

국내 주입공법의 현황

최항길^{*1}, 박춘식^{*2}, 강석화^{*3}, 신창범^{*4}

1. 서론

최근 모든 건설 현장에서 가장 중요한 문제중의 하나로 거론되고 있는 것이 공사초기의 지반안정(Soil stabilization)이다. 주입공법은 1802년부터 Berigny, Jeziorsky, Jostern 등의 시도를 바탕으로 최근에는 연약지반 개량공법 중 가장 빈번히 사용되는 공법으로 자리잡게 되었고, 주입공법을 바탕으로 고압분사공법, 터널보조공법으로 진보되어 그야말로 동 분야에서 확고한 위치를 차지하고 있다. 그러나 주입공법은 눈에 보이지 않는 지반 속에서 이루어지므로 주입시 눈으로 확인할 수 없다는 점이 가장 문제가 되고있다. 선진국에서는 완전자동 디지털화하여 완벽한 계획, 설계, 시공효과 확인으로 큰 문제가 없이 추진되고 있으나, 국내에서는 아직까지도 여러 분야에서 미흡한 점이 있는 것이 사실이다. 급변 주입공법의 구분, 각종공법에 사용되는 주입재의 분석, 선단장치의 문제점등을 평가하여 향후 국내의 주입재와 공법이 외국에 수출할 수 있는 수준까지 되기를 희망하면서 주입공법의 현황에 대하여 기술한다.

2. 주입공법의 역사

영국의 저명한 토질기초공학자인 R.Glossop에 의

하면, 주입공법의 발명은 프랑스의 Charles Berigny에 의한 것으로, 1802년 파리 북서쪽 150km 대서양측의 河口港인 Dieppe에서, 세굴된 수문 보수공사를 하면서 처음으로 주입공법을 사용하였다고 한다. 침투주입을 목적으로 한 세계최초의 용액형 주입재의 주입시도는 1886년 독일의 Jeziorsky가 근접한 두 주입구에 농도가 높은 몰유리(규산소다)와 경화제(염화칼슘)를 따로따로 주입한 것이 최초이다. 또한, 위 공법은 1896년에는 Egypt에서도 시공되었다는 기록도 있다. 입자가 작은 모래층에서 확실한 침투효과를 기대하여 용액형 주입재를 실제로 시공한 것은 1925년 네델란드의 광산기사 Josten이라고 알려지고 있다. 그가 사용한 몰유리(Na_2SiO_3)와 염화칼슘(CaCl_2)의 두 가지 약액을 사용하는 이 순결성 주입재의 시공은 주입관의 하단부에 60cm 간격으로 구멍을 뚫은 파이프를 우선 모래층에 타입하여 몰유리주입재를 주입하고, 그 다음 주입관을 뽑으면서 염화칼슘을 주입하는 순서로 시공하였다. 이 Josten공법은 그후 독일이나 영국 등에서 특히 모래지반의 지하공사에 많이 사용되었으며, 또한 1930년대에는 드디어 2샷트용에 대신하는 1.5샷트용 약액에 의한 지반주입에 관심이 집중되어 각종 몰유리계의 약액이 속속 개발되어 제안되었다. 그러다가 그 실용성을 확실히 정립한 공법이 프랑스의 Soletanche 회사가 개발한 맨셋튜브공법(더블과커공법)에 의한 주입방식이다. 이 공법은 지금도 유럽, 미국에서 가장 많이 보급되어 있는 압력 주입공법이다. 1950년대가 되어 고분자화학의 급속

