2. Type I 공법의 명칭, 정의와 범위

2.1 Type I 공법의 명칭

암파쇄굴착공법은 그 범위가 너무 넓어서 Type 한 가지에 국한해서 쓰기에는 문제가 많다. 또 이름에서 진동을 극단적으로 제어하기 위한 공법 본래의 의미가 나타나지 않고 있다.

제정 당시의 정의를 재구성해보면 대략 40 m 이내 거리에서 0.2 cm/s 이하의 진동이 발생하는 공법을 암파쇄굴착공법으로 간주할 수 있다. 그러나 암파쇄굴착공법이라는 명칭은 의미상으로는 현재의 암발파 설계지침의 Type I 에서 IV까지 전체가 다 포함될 수 있는 것이므로 Type I 의 공법은 저진동 공법이라는 의미로 재해석해야 할 필요가 있다.

미진동 공법 또는 굴착공법 등이 고려되었으나 특정회사의 제품명과 같거나 유사한 공법 명칭을 채택하는 것은 무리가 있어서 본 연구진들은 자문위원회를 통하여 '저진동 굴착공법'으로 확정하였다.

1) 동서대학교 겸임교수

2) 전남대학교 교수

2.2 저진동 굴착공법의 정의

건교부 잠정지침(2003)의 정의

잠정지침에 의하면 제1Type 공법은 특수화공품인 “미진동 파쇄기”를 사용하는 공법으로 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법이다. 천공직경은 $\phi 51$ mm 이내이며, 천공장비는 공기압축기식 크롤러드릴 또는 유압식 크롤러드릴 중 선택하여 사용하고, 발파패턴은 천공깊이 1.5 m, 최소저항선 0.7 m, 천공간격 0.7 m이다. 보통암 이하에 적용하는 것을 기본으로 하고 균열만 발생하도록 파쇄를 하며 대형 브레이커로 2차 파쇄를 실시한다. 발파보호공과 계측관리는 필수사항이다.

기발표 자료(류창하 외, 2002)에 의한 정의

암반이 손상을 최소화하기 위한 조절발파와는 달리 제어발파는 주변 보안물건에 영향을 미치는 진동·소음의 제어 개념에 주안점을 둔 것으로 암파쇄굴착공법(미진동발파 및 파쇄공법), 정밀진동제어 발파(정밀진동제어발파), 소규모진동제어발파(일반진동제어발파), 중규모진동제어발파(보통진동제어발파)를 들 수 있다.

통상적인 미진동발파 공법은 미진동파쇄기(CCR : Concrete Cracking Reagent, 일본명 : RCC)를 사용하여 장전된 화약(총단법에서는 화공품으로 구분)이 폭발할 때 (1차) 폭발압력에 의해 발생하는 인장 주응력으로 파쇄균열을 유도한 후 2차로 기계적(주로 브레이커 사용)으로 파쇄하는 암석 절취 미진동 제어발파 방식(천공 및 발파 50%, 브레이커 50%)이라고 정의되어 있으나 전색작업(시멘트 : 모래 : 급결제 = 1 : 1 : 1)의 불편함과 정밀도 및 경암 파쇄에서의 철폐현상의 우려로 시공에 다소 어려움이 있다.

그러나 최근에 암굴착 적용 현장에서는 각종 공법의 연구개발로 인해 진동을 대폭 줄이는 공법으로 정리되고 있으며, 피보안물건 대상 진동안전기준 0.2 cm/s 이내로 제어할 수 있는 공법을 미진동 발파공법의 범주에 넣어야 할 것을 주장하고 있는 실정이므로 보완된 공식화된 정의가 요망된다. 대체로 저폭속 화약을 사용하거나 폭약을 사용하더라도 저진동의 목적을 달성할 수 있다면 이러한 공법이나 신기술은 제1Type 공법의 범위에 넣어야 할 것으로 판단된다.

수동착암기 이내의 화약(화공품포함) 혹은 폭약을 사용하는 보안물건과의 거리 10~50m 범위 내에서 발파하는 경우도 이에 포함될 수 있다.

본 연구진의 제안 정의

암발파 설계 잠정지침에서 시공 및 설계요령의 거리~지발당 장약량 조건표에 의하면 Type II(정밀진동제어발파)공법의 적용 범위는 진동 수준에 무관하게 0.2 kg의 단당 장약량을 경계로 하고 있는 것을 볼 수 있다. 우리나라에서 생산되고 있는 폭약류의 최소 포장단위가 125 g 정도이며 일반적인 발파에 있어서 폭약류 사용의 최소단위라고 할 수 있다. 그러므로 통상적인 사고방식으로는 Type II의 공법 적용 범위를 125 g 즉 0.125 kg 이상의 폭약을 사용하는 범위로 재 정의할 필요가 있다.

