

현장실험을 통한 역타설 이음부의 공극특성 분석

A Study On Void Check for Top-Down Column Joint by Field Experiment

이 영 도*

Lee, Young-Do

정 상 진**

Jung, Sang-Jin

Abstract

Classified with concrete as placing ways - direct ways, sheath way - and placing directing - flange direction, web direction - is analyzed section and strength of hardened concrete. The results of this study is belows the more fluid of concrete, the more useful to top-down method.

To minimize the voids of the reverse placement joints, It is more effect to use the sheath method than direct method in concrete placement.

If the joint face is a plane, it is impossible to extract the air bubbles which caused voids, so we should consider about this, and decide to select which type of joints.

키워드 : 역타설, 기둥공극, 현장실험

Keyword : Top-Down, Void of Column, Field Experiment

1. 서 론

종래의 지하공사(토공사)공법은 크게 어스앵커공법과 버팀대공법으로 나눌 수 있다. 어스앵커공법은 인접건물 지하실과 공공구조물로 인하여 앵커를 시공할 수 없는 경우와 인접부지 지주의 앵커시공 반대 등의 이유로 적용이 어려운 경우가 있으며 버팀대공법은 지하구조물 시공의 어려움, 인접건물의 균열과 침하로 인한 변위발생 등의 위험성으로 인하여 시공을 기피하는 경우가 있다. 따라서, Top-Down공법을 사용하면 1층의 바닥 구조체를 작업장으로 사용하는 것이 가능하기 때문에 부지가 협소한 공사에서도 공사차량을 1층 바닥에 직접 진입시킬 수 있으며 건물의 본체구조를 흠막이 지보공으로 이용하면서 상층에서 하층으로 굴착과 구체구축을 반복하여 시공함으로써 토류벽의 안정성이 높다

본 연구는 역타설 공법에 사용되는 시공기술 중 취약부분인 역타설기둥 이음부위의 시공품질을 향상시키기 위한 연구로 현장에서 시공되어지고 있는 역타설에 관련된 기술 중에서 구조적인 문제가 될 수 있는 역타설 이음부위의 공극발생 원인을 밝혀내고 그 해결 방안을 도출해 내는 것에 중점을 두었다.

타설방법에 따른 콘크리트의 골재분포 및 상·하 joint 부위 상태를 확인하기 위한 모의시험체 실험과 실제 기둥의 타설 현황을 관찰하기 위한 실구조물 타설실험으로 나누어 실험하

였다.

현장에서 실물크기의 역타설기둥을 3종류 타설법으로 시공하여 joint부위의 공기포 발생원인과형상을 규명하여 공극을 만들어내는 공기포 발생을 최소화하는 방법을 연구하는데 기본자료로 이용할 것이다.

2. 실험계획

콘크리트 종류별, 타설 방법별 그리고 타설 방향별 등 품질에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 실험변수로 하여 모델시험체를 제작하여 골재분포, 공극분포 상태를 비교분석하였다.

현장에서 실물크기의 모의시험체를 직접법, 압입법, 시스법으로 역타설하고 시공성과 부위별 골재분포 및 이음부분의 공극상태를 비교 분석하여 공극발생의 원인과 각각에서 발생하는 공극의 특성을 알아보았다.

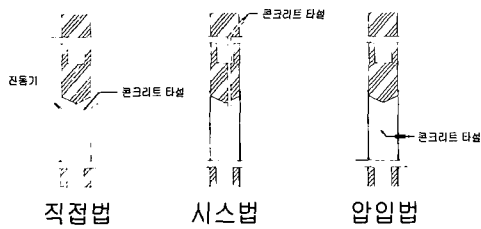
모의시험체 실험은 기둥 이음부를 평면으로 하고 압입법, 직접법, 시스법으로 콘크리트를 타설하여 비교분석 하고, 실구조체 타설에서는 N.S.T.D (Non Supporting System for Top-Down)의 거푸집 시스템[그림 1] 특성상 기둥 joint가 보의 하부면에서 생성되어 타설구의 설치가 불가능한 직접법 타설은 실시하지 않았으며, 압입법 타설은 진동다짐이 불가능한 문제와 1회 타설 후 침하 문제로 실구조체 적용에는 제외하고 시스법으로 타설 계획하였다.

