무진동(Super Wedge) 굴착 신공법

정우철| 수정산터널현장대리| 051)633-3954 | jwooch@hanmail.net

1. 현장상황 및 배경

현재도심지공사의가장큰어려움중의하나는공사로인한주변민원의제기이다.

특히 발파가 주를 이루는 도심지 터널공사의 경우 민원으로인해공사가 중지되기도하는등중대한영향을미치기도 한다. 이러한 민원에 효과적으로대처하기위해서현재많은노력이기울여지고있으며, 그중에서도 새로운 기술을 도입함으로써 이러한 어려움을 미연에 방지하려는 노력들이 이루어지고 있는 실정이다.

당 현장도 마찬가지로 터널계획노선 직상부에만 일천여 가구가 위치한 도심지 터널현장으로, 발파시 발생하는 진동, 소음에 따른 민원이 잦으며, 또한 터널갱구부에서는 토피고가 30m 내외인 노후가옥이 다수위치하므로, 설계치인0.3kine 이내의진동치를 유지하여도 민원인들의 체감지수는 더 높이 나타나게된다. 이로인해원활한현장운영이어려우므로적극적인발파방법개선을통한진동, 소음저감의필요성이대두되었다.

당현장에서는 발파시 발생되는 진동, 소음의주원인이화약임에착안하여진동, 소음의감소를위해

첫째, 1회사용화약량의감소,

둘째, 화약의성분변화,

셋째, 화약을사용하지않는굴진

등의 3가지 방법으로 각각 분할발파, 겔튜브를 이용한발파, 무진동굴착에대해그장 · 단점을대비해 보았다.

그내용은다음<표 1>과같다.

<표1> 굴착방법의분류및장 · 단점

구분	장점	단점
화약량감소 : 분할발파	· 추가장비,자재의투입없이 현장에바로적용가능	· 소요공기의과다 · 1일작업량의저하
화약성분변화 : 겔튜브사용	· 1일작업량의감소없이 진동, 소음저감가능 · 화약량감소	· 추가자재구입비필요 · 신기술적용에따른 기능공의교육필요
화약사용않음 : 무진동굴착	· 화약사용으로인한진동, 소음완전제거가능	· 화약발파에비해1일작업량감소 · 굴착단가의상승

이중 분할발파에 의한 방법은 1일 작업량 감소로 인해 과다한 소요공기 발생으로 절대공기를 따르는 당현장에서는 계속적 적용이 어려운 실정이었으나, 겔튜브를사용한굴착방법은적용의간편성과사용효과의 탁월성을 확인하고 현재 특허출원중에 있다. 무진동 굴착은 화약사용으로 인한 진동, 소음을 사전에 완전제거가 가능하여, 시험시공 및 사례발표를 실시하고현재건교부신기술지정을신청중에있다.

여기에서는 당현장에서 시도한 무진동 굴착에 대해설명하고자한다.

2. 무진동 굴착(SUPER WEDGE) 공법의 시공시 검토사항

2.1 무진동굴착의특징

2.1.1 무진동굴착이란?

넓은의미로는화약을사용하지않고암을파쇄하는공법을지칭한다.

2.1.2 무진동굴착의원리

무진동굴착의원리는재래의인력암절취시사용되는정과망치를사용하여 암을 파쇄하는 원리를응용하여 천공구멍내에 봉등을 삽입하고, 유압을이용하여삽입한봉등을확대시켜암을파쇄한다.

2.2 무진동굴착의 시공성에대한현장검토

2.2.1 터널굴착의특징

①갱내에서작업이이루어지므로 공기가혼탁하고, 작업반경이갱외에비해협소하며, 수직및수평천공과파쇄가주를이룬다.

② 막장별로 암질이 불균질하며 매 막장마다의 암강도, 풍화정도, 절리의방향등이변화한다.

2.2.2 현장시공상문제점검토

①터널내작업으로다수의인원투입및대규모의장비투입이어렵다.

② 작업공간이 협소하고, 갱내의 환기상 적정규모 이상의 인원, 장비투입이어렵다.

③갱내의암질변화에적절히대응하기위하여공법적용의범용성이 높아야한다(수직, 수평작업등).

④기존화약발파에비하여단가가고가로서원가가상승되며, 민원에 의한작업방법변화로설계변경반영이어렵다.

⑤기존의무진동굴착공법은주로화약대신특수개발한약품의사용(무진동파쇄제), 고온을이용한공법(플라즈마공법), 천공구멍내에인력으로봉등을삽입하고유압으로암을파쇄하는공법(HRS, KRS, SRS, DARDA) 등이있으나, 고가이고작업효율이낮은점등으로현장적용이어렵다.

