

역타기둥 이음부의 공기포 배출을 위한 실험적 연구

The Experimental Study on Deflation of Air for Top-Down Joint area

임형일* 이동하* 백민수** 박병근** 이영도*** 정상진****

Lim, Hyoun-Il Lee, Dong-Ha Back, Min-Soo Park, Beoung-Keon Lee, Young-Do Jung, Sang-Jin

ABSTRACT

The purpose of this study is to research a specific material characteristics of top down concrete at column joint and to reduce column joint opening. Based on the established top down study, the experiment to apply an real construction case is performed. When the concrete placed into joint of top down column, raised air bubble is left as opening. This study is examined the incomplete packing reason in the top down column and found to air deflation method.

The result of study is below

- (1) As the method to minimize column opening caused from confined air, it is required that an air exhaust port installation in joint column.
- (2) From air exhaust port installation, most of air bubble in column part is exhausted. As the concrete placing height is going up, air bubble size is going smaller.

1. 서론

역타공법에 대한 국내 연구는 시공사례를 중심으로 비교 분석하여 공기단축, 기동수직도 확보, 공기단축방안 및 굴토에 따르는 토압변화 등의 논문이 발표되었으나 역타설 콘크리트와 기둥이음 부분의 시공성능 향상에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그러나 외국에서는 기둥이음 부분의 콘크리트 완전충전을 위해 고유동 콘크리트를 이용한 Mock Up Test, 실구조체 타설 및 유효한 이음 경사각도 실험 등을 통하여 최적의 재료와 시공방법을 연구하고 있다.

본 연구의 목적은 역타설 공법 중 기둥 이음부분의 시공품질을 향상시키기 위해 이음부의 공극을 최소화 할 수 있는 타설방법을 제시하고자 한다.

2000년 가을 학술대회에서 발표한 선행연구에 따르면, 역타기둥 이음부 타설시 떠오르는 공기포들이 선타설 콘크리트면에서 외부로 배출되지 못하고 공극으로 남아 역타설 기둥의 이음부분에서 콘크리트가 완전하게 충전 되지 않는 이유를 실험을 통하여 규명하였다. 따라서 이러한 선행연구를 바탕으로 현장에서 시공되어지는 역타 공법의 방식과 본 연구에서 선정된 공기포 배출방식에 의한 실험을 실시하여 비교분석 한 후 그 성능을 검증하고자 한다.

* 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정
** 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정
*** 정회원, 경동대학교 건축공학부 교수
**** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

2. 실험계획

구의동 S사의 시공현장에서 사용되어지고 있는 배합으로 모의시험체 실험을 실시하여 기둥 이음부를 평면으로 하고 압입법, 직접법, 시스법으로 콘크리트를 타설하여 비교분석의 대상을 삼고자 하였다. (그림 1.1, 1.2, 1.3)

반면에 역타설 기둥의 이음부분에서 콘크리트가 완전하게 충전되지 않는 이유를 실험을 통하여 규명해 본 결과, 타설시 떠오르는 공기포들이 선타설 콘크리트면에서 외부로 배출되지 못하고 공극으로 남아있기 때문으로 판단되어 콘크리트 타설시 이음부분의 공기포를 배출하기 위하여 고안된 방법을 실제의 역타설 기둥과 동일한 상태에서 타설 실험하는 것으로 계획하였다. (그림 2.1, 2.2 참조)

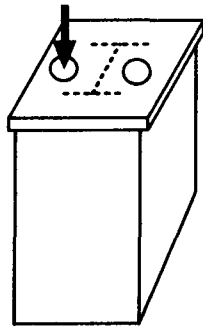


그림 1.1 시스법

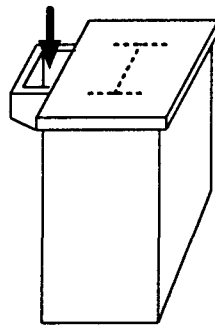


그림 1.2 직접법

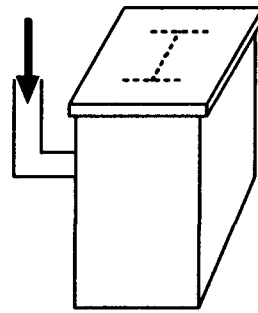


그림 1.3 압입법

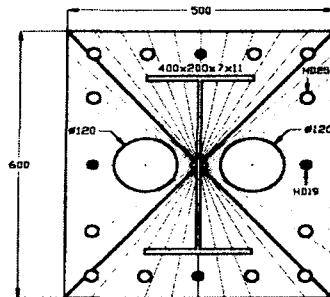


그림 2.1 시험체 평면도

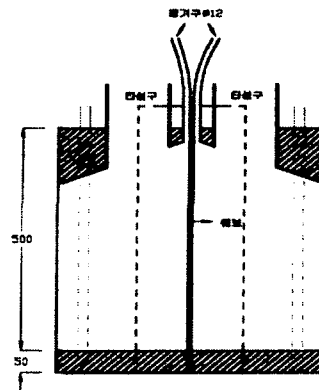


그림 2.2 시험체 단면도

3. 실험방법

3.1 현장타설

3종류(시스법, 직접법, 압입법)의 타설방법에 의한 이음부위의 공극상태를 조사하기 위하여 상부콘크리트 판을 기둥과 분리할 수 있도록 설치하고 경화 후 분리시켜 이음면을 관찰할 수 있도록 하였다. (사진 1)



사진 1 현장타설용 시험체

3.2 모의시험체 타설

본 실험은 콘크리트 타설시 역타기둥 이음부분의 공기포를 배출하기 위하여 고안된 방법을 실제의 역타설 기둥과 동일한 상태에서 타설 실험하여 공기포 배출효과를 확인하고 현장적용성을 검증하기 위하여 실시하였다.