* 정회원, 경동대학교 건축토목공학부 교수, 공학박사

** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 한국과학재단목적기초연구(R05-2002-000-01237-0)지원으로 수행되었음.

일반 Top-Down



N.S.T.D

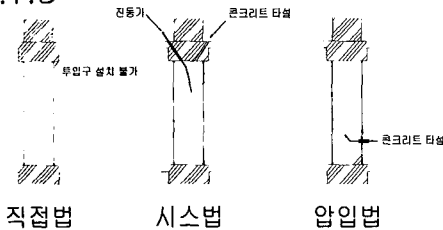


그림 1. 일반 TOP-DOWN과 N.S.T.D와의 비교

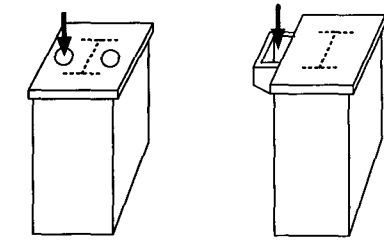


그림 3. 시스법

그림 4. 직접법

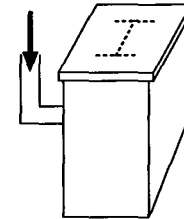


그림 5. 압입법

3. 실험방법

3.1 모의부재

본 실험은 H-400×200×7×11가 설치된 기둥에 실제상황과 같이 철근을 배근하고 거푸집을 조립한 후 직접법, 시스법, 압입법의 3가지 방법으로 콘크리트를 타설하여 500×600×2,000mm[그림 2]의 기둥시험체를 제작하였다. 시험체의 크기는 현장철골이 일본에서 가공되어 수입하는 관계로 사용하지 못하고 현장조건과 실정에 맞추어 결정하였다.

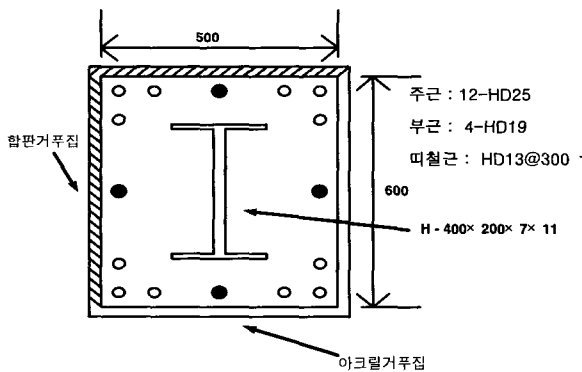


그림 2. 모의부재 단면

시스법[그림 3] 타설용에는 선타설 부분에 타설용 구멍과 진동 및 공기배출을 위한 2개의 구멍을 만들어 한 방향에서 콘크리트충전이 어려울 경우 반대방향에서 타설이 가능하도록 하였다. 직접법[그림 4] 타설용에는 깔대기 모양의 타설구를 설치하여 사용하도록 하였고 반대방향에 공기배출구멍을 만들어 놓았다. 압입법[그림 5] 타설용에서 하부에 타설구를 설치하면 타설압과 콘크리트중량에 의한 압력의 증가로 거푸집이 파손되기 쉬우므로 상부에 타설구를 설치하였고 상부 콘크리트 판과 거푸집의 접속부분 4면에 공기배출구를 설치하였다.

1) 충전상태 관찰

시스법, 직접법 및 압입법으로 타설하는 동안의 충전상태를 투명아크릴을 통하여 관찰하고 타설

구 방향의 콘크리트 높이와 반대편의 높이를 계속 기록하며 골재가 철골과 철근을 돌아들어 충전되어 가는 모습을 확인하였다. 충전높이 변화기록(사진 1)은 여러색의 색연필로 전체 높이를 단계별로 나누어 투명거푸집 면에 기록하였다.



사진 1. 충전현황 기록

2) 부위별 골재분포조사



사진 2. 코아공시체 채취

시스법과 직접법 및 압입법으로 타설한 500×600×2,000 mm 시험체를 28일간 현장양생 한 후에 (사진 2)와 같이 코아를 채취하여 타설된 콘크리트 상·중하 부위별 골재분포상태를 조사하였다. 코아 공시체는 타설 직하부에서 띠철근을 피하여 채취하였으며, 모든 공시체를 동일한 조건으로 하여 채취하였다.

3) JOINT부위 공극 상태조사

시스법, 압입법, 직접법 3종류의 타설방법에 의해 발생하는 역타설 JOINT 부위의 공극상태를 조사하기 위하여 각각의 기둥거푸집 상부에 콘크리트 뚜껑을 기둥과 분리할 수 있도록 설치하고 콘크리트를 역타설한 (사진 3)과 같이 분리시켜 joint면에 발생한 공극의 형태와 깊이와 면적등을 조사분석하였다.

