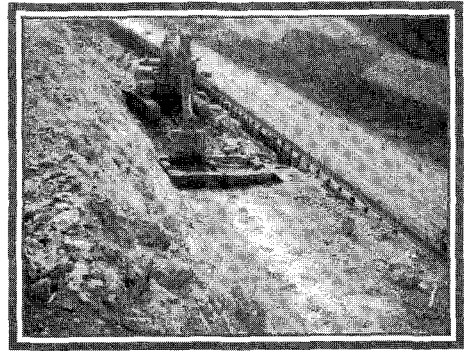
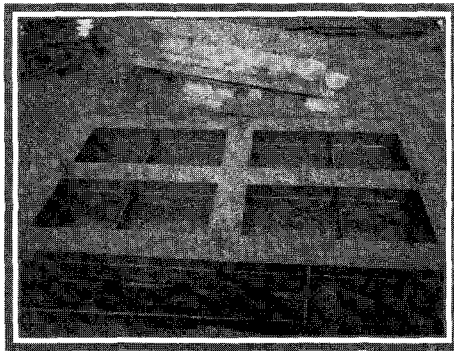


# (주)부양테크

## 이완식 발파공법 및 이의 발파매트의 사업화

대표이사 조 용 소



### I. 사업화 성공 기술 개요

고속도로 및 국도, 택지조성 등에서 필연적인 발파공법은 진동, 폭음 및 비석으로 인근 건물과 인명·가축에 직접적인 피해를 발생하므로 민원 발생과 시공기간 지연, 과도한 공사비 등이 발생하였다. 본 회사는 이런 문제점인 비석과 폭음, 지반 진동의 영향이 거의 없이 암반을 굴착하는 발파공법인 이완식 발파공법(건설신기술 제312호 지정)을 개발하게 되었다. 기존의 발파공법보다 상대적으로 적은 폭약으로 발파를 실시함으로써 발생하는 소음 및 진동을 최소화 하고, 또한 철재로 특수하게 제작된 매트에 흡음재를 부착하여 발파공압 및 비석을 완벽히 차단하는 기술로서 발파공해를 저감하므로 친환경적인 발파 공법이기도 하다.

본 발명은 암반굴착에 효과적인 방법으로 주목받고 있으며, 다수의 현장에 시공 실효성을 인정받아 민원발생 해소, 공사비 절감, 공기 단축, 안전작업, 환경공해 등의 방지를 통해 고부가가치를 창출할 수 있게 되었다.

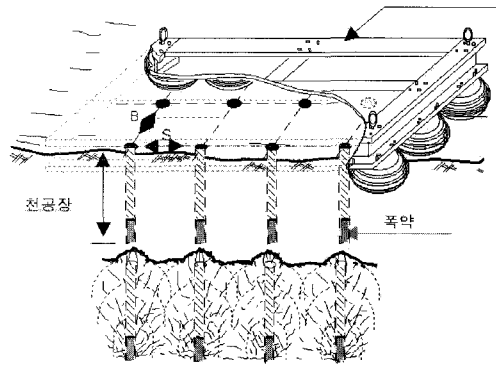
### II. 기술개발 과정

발파분야는 건설 현장에서 지하철, 터널, 사면 시공시 중요한 부분을 차지함에도 불구하고 폭음과 진동, 비산 등의 환경공해가 발생하여 많은 분쟁의 대상으로 인식되어 왔다. 요즘에는 쾌적한 환경을 요구하는 주민들의 의식수준이 높아져 발파를 하기 전부터 민원을 제기하여 공사를 하지 못하거나 고비용, 저효율의 굴착공법을 적용하고 있다. 또한 발파작업이 화약을 다루는 사람의 경험에만 의존하여 많은 건설인력이 위험한 환경 속에서 놓여지고 있는 상황을 인식하고 안전한 발파를 위한 이론 정립과 기술개발을 시작하게 되었다. 1996년 1월 이완식 발파공법에 대한 이론적 연구를 시작으로 많은 현장에 시험발파를 통하여 이완식 발파공법의 적정장약량을 산출하고 패턴을 연구하며 공법 정립에 박차를 가하고 있을 때 비석의 차단이 가장 큰 문제로 발생하였다.

