

# 부등침하 구조물 복원공법(JOG)

기술개발자 : (주)지승구조건설

## 1 공법의 개요

### 1) 배경

기존에 우리는 구조물의 침하시 단순 추가적인 침하방지라는 소극적인 방법과 그를 시공기 위해서는 대형 장비 반입을 위해 구조물의 또 다른 파괴를 불러와 시공 불가능한 경험이 너무 많았다.

또한, 그 과정에서 보이지 않는 지반에 대한 단순 추측시공 등 품질 시공 결과에 대한 data가 거의 없는 실로 사각지대의 공사를 해 온것도 사실이다. 그에 반해 당 공법은 그야말로 획기적인 것이 사실이며 우리 모두의 아킬레스건을 해결해 주고 있다.

### 2) 특징

인접지역 토목공사등의 영향이나 지반의 연약화등으로 인해 부등 침하한 구조물을 복원하는 방법으로 주변 구조물 및 복원 대상 구조물에 어떠한 영향도 주지 않고 단기간에 아주 높은 정밀도로 복원이 가능한 국내 유일의 공법이다.

JOG(Jacking Of Grout) 공법은 문자 그대로 특수 그라우트(Grout)의 주입에 의해 건물을 들어 올리는(Jacking) 공법으로 복잡한 작업 공정이 필요없는 특수 그라우트의 주입과 침단 계측기에 의한 계측관리로 부등 침하한 구조물을 m/m단위로 아주 정밀하게 복원할 수 있는 획기적인 공법이다.

## 2 공법의 원리

JOG공법은 그라우트를 지반에 주입하는 사이에 발생하는 강력한 액상 썬기력을 이용하여 부등침하한 구조물을 들어올려 복원하는 기술이다.

급결 그라우트를 계속하여 주입하면 먼저 주입되어져 지반에 할렬 침투한 고결체 및 겔이 강도발현(強度發現)도중에 있기 때문에 쉽게 이것들을 맥상에 할렬(割裂)시켜 침투한다.

침투한 그라우트는 구속영역외의 얇은 액층으로써 확산될려고 하지만 자신의 겔타입에 의하여 유동이 제지되어지기 때문에 얇은 원반상의 액층이 상하에 압력이 낮은 면적으로 전파(傳波)된다.

이 압력을 [액상썬기력]이라 하며 JOG공법의 기본적인 메커니즘이다. [액상썬기력]은 예를 들면 1포인트에 Ø 2.00M의 지름으

로 작용하며 평균적으로 1.0MP의 압력(이 압력은 구조물의 중량 등에 의하여 자동적으로 한정되어 진다.)이 걸려진 경우 F=314ton 정도의 막대한 힘을 1포인트에서 발생시키게 된다.

구조물 기초중에서 일부분에만 강한 부담을 주어 내부 응력의 밸런스가 무너지면 기초는 강성(剛性)을 잃어버려 파괴되어지므로 기초의 강성을 고려하여 복수의 포인트로 설정할 필요가 있는 것이다.

주입 조작을 순차, 전환해가는 인터벌(Interval)법을 이용하면 1대의 펌프에 여러 개의 포인트를 설정할 수 있으며 게다가 1포인트에 구조물의 중량을 집중시키면서 지반의 탄력을 이용한 축압(蓄壓)작용에 의해 충분한 반력 형성이 가능하다.

또한, 인터벌법을 이용하므로 변위량(變位量)의 조정이 mm단위로 조정이 가능하다. 구체적으로는 펌프의 이동관로 A, B 각각에 JOG전환 밸브를 주입 포인트에 설정하여 배치하고 인터벌 방식에 순차적으로 주입을 행한다. 이렇게 형성된 반력을 토대로 액상 썬기력을 발생시켜 구조물을 들어올리며 이러한 과정을 반복하여 목표 변위량에 접근시키는 원리이다.

