2009년도 공동학술대회 "해양산업의 녹색성장을 위한 선도전략" 논문집 pp. 419~424

해양교통시설기초 암반파쇄와 겔파쇄

이수관*

* 우인엔지니어링 토목부 이사

Rock Crushing and Gel Crushing of Ocean Traffic Facilities Foundation

*Soo-Gwan Lee**

* *Division of Civil, WIN Engineering Co. Ltd., Pusan 609-843, Korea*

요 약 : 수중암반파쇄는 주로 중추에 의한 파쇄와 수중발파에 의존하였습니다. 그러나 최근에는 연안양식과 항만증설에 따라 수중암반파쇄민원이 해소되는 암반파쇄방법으로 대체하고있습니다. 암반파쇄 구역에 인접해 있는 지형, 양식장, 각종시설물 및 부대전자장비와 환경보호구역등을 고려하여 해양환경을 보호하는 효과적인 암반파쇄방법을 검토하였습니다. 파쇄암반수량, 암질특성, 분포상태를 조사하고 암반파쇄시공속도를 고려하여 효과적인 암반파쇄방법을 비교검토하였습니다. 해안 주변역, 즉 연안역의 활용도가 높아지므로 수중암반파쇄민원을 해결하고 환경을 보호하면서 해양시설건설이 동시에 이루어지는 암반파쇄방법으로서 효과적인 방법을 비교검토하였습니다.

핵심용어 : 수중암반파쇄, 중추, 수중발파, 겔파쇄, 수중암반파쇄민원해결, 양식장, 환경보호구역

ABSTRACT : *The ocean rock was crushed mainly by drop hammer and blasting. In recent years, because of farming and harbors extension, the ocean rock crushing method is changing to popular complaint solving type. Effective rock crushing methods of protecting environment are studied under consideration for topography, farming, structures, electronic equipment, environment protection area near to rock crushing sector. Effective rock crushing methods are compared under consideration for crushing volume, rock quality, distribution, crushing speed. Effective rock crushing methods at once solving popular complaint and protecting ocean environment and building ocean structures, are compared according to the coast development.*

KEY WORDS : *ocean rock crushing, drop hammer, ocean blasting, gel crushing, popular complaint solving, farming, environment protection area*

1. 서 론

해안 주변역, 즉, 연안역은 교통과 생활의 요충지로서 활용도가 높아지고 있는 반면, 항만건설이나 연안역의 구조물 축조, 매립 및 간척, 항만증설등의 개발에 따른 수중암반파쇄민원이 많아지고 있다. 이러한 수중암반파쇄민원을 해소하고 해양환경을 보호하면서 시공할 수 있는 효과적인 수중암반파쇄방법을 검토하였다.

2. 수중암반파쇄방법

2.1 중추식쇄암방법

쇄암선에서 10-50t의 쇄암봉을 자연낙하방식으로 낙추시켜 수중암반을 파쇄하는 방법이다.
연질암반에서 50M^3/H까지 파쇄되는 효율적인 방법으로 화약사용피해민원이 발생되지않는 친환경공법이다. 중질이상 강한암반에서는 시공속도가 급격히 낮아지고 암분증가및 해류에 따른

* gel777@hanmail.net 017-432-3643

암분확산으로 인한 수산자원피해민원을 고려하여 다른방법을 검토하여야한다.

2.2 수중다르다방법

잠수사가 수중에서 암반에 착암드릴로 천공한후 다르다장비의 쐐기를 구멍에 넣고 유압을 가하면 유압으로 쐐기가 벌어지며 수중암반이 파쇄되는 방법이다.
사람이 드나드는 협소한 공간에서 효율적인 방법으로 100M^3이하 암반에 효과적인 방법이다.

2.3 약액주입방법

잠수사가 수중에서 암반에 착암드릴로 천공한후 비닐봉지에 넣은 비폭성파쇄제를 구멍에 넣고 양생하면 고결시 팽창압으로 구멍이 벌어지면서 수중암반이 파쇄되는 방법이다.
10M^3이하 연질암반에 효과적인 방법이다.