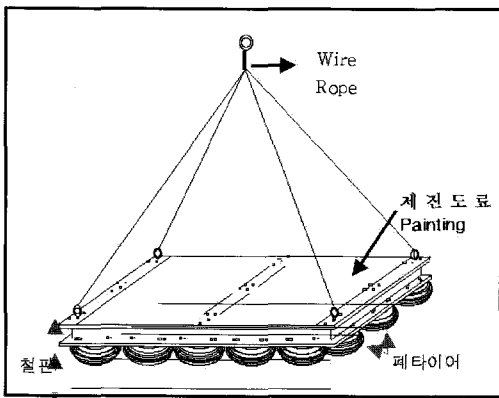
발파 순간 수만 기압의 압력으로 파괴되는 암석파편이 날아가는 비석은 많은 재산 및 인명피해를 유발하기 때문에 시험발파를

시행하는데 있어 외면하는 현장이 많아 현실적인 어려움에 빠져들게 되었다. 하지만 이러한 어려움은 비석을 완벽하게 차단할 수 있는 철재발파매트의 구조를 착안하면서 이완식 발파공법의 연구 개발이 활성화가 되어 1997년 4월 광양 배우도로 확장공사를 시작으로 신갈-안산간 고속도로 확장공사, 서울 지하철 6·9공구, 평택-이동간 도로확포장공사, 동해 우회도로, 서울대학교 백신연구소 등 많은 현장에 적용하여 이완식 발파공법 및 철재발파매트의 구조의 이론 정립과 현장 적용성을 확인하고 2000년 5월에 발명특허를 출원하게 되었다. 그 이후로 이완식 발파공법은 발파가 곤란

한 기존 도로 확장, 인근에 많은 건물이 있는 현장 등에 적용한 결과 안전성과 현장적용성의 우수함을 토대로 건설신기술로 인정받아 현재 많은 현장에 설계적용이 되고 있는 실정이다.

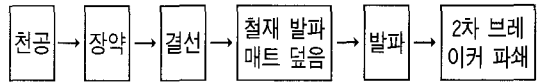


(그림 2) 발파 패턴도



(그림 1) 철재 발파 매트 구조

■ 이완식 발파작업 수행과정



■ 타 특수발파 공법과 비교

구분	무진동굴착	미진동발파	이완식발파
원리	약품, 유압 Jack을 이용하여 양반을 팽창시켜 파쇄	짧게 천공하고 소량의 장약량으로 발파+브레이커	특수한 발파패턴 및 발파 방법 + 철재 Blast Mat
환경공해	무진동, 미소음으로 발파공해의 영향이 없어 도심지에 적용가능	미진동, 미소음이나 발파공해가 우려되는 지역에서는 사용곤란	발파공해 억제 Mat 사용으로 비석과 폭음을 완벽하게 차단
시공성	공사효율이 떨어짐 소규모 시공으로 불량	공사효율이 떨어짐 선택적 사용으로 불량	시공성 양호
경제성	공사비가 고가로 불량	공사비가 고가로 불량	경제성 양호
시공환경	도심지 시설물 인접 현장	도심지 시설물 인접 현장	도심지 시설물 인접 현장 기준도로 확장공사 현장 공장시설 인접 현장
단가 (원/㎡)	50,000~110,000	35,000~45,000	15,000~19,500
비고	이완식발파는 무진동굴착, 미진동발파를 대체하는 공법으로 주변에 지장물이 있는 도심지 및 고속도로 확장공사, 공장지역 인근 발파현장에서 발파공해의 영향을 줄이면서 대량 시공이 가능하므로 안전성이 뛰어나고 경제성 및 시공성이 우수한 공법이다		