3. 대안 검토

3.1 비폭성파쇄제 사용

파쇄제자재비의고가로인한원가상승부담, 파쇄제의성분특성으로 인한작업시안전위험, 공기의지연(파쇄제가굳을때까지 24시간정도필요한점등제한조건이있으며, 2차기계파쇄가필수적이다.

3.2 HRS, KRS, SRS, DARDA 공법

작업단가가 고가이고(화약발파의 2 ~ 3배), 작업능률이 저하되며(1일 20 ~ 30㎥), 인력작업에 의하므로 갱 내 작업시 안전사고 위험이높다.

3.3 외국산수입파쇄장비(PD5 등)를 사용하는공법

기존 HRS, SRS, DARDA 공법 등에서는 인력으로 작업하는 방식을개선하고, 기계식 파쇄장비를 개발하여, 하나의 장치대에 천공기와 파쇄기가 부착되어 천공기로 파쇄대상 암반을천공하고, 천공된 구멍에 파쇄기날을압입한후파쇄기실린더에유압을가하여파쇄하는방법을개발하였으나,

① 장치 내에 부착된천공기의 성능이일반천공전용기계에비해성능이저하되며,

②천공기와파쇄기가1조로되어있어, 다른천공기가천공한구멍은 파쇄할수없고,

③수직작업만가능하고수평작업등이불가능하며,

④파쇄대비천공시간이많이소요되어작업량이나속도가늦다

는등의문제점이제기되고있다.

3.4 무진동굴착(SUPER WEDGE) 공법

3.4.1 무진동굴착(SUPER WEDGE) 공법의특징

① 원가 : 일반 화약발파보다는 비싸나, 기존의 무진동 굴착단가의 60 ~ 80%

②작업능률: 기존공법에비해 4 ~ 6배

③ 품질 : 터널 및 난장지역에 적용시 미굴, 여굴량의 감소로 정확한 굴착가능

④기타: 인력이아닌기계작업으로안전성, 경제성이높음

3.4.2 무진동굴착(SUPER WEDGE) 공법의원리

① 굴착 원리는종래의무진동굴착(KRS, SRS, DARDA 등)과동일하나, 종래에는인력으로하던작업을자체개발한파쇄기(SUPER WEDGE를 사용함으로써작업의 효율성, 경제성및 안전성을대폭개선하였다([그림1] 참조).

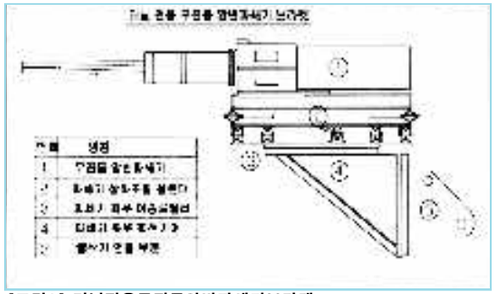
[KRS,SRS공법] [DARDA공법] [SUPER WEDGE공법]

[그림1] 무진동발파장비

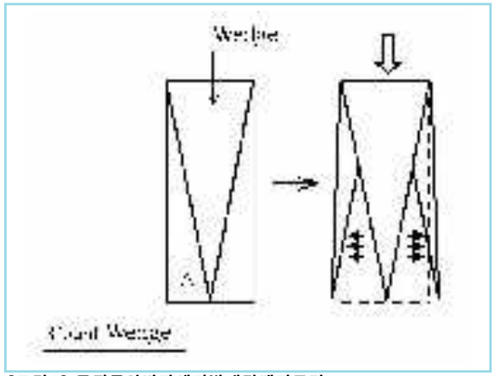
② 천공기를 투입하여 천공을 실시한후 쐐기(WEDGE)와 2개의역쐐기(COUNT WEDGE)를천공공내에삽입하고, 유압을이용하여쐐기를전진시켜암반을파쇄한다.

3.4.3 무진동굴착(SUPER WEDGE) 공법의장치

무진동굴착공법에서는터널전용무진동암반파쇄기브라켓과무진동암반파쇄기발개및쐐기가사용된다([그림2] 및[그림3] 참조).



[그림2] 터널전용무진동암반파쇄기브라켓



[그림3] 무진동암반파쇄기발개및쐐기도면

3.4.4 무진동굴착(SUPER WEDGE)공법의작업순서

1차천공 → 암파쇄 → 버럭처리

①1차천공: 암질의종류에따라50cm ~ 80cm 간격으로크롤라드릴등을이용하여1 ~ 2m 깊이로천공한다.

