

## 암반공학분야에서의 연구개발 활동과 전망

김 영 근<sup>1)</sup> · 임 한 옥<sup>2)</sup>

1)정회원, (주)대우 건설기술연구소 선임연구원

2)정회원, 강원대학교 지구시스템공학과 교수

### 1. 서 론

한국은 국토의 70% 이상을 산이 차지하는 전형적인 산악지형을 형성하고 있어 암석 및 암반을 대상으로 하는 암석역학 및 암반공학분야에 대한 발전 가능성이 매우 크다고 할 수 있다. 또한 대부분의 지하건설공사가 암반을 대상으로 한다는 점에서 많은 엔지니어들이 암반공학에 대한 관심이 증대되고 있다. 따라서 암반공학분야에 대한 지금까지의 연구개발활동에 대한 정리를 통해서 앞으로의 새로운 방향을 고민하고 연구할 시점이라 생각된다.

초기 암석역학분야는 자원개발을 위한 광산분야를 중심으로 암석물성, 채굴 안정성 평가 등에 대한 연구활동이 진행되어 왔다. 그리고 1980년대 이후 지하철, 고속도로, 고속철도, 철도등의 건설이 활발하게 진행됨에 따라 지반조사, 터널굴착에 관한 연구가 활발히 진행되었고, 지하공간, 지하비축시설, 폐기물처리시설과 같은 대형프로젝트가 진행되면서 암반 수리-열 상호작용, 불연속암반특성에 대한 연구활동이 전개되고 있다.

암반공학분야의 연구활동은 한국암반공학회(KSRM, Korean Society for Rock Mechanics)가 1981년에 만들어지면서 학회를 중심으로 본격적으로 수행되기 시작하였고 학회지발간과 학술발표회를 통해서 연구결과를 공유하고 정보를 교류하게 되었다. 최근에는 지반공학회내에 암반역학위원회가 만들어져 운영중에 있으며, 이외에도 토목공학, 자원공학, 지질공학과 같은 다양한 분야에서 활발한 연구활동이 이루어지고 있다. 또한 암반공학분야는 연구의 폭이 넓어지고 적용대상분야도 점점 다양해지고 있으며, 국가적 프로젝트가 진행됨에 따라 암반, 지반, 지질관련 연구자와 엔지니어들의 참여와 협동이 활발히 이루어져, 암반공학분야는 질적으로나 양적으로 커다란 발전을 이룩하고 있다.

본 고에서는 한국에서의 지난 10년간(1990~1999)을 중심으로 암반공학분야의 연구활동현황을 분석하고 고찰하였다. 먼저 암반공학관련 학위논문과 국내외 각 학회논문

집에 발표된 논문을 중심으로 연구분야 및 연구현황을 살펴보고, 각 연구기관들의 연구활동을 주요 연구프로젝트를 중심으로 고찰하였다. 그리고 암반공학분야의 향후 발전방향과 전망에 대하여 기술하므로써 다가오는 2000년대의 새로운 시대를 맞이하여 암반공학분야의 발전을 모색하고자 하였다.

### 2. 암반공학분야의 성장과 발전

#### 2.1 암반공학분야의 성장

암반공학에 대한 연구활동은 1970년대 초에 시작되었다. 당시 자원공학을 기반으로 광산공학분야에서 암석 및 암반에 대한 연구가 이루어졌으며, 1980년대초 대학교에 암석역학연구실이 생기면서 본격적인 연구활동을 전개하게 되었다.

1980년대 서울시 지하철건설에서 NATM 터널의 도입과 함께 암반분류의 도입, 터널해석, 도심지 발파진동에 대한 연구가 활발히 진행되었으며, 지하철, 도로공사, 지하굴착공사가 많아짐에 따라 암반공학분야에 대한 관심도 증가하게 되었고 연구분야도 지하비축기지문제, 현지암반응력측정, 불연속암반해석등 다양해지게 되었다.

1980년에 국제암반역학회(ISRM, International Society for Rock Mechanics)로부터 한국의 가입을 요청 받고 1981년에 서울대학교를 중심으로 암반역학회를 조직하였으며, 위원장은 자원공학회산하 암반역학분과위원장을 겸임하도록 하여 유기적 관계를 맺도록 하였다.

1982년 한국암반역학회는 국제암반역학회의 National group으로서 가입하였고, 1983년에는 그동안 발표되었던 암반역학관련 논문들을 편집한 암반역학회논문집 제1권(31편 1957~1976), 제2권(논문 47편, 1977~1983)을 발간하였다. 그리고 1984년 제 1회 암반역학회 심포지엄이 서울대학교에서 개최되어 12편의 논문이 발표되었으며, 자원공학회 학술발표회를 통해서 이루어지던 논문발표가 처음으로 한국암반역학회의 주관 하에 진행하게 되었고,

이후 매년 1회의 학술발표회를 개최하게 되었다. 또한 주요 국제심포지엄에 참석하였으며, 제 6차 국제암반역학학술회의(캐나다 몬트리올)에서는 3편의 연구논문을 발표하였다.

2.2 암반공학분야의 발전

1990년대에 들어 터널과 지하공간개발 프로젝트가 증가하면서 건설분야에서 암반역학에 대한 관심 및 연구가 활발히 진행하였으며, 3개의 회사를 Supporting Member로 가입시켰다. 그리고 1991년 한국암반공학회의 학술지인 "터널과 지하공간"을 연간 2회로 발간하여 암반역학관련 연구논문과 각종 시공사례연구등을 게재하기 시작하였으며, 1994년에 연간 3회, 1995년에 연간 4회로 중간되었다.

1992년에는 '지하공간 개발과 암반역학'이라는 주제 하에 국제심포지엄을 개최하여 15편의 논문을, 1995년에는 8차 국제암반역학회의(일본, 동경)에서 10편의 논문을 발표하였고, 1997년에는 본 학회를 중심으로 하여 아시아 국제암반공학심포지엄(ARMS)을 성공적으로 개최한 바 있다.

그리고 1995년 한국암반역학회를 한국암반공학회로 개칭하고, 학회의 성격을 학문적인 연구에서부터 공학적으로 적용하고 활용할 수 있는 엔지니어링분야까지 다양화할 수 있도록 노력하고 있다.