그러므로 Type I(저진동 암굴착)공법은 최소단위의 폭약류를 사용하였을 때는 목표 진동 수준을 얻을 수 없는 정도의 근접거리에서 적용할 수 있는 암파쇄 굴착공법으로 정의할 수 있다. 즉 Type II(정밀진동제어발파)공법으로는 목표진동수준을 얻을 수 없을 정도로 보안물건에서 가까운 지점에서 적용할 수 있는 암파쇄 굴착공법으로 정의할 수 있다.

개정지침안의 거리-지발당 장약량 조건표에 의하면 0.2 kg을 기준으로 할 때, 0.1 cm/s에 대하여 약 50 m, 0.2 cm/s에 대하여 약 30 m, 0.3 cm/s에 대하여 약 20 m 정도가 Type II(정밀진동제어발파)공법의 한도이다. 0.125 kg을 기준으로 한다면, 0.1 cm/s에 대하여 약 40 m, 0.2 cm/s에 대하여 약 25 m, 0.3 cm/s에 대하여 약 20 m 정도가 Type II(정밀진동제어발파)공법의 한도이다. 이 한도 내에서 암석을 굴착하기 위해서는 통상의 발파와는 다른 특수한 방법이 필요하다.

Type I(저진동 암굴착)공법은 보통암 이하에서 균열만 발생할 정도로 암석을 파쇄한 후에 "대형브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법"으로 설명할 수 있다.

2.3 Type I 저진동 굴착공법의 범위

잠정지침의 암파쇄굴착공법(Type I)이 제정된 시기에는 미진동파쇄기(CCR, Finecker)를 사용한 공법 외에는 일반인에게 진동을 줄이는 방법이 잘 알려져 있지 않았다. 그 이후에는 각종 진동소음 공해문제로 인해 특허, 신기술의 연구 개발 등을 통하여 가장 근접한 거리에서도 진동소음을 대폭 줄이는 공법이 많이 개발되고 보급되었다.

흔히 언급되는 공법들을 표 1에 열거하였다.

표 1. 진동제어 대체공법으로 언급되는 공법들

공 법 구 분		공 법 명
화약 비사용 공법	기계적 파쇄	기계장비 파쇄법 브레이커(Breaker) 파쇄법 유압잭 등 할암법(HRS, DARDA, SRS, Bigger 등)
	화학적 파쇄	화학약품 사 용 가스 팽창법(CARDOX) 팽창성파쇄제(SCA, Bristar, Cammite, 쌍용파쇄제 등)
위험물 사용		플라즈마 파쇄법(CuO, NH ₄ NO ₃ , NaNO ₃ 등 위험물 제 1~6류 첨가 파쇄제 등) 겔 파쇄법
화약 사용 공법	화약을 사용한 발파법	화약 및 화공품 사용법 (CCR, RCC, Finecker, Kinecker 등)
	폭약을 사용한 발파법	2,000 m/s 이상의 고퍽속 폭약 사용법 (PS, S.B, L.D, NPS, 다단식, 이완식, 기타 신기술)

엄밀하게 따진다면 Type I 저진동 굴착공법의 범위에 포함되기 위해서는 최소단위 이상의 폭약을 사용하는가의 여부와 목표 진동수준 이하의 진동수준으로 제어할 수 있는가가 관건이 된다.

최소단위 이상의 폭약을 사용하는가에 대해서는 현재 상업적으로 생산되는 폭약을 가공 없이 사용하는 방법이라면 배제되어야 할 것이다. 그러나 특수한 장치로 제작된 폭약의 경우 그 양이 최소단위 이상이라고 하더라도 목표 진동 수준으로 제어할 수 있다면 그 특수 제작 폭약을 사용하는 공법은 저진동 굴착공법의 요건을 만족한다고 볼 수 있다.

화약을 사용하지 않는 공법으로서 기계적 파쇄 공법은 일반적으로 진동이 크지 않으며 따라서 저진동 굴착공법의 요건을 만족한다고 생각된다.

화학약품을 사용하는 경우로 Cardox는 사실상 암반에의 적용은 제한적이라고 생각되며 최근 국내에서의 사용이 보고된 바가 없어서 논외로 할 수 있을 것으로 생각된다. 팽창성 파쇄제는 천공 때를 제외하고는 거의 진동이 발생하지 않는 방법이며 따라서 저진동 굴착공법으로 간주할 수 있을 것이다.