2.4 수중발파방법

바지선에서 암반에 드릴로 천공한후 니트로글리세린계 화약(다이나마이트)을 구멍에 넣고 모래로 전색한후 뇌관으로 기폭시켜 폭발에 의한 충격파로 수중암반을 파쇄하는 방법이다.
시공속도가 빠르고 효율적인 방법이다. 니트로글리세린에는 독성이 있으며 니트로글리세린이 배어나올 위험이 있고 연안역에서 시공시 수중발파민원이 높고 환경보호단체의 반발이 크므로 양식장과 천연기념물 및 보존보호동식물의 분포상태와 각종인접시설물 및 부대전자장비의 특성을 조사하고 파쇄암반수량과 암질특성 및 분포상태를 조사하여 선별적용한다.

2.5 겔파쇄방법

바지선에서 암반에 드릴로 천공한후 에멀젼계 화약과 겔튜브를 구멍에 넣고 잔골재로 전색한후 뇌관으로 기폭시켜 겔이 순간적인 고온고압 상태로 전환되면서 발생되는 고압액체의 힘으로 수중암반을 파쇄하는 방법이다. 아울러 겔은 기폭약의 진동도 억제한다.

2.5.1 겔파쇄 개요

도심지에서 암반발파작업으로 인한 민원이 발생되는 것을 방지하기 위해 개발된 공법으로서 빌딩지하, 건물기초, 지하철, 터널공사, 문화재 인접지역 공사, 재개발 지역 및 도로확장공사, 샤프트공사, 수중암반파쇄공사에 적용되며 겔파쇄 공법은 화약발파공법이나 미진동 발파 작업시 소음 및 진동과 비산현상으로 발생하는 민원을 해결할수 있는 안전한 파쇄공법이다.

2.5.2 겔파쇄의 원리

겔 상태의 액체에 전기뇌관 및 기폭약으로 화학반응을 촉진시키면 순간적인 고온, 고압 상태로 전환되면서 발생하는 힘으로 암석이나 암반을 파쇄하게 된다. 아울러 겔은 기폭약의 진동도 억제한다. (특허 제0329579호)
1) 화학액 성분
C, H, O, Al, Ca, Na, Mg, Fe, Cl, S, F 환경유해성분 없음.

2.5.3 겔파쇄의 특징

1) 안전하다.
화약발파는 인장파로 암반을 부순후 남은 가스압력으로 암반을 비산시키나 겔은 약액이 액체상태에서 순간(0.1초 이하) 팽창후 멈추므로 비산, 폭음압등이 없으므로 안전한 암반파쇄 공법이다.
2) 소음이 적다.
겔 액체에 의한 파쇄시 팽창가스 압력이 없으므로 소음이 적다.
3) 진동이 적다.
겔 액체의 압축력으로 암반파쇄가 되므로 화약가스 압력으로 인한 진동이 없다.
4) 분진이나 파편의 비산이 없다.
겔 액체는 팽창시 분진 및 비산이 없다.
5) 다양한 현장조건에서 작업 할 수 있다.
경사작업 및 수중작업이 가능하다.
6) 영하20도의 동절기에도 작업이 가능하다.
영하20도 이하에서도 약액반응이 항상가능하여 동절기에도 정상적인 작업이 가능하다.
7) 동시연결 작업이 가능하다.
앞줄 파쇄후 암반을 제거하지 않고도 뒷줄 파쇄가 가능하여 연속적으로 여러 천공줄을 시공하므로 동시연결작업이 가능하다.
8) 민원 발생 요인을 방지한다.
소음, 진동, 비산, 폭풍압등으로 인한 민원 발생을 방지한다.
9) 공기단축 및 공사비를 절감한다.
시공속도가 일반화약 Bench 발파만큼 빠르며 약액주입공법(비폭성파쇄제)이나 유압할암기공법보다 공사비가 저렴하다.
10) 지하철공사로 부터 근접시공을 인정받은 파쇄공법이다.
서울지하철 4호선 삼선교구간에서 지하철에 근접한 지하변전소 시공을 지하철공사로 부터 겔파쇄공법으로 승인받아 시공하였다.