또한 학회가 발전함에 따라 연구분야가 다양해지면서 공동의 관심분야를 가진 회원들을 중심으로 기술위원회를 구성하여 활동을 전개하고 있으며, 현재 터널기술위원회, 발파기술위원회가 구성되어 활동 중에 있다.

3. 암반공학분야의 연구동향

암반공학분야 논문의 연구동향을 분석하기 위해서는 먼저 연구분야를 구분할 필요가 있다. 본 고에서는 암반공

Table 1. The classification of rock mechanics field in this paper

Classification	Field of rock mechanics and engineering
I	Site investigation and testing
II	Properties and rock and rock mass
III	Numerical modeling and analysis
IV	Tunnel and underground excavation
V	Rock slope and surface excavation
VI	Blasting and vibration
VII	New technology, etc.

학분야를 Table 1과 같이 총 7개 분야로 구분하였다. 본 분류는 국제암반역학회의 분류안을 기준으로 현재의 연구현황을 고려하여 작성되었다. 또한 최근 암반공학분야의 연구동향 및 경향을 파악하기 위하여 1990년부터 1999년까지 10년간의 발표된 연구논문을 기준으로 하였다.

3.1 학위논문

현재 한국에는 암반공학전공 교수가 있는 대학이 12개이며, 대학원 과정이 개설되어 90년도 이후 석사 및 박사 학위논문을 발표한 대학은 9개이다.

Table 2에서 보는 바와 같이 10개의 대학에서 최근 10년간 석사학위는 162편, 박사학위는 해외를 포함하여 30편이 발표되었다.

석박사학위논문의 연도별 경향은 Fig. 1에 보는 바와 같다. 석사학위논문은 1994년 이후 꾸준히 증가하여 1998년에는 28편의 논문이 발표되었고 박사학위논문은 평균 3편 정도 발표됨을 알 수 있다.

석박사학위논문은 분야별로 Table 3에 정리하였으며, 이를 Fig. 2에 나타내었다. 논문중 가장 많은 분야는 암석 및 암반의 물성에 대한 것으로서 대학교에서의 실험중

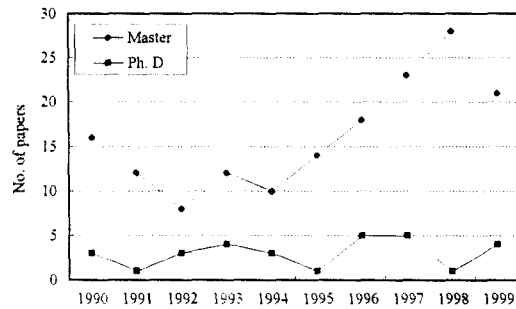


Fig. 1. The trend of theses on rock mechanics by the year

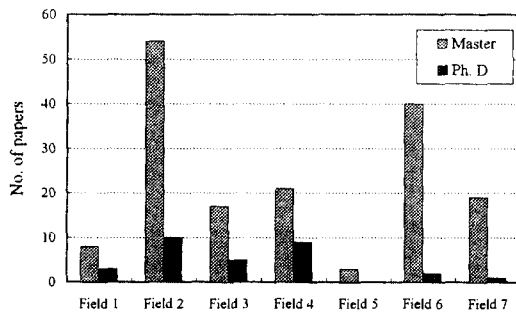


Fig. 2. The trend of theses on rock mechanics by the field

Table 2. Theses on rock mechanics by the year

University	Prof.	Thesis	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Sum
Seoul	4	Master	6	5	3	3	3	6	6	5	7	9	53
		Ph. D	2	1	2	4	3	0	2	2	1	2	19
Hanyang	1	Master	4	3	2	3	2	4	2	2	2		24
		Ph. D								2		1	3
Inha	2	Master	1	1		1			4	2	4		13
		Ph. D			1								1
Kangwon	3	Master	2		1	2	3	2	2	4	3	5	24
		Ph. D						1		1		1	3
Chonbuk	2	Master				1			2		3	1	7
		Ph. D	1						2				3
Chonnam	1	Master	1		1		1		1	2	3	2	11
		Ph. D							1				1
Cheonju	1	Master	1	2		2	1	2		1	1	1	11
Donga	2	Master	1	1						3	2	3	10
Chosun	1	Master			1				1	4	3		9
Sum		Master	16	12	8	12	10	14	18	23	28	21	162
		Ph. D	3	1	3	4	3	1	5	5	1	4	30
Total	17		19	13	11	16	13	15	23	28	29	25	192

Table 3. Theses on rock mechanics by the field

University	Thesis	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum
Seoul	Master	2	21	8	9		7	6	53
	Ph. D	2	6	3	8				19
Hanyang	Master		7	6	4	1	3	3	24
	Ph. D		1	1	1				3
Inha	Master	1	6		2		2	2	13
	Ph. D							1	1
Kangwon	Master	1	7	3	3		9	1	24
	Ph. D	1		1			1		3
Chonbuk	Master	1	5		1				7
	Ph. D		2				1		3
Chonnam	Master	2	2		1	1	4	1	11
	Ph. D		1						1
Cheonju	Master	1	6		1	1	2		11
Donga	Master						4	6	10
Chosun	Master						9		9
Sum	Master	8	54	17	21	3	40	19	162
	Ph. D	3	10	5	9	0	2	1	30
Total		11	64	22	30	3	42	20	192

그 다음으로 발파분야에 대한 논문이 많은데 발파관련 프로젝트를 암반공학연구실에서 수행하기 때문인 것으로 판

단되며, 그 내용도 발파설계, 진동제어, 진동영향평가등 다양하게 연구되고 있다. 특히 강원대, 전남대, 동아대 및

조선대의 경우 발파관련분야로 전문화되어 있음을 알 수 있다.