## III. 사업화 과정

### 가) 기술개발 및 운영자금

당시의 발파공법인 “이완식발파공법 및 철재발파매트”를 이론 정립과 현장 적용성을 확인하고 특허와 실용신안을 출원한 후 사업화를 위해 (주)부임테크라는 건설벤처기업을 설립하였다. 하지만 설립 초기에 시공능력이 모자라서 공사를 수주하는데 많은 어려움이 있었다. 당연히 자금의 어려움이 찾아오게 되었으나 초기의 자금부족은 유상증자를 통하여 충당하며 난관을 극복할 수 있었다. 그 후 실용신안등록이 되고 기술력을 인정받아 금융권의 출자 전환 옵션 등으로 자금을 유치하였고 발파로 인해 공사가 지연 또는 중단된 현장과 발파가 불가능한 현장에 이완식 발파공법을 적용하여 성공적으로 공사를 마무리 하면서 이완식 발파공법이 서서히 자리를 잡게 되었다.

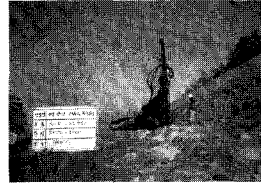
### 나) 발파공법 안전성 인식

초기에 이완식 발파공법에 대한 인식이 부족하여 기존 발파공법을 고수하거나, 비용이 많이 소요되는 특수발파공법을 요구하였다. 그래서 공법에 대한 안전성을 인식 시키는 것이 급선무라 여기고 동영상자료와 책자를 통한 홍보를 끊임없이 하며 인지도를 높이게 되었다. 또한 발파가 불가능한 고속도로 확장공사, 근거리예 많은 주택과 시설물이 밀집한 지역 등에서 통행 차량의 차단 없고, 인근 시설물에 피해 없이 이완식 발파공법을 적용하여 발파주, 시공자, 주민들에 기술력을 인정받아 유사한 현장에 많은 적용을 하게 되었다. 또한 부단히 노력한 결과 건설교통부로부터 건설기술 제312호 지정 받으면서 사업화는 더욱 활성화가 되었다.

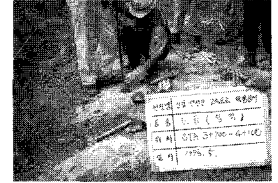
### 다) 신기술에 대한 사용 검증

사업화를 하면서 가장 어려웠던 것 중의 하나는 기존의 발파는 큰 소음과 진동, 많은 비산이 발생한다는 불신과 두려움이었다. 하지만 발파가 관련한 지역에서 행한 실적과 동영상 등으로 홍보를 하여 발파에 대한 선입견을 없애는데 주력하였다. 또한 시험발파를 통하여 인근 주민들과 시공사에 이완식 발파공법은 안전하다는 확신을 주어 발파에 대한 불신과 두려움을 없앨 수 있었다. 이러한

노력이 결실로 모여져 현재 전국의 30개 현장에서 이완식 발파공법이 적용되었고, 새로 발주하는 공사에도 많은 설계 적용이 되고 있어서 큰 기대효과와 경제적인 효과를 창출하고 있다.



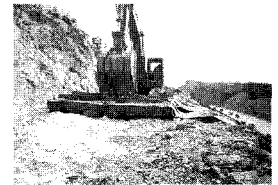
(천공작업)



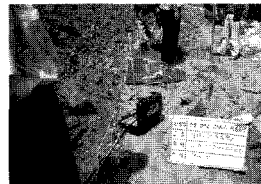
(장약작업)



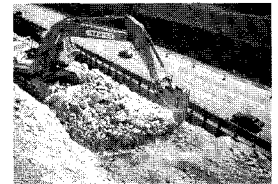
(발파준비)



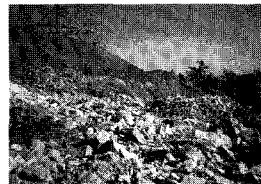
(발파작업)



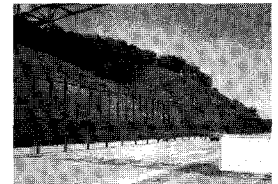
(진동계측광경)



(발파후 소할작업)



(발파후 소할안료)



(질취후 전경)

## IV. 홍보 및 공법 적용과정

사업화 과정에서 언급한 바와 같이 초기 설립 건설회사로서 시공능력의 부족으로 인한 수주의 어려움이 가장 큰 어려움으로 작용하였다. 따라서 이완식 발파공법을 적용하고 인정을 받기 위해 발파로 인한 공사의 지연 및 중단, 발파가 불가능한 현장에 어려움을 안고 이완식 발파공법을 적용하여 성공적으로 공사를 마무리 해주면서 인정을 받게 되었다.