2.5.4 겔파쇄의 용도

1) 도심지역 빌딩지하 및 건물기초공사
2) 지하철 및 터널공사
3) 문화재 인접지역 공사
4) 재개발 지역 및 도로확장공사
5) 수중공사 및 샤프트공사

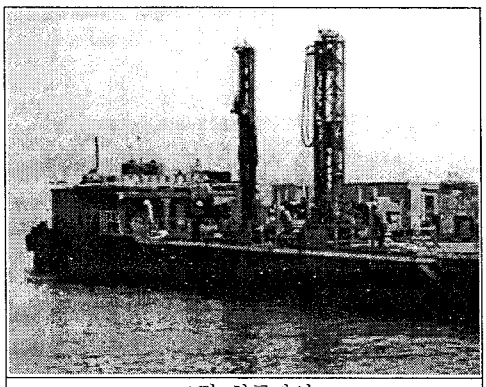
2.5.5 겔파쇄공법과 화약발파의 차이점

화약발파 에서는 그 에너지가 균열발생에 일부이용되고 나머지는 가스압에 의해 균열이 생긴 암석괴를 이동 즉 비산시키는 역할을 한다. 겔파쇄공법은 화학반응의 고압액체를 이용하여 암석괴를 파쇄하므로 비산이 되지않아 화약발파보다 시공성이 우수하며 소음 및 진동이 낮으므로 환경공해 측면에서도 환경친화적인 시공법이다.

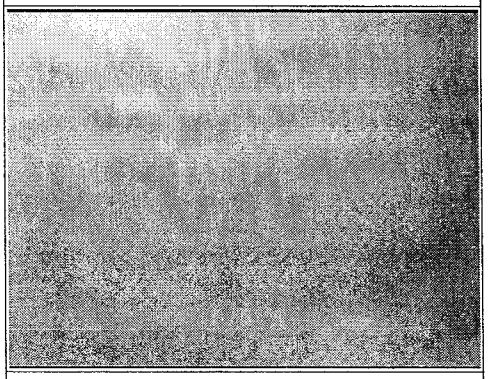
2.5.6 겔파쇄의 시공순서

1) 드릴 천공작업(직경 45 ~ 150mm)
드릴 천공기로 직경 45 ~ 150mm(주로 76mm)로 암반에 구멍을 뚫는다.
2) 천공장(2.0 ~ 20.0m)
천공시 천공길이는 암반특성에 따라 2.0 ~ 20.0m로 뚫는다.
3) 천공간격(0.8 ~ 3.0m)
천공시 천공구멍의 간격은 암반특성에 따라 0.8 ~ 3.0m로 뚫는다.
4) 뇌관 및 에멀젼계 화약 삽입
천공된 구멍에 뇌관이 연결된 에멀젼계 화약을 넣는다.
5) 겔튜브 삽입
천공된 구멍에 겔튜브를 넣는다.
6) 잔골재전색
천공된 구멍에 남은 구간을 잔골재로 전색한다.
7) 결선작업
전기뇌관을 연결하여 파쇄준비한다.
8) 파쇄
파쇄구간의 전기뇌관을 기폭시켜 겔파쇄를 한다.
9) 2차파쇄
균열된 암반을 중추나 브레이커로 소할파쇄한다.