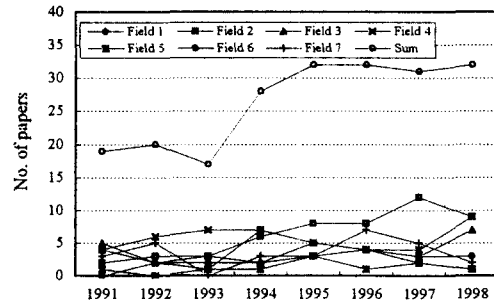
3.2 국내학회

한국에서의 암반공학관련 학회는 크게 다섯 개의 학회가 있는데, 한국암반공학회를 중심으로, 자원분야의 한국자원공학회(Korean Institute of Mineral and Mining and Energy Resources Engineers, KIME), 토질 및 기초분야의 한국지반공학회(Korean Geotechnical Society, KGS), 토목분야의 대한토목학회(Korean Society for Civil Engineers, KSCE), 지질분야의 대한지질공학회(Korean Society of Engineering Geology, KSEG)가 암반공학 관련 연구활동중에 있다.

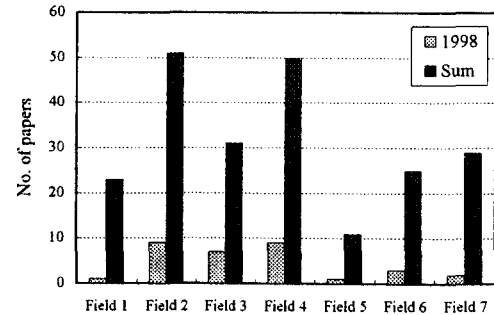
본 고에서는 이들 학회의 논문집을 중심으로 지난 10년 동안의 연구동향 및 경향을 분석하였으며, 각 학회의 학술발표회에서 발표된 논문들은 제외하였다.

먼저 암반공학회지인 터널과 지하공간에 실린 논문발표 현황이 Table 4에 나타나 있다. 연도별 발표논문수는 Fig. 3(a)에서 보는 바와 같이 90년대초 연간 20여편이 발표되다가 학회지가 년 4회로 중간되는 1995년 이후 연간 약 30여편의 논문이 게재되고 있고 그 이후로 논문편수는 거의 일정함을 볼 수 있다. 분야별로 발표논문 경향은 Fig. 3(b)에서 보는 바와 같이 암반물성 및 터널굴착분야가 주를 이루고 있다. 암반물성분야는 각 대학교의 암반공학연구실에서, 터널과 지하공간 굴착분야는 각 건설업체의 현장시공에 대한 사례연구가 중심으로 이루어짐을 알 수 있다. 그 다음으로 해석분야의 논문이 많으며, 최근 인공지능과 같은 신기술을 암반공학분야에 적용하려는 연구도 이루어지고 있다.

지반공학회 논문집에 게재된 논문의 현황은 Table 5에



(a) By the year



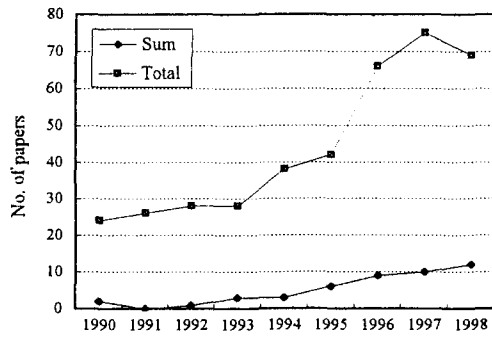
(b) By the field

Fig. 3. The trend of papers on rock mechanics in the journal of KSRM

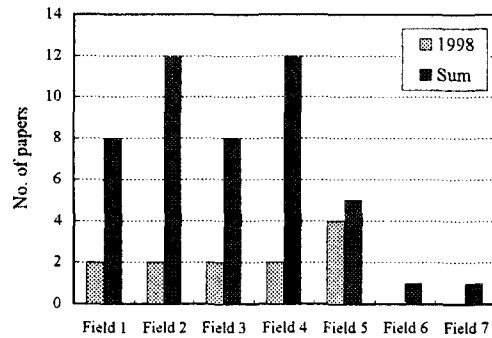
나타내었다. 이를 Fig. 4로 나타내 보면 1994년까지는 30편의 논문이 게재되다가 년 6회로 중간되는 1996년도 이후 약 70여편의 논문이 발표되고 있다. 이중 암반공학분야의 논문은 전체발표논문의 약 16%를 차지하고 있으며 해마다 꾸준히 증가하고 있다. 이는 지반공학분야의 영역이 암반분야로 보다 넓어져 암반공학분야의 연구자들의 참여도가 증가하고 있기 때문으로 보인다. 현재 관련 위원회로는 지반조사위원회, 터널위원회 그리고 암반역학

Table 4. Papers on rock mechanics in the journal of KSRM

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum
1991	4	2	5	4	1	0	3	19
1992	2	3	2	6	0	2	5	20
1993	2	3	3	7	1	1	0	17
1994	2	6	2	7	1	7	3	28
1995	5	8	3	5	3	5	3	32
1996	4	8	4	4	1	4	7	32
1997	2	12	3	4	2	3	5	31
1998	1	9	7	9	1	3	2	32
1999	1	0	2	4	1	0	1	9
Sum	23	51	31	50	11	25	29	220



(a) By the year

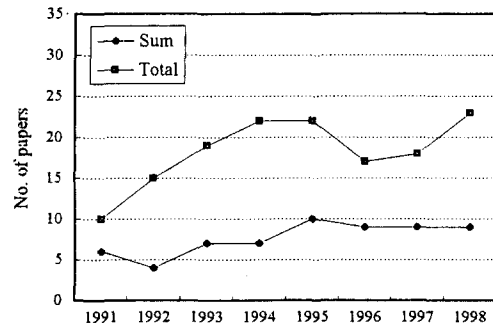


(b) By the field

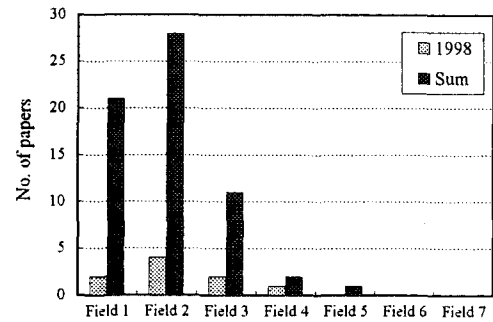
Fig. 4. The trend of papers on rock mechanics in the journal of KGS

위원회가 활동중에 있다. 분야별로는 암반물성 및 굴착분야, 그리고 해석 및 지반조사분야가 주를 이루고 있으며 상대적으로 발파 및 암반사면분야의 논문수가 적음을 알 수 있다.