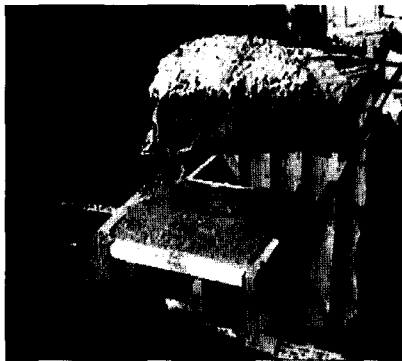


사진 3. 상부 콘크리트판 분리

4) 부위별 강도조사

철골과 철근이 콘크리트의 균질한 타설을 방해하고 진동다짐조건이 전단면에서 일정하지 못하므로 부위별 콘크리트의 강도는 일정하지 않을 것으로 판단되어 28일 현장 양생한 시험체에서 사진 5, 6, 7과 같이 코아를 채취하여 기둥의 부위별 강도를 측정하였다.

3.2. 실구조체 타설

실구조체 타설실험은 현장의 지하1층 일부분에서 1개의 기둥을 대상으로 하여 시스법으로 타설하였으며 콘크리트는 호칭강도 270kgf/cm², 굵은골재 최대치수 19mm, 슬럼프 15cm를 사용하였다.

실험기둥[그림 6] 선정시 철골이 기둥중앙이 아닌 편심배치된 기둥으로 선정하여 웨브와 철근배근이 복잡하고 충전이 어려운 부분으로 관찰하도록 하였다.

시스법은 상부 슬래브에 관통해 있는 구멍을 통하여(사진 4참조) 타설호스 끝을 대고 타설할 수 있고 반대방향의 구멍에서 진동을 가할 수 있어 작업효율과 안전성이 좋고 타설속도가 빨라 시공성이 양호한 것으로 나타났다. 직접법은 모의 시험체 타설에서는 별다른 문제가 발생하지 않았으나 실제의 경우에는 기둥주위에 작업발판을 설치해야만 하고 무거운 타설호스를 상부로 끌어올려 잡고있어야 하므로 인력을 증가시켜야 하며 호스의 이동 또한 어려워 위험성을 항상 내포하고 있었으며, 압입법은 하향타설에서는 양호하였으나 투입구 상

부의 콘크리트 압입시 과중한 압력의 발생으로 거푸집의 흔들림과 변화가 발생하였으며 1회에 완전히 타설해야만 하므로 차후 침하에 의한 공극을 처리할 수 있는 별도의 방안을 준비해 두어야 한다.

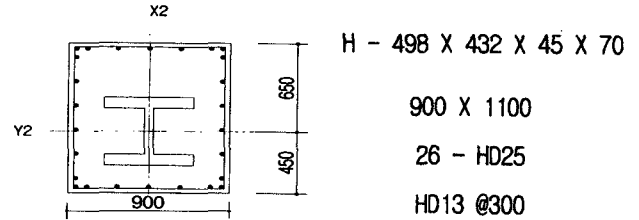


그림 6. 타설기둥배근도(단위 : mm)



사진 4. 타설구

3.3. 골재분포 상태분석

코아공시체를 타설구 방향과 반대방향에서 상, 중, 하로 채취하여 비교분석 해본 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 압입법(사진 5), 직접법(사진 6), 시스법(사진 7)에서 채취한 공시체 면을 비교해 보면 그다지 큰 변화는 찾을 수 없었다.



사진 5. 압입법

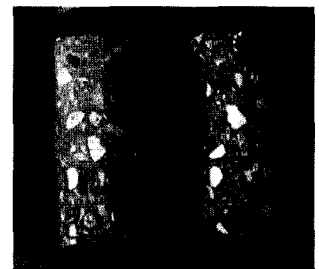


사진 6. 직접법

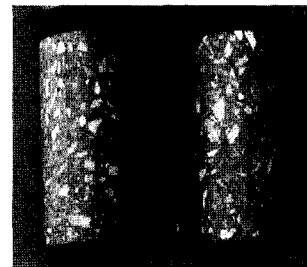


사진 7. 시스법

3.4 상부joint의 공극상태 분석

모의시험체 타설28일 후 상부 콘크리트판을 크레인으로 들어올려 해체하였다.