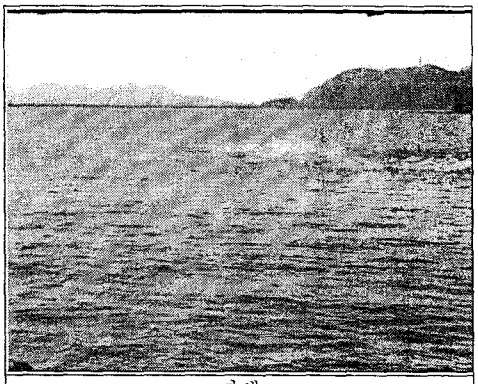
2.5.7 겔파쇄의 시공사진


드릴 천공작업

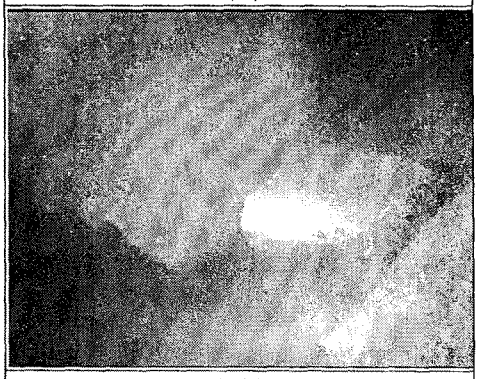
겔튜브와 뇌관 및 에멀젼계 화약 조립


조립된 화약을 천공된 구멍에 삽입

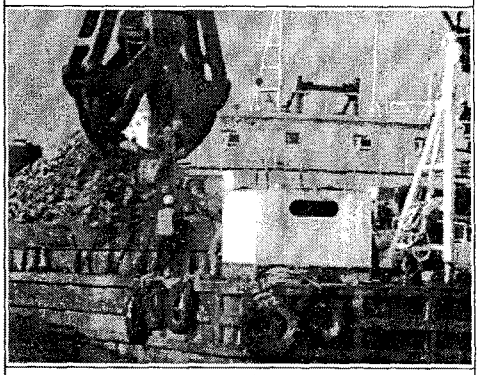
잔골재전색



파쇄



파쇄후



준설

2.5.8 겔파쇄의 시공 및 계측

1) 서울 서라벌초등학교 교사 신축공사현장 겔파쇄 시험시공 및 계측치

구 분	진동계측치	비 고
1회	0.024 CM/SEC	기준치이내
2회	0.025 CM/SEC	기준치이내
3회	0.033 CM/SEC	기준치이내
기 준	0.200 CM/SEC	비산없음

측정시간 : 2001년 2월 13일
측정장소 : 파쇄지점에서 25m 거리
측 정 자 : 한백건설안전(주)
[건교부, 노동부 지정 안전진단 전문기관]

2) 서울 서라벌초등학교 교사 신축공사현장 겔파쇄 시공 및 계측치

구 분	진동계측치	비 고
총 896 회	0.021 ~ 0.064 CM/SEC	기준치이내
기 준	0.200 CM/SEC	비산없음

측정시간 : 2001년 2월 19일 ~ 24일
측정장소 : 파쇄지점에서 30m 거리(부지경계)
측 정 자 : 한백건설안전(주)
[건교부, 노동부 지정 안전진단 전문기관]

2.5.9 겔파쇄의 시공실적 - 해양분야

1) 제주해양관리단 발주공사
- 여위에 직결된 등표만 철거하려고 철골철근콘크리트 900M^3을 2008년10월~11월 까지 시공
- 과부탄등표 철거공사현장
- 일화건업 시공

2) 남동구청 발주공사
- 준문화재인 인천광역시 소래포구철도교를 보호하고자 25M 거리까지 근접하여 암초제거 150M^3을 2008년6월 시공
- 소래포구 암초제거공사현장
- 일화건업 시공

3)부산지방해양수산부 발주공사
- 천연기념물로 지정하여 보호하는 수달의 서식지이고 등대가 25M 거리까지 근접하여 수심15M의 항로를 준설하려고 경암및 극경암 80,000M^3을 2007년1월~7월 까지 시공
- 부산신항 남「컨」준설토투기장 가호안2공구 건설현장
- 삼성건설 시공

4) 옹진군청 발주공사
- 방파제 및 물양장에 인접하여 암초제거 및 준설 2,000M3 를 2006년9월~10월 까지 시공
- 장촌항 암초제거 공사 건설현장
- 신태진건설 시공

5) 옹진군청 발주공사
- 방파제 및 물양장에 인접하여 암초제거 및 준설 3,000M3 를 2005년3월~5월 까지 시공
- 장촌항 암초제거 및 준설공사 건설현장
- 마니종합건설 시공

2.5.10 겔파쇄의 시공실적 - 하천분야

1) 서울시 건설안전본부 발주공사
- 교각기초가시설(CT튜브)에 인접하여 수상터파기 2,000M3 를 2007년5월~6월 까지 시공
- 암사대교 건설공사 건설현장
- 현대건설 시공

2) 한국철도시설공단 발주공사
- 단독주택이 50M 근접하고 영흥 민씨 문화재가 120M 거리까지 근접하여 수중교각기초 터파기 2,000M3 를 2006년4월~9월 까지 시공
- 경전선 및 부산신항배후철도 제1공구(삼랑진-진영간) 복선전철 건설공사 건설현장
- 현대건설 시공