*1 정회원, 대불대학교 토목공학과 교수

*2 정회원, 창원대학교 토목공학과 교수

*3 정회원, (주)동양시멘트 건설재료실장

*4 정회원, 서울시지하철건설본부 공사과장

한 발전으로 뛰어난 공학적 성질을 지닌 1.5숏트용 약액이 속속 개발되었다. 미국의 사이아나미트회사에서 개발한 AM9는, 물에 가까운 低粘度의 약액으로 겔화시간의 제어성에도 뛰어나 약액주입의 황금시대 돌입의 계기가 되었다. 그러나 이 아크릴아미드계의 약액은 고결 전에 갖는 독성 때문에 제조금지되어 현재에 이르고 있다. 그러나, 경제적인 물유리계 약액을 사용한 주입공사는 그 후에도 활발히 사용되었는바, 예로서 1983년 미국에서 모래자갈지반 중에서 시공된 Pittsburgh의 지하철공사 때 10여 가지의 기초보강공법이 비교검토 되었지만 최종적으로 약액주입공법이 채택되었다. 일본에서는 1915년에 일본 나가사키현의 마쓰시마탄광의 수직구 굴착공사에 시멘트가 사용된 기록이 있다. 그러나, 공식적으로 일본에서 약액주입공법이 최초로 시공된 것은 1924년 일본『旧丹那』터널공사의 지수공사때였다고 알려지고 있다. 이때, 시멘트 현탁액 외에 유럽에서 개발된 물유리계 약액이 사용되었다. 일본 독자로 개발된 약액은 1951년 『丸安·今岡』씨의 두 사람에게 의하여 개발된 MI공법이다. 이것은 물유리(Na_2O , nSiO_2)용액을 알루미늄 산소(NaAlO_2)로 고결(固結)시키는 것이다. 1961년에는 『TOUKUTI』씨에 의한 일본식 LW공법이 개발되었는바 이것은 물유리용액을 시멘트 현탁액으로 고결시키는 것이었다. 이 공법은, 그후로 고로(高爐)슬래그의 이용에 의하여 고화시간의 임의조절, 강도증가와 내구성, 내해수성의 향상 등 뛰어난 성질을 가지는 MS공법으로써 발전하였다. 1960년대에는 AM9와 같은 아크릴아미드계 약액이 일본에서도 생산되었다. 또한 그때부터 고분자계 약액인 요소계(尿素系), 물과 반응하여 고결하는 우레탄계 약액이 일본에서 처음으로 개발되는 등, 종래의 물유리계에 여러 가지 경화제를 첨가하는 방법을 연구하는 등 주입공사의 전성기를 맞이한 것이다. 그러나 1970년대에 와서, 향상된 약액의 성능을 과신하여 단관롯드에 의한 맹목적인 지반주입을 한 결과 약액에 의한 지하수 오염사고가 발생하였다. 그 하나는 1974년 5월에 일본 후쿠오카현에서 하수

도공사를 위하여 주입한 아크릴아미드계 약액이 인접하는 민가의 우물에 유입되어, 우물을 마신 주민에게 건강피해가 발생하는 불행한 사건이다. 이것을 중대시한 일본 건설성은, 우선 전국의 건설현장에서 약액주입 공사의 일시정지를 지시하여 1974년 7월 "약액주입공법에 의한 건설공사의 시공에 관한 잠정지침에 대하여"라는 기준을 통보하였다. 이에 따라 일본에서 사용 가능한 약액주입제는 물유리계의 약액으로써 극물 또는 불소 화합물을 포함하지 않는 것에 한정되어 현재에 이르고 있다. 그러나, 잠정 지침에 의하여 점성이 비교적 큰 물유리계 약액밖에 사용할 수 없게 된 주입업계는 약액의 화학적 성질에만 의지하지 않고 시공기술의 개선에 의해서 향상된 주입효과를 추구할 수밖에 없는 상황이 되어 이후 롯데공법과 큰 차이가 없는 간편성과 맨셋트튜브공법의 확실성의 장점을 함께 갖는 시공법의 연구가 시작되었다. 그 결과 최초로 등장한 2중관 단상주입 방식은, 종래의 일반적 상식을 뛰어넘어 3~15초의 짧은 겔화시간의 약액을 지반 속에 침투시킴으로써 롯데 주변의 설계범위 내에서만 약액의 침투를 도모한 것이다. 그러나, 이 공법으로는 지반 속에서 수압과파를 일으켜 그 방향만의 큰 할렬주입이 생기기 쉬운 단점이 있다. 이 때문에 1980년대에 들어서 부터는 순결성 약액의 주입은 어디까지나 롯데주위의 불규칙한 할렬 침투를 막기 위하여 처음에는 소량을 주입하고 그 후 겔화시간이 긴 완결성 약액으로 주입하는 2중관복상 주입방식이 주류를 차지하고 있다.