지질공학회지에 게재된 논문의 현황은 Table 6에 나타



(a) By the year



(b) By the field

Fig. 5. The trend of papers on rock mechanics in the journal of KSEG

내었다. 이를 Fig. 5로 나타내 보면 1994년까지는 꾸준히 증가하다가 그 이후로는 약 20편의 논문이 발표되고 있다. 이중 암반공학분야의 논문 전체발표논문의 약 40%를 차지하고 있으며 해마다 9편 내외의 논문이 발표되고 있다. 이는 지질공학분야중에서 지반조사 및 암반물성분야는 연구영역이 같기 때문인 것으로 보인다. 분야별로는 지반

Table 5. Papers on rock mechanics in the journal of KGS

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum	Total
1990	0	1	1	0	0	0	0	2	24
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	26
1992	0	0	0	0	0	0	1	1	28
1993	1	2	0	0	0	0	0	3	28
1994	1	0	0	2	0	0	0	3	38
1995	2	1	0	2	0	1	0	6	42
1996	1	2	2	3	1	0	0	9	66
1997	1	3	3	3	0	0	0	10	75
1998	2	2	2	2	4	0	0	12	69
1999	0	1	0	0	0	0	0	1	28
Sum	8	12	8	12	5	1	1	47	424

Table 6. Papers on rock mechanics in the journal of KSEG

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum	Total
1991	1	3	2	0	0	0	0	6	10
1992	1	2	0	0	1	0	0	4	15
1993	3	3	1	0	0	0	0	7	19
1994	1	5	1	0	0	0	0	7	22
1995	2	5	2	1	0	0	0	10	22
1996	4	3	2	0	0	0	0	9	17
1997	6	2	1	0	0	0	0	9	18
1998	2	4	2	1	0	0	0	9	23
1999	1	1	0	0	0	0	0	2	8
Sum	21	28	11	2	1	0	0	63	154

Table 7. Papers on rock mechanics in the journal of KIME

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum	Total
1990	1	4	2	0	0	2	0	9	44
1991	2	4	3	3	3	1	0	16	49
1992	1	3	1	1	0	1	2	9	46
1993	0	5	1	1	0	1	0	8	56
1994	1	3	2	1	0	0	1	8	63
1995	1	3	0	0	0	0	0	4	50
1996	1	3	2	0	0	1	0	7	57
1997	1	7	0	0	1	0	1	10	72
1998	1	1	0	1	0	0	3	6	70
1999	0	1	0	0	1	0	0	2	16
Sum	9	34	11	7	5	6	7	79	523

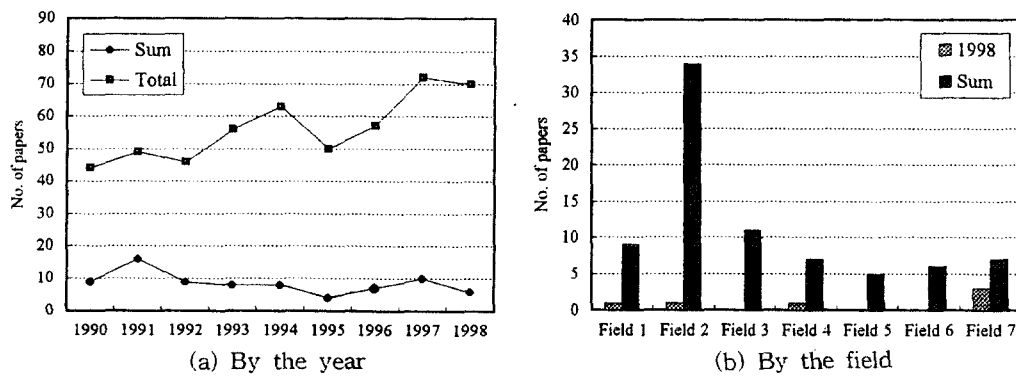


Fig. 6. The trend of papers on rock mechanics in the journal of KIME

조사 및 암반물성분야가 주를 이루고 있으며 지하수모델링에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.

자원공학회지에 게재된 논문의 현황은 Table 7에 나타내었다. 이를 Fig. 6에 나타내 보면 1993년까지는 50편

의 논문이 게재되다가 1997년도 이후 약 70여편의 논문이 발표되고 있다. 이중 암반공학분야의 논문은 전체발표 논문의 약 15%를 차지하고 있으며 약간 감소하고 있음을 볼 수 있다. 이는 암반공학회의 활동이 활발해지면서 상

Table 7. Papers on rock mechanics in the journal of KIME

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum	Total
1990	1	4	2	0	0	2	0	9	44
1991	2	4	3	3	3	1	0	16	49
1992	1	3	1	1	0	1	2	9	46
1993	0	5	1	1	0	1	0	8	56
1994	1	3	2	1	0	0	1	8	63
1995	1	3	0	0	0	0	0	4	50
1996	1	3	2	0	0	1	0	7	57
1997	1	7	0	0	1	0	1	10	72
1998	1	1	0	1	0	0	3	6	70
1999	0	1	0	0	1	0	0	2	16
Sum	9	34	11	7	5	6	7	79	523

Table 8. Papers on rock mechanics in the journal of KSCE

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum	Total
1990	0	1	0	0	0	0	0	1	65
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	58
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	87
1993	0	1	1	0	0	0	0	2	124
1994	0	0	0	0	0	1	0	1	138
1995	0	2	5	0	0	1	0	8	171
1996	0	1	6	1	0	0	0	8	57
1997	0	0	2	1	0	0	0	3	65
1998	0	1	3	1	1	1	0	7	77
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Sum	0	6	17	3	1	3	0	30	874