압입법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 5ton의 양중력으로 들어올려도 분리되지 않아 이음부분에 썰기를 박아 넣어 격리시킨 후 크레인으로 해체할 수 있었다. 타설구 반대편에 공기포들이 모여있으며(사진 8) 타설구 편에는 밀실하게 타설되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 타설구측에서 더 큰 타설압력을 받았기 때문으로 판단된다.

직접법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 크레인으로 아무런 저항없이 분리되어 거의 접촉되지 않았음을 확인할 수 있었으며 (사진 9)와 같이 전체면에 공기포가 분포되어 있고 상부 콘크리트 판과의 접착 흔적은 일부분에 한정되어 있었다. 이것은 옆에서 콘크리트를 수평으로 밀어넣는 방법으로 타설압력이 거의 작용하지 않았기 때문으로 판단된다.

시스법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 썰기를 박아 넣어도 분리되지 않아 충격을 가하여 아주 어렵게 분리할 수가 있었다. (사진 10)과 같이 타설구 방향에는 공기포가 거의 보이지 않았고 반대편에 공기포가 집중으로 몰려 있는 특징을 보이고 있다. 이것은 타설구의 강한 타설압력이 반대방향으로 공기를 밀어냈으나 진동구, 공기배출구로 빠져나가지 못한 공기포가 몰리면서 발생한 현상으로 판단된다.

세 종류의 타설법에 의해 발생된 공기포의 양을 측정하기 위해 공극별로 콘크리트에 물이 흡수되지 않도록 단시간에 채워나가 합산하여 공극량을 측정하였다. 물의 체적으로 공극량을 정밀하게 측정하기는 불가능하나 3가지 타설방법

에 동일한 조건으로 측정하여 각각을 비교하는데 한정하여 사용하였다. 시스법이 168cm³로 가장 적은 공극량을 나타냈고, 압입법은 175cm³이었으며, 직접법은 368cm³로 가장 많은 공극량을 나타냈다. 따라서 시스법이 공극량을 최소로 할 수 있는 타설법임을 알 수 있었다.

Joint부위의 공극조사에서 <표 1> 과 같이 직접법의 공극은 전단면적의 46%, 평균깊이는 0.26cm 시스법의 공극은 전단면적의 11%, 평균깊이는 0.49cm, 압입법의 공극은 전단면적의 9%, 평균깊이는 0.62cm를 나타내어 직접법에서 공극면적이 가장 크게 나타났고 압입법에서 가장 깊은 공극을 보이고 있다.



사진 9. 압입법



사진 10. 직접법

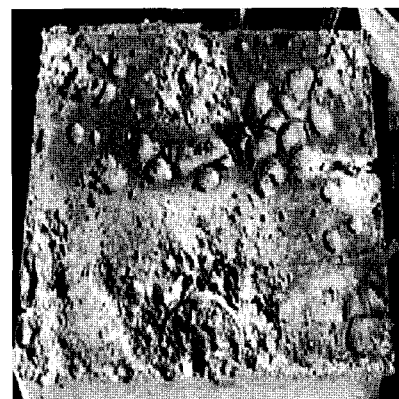


사진 11. 시스법

표 1. 타설방법별 공극분석

구 분	공극면적 (cm ²)	공극체적 (cm ³)	평균공극깊이 (cm)	비고
직접법	1388.78	368	0.26	공극넓다
시스법	340.16	168	0.49	-
압입법	280.06	175	0.62	공극깊다

또한, 시스법에서의 평균공극깊이는 압입법보다 낮은 수준이고 공극면적이 적은 직접법보다 상당히 적게 나타나고 있어 공극면적을 줄이고 공극깊이를 작게 할 수 있는 방법이 시스법이라고 판단된다.

이상에서와 같이 모든 방법에서의 공극 발생 이유는 평면상태의 JOINT에서 공기포가 미배출되는 현상에 기인하는 것으로 어떠한 타설법에서도 공기포 배출이 가장 큰 해결과제라고 할 수 있을 것이다.

3.5 강도분포 상태분석

공시체의 수가 위치별 1개씩으로 분석하기에 부족함이 있으나 부위별로 여러개의 공시체 채취하게 되면 배근된 철근을 포함하는 위치와 개수가 서로 다르게 되어 오차가 클 것으로 판단하였다.

여기서 이 단점을 보완하기 위하여 최초 230mm로 채취하여 절단기로 정확하게 200mm로 절단하고 다시 캐핑하여 수

직과 가압면을 최상의 상태로 조정하여 실험하였다.