3. 한국 주입공법의 역사

국내에서 비약액계인 시멘트(밀크) 주입재를 기초자료로 각종 건설현장에 쓰이게 된 것은 1950년대 초부터인 것 같다. (주)한국개발공사의 「주입공법(Grouting)에 대한 업무자료」를 보면, 댐 제방기초, 취수탑, 통관보강 및 방수용 시공 예로 1953년 5월부터 1954년 2월까지 옥포저수지에서 그라우팅공사

현장(1차 공사)에서 사용된 것으로 되어 있다. 물론 이전에도 사용된 예가 있다고 추측된다. 그 당시만 해도 지금의 국내 건설기술수준보다 낙후된 기술수준이었다고 보여지기 때문에 공사추진 중 긴급상황이 발생하였을 경우에는 각종 보조공법이 사용되었을 것으로 추측된다. 주입공법은 대개 본 공사의 보조공법으로 많이 사용되고, 공사비와 규모가 적은 소형공사 보다는 중형이나 대형공사에서 비교적 많이 사용되어지는 것은 당연하다. 또한 지역적으로 취약하든지, 지표면으로부터 심도가 깊어지는 구조물일수록 토입자의 구조특성상 및 복합지층으로써 지내력(地耐力)이 떨어지는 지반에서 대개 사용된다. 이러한 배경으로 약 20여년간 비약액계의 재료를 사용한 주입공법 적용 현장이 많이 있었던 것으로 추측된다. 그후 1970년대에 들어와 우리나라의 수도인 서울에서 본격적인 지하철공사가 시작되어, 서울시의 만성적인 교통난 해결에 총력을 기울이게 되었다. 지하철공사는 지표면으로부터 대개 10m~50m 지하부분에 Box나 터널구조물이 설치되는 것으로 지수 및 지반강화 충전 등의 목적으로 쓰이게된 것 같다. 천병식교수의 「최신지반주입-이론과 실제-」에 의하면, 주입공법은 서울시 지하철 1호선(1971~1974), 서울시 지하철 2호선(1978~1984), 부산시 지하철 1호선(1981~1994) 등의 대형 건설공사와 함께 외국에서 본격적인 주입공법이 도입되기 시작 국내 건설현장에서 활용되기 시작하였다. 현재는 서울 외에도 전국 5대 광역시 지하철건설공사, 고속도로 및 비행장, 고속철도, 항만건설공사 등 거의 모든 건설현장에서 연약지반처리에 많이 적용되고 있다. 독일과 일본에서 개발 정립된 LW공법이 1980년 일본으로부터 도입되어, 1980. 6.~1980.10. 서울 지하철 2호선 2-3공구 경부고속도로 육교하부통과구간, 1981.11.~1981.12. 서울 지하철 2호선 6-3공구 을지로 6가 등 여러 곳에 사용되기 시작하여 현재에도 가끔 사용되고 있으며, 그후 1982년에 이중관스트레이너공법 중 단상복상 모두 가능한 SGR공법이 일본의 SGR공법협회(신일본 Techno(주))에서 도

입되어, 1983. 1. 서울 지하철 3호선 동대문운동장역 시험시공, 1983. 2. 4.~3. 19. 지하철 3호선 329공구 안국동사거리 국내최초 터널구간 적용, 1983. 2. 22.~1983. 6. 30. 정자지구공사, 1983. 8. 22.~1983. 11. 24. 이안지하댐공사 등 여러 곳에 사용되기 시작하여 현재에도 가장 많이 사용되는 공법 중 하나이다. 우리나라에서의 약액주입공법의 학술적인 연구는 1974년~1975년 건설부 국립건설연구소에서 처음으로 연약지반처리공법 연구의 일환으로 석회 pile공법 및 MAT공법 등에 관한 연구가 있었으며, 1976년도부터 몰유리·OC·PC·후지 Beton 등의 화학약액에 의한 주입공법에 관한 연구가 있었다.