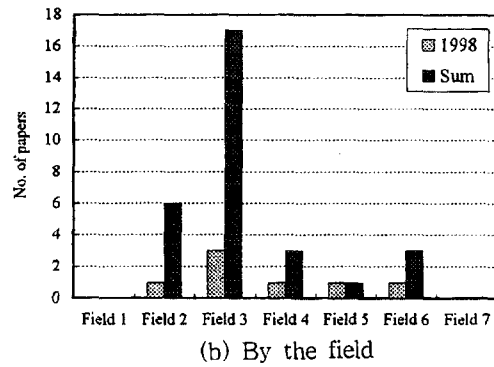
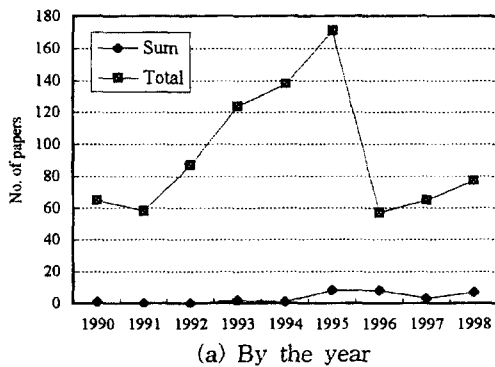


Fig. 7. The trend of papers in the journal of KSCE

대적으로 자원공학회에 참여도가 적어지기 때문으로 보인다. 현재 학회내 관련 분과로는 암반역학분과가 있다. 분야별로는 암반물성이 전체의 40% 이상을 차지하고 있는데 이는 주로 암석 및 암반의 물성연구를 기본으로 하는

자원공학의 성격을 나타내는 것이라 할 수 있다. 토목학회의 논문집에 게재된 논문의 현황은 Table 8에 나타내었다. 본 논문집은 1995년까지는 통합된 하나의 논문집이 발간되다가 1997년도 각 분야별로 나누어 발간되

Table 9. Papers on rock mechanics in 5 journals by the field

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum
KSRM	23	51	31	50	11	25	29	220
KGS	8	12	8	12	5	1	1	47
KSEG	21	28	11	2	1	0	0	63
KIME	9	34	11	7	5	6	7	79
KSCE	0	6	17	3	1	3	0	30
Sum	61	131	78	74	23	35	37	439

었다. 암반공학분야는 크게 구분되지 않고 지반 및 터널 공학분야의 논문집에 속해 있다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 암반공학분야의 논문은 1995년도 이전에는 매우 적었으며, 1995년 이후 발표논문이 점차 증가함을 볼 수 있다. 이는 토목공학에서 터널 및 지하구조물에 대한 구조공학적 관점에서 연구하는 경향이 생겼기 때문으로 보인다. 분야별로는 해석분야가 50% 이상을 차지하고 있음을 볼 수 있다.

지금까지의 관련학회의 학회지 및 논문집에 게재된 암반공학관련 논문현황은 Table 9에 정리하였다. 한국에서 암반공학관련 분야의 논문이 1990년부터 1999년 현재까지 439편의 논문이 발표되었으며 이중 암반공학회의 논문이 220편으로 약 50%를 차지하고 있으며 자원공학회, 지질공학회, 지반공학회, 토목학회의 순으로 나타났다. 분야별로 Fig. 8에서 보는 바와 같이 암반물성분야가 30%로 가장 많고 그 다음이 해석과 굴착분야가 약 18%, 지반조사분야가 약 15%, 그리고 발파 및 사면분야가 8% 이하로 나타났으며 학회별 특징을 보면 암반공학회와 지반공학회가 비교적 다양한 분야의 논문이 발표되었고, 지질공학회의 경우 지반조사분야, 자원공학회의 경우 암반물성분야, 토목학회의 경우 해석분야에 중점을 두고 있으며,

또한 발파분야는 암반공학회 및 자원공학회에서 연구되고 있음을 알 수 있다.

관련학회의 학회지 및 논문집에 게재된 암반공학관련 논문의 연도별 현황은 Table 10에 정리되어 있으며, Fig. 9에서 보는 바와 같이 1991년에 암반공학회지와 지질공학회지가 발간되는 해에 논문수가 많았으며, 그 이후로 해마다 암반공학관련 논문수는 증가하여 1998년에는 66편의 논문이 게재되었다.

3.3 국제학회

암반공학관련 국제학회로는 국제암반역학회(ISRM)주관의 국제암반역학회의(Int. Congress on Rock Mechanics)가 대표적이며, 미국을 중심으로 한 US Rock 심포지엄과 유럽을 중심으로 한 EUROCK 심포지엄 등이 있다. 또한 해마다 특정한 주제를 가지고 지역심포지엄이 열리고 있으며, 아시아를 중심으로 한 아시아암반역학심포지엄(ARMS)이 서울에서 개최된 바 있다. 또한 터널과 관련하여 국제터널협회(ITA)주관의 국제터널총회가 해마다 개최되고 있으며, 금년에는 제 9차 국제암반역학회의가 파리에서, 25차 국제터널총회가 노르웨이에서 개최된 바 있다.

또한 암반공학관련 논문집으로 ISRM의 논문집과, ITA

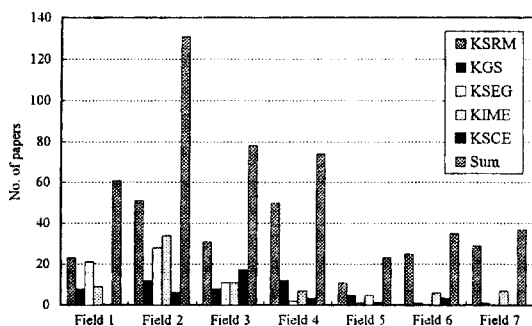


Fig. 8. The trend of papers on rock mechanics by the field

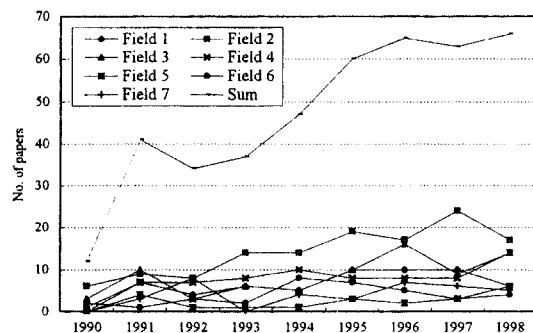


Fig. 9. The trend of papers on rock mechanics in 5 journals by the year



Table 10. Papers on rock mechanics in 5 journals by the year

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum
1990	1	6	3	0	0	2	0	12
1991	7	9	10	7	4	1	3	41
1992	4	8	3	7	1	3	8	34
1993	6	14	6	8	1	2	0	37
1994	5	14	5	10	1	8	4	47
1995	10	19	10	8	3	7	3	60
1996	10	17	16	8	2	5	7	65
1997	10	24	9	8	3	3	6	63
1998	6	17	14	14	6	4	5	66
1999	2	3	2	4	2	0	1	14
Sum	61	131	78	74	23	35	37	439