신기술을 지정 받은 후 이완식 발파공법에 대한 책자와 동영상

을 제작하여 건설교통부, 한국도로공사와 국토관리청 등 많은 기관에 홍보를 하였으며 관계기관에서 시행하는 세미나에 적극 동참하여 설명회를 가졌다. 또한 신문과 TV에 이완식 발파공법에 대한 신기술이 소개되어 현장에서 많은 인지도를 가지게 되었고, 건설업으로는 최초의 벤처기업인 당시는 매일경제신문사에서 시행하는 우수벤처발굴대회에 참가하여 우수벤처기업으로 인정받아 산업자원부장관상 대상을 수상하여 대외적인 신인도의 증가로 시장성이 넓어졌다. 건설신기술 지정 이후 새로 발주할 공사에 설계 적용이 많이 되어 많은 현장에서 이완식 발파공법이 적용되고 있다.

미국, 일본, 독일, 중국, 캐나다, 홍콩 등 6개국에 특허출원을 하여 해외시장 진출을 추진하고 있는 상황이며, 특히 일본과 중국 시장 진출은 엄청난 시장이 형성되리라 예상되고, 미국 맨허튼 지하철 신축공사에도 많은 고층건물에 피해 없는 이완식 발파공법을

적용하려고 하고 있다. 현재 소음·진동·비산 등의 환경공해를 더욱 완벽히 제어할 수 있는 공법을 개발하기 위해 부설 연구소를 설립하여 기술개발을 하고 있다.

## V. 현재의 여건

- 직원수: 정식직원 42명, 현장 노무직 포함 122명
- 매출액: 4,087 백만원 (2001년 기준)
- 연구장비: 소음진동 측정기, 단단식 발파기, 광파기, 터널발파 폭음방지용 방음카, 철재 발파매트 등
- 기구장타: -부암테크 부설 기술연구소 설립  
-지속적인 기술개발을 통한 발파기술 정립화 추진

### ■ 시공사례

No	공사명	발주처 및 시공사	적용구간	적용사유
1	서울지하철 6-8공구 ( '97. 4~'99. 8)	서울특별시 진로건설(주)	개착구간, 창신정거장 도로터널개착	주택들과 이격거리가 5~30m
2	서울지하철 6-9공구 ( '98. 4~'98. 12)	서울특별시 쌍용건설(주)	안암정거장 보문정거장	상하수도, 도시가스관로 등 근접 차량과 보행자 통행이 많은 지역
3	광양항 우회도로 ( '97. 4~'97. 8)	함안청 현대건설(주)	기존도로 확폭구간	차량통행이 많은 구간으로 차량의 통행차단 없이 발파작업 수행 기존도로와 이격거리 3m
4	신갈-안산간 고속도로 확장공사 ( '98. 3~'98. 12)	한국도로공사 대우건설(주)	대절토 양반사면구간	암반의 강도가 높아 기계굴착 곤란 고속도로 통행차단 없이 공사수행 고속도로와 이격거리 3m
5	평택-이동간 도로 확장공사 '98	서울국토관리청 대립산업(주)	대절토 양반사면구간	주택과 목장 및 시설물의 이격거리 50m 이내
6	서울대학교 백신연구소 현장	서울대학교 계룡건설(주)	기숙사와 인접 절토구간	기숙사 건물과 이격거리 10~50m
7	서울대학교 연구동현장	서울대학교 삼성물산(주)	연구동 시설물 인접구간 APT건물 인접구간	기존 건물과 이격거리가 10~50m
8	동해 우회도로 ( '99. 5~'99. 12)	원주지방국토관리청 금광기업(주) (주)한광	대절토 양반구간 철도, 철탑 인접구간	철도와 이격 3m 철탑과 이격 6m 기존 국도와 이격 7m
9	제천 우회도로 ( '00. 5~'00. 8)	대전지방국토관리청 금광기업(주)	대절토 양반구간	인근 마을과 이격 50m 이내 (50가구)
10	구마고속도로 ( '00. 12~'01. 10)	한국도로공사 대우건설(주)	램프 대절토구간	기존고속도로 램프 통행 차단 없이 공사수행 고속도로와 이격거리 3m