2.5.11 겔파쇄의 시공실적 - 육상분야

1) 한국철도시설공단 발주공사
- 터널직상부에 주택 및 사슴농장이 있어 6,000M3 를 2006년11월~12월 까지 시공
- 중앙선 원주~덕소간 복선 6공구공사 건설현장
- 쌍용건설 시공

2) 경기도건설본부 발주공사
- 학교 및 주택이 30M 거리까지 근접하여 12,000M3 를 2006년9월~11월 까지 시공
- 백남준 미술관 건립공사 건설현장
- 현대건설 시공

3) 부산시청 발주공사
- 아파트가 15M 거리까지 근접하여 1,000M3 를 2006년5월~6월 까지 시공
- 국립부산국악원 건립공사 건설현장
- 현대건설 시공

4) 서울지하철건설본부 발주공사
- 터널직상부에 주택이 밀집하여 6,000M3 를 2005년10월~2006년9월 까지 시공
- 서울지하철 911공구 건설현장
- 대우건설 시공

5) 효성건설 발주공사
- 상가가 2M 거리까지 근접하여 12,000M3 를 2005년1월~3월 까지 시공
- 효성 주얼리시티 신축공사 건설현장
- 창우토건 시공

6) 서울대학교 발주공사
- 문화재가 굴착구간에 인접하여 6,000M3 를 2003년8월~9월 까지 시공
- 규장각 증축공사 건설현장
- 평화건설 시공

7) 서울대학교 발주공사
- 강의실및 연구실이 굴착구간에 20M 거리까지 근접하여 4,000M3 를 2003년8월~9월 까지 시공
- 교육정보관 신축공사 건설현장
- SYB종합건설 시공

8) 원주지방 국토관리청 발주공사
- 돈사및 농가가 굴착구간에 50M 거리까지 근접하여 10,000M3 를 2002년4월 ~ 6월 까지 시공
- 횡성 ~ 추동간 도로확포장공사 건설현장
- 현대건설 시공

9) 부산 수정산터널축조(주) 발주공사
- 3차선 병렬터널(왕복6차선)로서 바로위에 2~3층 슬래브건물이 40여채 갱구부위에 산재하여 겔파쇄로 5000M3 를 1999년 12월~ 2000년 5월, 2000년 10월~11월 까지 갱구부2단 구간을 1차및 2차로 나누어 시공
- 부산 수정산터널 건설현장
- 쌍용건설 시공

다른 20여건의 실적은 홈페이지 gel777.com을 참조바랍니다.

3. 수중암반파쇄방법 적용검토

3.1 파쇄의 시공지역에 대한 검토

시공지역	수중암반파쇄방법	비 고
연안역	○ 중추식쇄암 ○ 수중다르다 ○ 약액주입 ○ 겔파쇄	해양자원의 개발과 보전 및 민원을 고려
연안역외부	○ 수중발파	

3.2 파쇄암질에 대한 검토

암질	수중암반파쇄방법	비 고
연질~경질	○ 수중다르다 ○ 수중발파 ○ 겔파쇄	
연질	○ 중추식쇄암 ○ 약액주입	

3.3 파쇄수량에 대한 검토

파쇄수량	수중암반파쇄방법	비 고
$100M^3$이상	○ 중추식쇄암 ○ 수중발파 ○ 겔파쇄	
$10M^3$~$100M^3$	○ 수중다르다	
$10M^3$이하	○ 약액주입	

4. 결 론

연안역은 교통과 생활의 요충지로서 연안역의 공간이용 효율성을 높이고 부존해양자원의 체계적인 개발과 보전을 위해 특별법「연안역관리법」으로 관리하는 지역 및 해역이다. 연안역의 개발에 따라 많아지는 수중암반파쇄민원을 해소하고 선박안전과 해양환경을 보호할 수 있는 효과적인 수중암반파쇄방법을 검토하였다. 시공지역과 파쇄암질 및 파쇄수량에 적합한 수중암반파쇄방법을 검토제시하였다.