Table 11. Papers on rock mechanics in international journals and proceedings

	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4	Field 5	Field 6	Field 7	Sum
Int. J.of R.M.& M.S.	1	5	3			1	0	10
Tunneling & U.S.Tec				2				2
7th Int. Con. on R. M.	1		1		1			3
8th Int. Con. on R. M.	1	3	4	1			1	10
9th Int. Con. on R. M.	1	2	4	2	1			10
Sum	3	5	9	3	2	0	1	23
합 계	4	10	12	5	2	1	1	35

의 Tunnel and Underground Space Technology가 대표적인 것이라 할 수 있으며, 이외에도 Rock Mechanics and Rock Engineering, Tunnels and Tunneling, Engineering Geology 등이 있다.

본고에서는 국제암반역학회의 발표논문집과 두 개의 논문집을 기준으로 하여 한국에서의 국제학회의 연구활동을 기술하였다. 기타 여러 국제학회와 논문집에 대해서는 충분한 조사가 이루어지지 못해 이를 생략하였다.

Table 11에는 1990년도 이후 발표되거나 게재되었던 논문이 정리되어 있다. 국제 암반역학회의에는 1991년 7차에 3편, 1995년 8차에 10편, 1999년 9차에는 10편의 논문을 발표하였다. 또한 국제암반역학회 논문집에는 1991년 이후 해마다 1~2편의 논문이 발표되어 1998년까지 총 9편의 논문이 게재되었으며 Tunnel and Underground Space Technology에는 2편의 논문이 실렸다.

국제학회에 발표된 논문의 분야별 특성은 Fig.10에 나타나 있다. 먼저 국제암반역학회지에는 물성분야가 5편, 해석분야가 3편으로 암반물성과 해석분야가 주를 이루고 있으며, 국제암반역학회의에는 해석분야에 8편, 물성분야

에 5편의 논문이 발표되었다. 또한 국제터널학회지인 Tunnel and Underground Space Technology에는 굴착분야 논문이 2편 실려 위의 경우와 비교됨을 알 수 있다.

국제학회지에 대한 논문발표가 상대적으로 적은 편으로 앞으로 보다 많은 참여가 기대된다 할 수 있다.

#### 4. 암반공학분야 기술개발활동

암반공학분야에 대한 기술개발활동 주체는 국책연구소와 민간기업연구소로 구분할 수 있으며, 이들 연구소를 중심으로 암반공학관련 분야에 대한 연구와 기술개발에 대한 노력이 활발히 진행되고 있다. 본고에서는 국책연구소중에 자원연구소와 건설기술연구원, 민간기업중에 현대, 대우, SK 기술연구소를 중심으로 기술개발활동을 정리하였다.

##### 4.1 국책연구소

암반공학분야에 대한 연구개발활동을 수행하고 있는 국책연구소는 한국자원연구소(Korea Institute of Geology,

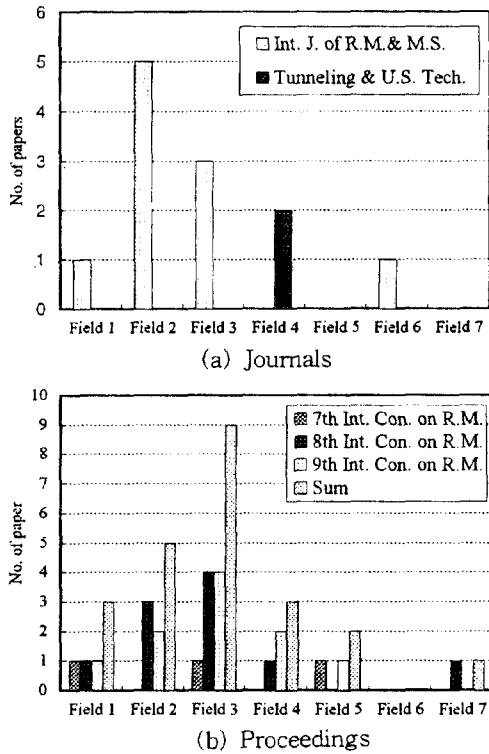


Fig. 10. The trend of papers on international journal and proceedings

Mining and Material, KIGAM)와 한국건설기술연구원 (Korea Institute of Construction Technology, KICT)등이 있다. 자원연구소는 지질과 광산관련 연구개발을 기반으로 하여 암반공학그룹에서, 한국건설기술연구원은 건설기술개발을 기반으로 하며 지하구조물그룹에서 암반분야와 터널/지하구조물관련 연구를 수행하고 있다.

자원연구소 암반공학그룹은 터널링, 굴착, 지보판 관련 문제를 주로 연구하고 있으며, 주요 시설로는 국내 최대 규모의 MTS와 Interlaken 암석시험장치가 구비되어 있고 수압파쇄장비를 이용한 현지암반축정기술이 개발되어 있다.

또한 압축공기에너지저장시설, 지하하수처리시설, 식품저장고와 같은 지하공간관련 연구를 중점적으로 수행하고 있으며, 지하냉동고를 이용한 식품저장을 위한 지하 pilot plant를 운영하고 있다. 이 pilot를 이용한 연구사례가 Fig. 11에 나타나 있다. 그리고 암반의 발파성, 발파에 의한 damage zone의 평가, 발파진동에 의한 환경영향, 조절발파방법등에 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