# 특기기술사업화

No	공사명	발주처 및 시공사	적용구간	적용사유
11	경부고속도로 구미·동대구4공구 ( '01. 5~현재)	한국도로공사 삼부토건(주)	도로이설 대절토구간	기존 고속도로 통행 차단 없이 공사수행 고속도로와 이격거리 2m
12	송현지구 주공APT ( '01.04~' 01.08)	대한주택공사 보성건설(주)	구조물 및 배수공터파기	APT 신축 골조공정 90% 이상 진행상태에서 터파기 시행 APT와 이격거리 5m
13	응암동 대주파크텔 신축 ( '01.05~' 01.10)	재건축조합 대주토건(주)	APT 지하토공	10~30m 이내 주택밀집지역
14	영월·덕포간 도로 ( '01.03~' 01.05)	원주지방국토관리청 두산건설(주)	T/L 갱문토공	기존도로 이설 가교 기둥과 인접발파 100m 이내 주거지역
15	진주·진성간 도로 ( '01.11 착공)	부산지방국토관리청 쌍용건설(주)	대절토 양반 사면구간	50m 이내 농가와 주택 밀집
16	황산·해남간 도로 ( '01.11 착공)	익산지방국토관리청 삼부토건(주)	대절토 양반 사면구간	10m 이내 농가주택 양계장 50m 이내 위치
17	대전 노은 지구 택지조성 공사 ( '01.11 착공)	한국토지공사 금광기업(주)	택지조성공사	50m 이내 방송국 및 가스 관로 시설 위치
18	사천 우회도로 ( '02. 1 착공)	부산지방국토관리청 삼정건설(주)	대절토 양반 사면구간 및 터널 출구부 절취	30~60m 이내 아파트 및 주거시설 다수 분포로 민원발생지
19	서울대 치과대학 생체재료 연구동 신축공사( '02. 2)	서울대학교 성동종합건설(주)	지하 터파기	건물(치과분관)과 10m 이내 서울사대문 도심지 구간
20	국도1호선 연결 해변도로 개설공사 ( '02. 3 착공)	목포시청 신인종합건설(주)	대절토 양반 사면구간	기존도로 확장구간 50m 이내 호텔 및 선착장 기존도로와 이격거리 3m
21	영광·해보간 도로 공사 ( '02. 4 착공)	익산지방국토관리청 금광기업(주)	대절토 양반	사면구간 50m 이내 농가 및 주택밀집
22	국도30호선 정읍·종성2지구 위험도로 개수공사	전주국도유지 건설사무소	대절토 양반 사면구간	30m 이내 민가와 수퍼 인접 섬진강 댐과 이격거리 20m
23	성남 상대원 초등학교	성남시 교육청	학교부지 조성공사	· 기존 도로 인접발파 · 집단주거지역
24	남자·영산간 도로공사	부산지방국토관리청 극동건설(주)	대절토 양반구간	· 기존도로 인접발파 · 집단 주거지역
25	여수공항확장	부산지방항공청 대호건설	대절토 양반구간	· 집단 주거지역
26	평택화력발전소	한국전력공사	대절토 양반구간	· 기존 화력발전소 인접발파
27	대일외고 주차장공사	(주)원명종합건설	지하 터파기	10m 이내 사찰 위치 50m 이내 아파트 단지
28	사천우회도로 건설공사 (현재)	(주)상정건설	대절토 양반사면구간 터널구간	50m 이내 마을 위치 100m 이내에 아파트 단지