## 3 공법의 특징

- ◎ 복원을 위한 어떠한 굴착 작업도 불필요
- ◎ 단기간에 구조물의 복원이 가능
- ◎ 복원 대상구조물에 피해를 주지 않는 안전한 공법
- ◎ 인접 구조물에 영향을 주지 않고 대상 구조물만 정밀 복원 가능
- ◎ 무소음, 무진동, 무진재의 자연친화적인 공법
- ◎ 규모가 큰 구조물에도 복원이 가능
- ◎ 장비의 첨단화로 지하등 어떠한 작업공간에서도 가능
- ◎ mm단위의 정밀한 복원이 가능

## 4 시공방법

### 1) 가설공사

- a. 플랜트설치 공간 확보: 플랜트 및 자재 야적장으로써 약 20m<sup>2</sup>이 필요
- b. 공사용수: 현장에서 수도물 (40ℓ /min)을 지급 받는 것으로 한다.



## 2) 천공

기초 바닥면으로부터 Ø40mm구경으로 약 40cm 깊이 정도(일정깊이) 천공한다. 천공 후 피압수가 분출되는 경우, 응급 지수처리한다.



## 3) JOG주입관 설치

천공 완료 후 JOG주입관을 소정의 심도까지 설치한다. 건물의 사용상 문제가 없는 장소로서 표준형의 JOG주입관을 사용한다.



특히 피압수가 계속해서 분출되는 경우는 응급지수처리 한부위를 신속히 제거함과 동시에 JOG주입관을 찢러넣어 곧바로 지수 작업을 별도 실행한다.

## 4) 배관, 배선 및 변위 계측장치 설치

설치한 주입관에 JOG자동개폐유니트 및 그라우트 포인트를 배관 접속하여 각각을 중앙 제어장치에 배선한다. 또한, 필요한 변위 계측장비를 설치한다.

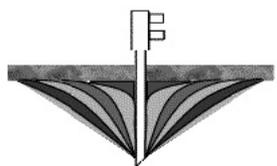


## 5) JOG UP 실시

각각의 목적에 따라서 그라우트 배합을 조정하여 중앙제어장치에서 인터벌 개폐사이클 타임등을 컨트롤하면서 일반적으로는 하기와 같은 요령으로 JOG를 주입한다.

### ① 반력형성주입

JOG UP에 앞서 반력을 형성하기 위하여 지지를반을 강화하는 주입을 행한다. 투수(透水)계수가 적은 점성토인 경우는 맥상 및 반구상 호모겔 영역의 확대를 동반하는 주변토의 강제압밀로 되며, 투수 계수가 큰 사질토(砂質)의 경우는 침투 및 할렬침투를 동반하는 주변토의 강제압밀로 된다.

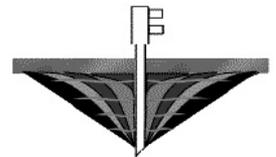


또한, 중간토의 경우는 복합상태에서의 주변토의 강제 압밀로 되지만 어느 것의 경우도 인터벌법을 사용함으로써 효율적으로 지지가반이 강화되어져 접지(接地)압의 균등화를 도모할 수 있다.

상재하중을 넘는 반력이 충분히 형성되는 극한까지 반복하여 이 주입을 실시한다. (독립기초와 줄기초의 하부에 팽이형 기초와 같은 견고한 고결체가 조성되어지므로 이전에 비교하여 하부 지지가반에 응력분산각도(應力分散)가 넓어져 보강효과가 확대되어지는 것으로 판단되어 진다.)

### ② JOG UP주입

목표의 변위량에 대한 각 공의 주입 간격을 JOG의 중앙제어장치에 설정하여 인터벌법으로 주입한다. 급결 그라우트를 이용한 주입에 의해 특히 큰 액상 썩기력이 발생함으로 구조물의 변위계측을 주의깊게 관측함과 동시에 지속적인 주입을 하는 것으로 한다.



### ③ 발생 공극 충전주입

소정의 변위량에 도달한 시점에서 중결 그라우트 또는 가소(可塑)성 그라우트를 이용하여 상기 ②에 의해 원반상의 겔 주변에 발생한 공극의 충전을 시행하며 동시에 균등한 압력 분포를 도모한다.

### ④ 공극 충전 주입

기초의 하부에 공극이 발생하지만 적정 중결 그라우트 또는 가소성그라우트를 이용하여 충전주입을 시행하는 것으로 한다.