4. 국내 주입공법적용의 현황과 개선방안

국내에서 자체로 개발된 주입공법은 없는 듯하나 국내에서의 주입공법 적용은 당초에는 모든 기술을 외국에서 배워 현장에 적용시켰으나, 지금은 국내의 많은 기술자들이 고군분투하여 이제는 국제학술대회에서도 현장적용결과를 발표까지 하는 단계에 이르렀다. 그러나 국내기술의 진정한 발전을 위하여 몇 가지 지적을 하지 않을 수 없다.

첫째로는, 주입공법의 종류를 통일시키는 방안을 검토하여야 한다. 먼저 우리가 처음 기술을 도입한 일본의 예를 조사해 보면 일본도 처음에 유럽이나 미국의 주입제 및 공법을 도입하여 의욕이 있는 회사들이 직수입 혹은 공동특허형식으로 발전시켰는데 수많은 나름대로의 특징을 부여하면서 제각각 자기회사들의 공법이 최고라고 주장하며 공법을 발전시켜 왔는데, 얼마 못 가서 공학적 검토가 충분히 검증되지 않았거나, 지반 내에서 자유자재로 겔타입이 조절되지 않는 공법은 서서히 퇴조하거나 안전사고로 인하여 자멸, 결국 최초의 약 100여 개의 공법이 현재에는 20~30여 개의 공법만이 남아 현재 치열한 경쟁을 벌이고 있으며, 현재는 4가지 공법으로 통일시

켜 공학적 개념 및 시공단가 적산단가도 1997년 최종 통일시켜놓았다. 그것은 단관주입공법, 이중관 스트레이너 공법(단상식), 이중관 스트레이너 공법(복상식), 이중관 더블파커공법 등이다

그리하여 시공 난이도별, 공법적용 구별에 의한 최종공법 선정기준에 의하여 최종 적용공법을 선정하고 있다. 또한 발주내역서에 특정 공법명을 명기하지 않고 위의 4가지 공법명만 명기하여 발주한 다음 실제 발주된 현장의 도급시공회사주관으로 기본계획, 기본설계, 실시설계 등의 계획과정과 최종 현장조사후 각 공법별로 치열한 경쟁을 시켜 가장 안전하고 경제적인 공법을 선택하여 시공하고 있다. 그중 단관 주입공법은 모든 재료를 관을 통하여 지반 속에 압입을 하는 것으로 현재 외국에서는 현장시험결과 효과가 거의 없어 암반지층에서만 간혹 쓰이고 있는 실정이다. 이중관 스트레이너 단상식은 겔타입이 짧은 순결형 주입재 1가지를 지반에 압입시키는 공법이다. 지반의 투수계수가 높거나 지하수가 많을 때 쓰이는 공법으로 이 공법은 겔타입이 짧기 때문에 처음부터 맥상으로 침투된다. 그러므로 동일지반에서도 밀도가 낮은 토입자부분 속으로 할렐 주입된다. 그러나 맥상의 고결부분에 의해서도 지반의 공극이나 점착력, 강도가 어느 정도 기대되는 공법으로써 이미 20년 전부터 효능의 한계를 실내시험, 현장시공 및 현장굴착 시험에서도 완벽한 지반개량효과를 거둘수 없는 것으로 판정된 수많은 논문 등을 통하여 입증되고 있다. 이중관 스트레이너 복상식은 2단계 주입이 이루어진다. 먼저 겔타입이 짧은 순결형 재료를 넣어 룯드주위를 충전시켜 주입재의 분산을 막으며, 그 다음 2차로 겔타입이 긴 완결형 주입재를 침투시키는 것이다. 이웃 일본에서도 현재 가장 많이 사용되고 있는 공법으로 우리 나라에서도 더 많은 활약이 기대된다. 이중관 더블파커공법은 그 유명한 프랑스의 슬레탕슈공법과 그것을 모방한 일본의 슬리브, 더블스트레이너공법 등이나, 이 공법은 3차례에 걸쳐서 슬리브 주입재, 벤트나이트 및 시멘트, 완결성주입재등을 주입하는 공법으로 높은 공사비와 충

분한 공사기간이 소요되므로 가장 완벽한 공법이긴 하지만 국내여건상 특별히 위급한 상황이거나 타 공법으로 불가능한 상황이 아니면 적용하기 어려운 것이 현실이다.