위험물을 사용하는 공법들 중에는 사실상 폭약의 조성으로 된 파쇄제를 사용하는 경우가 있으며 진동의 발생 수준도 결코 폭약보다 양호하지 않은 경우도 있다. 진동의 제어가 선택

적으로 이루어진다면 안정된 저진동 굴착공법으로 볼 수 없을 것이다.

신기술의 경우는 신기술이나 특허로 공인된 기술이라고 하더라도 그것이 Type I 공법에 해당되는지는 별개의 문제이다. 즉 사용 폭약의 양과 사용방식, 그리고 목표 진동수준이 안정적으로 제어될 수 있는지가 관건이다. 신기술은 지속적으로 개발되고 소멸 또는 유지되고 있으므로 본 지침에서 이들 신기술을 일일이 조사하여 공법 범위에 해당되는지를 나타낼 수는 없다.

그러므로 본 지침에서는 Type I 저진동 굴착공법을 정확하게 정의하고 특정 공법이 이 공법의 범주에 드는지는 별도의 심의를 거쳐서 건설교통부가 관보 등을 통하여 발표하는 방식으로 되어야 할 것이다. 이를 위하여 전문적인 심의기관이 상시적으로 필요할 것으로 생각되며 공인된 학회가 그 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

2.4 Type I 저진동 굴착공법의 선정

건설교통부에 의해 저진동 굴착공법으로 공포된 공법이라고 하더라도 설계자나 발주처가 해당공법을 선정하기 위해서는 고려해야 할 점이 많다. 특히 공법의 안전성과 경제성이 문제가 될 것이다. 기존의 공법 중에도 적용단가의 차이가 크지만, 특허나 신기술로 지정된 공법 중에도 실질적으로는 경제성을 결여한 공법들도 혼한 것이 현실이다.

굴착공법의 선정을 위해서는 화약류 관리기술사 등의 기술적인 검토가 필요하며 비교입찰 등의 방법이 가능할 것이다.

3. 결론

건설교통부의 “암발파 설계 및 시험발파 잠정지침”중 Type I 공법에 대한 보완 연구결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

(1) 잠정지침의 Type I 암파쇄굴착공법의 명칭을 일반인들도 쉽게 이해할 수 있도록 “저진동 굴착공법”으로 변경하였다.

(2) Type I 저진동 굴착공법은 “Type II(정밀진동제어발파)공법으로는 목표진동수준을 얻을 수 없을 정도로 보안물건에서 가까운 지점에서 적용할 수 있는 암파쇄 굴착공법”으로 정의하였다. 이 공법은 보통암 이하에서 균열만 발생할 정도로 암석을 파쇄한 후에 “대형브

안명석, 양형석

레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법”으로 개념을 정리하였다.

(3) Type I 저진동 굴착공법을 적용할 보안 거리는 개정지침안을 적용할 경우 0.1 cm/s에 대하여 약 40 m, 0.2 cm/s에 대하여 약 25 m, 0.3 cm/s에 대하여 약 20 m 정도가 된다.

4) Type I 저진동 굴착공법에 해당하는 공법은 화약을 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우 그리고 신기술에 이르기까지 다양한 공법들이 제시되고 있는 실정이어서 암발파 설계 지침에서 일일이 나열할 수 없으며 학회처럼 공인된 기관이 심의하여 관보에 등재하는 방법을 제안하였다.

참고문헌

- 건설교통부, 2003, 암발파설계 및 시험발파 잠정지침
- 대한화약발파공학회, 2006, 암발파설계 및 시험발파 지침안
- 김성국의 2인, (사)대한화약발파공학회, 2005, 급팽창 금속 혼합물을 이용한 나노플라즈마 바위파쇄공법에 관한 연구, 화약·발파, Vol.23, No.3, pp.57-74
- 김재극, 1988, 산업화약과 발파공학, 서울대학교 출판부, pp.366
- 류창하의 4인, 대한화약발파공학회, 2002, “미진동발파공법 적용사례에 관한 연구”, 화약·발파, Vol.29, No.3, pp.40, 44-45, 41, 47
- 임한욱의 4인, 한국토지개발공사, 1993, 암발파설계기법에 관한 연구, pp.353
- Konya, C.J and E.J.Walter, 1990, Surface Blast Design, Practice-Hall, Inc, pp.256
- Persson, P.A, R.Holmberg and J.M.Lee, 1992 Rock Blasting and Explosives Engineering CRC, pp.345
- Richard A.Dick, Larry R.Fletcher, and Dennis V.D’Andres, 1986. Explosives and Blasting Procedures pp. 70~74