②암파쇄: 자체개발한SUPER WEDGE 장비를투입하여천공구멍내에 WEDGE를삽입후, 유압을가하여암을파쇄한다.

③버럭처리: B/H 등으로파쇄된암을처리한다.

3.4.5 기존공법과의차이점

① 천공된 구멍 내에 인력으로 파쇄봉 등을 삽입하던 방식을 기계를 이용하여작업하므로작업능률이개선되었다.

② 기존 외국산 장비(PD5 등)에서는 천공기와 파쇄기가 1식으로 연결되어있어서천공또는파쇄의1공종만가능하던방식을개선하여, 천공은크롤라드릴등으로선작업후, SUPER WEDGE를투입하여파쇄해나가는방식이므로작업의효율성이높다.

4. 결론

4.1 원가분석

4.1.1 원가분석비교(직접비대비, VAT 제외)

<표2> 화약발파와무진동파쇄의원가분석비교

구분	단위	수량	도급금액	업체견적	도급대비	비고
화약발파	m^3	149	3,345,348	3,278,000	98.0%	
무진동파쇄	m^3	149	13,884,416	8,940,000	64.4%	설계변경시
차액			10,539,068	5,662,000	-33.6%	

4.2 품질 · 안전분석

4.2.1 품질개선을위한노력

터널굴착화약발파시발생되는여굴및미굴량이감소된다.

4.2.2 안전관리상효과

① 기존 무진동 굴착공법은 많은 수의 작업원이 필요하므로 갱 내에 다수의작업원이투입될시에는안전사고의위험이높으나, 장비2대(천공기, 파쇄기)와운전원만 투입하면되므로 안전관리가 훨씬 능률적이다.

②화약사용시발생하는진동, 소음및유해가스가없다.

4.3 예상 효과및향후추진방안

도심지 굴착시에는 무진동 굴착공법의 필요성이 점점높아지고있으나, 높은작업단가, 낮은작업효율 등으로인해쉽게적용할 수없었다. 그러나, 당 무진동 굴착(SUPER WEDGE) 공법은 기존 공법의 60 ~ 80%로저렴하며, 작업효율또한인력이아닌장비를이용한 기계식이므로기존 공법 대비 4 ~ 6배의 고효율을 나타낸다. 아울러 품셈(200년판)에 게재되어 있어 현장 설계변경시 반영근거가 확실하므로, 여타의 현장에서도 앞으로 적용사례가 꾸준히 늘어날 것으로 판단된다. 본 기술은 특허등록 및 건교부 신기술지정(신청중) 등으로 대내 · 외적으로 기술의 우수성이입증되고있다.

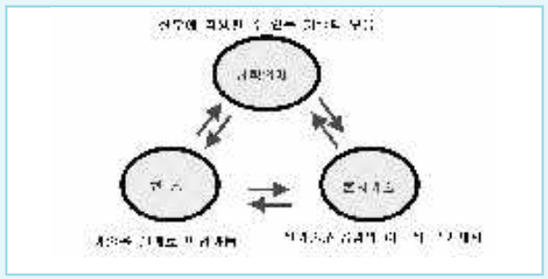
- 특허제029347호(무진동암반파쇄기)
- 실용신안등록제 009839호(무진동암석파쇄기)

[사진1] 무진동암파쇄기(SUPER WEDGE) 작업전경

[사진2] 파쇄후암

[사진3] 무진동암파쇄기(SUPER WEDGE) 상세

신기술, 신공법의 개발 및 적용의 모델



기존의 기술개발은 관련 부서의 소수 인원이나, 현장의 몇몇 직원에 의해 이론적 혹은 개념적으로만 이루어져 왔다. 이러한 기술개발 사례는 자칫 사장될 수도 있다. 개발된 기술을 널리 적용하기 위해서는, 실무에 적용할 수 있는 기술력을 가진 협력업체, 기술을 설계로 반영할 수 있는 현장, 신기술 · 신공법의 이론적 근거제시 및특허등록 등을 지원하는 본사 지원부서의 3개축이 유기적으로 연결되어, 특허등록 및건교부 신기술지정 신청 등을 통하여 대외적으로 홍보하고, 또 품셈, 적산자료 게재 등으로 현장 실무(설계변경등)에적용할 수 있는 근거가 만들어져야 한다. 본 사례는 기존의 기술개발 사례에서는 이름뿐이거나, 활용성이 낮거나 하는 등의 문제점을 실무부서와 관련부서간의 공조를 통해 독창성과 우수성을 적극 홍보함으로써, 차후 당사에서 추진하는기술개발에있어서바람직한패턴을제시하고 있는것으로사료된다.