No	공사명	발주처 및 시공사	적용구간	적용사유
29	광주 제2순환도로 건설공사 (현재)	금광기업(주)	대절토 암반사면구간 터널구간	20m 공업사 위치 100m 이내 공단 밀집
30	문래-화산간도로 확포장공사 (현재)	송촌종합건설(주)	대절토 암반사면구간	9~40m 이내 마을 위치 250m 대단위 축사 위치

## VI. 사업화 성공 요인

분류	사업화 성공 요인
안전성 확보	일반적인 발파의 경우 폭발시 발생하는 충격파에 의해 암반에 균열이 발생하고 폭발 생성 가스의 팽창 압으로 암반이 파괴되는데, 이 과정에서 발파진동 및 폭음, 비산석이 발생하여 인명 재산 피해가 발생하는 등 안전성을 보장받지 못한다. 이완식 발파는 적은 양의 폭약으로 암반에 균열만 발생시키므로 발파에서 발생하는 지반진동 및 폭음이 제어되며, 발생하는 비석을 철재 발파매트를 이용하여 완벽한 차단이 가능하므로 안전성이 확보되어 어느 장소에서든 발파를 할 수 있다.
환경친화적인 발파공법 전환	발파공해는 누구나 집이나 사업장 근처에서 발파를 하는 것을 좋아하지 않아, 발파공해의 수준이 시설물에 피해를 끼치지 않는 수준이지만 인체의 감지수준에서도 민원제기 현상이 높아지고 있다. 이러한 사회분위기에서 지장물 인근에서 발파작업을 수행하기가 쉽지 않으며 실제로 발파로 인한 피해사례가 빈번한 실정이다. 이완식 발파공법은 지반진동 및 폭음이 작으며, 발생하는 비석은 철재 발파매트에 의해 완벽하게 차단된다. 또한 발파공해의 문제를 거의 일으키지 않으므로 작업장과 근접하여도 보행자 및 통행차량의 통제가 필요 없어 환경친화적 공사진행이 가능하다.
기술경쟁력	기존 발파공해가 예상되는 현장에 적용하는 특수발파 공법인 미진동발파, 무진동발파 등과 비교하여 공사비 절감을 가져오며, 대절토 구간 확장 등에서 적용하는 발파작업을 획기적으로 개선시켜 품질확보 및 안전작업에 최우선으로 적용이 가능하다. 건설시장 개방으로 국내뿐 아니라 국제적으로 경쟁력을 강화할 수 있는 공법이다.
경제성 확대	이완식 발파공법은 미진동 발파공법과 같이 암반에 균열을 발생시키고 2차 파쇄를 실시한다. 그러나 무진동굴착이나 미진동 발파공법은 시공비가 고가이며, 공사 기간이 대폭 늘어나기 때문에 현실 적용이 어려우나, 이완식 발파공법은 깊이가 싸고 에너지효율이 좋은 소량의 화약을 이용하여 암반에 균열을 유발시키므로 시공비가 대폭 절감되고, 공사 기간이 단축되는 등 공사를 발주하는 정부 기관에 많은 예산 절감 등의 효과가 있다. 또 민원 발생이 감소되어 원활한 공사를 하므로 시공사에도 공사비를 절감할 수 있다. · 경제성 비교 · 기존 기술 : 35,000원~110,000 원/㎡ · 이완식발파 : 15,000원~19,500 원/㎡ *국가적으로 연간 수천억 원을 절감할 수 있다.

## VII. 향후 예상매출액 및 기대효과

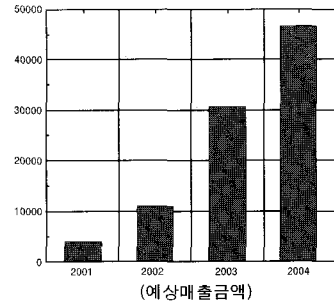
### 1) 예상 매출

지난해 신기술로 지정된 이완식 발파공법에 대한 인식이 높아

저 많은 공사 현장에 적용이 되고 있고, 내년 발주 공사에도 설계가 많이 반영되고 있다. 현재 노천뿐만 아니라 터널 전체 시공도 하고 있어 매출액이 급증하고 있으며, 내년 말쯤 코스닥 등록을 목표로 열심히 뛰고 있으며, 외국에 네티허가 등록이 되면 기술 이전에 따른 매출이 급증할 것으로 예상된다.