### ⑤ 재침하 측정

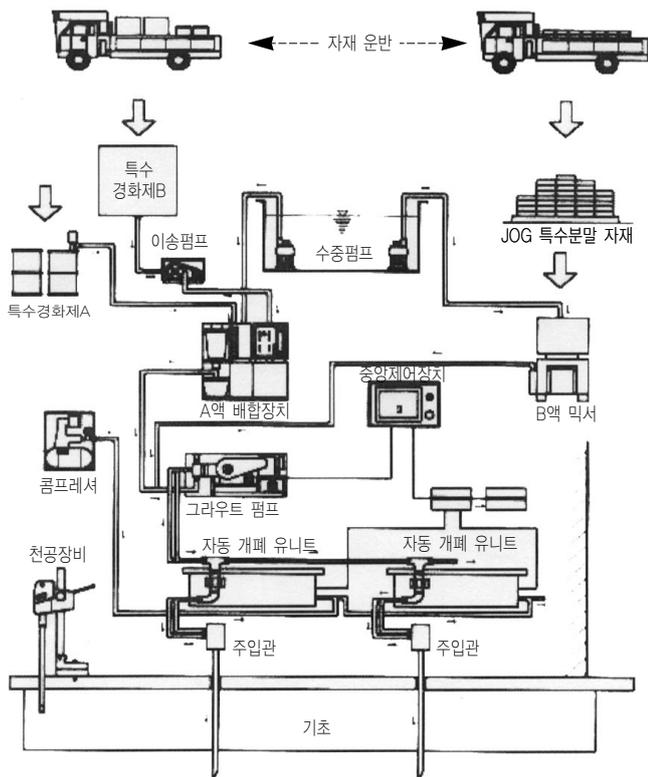
리바운드로 인한 재침하 계측을 행하여 하부 지반의 압밀성을 체크함과 동시에 재침하가 인정되어지는 경우는(압축성도가 존재하는 경우) 재침하 커브에서 수치를 추정하여 올리는 참고 데이터로 한다.

이상의 작업 공정은 상황에 따라서 상기의 ②, ③의 작업을 반복하여 행함으로써 목표의 변위량에 근접시켜 나간다.