둘째, 현재의 국내 적용공법의 주류를 이루고 있는 LW, SGR 공법은 약 30년전의 기술로, 국내에서는 아직도 이 공법을 적용하고 있으며 설사 새로운 주입재를 개발하였다고 하여도 선단장치는 위 공법의 20년전의 선단장치를 그대로 쓰고 있는 실정이다. 주입공법의 선단장치는 주입공법에서 매우 중요한 부분으로써 우리 나라의 지반사정에 맞는, 또한 주입재료의 특성에 맞는 장치로 빨리 개발되어야 한다.

셋째, 진정한 국내 기술을 향상시키기 위해서는 신공법 도입시 당초 개발당시의 기자재를 완전히 도입하여 당초개념과 동일한 상태에서 시험시공과 많은 실적을 거쳐 검토하고 연구하여 우리 나라 지반에 맞는 독창적인 공법을 탄생시켜야 한다.

넷째, 주입재의 공해문제도 공론화되어야 한다. 주입재의 종류 중에 고분자계는 외국에서는 엄격한 통제가 가하여지며, 현재는 보통시멘트도 지반오염 및 환경문제의 대상이 되어 있어 신중한 선택이 필요하다. 기타 내용도 많이 있을 것으로 판단되며 관련기술자들의 입장에서 보면, 여러 가지 어려운 조건이 있다고 추측되나 분발하기를 바랄 뿐이다. 주입공법 외에 고압분사공법과 터널보조공법, 폼팩션그라우팅 공법 등이 있는데, 그 근본개념은 전부 주입공법 개념에 근거하여 발전하였으며 이러한 공법을 현장에서 적용하여 효과를 보지 못하고 실패한 경우, 보완공법으로 주입공법을 사용하는 등 주입공법은 아직도 국내외에서 끊임없이 각광을 받고 있는 실정이다.

5. 국내의 주입공법 소개

지금까지 우리 나라에 알려진 공법의 배합기준을 기본으로 표준배합을 검토하여 본다.

가. 현탁액형 주입공법

5.1 시멘트 밀크

표준배합비(중량배합)			
배합비	1:10	1:0.5	비고
시멘트(kg)	19.38	244.64	배합비는 1:10~1:0.5 까지 있음
물(l)	193.80	122.32	
총중량(kg)	213.18	36.96	
총체적(l)	199.95	199.99	
※ 시멘트(비중 3.15) 혹은 마이크로시멘트			

5.2 SP(Superfine Permeation) 공법

- 일본의 GROUND FLEX 와 유사한 초미립자시멘트
- 분말도(비표면적) 4000 ~ 8600(cm²/g)

나. 약액주입공법

5.3 SGR 공법(Space Grouting Rocket System Method)

표준배합비				
구분	400 l			
표준 배합	A 액 200 l		B 액 200 l	
		3호규산 소다 물	100 l 100 l	포틀랜드 시멘트 SGR-7,8호 물

5.4 LW Grouting(Labiles Waser glass Grouting)

표준배합비			
LW 재		실(Seal)재	
규산소다 3호	물	시멘트	벤트나이트
350 l	200 kgf	200 kg	62.5 kgf
m ³		m ³	

5.5 JCM 공법(Just selected Chemical grouting Method)

표준배합비(A~D)							
형태	호	분류	약액	성분	배합	겔타임	호모겔압축강도(3일후)
A	JCM-1호	B1 순결성	A 액	규산소다 / 물	100 l / 100 l	6-9초	3kgf/cm ²
			B1 액	JCM1호 / 시멘트 / 물	24kg/60kg/167 l		
	JCM-2호	B2 완결성	A 액	규산소다 / 물	100 l / 100 l	60-90초	6kgf/cm ²
			B2 액	JCM2호 / 시멘트 / 물	23kgf/60kg/167 l		