건설기술연구원은 지하구조물그룹은 주로 터널과 지하공



Fig. 11. Underground pilot plant for food storage at KIGAM

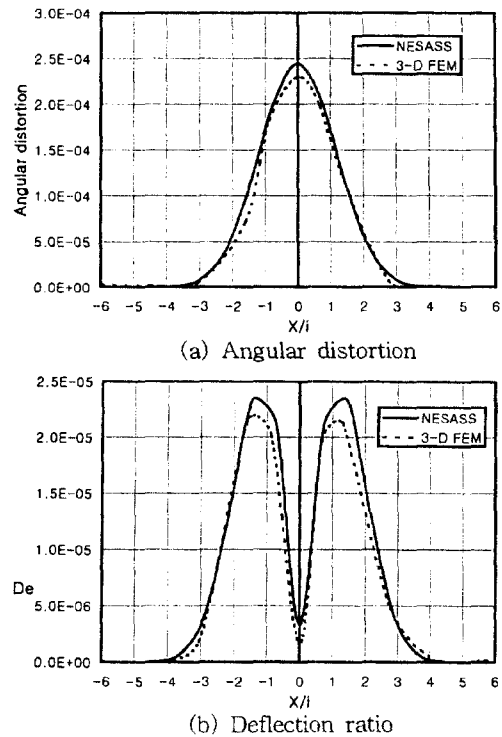


Fig. 12. A research example for expert system (NESASS) at KICT

간개발에 관한 문제를 연구하고 있다. 주요연구분야로는 굴착기술로서 연약지반에서 터널링, TBM, Umbrella Arch 공법, 격자지보재 등이 연구되었고 최근 암반공학분야에 인공지능과 컴퓨터 기술을 적용하려는 연구를 수행하고 있다. Fig. 12는 터널굴착에 따른 지반침하를 예측하기 위하여 개발된 전문가시스템(NESASS)의 예를 보여주고 있다.

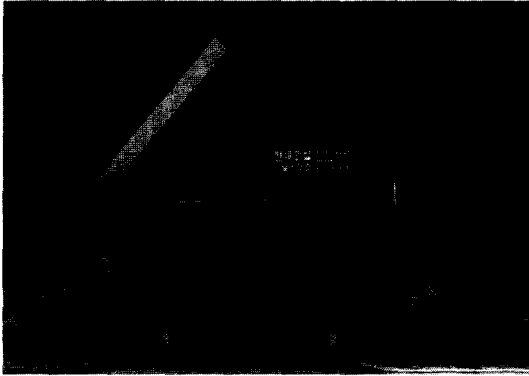


Fig. 13. Underground rock laboratory at HYUNDAI

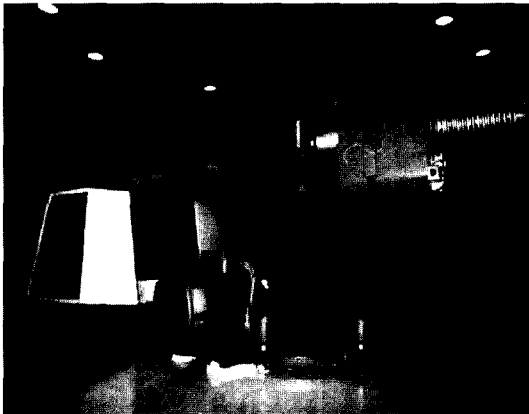


Fig. 14. Geotechnical centrifuge(200g-ton) at DAEWOO

#### 4.2 민간기업연구소

1990년대 초부터 주요건설사를 중심으로 실험동을 구비한 연구소를 건립하게 되었으며, 지하공간 개발과 연결되어 지하공간실험동을 건립하려는 움직임이 활발하였다.

현대건설에서는 연구소 주변의 산을 굴착하여 지하공간 실험동을 건설하여 물리탐사를 이용한 지반조사, 암반절리에서의 그라우팅 효과와 같은 다양한 연구를 수행하고 있으며, 노르웨이 지반연구소와 요빅경기장과 같은 대형 지하공동에 대한 공동연구를 수행한 바 있다. (Fig. 13)

대우건설에서는 Fig. 14에서 보는 바와 같은 한국 최대 규모의 Centrifuge가 설치된 지반공학실험동을 건립하였으며, Centrifuge를 이용한 터널 모델실험과 유압램을 이용한 라이닝 파괴실험을 수행한 바 있으며, 터널의 변상원인 추정과 전전도 평가기법에 대한 연구를 수행하고 있다.

SK건설에서는 지하비축시설에 대한 기술개발활동을 활발히 수행하고 있으며, 한국자원연구소와 공동으로 지하식

품저장시설에 대한 연구를 수행한 바 있다.

### 5. 암반공학분야의 연구방향 및 전망

지금까지 지난 10년동안 암반공학분야에 관한 연구활동과 기술개발현황을 살펴보았다. 1980년대초 암반공학을 전공한 교수들 중심으로 암석역학회를 조직하여 연구활동을 전개하기 시작하였으며, 각 학교나 연구소의 각종실험장비가 열악함에도 불구하고 많은 논문들이 쓰여졌고 많은 엔지니어들이 배출되어 이제는 각 분야에서 활발한 연구활동을 계속하고 있다. 현재는 각종실험장비가 갖춰진 대형실험동이 구축되었고, 연구분야도 조사분야부터 신기술까지 다양해지고 있다.

현재 국내에서는 암반공학분야 관련 대규모 건설사업이 진행되고 있다. 서울과 부산을 연결하는 경부고속철도와 광주, 대전, 대구 등에서의 지하철, 춘천과 대구를 가로지르는 중앙고속도로, 노후화된 철도의 복선화 또는 이설하는 철도사업등이 활발히 진행되고 있으며, LNG, LPG, 원유 등을 저장하려는 대규모 지하비축저장시설이 건설 또는 계획 중에 있다. 또한 핵발전소에서 나오는 폐기물을 처리하기 위한 지하핵폐기물저장시설의 건설도 계획 중에 있다. 이와 같이 터널과 지하공간은 장대화, 대형화로 특징지어지며, 열악한 지질조건을 회피하는 것이 아니라 이를 기술적으로 극복하는 과정으로 설계/시공된다고 할 수 있다.

암반공학 분야는 이러한 건설동향에 따라 연구분야도 초기의 조사 및 시험분야에서 해석 및 굴착분야로의 연구가 활발하며, 특히 터널과 관련된 연구가 활성화되고 있다. 그리고 핵폐기물 저장시설과 관련된 암반의 열-수리-역학적인 커플링 해석관련 연구도 수행되고 있다.

앞으로 보다 연구되어야 할 암반공학관련 분야는 다음과 같다.