(매출액 예상) (단위:백만원)

구 분	2001년도	2002년도	2003년도	2004년도
내 수	4,087	10,000	25,000	35,000
수 출	-	-	2,620 (2,000,000\$)	6,550 (5,000,000\$)
기타		1,000	3,000	5,000
계	4,087	11,000	30,620	46,550



## 2) 기대효과

구 분	기 대 효 과
안전성 기대효과	· 발파방법에 의한 발파진동의 감소 효과 · 철재 발파매트에 의한 발파폭음 및 비산석 방지효과
발파공법의 적용범위 확대효과	· 이완식 발파공법은 60m 이내의 무진동 굴착, 미진동 발파 구간에서도 적용하여 발파 적용범위를 확대할 수 있어 공사비 절감 · 도로확장공사 현장의 사면부 절토작업의 경우 차량통행이 많은 고속도로 등의 조건에서도 비산석을 완전통제가 가능하여 적용
시공성 및 경제적인 측면의 기대효과	· 천공장이 3.0m 이내이므로 2차 파쇄(소할)량의 감소와 타공법에 비해 발파비가 저렴 · 발파공해 저감효과로 민원 발생을 예방할 수 있어 공사중단으로 인한 시공 및 경제적인 피해 발생 감소
민원발생 감소효과	· 민원요소인 발파진동 및 발파폭음의 감소효과가 우수하고, 예상치 못한 비석을 완벽히 차단할 수 있어 민원 발생요인을 사전에 방지 · 원활히 발파작업을 수행할 수 있는 여건 조성
기술적 파급효과	· 발파공해 및 사면안정이 우려되는 현장 또는 무진동, 미진동, 기타 발파공법 적용시 문제점이 발생하는 현장에 적용할 수 있는 공법 · 안전하고 경제적이며 적용성이 우수하므로 기술적인 파급효과가 큼
환경 친화적인 효과	· 발파공해의 저감으로 작업환경 개선 · 소음, 진동, 비산, 분진의 감소로 주변 생활환경 개선

## 3) 시장 상황

- 정부 발주 공사 중 미진동 설계규모 연간 약 5,000억원 추정 (당해연도기준, 민간발주공사 별도)
- 주요수요처: 건설현장의 모든 토목 공사 중 임반 발파부문에 적용가능(조달청/지방자치단체/도로공사/토지공사/주택공사/해운항만청 등)
- 유사제품 및 경쟁사: 기존 미진동 및 무진동의 일반화된 공법에 비교하여 현저한 개선사항이며, 특허 및 신기술 영역이므로 비교경쟁사 없음.

## 4) 연구개발 추진계획

국내는 사회간접자본에 의해 도로, 항만, 철도, 공항(SOC) 등의

물류시설이 계속 건설되고 있으며 이 과정에서 도로 및 철도의 노반공사, 댐, 택지조성, 터널개착구, 건축물기초, 공단조성, 석산개발 등에서 가장경제적인 발파공법으로 굴착공사를 수행하고 있으나 주변의 민가, 축사, 어장 등에 발파공해 발생에 대한 각종 민원으로 인하여 작업지연, 물적 보상으로 경제적인 손실부담이 대단히 크다고 볼 수 있다.

그러나 본 발명(이완식발파공법)을 사용하게 되면 공사비 절감은 물론 공기를 단축할 수 있고 민원발생이 없어 국가적으로 연간 수천억원을 절감할 수 있으며 국내기술을 해외공사에 적용할 수 있을 뿐 아니라 해외로 기술 수출도 가능함으로 국제 건설 경쟁력이 강화 될 수 있을 것이다. 이에 (주)부암테크는 지속적인 연구개발을 하여 환경친화적인 발파공법을 지속적으로 개발할 예정이다.