5.6 ASG(Activated Silicate Grouting Method)

표준배합비(ASG 1-8호)				
구분	ASG 1호(순결형)		ASG 2호(완결형)	
	A	B	A	B
표준배합	· 규산소다3호 100 l	· 시멘트 60kg	· 규산소다3호 100 l	· 시멘트 60kgf
	· 물 80 l	· ASG-1호 20kgf	· 물 80 l	· ASG-1호 20kgf
	· AES(o), 현장제조 20 l	· 물 170 l	· AES(o), 현장제조 20 l	· 물 170 l
배합비	200 l	200 l	200 l	200 l
총계	400 l		400 l	

5.7 Silica Sol Groting

표준배합비		
공법별/종별	품명	소요수량
CR-1호	A → Silica - sol	500 l
	B → 중탄산소다(또는 탄산소다)	4 ~ 10 kgf
	물	500 l
CR-2호	A → Silica - sol	500 l
	B → 특수 Water - glass	100 kgf
	물	400 l

5.8 CF 공법(Claan Form Method)

표준배합비		
400 l 기준		비고
주제 200 l (실리카 졸)	시멘트 : 80 kgf 경화제 : 30 kgf 안정제 : 1.0 kgf 물 : 잔량	

5.9 Silicalizer(RMG-L3) Grout Method

표준배합비			
S · L Water-Glass	SL 반응제	물	계
250 l	60~80 l	670~690 l	1000 l

5.10 HARDLIZER 공법

표준배합비				
목적	명칭	A액	B,C 액 l	겔타임(20℃)
고강도형	HARDLIZER-S-1	SILICARSOL(I) 200 l	C액 C제 10~15 l, 물 90~85 l	20 초
	HARDLIZER-L-1		B액 B제 10~15 l, 물 97.2~97 l, K劑 6kg	10분

5.10 HARDLIZER 공법

표준배합비				
목적	명칭	A액	B,C 액 l	겔타임(20℃)
특수형	HARDLIZER-S-2	SILICARSOL(Ⅱ) 200 l	C 액 C제 11~15 l, 물 89~85 l	20초
	HARDLIZER-L-1		B 액 B제 10~15 l, 물 97.1~95 l, K劑 6kg	10초
일반형	HARDLIZER-S-3	SILICARSOL(Ⅲ) 200 l	C 액 C제 10~15 l, 물 90~85 l	20초
	HARDLIZER-L-1		B 액 C제 10~15 l, 물 97.3~97.1 l, K제 6kg	10분

5.11 ARC 공법(Acrylic Resin Chemical Grouting)

ARC 약액의 고형분 농도								
구분	ST(일반형)		HC(고농도형)		SW(해수형)		CM(혼합용)	
	A액	B액	A액	B액	A액	B액	A액	B액
고형분(중량%)	33.8%	9.5%	42%	10.6%	37.3%	9.8%	39.4%	9.7%

5.12 PUIF 공법(폴리우레탄주입공법, Poly - Urethane Injection Forepiling)

배합개요	
A 액 특성	B 액 특성
특수포리올 30~70 % 일반포리올 1.0%~40% 가교제 8%~15% 점포제 0.3~1.0% 발포조제 0.5%~3.0% 점도저하제 1~3%	MDI계 프리포리마에 MDI의 2중체, 3중체를 배합, A액 포리올과의 반응성을 높게한다.

5.13 MSG 공법(Micro Silica Grouting Method)

표준배합비					
구분		MSG-SE	MSG-E	MSG-N	MSG-R
		초급결 고강도형	급결 고강도형	완결 고강도형	초완결 고강도형
A액(200 l)	규산소다 (l)	100	80	80	60
	물 (l)	100	140	140	140
B액(200 l)	마이크로실리카(kgf)	80(4포)	80(4포)	80(4포)	80(4포)
	물 (l)	175	175	175	175
겔타임(초)		3~5	9~12	60~90	300~420

다. 터널굴착을 위한 Umbrella 공법

5.14 강관보강형 다단식 그라우팅(Steel Pipe Reinforced Multi-step Grouting)