- 정밀 지반조사방법 및 Geo-tomography

단층파쇄대, 연약대와 같은 문제가 되는 지질조건을 찾고, 설계에 필요한 정수를 구할 수 있는 효율적인 지반조사기술

- 복잡한 지질에서의 터널굴착 및 보조공법

단층파쇄대, 연약층과 같은 지질불량구간에서의 터널 굴착방법 및 안정성 확보를 위한 보조공법에 관한 연구

- 암반 불연속면의 모델링과 이의 응용

암반의 불연속면을 효과적으로 모델링하고 이를 고려한 해석기법이 실제 구조물 설계시 적용될 수 있는 설계기법

## 연구

· 암반의 열, 수리, 역학적 거동 실험 및 해석

암반의 수리학적, 열역학적, 역학적 특성등을 고려할 수 있는 커플링 해석기법이 필요하며 실제 설계에 반영될 수 있는 기술연구

· 대심도, 대규모 지하공간의 굴착 및 안정성 평가  
상당한 정도의 지압이 작용하는 대심도에서의 지하굴착, 대규모 지하공간의 굴착에 대한 굴착/보강 기법 및 안정성 평가에 대한 기술연구

· 미진동, 저소음 발파기술

도심지 굴착공사시 민원을 최소화하고 발파에 의한 지반의 영향을 최소화 하기 위한 미진동, 저소음 발파공법에 대한 연구

· 인공지능, 퍼지이론, 3차원 그래픽, 정보시스템을 이용하는 신기술

인공지능, 정보시스템 등과 같은 컴퓨터 신기술을 암반공학분야에 접목시켜 활용하는 기법연구

이외에도 앞으로 수행해야 할 암반공학분야는 각 연구자의 특성에 따라 더 있을 것으로 판단되며, 각자의 전공과 관심분야를 살려 보다 성과 있는 연구를 하도록 해야 한다. 이를 위해서는 먼저 학문적 영역을 과감히 없애고 암반공학의 발전을 위해서 각 분야의 전문가들이 협력할 수 있도록 해야하며, 국가별 협력도 아끼지 않아야 할 것이다.

1999년은 20세기를 마감하고 21세기를 준비하는 해이다. 지난 세월 많은 발전을 거듭한 암반공학분야도 이제는 새로운 천년을 맞이하여 제 3의 공간으로서의 안전하고 경제적인 지하공간의 건설을 위해 보다 내실있는 연구와 실용적인 기술개발에 힘을 다해야 할 것이다.

## 6. 결 언

본 고에서는 한국에서의 최근 10년간을 중심으로 암반공학분야의 연구활동과 기술개발현황을 분석하고 고찰하였다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 암반공학관련 석사학위논문은 지난 10년간 162편, 박사학위논문은 30편이 발표되었으며, 논문수는 해마다 증가함을 보였다. 연구분야별로는 암석 및 암반물성에 대

한 논문이 가장 많았고, 그 다음으로 발파분야로 나타났다.

2) 국내학회지의 경우, 지난 10년간 439편의 암반공학 관련 논문이 발표되었으며, 이중 220편의 논문이 암반공학회에서 발표되었고 발표논문수는 꾸준히 증가함을 보였다. 분야별로는 암반물성분야가 30%로 가장 많았고, 그 다음으로 해석 및 굴착분야로 나타났다.

3) 국제학회지의 경우, 학술회의 논문집에는 해석분야가, 학회지에는 암반물성분야가 주를 주로 발표됨을 볼 수 있으며, 보다 적극적인 참여와 활동이 요구된다.

4) 국책연구소의 경우, 자연연구소는 지압측정과 지하식물저장과 같은 암반관련기술, 건설기술연구원은 지반굴착과 터널기술 그리고 신기술응용에 대한 연구개발이 수행되고 있다.

5) 민간기업연구소의 경우, 최신 장비를 갖춘 실험동 구축으로 지반과 암반에 대한 연구와 터널과 지하구조물에 대한 기술개발에 노력하고 있으며, 연구성과의 현장적용을 통한 실용화연구가 활발히 이루어지고 있다.

6) 지난 10년간 암반공학분야의 연구와 기술개발활동은 활발하게 이루어지고 있으며, 현재 암반, 토질, 지질, 구조기술자들의 상호협조와 이해를 통해 통합화된 연구시스템을 구축하고자 노력하고 있다.

## 참 고 문 헌

1. H. K. Lee, 1995, Research activities of rock mechanics field in Korea, Proc. Korea-Japan Symp. on Rock Eng., 3 ~ 13
2. 한국암반공학회지, 터널과 지하공간, 1991 ~ 1999
3. 한국지반공학회 논문집, 1990 ~ 1999
4. 대한지질공학회지, 1991 ~ 1998
5. 한국자원공학회지, 1991 ~ 1999
6. 대한토목학회 논문집, 1990 ~ 1999
7. Int. J of Rock Mech. Min. Sci & Geomech. Abs. 1990 ~ 1999
8. Proc. 7th Int. Congress on Rock Mechanics, 1991, Balkema
9. Proc. 8th Int. Congress on Rock Mechanics, 1995, Balkema
10. Proc. 9th Int. Congress on Rock Mechanics, 1995, Balkema
11. Review of Research on Tunnel and Under-ground Space at KICT, 1999

---

**김 영 근**



1987년 서울대학교 자원공학과 졸업,  
공학사  
1989년 서울대학교 대학원 자원공학  
과, 공학석사  
1993년 서울대학교 대학원 자원공학  
과, 공학박사

Tel : 0331-250-1188

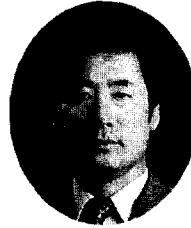
E-mail : kyg@mail.dwconst.co.kr

현재 (주)대우건설 기술 연구소 선임 연구원

---

---

**임 한 욱**



1966년 서울대학교 자원공학과 졸  
업, 공학사  
1980년 서울대학교 대학원 자원공  
학과, 공학석사  
1985년 서울대학교 대학원 자원공  
학과, 공학박사  
1996-1998년 강원대 공과대학원장  
겸 산업대학원장

Tel : 0361-250-6253

E-mail : hulim@cc.kangwon.ac.kr

현재 강원대학교 지구시스템공학과 교수

---