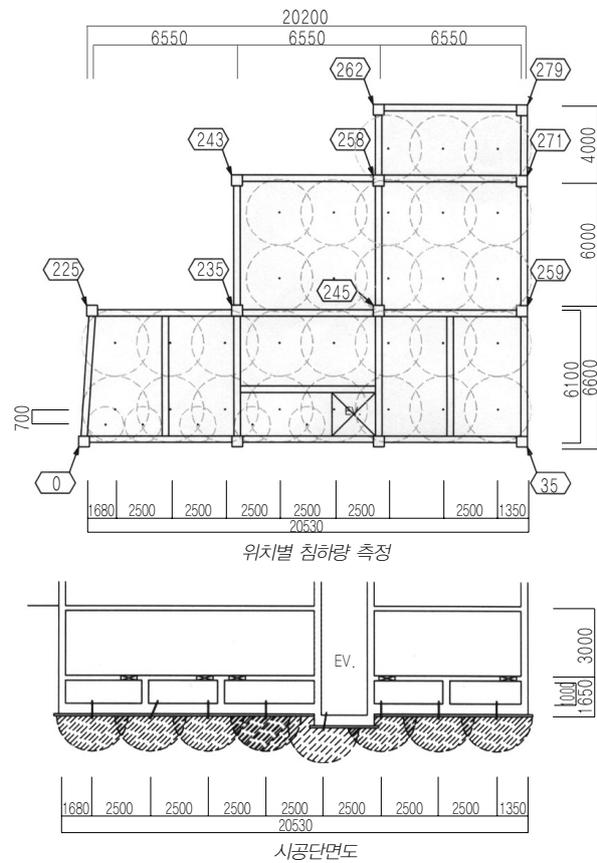
〈구조물 복원중 정밀측정 및 시스템제어를 위한 중앙제어 첨단장비들〉

### 5. 시공 개념도



JOG 시스템 구성도

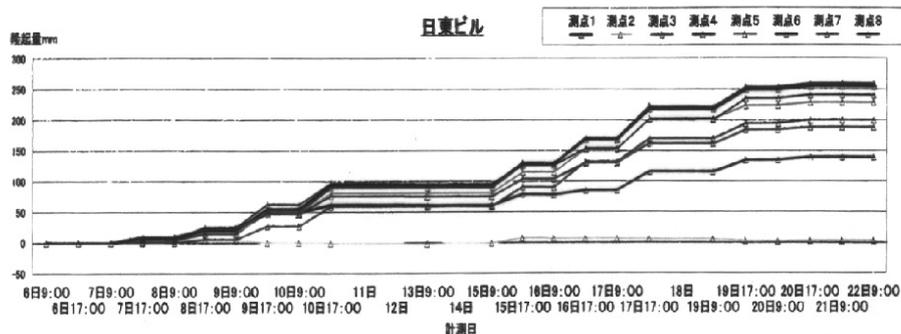
### 6. 시공도면



위치별 침하량 측정

시공단면도

### 7. 일별(日別) 구조물 복원측정량





### 8. 공법 비교

	개요	장점	단점	비고
JOG 공법	지반에 그라우트를 순차 전환 주입해 가는 인타별식을 이용, 지반에 반력을 형성하여 변위량을 미세조정, 복원하는 공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 굴착 작업 불필요</li> <li>- 단기간에 복원 가능</li> <li>- 대상물에 피해가 없음</li> <li>- 인접물에 영향없이 정밀 복원 가능</li> <li>- 무소음, 무진동</li> <li>- 대규모 구조물도 가능</li> <li>- mm단위의 정밀도 시공</li> <li>- 원상태 복원 가능(100%복원가능)</li> <li>- 공법의 첨단화로 작업공간 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고도의 숙련도 필요</li> <li>- 준비기간이 필요</li> </ul>	
CGS 공법	저유동성 콘크리트계 몰탈을 비배출형으로 압입주입하여 지반의 압밀화와 원기동형 콘크리트 파일을 형성하여 지내력을 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 슬럼프0~5cm의 저유동성 자재 사용</li> <li>- 슬라임이 없어 친환경적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원상태 복원 불가능</li> <li>- 시공중 복원구조물에 또다른 파괴 영향</li> <li>- 장비 및 자재 공간 이 많이 필요</li> <li>- 기존 시설물 철거 필요</li> </ul>	
JSP 공법	초고압(P=200kg/cm <sup>2</sup> ~400kg/cm <sup>2</sup> )의 분사방식을 이용 지반을 철삭 파쇄시킴과 동시에 공극에 그라우트제를 충전하는 유도주입공법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 토질에 적용</li> <li>- 지수, 내구성이 강함</li> <li>- 수직, 경사등 방향이든 가능</li> <li>- 넓은 범위의 개량이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부속 장비가 많음</li> <li>- 유속있는 자갈전석층 불가</li> <li>- 주입장치의 설치 어려움</li> <li>- 공 과 공사이의 연결이 취약</li> <li>- 손실율이 높음</li> <li>- 초고압주입으로 인접물에 피해 발생가능</li> <li>- 공사비가 고가</li> <li>- 침하구조물 복원과 무관</li> </ul>	
그라우트	지반에 밀크그라우트를 지속적으로 저압주입하여 지반의 공극을 채움	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가격이 저렴</li> <li>- 시멘트계 그라우트 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단순 공극채움으로 지반보강 또는 구조물 복원과 무관</li> </ul>	

### 9. 공법의 시공 사례



시공전



시공후

구조 및 규모 : 4층 RC조 건물  
 복원평면적 : 약 113.4m<sup>2</sup>  
 복원총중량 : 약 1100 Ton  
 구조물기초 : 매트기초  
 최대침하량 : 410mm



시공전



시공후

구조 및 규모 : 1층RC조, 2-3층목재  
 복원평면적 : 약 36.45m<sup>2</sup>  
 복원총중량 : 약 450 Ton  
 구조물기초 : 매트기초  
 최대침하량 : 92mm



시공전



시공후

구조 및 규모 : 지하1층, 지상12층  
 복원평면적 : 약 124m<sup>2</sup>  
 복원총중량 : 1800 Ton  
 구조물기초 : 매트기초  
 최대침하량 : 102mm



시공전



시공후

구조 및 규모 : 20m RC 구조물  
 복원평면적 : 약 42.25m<sup>2</sup>  
 복원총중량 : 250 Ton  
 구조물기초 : 독립기초  
 최대침하량 : 222mm