표준배합비				
1. Seal 劑 표준배합	구분	시멘트(kgf)	벤트나이트(kgf)	물(l)
	배합량(m³) 당	200	62.5	855.1
2. 약액주입재의 표준배합	구분	시멘트(kgf)	규산소다(l)	물(l)
	배합량(m³) 당	250	250	670

5.15 RPU 공법(Reinforced protective Umbrela Method)

시멘트 및 기존 주입재와 동일

라. 고압분사(JET Grouting) 공법

5.16 JSP 공법(Jumbo Special Pattern Method)

표준배합비		
1000 l		
시멘트	물	분산제(마이타-150)
760 kgf	760 l	4 kgf

5.17 R·J·P 공법(Rodin Jet Pile method)

표준배합비					
구분	단위	점성토(0(N<5)	사질토	모래자갈	비고
		3(N<5)	30(N<50)		
시멘트	kgf/m	2,280	2,280	2,280	
혼화제(조강제)	l/m	27.4	27.4	27.4	
물(상단노즐)	l/m	3,000	3,000	3,000	
물(하단노즐)	l/m	2,280	2,280	2,280	

5.18 CGS 공법(Compaction Grouting Method)

주입재료 : 시멘트 세립토, 골재(10mm 이하)

5.19 몰탈 그라우팅(Mortar Grouting)

주재료 : 시멘트몰탈

5.20 경량기포콘크리트

주재료 : 시멘트, 물, 발포액, AE제

5.21 SPM 공법(폴리머 시멘트 몰탈 주입공법)
시멘트, 모래, SP-7제, 유동화제, 물

마. 심층혼합처리공법

5.22 SCW 공법(Soil Cement Wall method)
주재료 : 시멘트, 벤토나이트, 물

5.23 SEC 공법(Special Earth Concrete Method)
주재료 : 시멘트

5.24 CDM 공법(Cement Deep Mixing method)
주재료 : 시멘트

5.25 DWM 공법(Deep Wing Mixing method)
주재료 : 시멘트계 고화제 및 물

바. 주입공법 기존 재료 검토

위에서 검토한 현탁액형, 약액주입공법, 암브렐라 공법, 고압분사공법의 각 해당공법 총 25종의 주입공법 모두가 시멘트계열의 재료 및 약액계 현탁액형약액에 물유리 및 특수재료를 사용하는 공법이다. 국내에서 용액형 주입제는 현장의 시공결과 소요강도 및 내구성에 문제가 있다고 알려져 거의 사용되고 있지 못하다. 그러나 실제로는 지반의 조건에 따라서는 용액형주입제도 최대강도 8kgf/cm²이상 가능하여 충분한 효과를 얻었다는 외국의 실제시공 결과 및 발표논문도 많이 있으며, 최근에는 항구성 주입재가 프랑스에 이어 일본에서도 출현하여 약액계의 현탁액형주입재, 용액형주입재, 비약액계의 초미립자 자료와의 격차가 점점 줄어들고 있으며, 일부 국내기술자들에 의하여 국내에서 판매되는 물유리의 품질을 의심하고 있는 현상도 있는 것 같다. 그리고 어떠한 주입재

도 제품화되어 별도 포장되어 있지 않는 주입제는 그나마 신뢰성이 떨어진다는 것이다.

6. 맺음말

주입된 약액에 의하여 지반이 높은 강도를 갖게되는 것은 약액주입에 의하여 효과를 거둘수 있는 가장 중요한 특징의 하나이다. 약액을 지반에 주입함에 의하여 얻어지는 고결 강도는, 지반의 상태, 약액의 침투성질, 약액의 종류에 따라 크게 변화한다. 지금까지 관련분야의 오랜 연구결과를 요약하면 (일본건설성 토목연구소자료 참고),

- i) 물유리를 주체로 한 약액 주입은, 시간이 장기화되면 일축압축강도는 50%로 저하한다.
- ii) 유기·무기계 용액형 완결성주입재가 고결된 후 일축압축강도가 1/2로 줄면 크리프 변형량도 파괴시간도 적게된다.
- iii) 물유리·시멘트계의 호모젤은, 流水養生일때가 定水養生에 비하여 장기강도가 떨어진다.
- iv) 실리카졸, 초미립자실리카는 용탈이 매우 적으며 장기간에 걸쳐 강도를 유지한다.
- v) 초미립자 시멘트는, 경시적(經時的) 수축도 없고 강도도 장기간에 걸쳐 유지된다.
- vi) 초미립자 시멘트는 재령과 비례하여 점점 강도가 증가하며, 결국 고강도를 얻을 수 있다.