타설방향과 반대방향의 상, 중, 하 부분에서 코아를 채취하여 강도를 측정해 본 결과는 표 2과 같다.

본 실험에 사용한 콘크리트는 호칭강도 270kgf/cm², 굵은골재 최대치수 19mm, 슬럼프 15cm로서 현장에서 실타설하고 있는 재료이며 타설전 슬럼프치는 16cm이었고, 공기량은 3.8%이었으며, 현장실험실에서 양생한 28일 강도는 평균 368kgf/cm²이었다.

표 2. 코아공시체 압축강도 측정결과 (단위 : kgf/cm²)

방법	시 스 법		직 접 법		압 입 법	
	타설방향	반대방향	타설방향	반대방향	타설방향	반대방향
상부	297	284	236	239	314	255
중앙	310	233	235	246	299	288
하부	353	306	286	256	334	283
평균	320	274	252	247	316	275
	297		250		296	

타설방법별로 강도를 측정해 본 결과, 타설방향에서의 상·하부 강도 차이가 시스템, 직접법, 압입법이 각각 56, 50, 28 kgf/cm²이었으며, 이것은 일반적으로 하부의 강도가 높게 나타나는 것과 유사한 경향을 보이고 있다.

시스템과 압입법은 직접법의 평균압축강도보다 높게 나타나고 있으며 대부분의 경우에서 타설방향 공시체가 반대방향에서 채취한 공시체보다 평균 11% 높은 강도를 나타내고 있어 1방향에서의 콘크리트 타설시 강도가 감소하므로 2방향에서 균등하게 타설해야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

현장에서 모의시험체의 충전현황을 관찰할 수 있도록 투명거푸집으로 제작하여 시스템, 직접법, 압입법으로 타설하면서 관찰하고 경화후 타설방법별로 상·중·하 부분의 코아를 채취하여 강도와 골재분포상태를 실험분석하였으며, 역타설 joint부분을 떼어내어 공극상태를 분석한 결과와 실구조체 타설현황을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 모의시험체 타설에서 압입법은 토출구 상부의 콘크리트를 밀어 올릴 때 거푸집의 움직임과 펌프카의 과부하로 타설에 어려움이 있었으며 직접법은 양면에 타설구를 두어야만 양호하게 타설할 수 있는 것으로 판명되었다. 그러나 시스템은 다른방법에 비하여 효율적으로 타설되었고 충전성도 양호하였다.
- 2) NSTD에서 시스템으로 실구조체를 타설하는 현황을 투명거푸집을 설치하여 조사한 결과 1, 2차로 나누어 타설하는 것이 한번에 전체를 타설할 때 일어나는 침하를 유발하지 않

고 완벽한 상, 하부 Joint이음이 되는 것으로 관찰되었으나 공기포로 인한 내부 공극의 유무는 확인이 불가능하였다. 따라서 이런 경우의 공극유무를 조사할 수 있는 검사장비가 개발되어야 할 것이다.

- 3) 타설방법별 상·중·하부의 코아 조사에서 골재의 분포상태는 전반적으로 균질하게 분포되어 있었으며, 코아 공시체에서 기동하부의 강도가 상부의 강도보다 높은 결과를 보이고 있다.
- 4) Joint 부위가 평면인 시험체의 공극조사에서 직접법은 가장 넓은 공극면적을, 압입법은 가장 깊은 공극깊이를 보이고 있고 시스템에서도 공극이 존재하고 있어 평면형태 이음은 공극발생이 필연적이므로 지양되어야 할 것이다.
- 5) 역타설시 공기포의 미배출로 인한 공극을 최소로 하기 위하여는 후타설 콘크리트가 충전되어 올라오면서 상부의 공기포를 외부로 배출되도록 하는 기구의 설치가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한국콘크리트학회, 콘크리트표준시방서, 기문당, 1999, pp. 147-150
2. 이영도 외, 역타설방법과 콘크리트종류에 따른 충전성 및 강도에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집(구조계), 2000.6, pp. 103-110
3. 한천구 외, 증점제를 이용한 고유동 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구, 대한건축학회학술발표논문집, 제16권 1호, 1996.4, pp. 481-484
4. 建築施工法ポケットブック, オーム社, 昭和 39
5. 左 貫 久 外 2人, 逆打ち工法の計劃と施工, 彰國社, 1998.3
6. 境 敏保 外 5人, 逆打ちコンクリート工法にける高流動コンクリートの壁への適用實驗, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1996.9, pp. 123-124