결론적으로 말하면 약액주입제는 표에서 보는 바와 같이 약액계이든, 비약액계이든 현탁형과 용액형으로 나뉜다. 현탁형 주입제는 약액계, 비약액계이든 주류인 시멘트인 경우 보통시멘트, 마이크로시멘트, 더 나아가 초미립자시멘트의 국내 생산이 가능하게 되어 향후 많은 활약이 기대되어 진다. 이와 동시에 그 어떠한 새로운 주입재의 성능시험은 1차원조건뿐만 아니라 3차원 조건에서 연구되어야 하고 특히 현탁형 주입재는 主材는 물론 보조재 특히 지연재, 급결보조제, 분산제 등의 성분이 정확히 구성되어야 한

다. 실제 국내의 각종공법의 재료를 배합시험하여 보면 젤타입(물 점도의 70배)이 정확히 나오지 않는 경우가 있으며, 보통시멘트는 6가크롬의 공해문제로 거론되고 있어 향후에는 MC, 초미립자시멘트 계열의 주입재가 강세를 나타낼 것으로 보이며 치열한 기술경쟁과 가격경쟁이 이루어질 것으로 예상된다. 또한 선단장치는 주입공법중에서 무엇보다도 중요한 부분이다. 특히 이 장치는 단관주입공법, 이중관 스트레이너 단상식, 이중관 스트레이너 복상식, 더블과

커공법 등 4가지의 주입공법 및 각종특허공법에 의하여 전부 특색있는 구조로 되어 있다. 우리의 현실은 아직도 결합을 갖고 있다는 기존공법의 선단장치가 주류를 이루고 있다. 이제는 시공업자의 투자에 의한 최신선단장치의 정비가 절실히 요구된다. 또한 각종공법의 문제점 보완 및 공학적 규명과 주입공법의 계획 설계, 시공, 효과확인의 체계적인 시스템을 정비하고 공해문제에 대처할 수 있는 기준 등의 정부 차원의 연구추진이 절실히 요구된다.

지반조사 토론식 세미나 개최

우리학회 지반조사위원회(위원장 : 정충기)는 토론식 세미나를 개최하오니 회원님들의 많은 참석을 부탁드립니다. 특히, 실무에서 지반조사를 수행하거나, 지반구조물 설계시에 지반조사의 문제로 애로사항을 경험한 회원들의 적극적인 참여를 부탁드립니다.

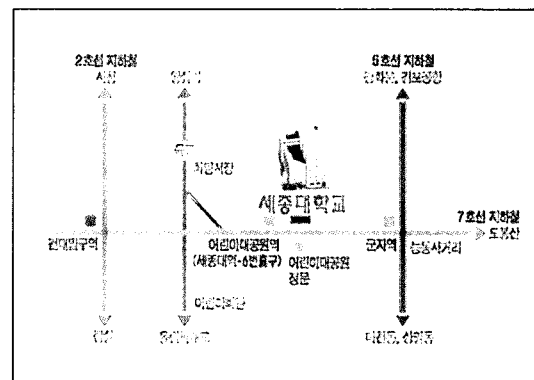
- 제 목 : 국내지반조사의 현황 및 문제점
- 장 소 : 세종대학교 충무관 B09실
- 일 시 : 2002년 7월 12일(금)
오후 2:00~6:00

- 발표예정자

1. 이인근 박사 (서울시)
2. 장찬수 사장 (천일지오)
3. 김성인 이사 (유니백)
4. 김기석 사장 (희송지오택)
5. 김영진 박사(건기연)

- 문 의

간사 윤길림(해양연), 011-9779-2651



세종대학교 약도

조성호(중앙대), 031-675-7143