모의시험체의 역타설 이음부분은 평면형태로 되어있어 떠오르는 공기포가 빠져나가지 못하고 모여서 큰 공극을 만드는 원인으로 판단되었다. 따라서 공기포를 한곳으로 유도할 수 있는 경사를 만들어 모인 공기포가 빠져나갈 수 있도록 배출구를 설치하였다. 또한 철골의 웨브가 중간을 막고 있어 2개의 배출구를 배치하여 이음면의 모든 공기포를 유도배출할 수 있도록 상부 선타설 콘크리트면을 기둥 축력의 전달에 지장이 없는 것으로 알려진 30° 경사각을 가진 사각뿔 형태가 되도록 제작하였다.

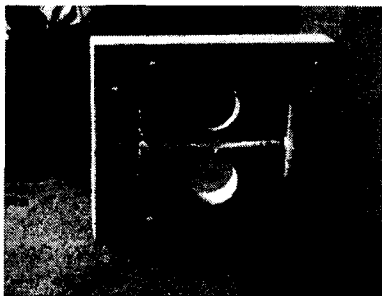


사진 2.1 상부면

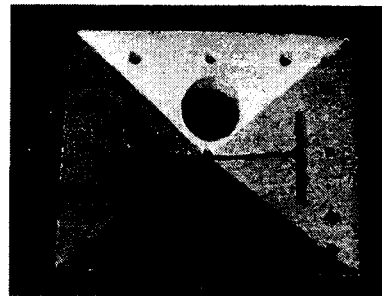


사진 2.2 하부면

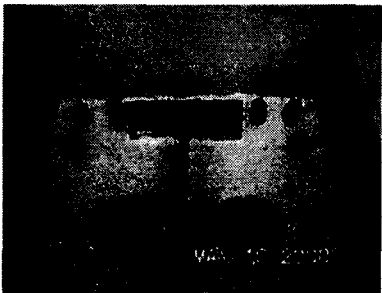


사진 2.3 철골, 철근 설치

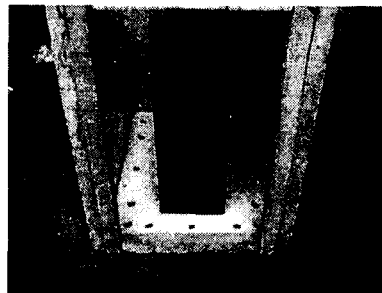


사진 2.4 바닥 철골고정

제작방법은 80mm두께의 스티로폴을 500×600mm로 절단하여 철골과 철근구멍을 열선으로 가공하고 대각선으로 4등분한 다음, 4개 부분을 1개씩 경사로 절단하였으며 집착하였다. 공극확인을 위해서는 이음부분을 떼어볼

수 있도록 만들어야 하므로 밀도가 높은 스티로폼을 (사진 2.1, 2.2)와 같이 가공하고 콘크리트 타설, 진동, 공기 배출용 스크립 설치와 H형강과 철근 고정용 관통구를 설치하였다.

거푸집(500×600×800mm) 하부에 철골, 철근 고정용 바닥판을 설치하고 상부에 가공된 스티로폼판을 고정하여 철골과 철근을 삽입하였으며 타설구와 공기배출구를 설치하고 실링하여 다른 부분으로 공기가 빠져나가지 않도록 하였다. (사진 2.3, 2.4)

콘크리트 타설높이에 따른 공극상태를 비교하기 위하여 0m, 0.5m, 1m로 높이를 구분하여 타설하였으며 사용된 콘크리트는 호칭강도 270kgf/cm², 굵은골재 최대치수 19mm, 슬럼프 15cm로 모의시험체와 같이 충분한 다짐을 실시하였고 [사진 3.1, 3.2참조] 시험체 중 1개의 거푸집에 투명아크릴을 설치하여 철골, 철근이 설치된 기둥의 콘크리트 충전상태를 확인할 수 있도록 하였다.



사진 3.1 타설구와 공기배출구



사진 3.2 높이별 타설

4. 실험결과

모의시험체 타설28일 후 상부 콘크리트판을 크레인으로 들어올려 해체하여 확인한 결과, 압입법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 (사진 4.1)과 같이 타설구 반대편에 공기포들이 모여있으며 타설구 편에는 밀실하게 타설되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 타설구측에서 더 큰 타설압력을 받았기 때문으로 판단된다.

직접법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 (사진 4.2)와 같이 전체면에 공기포가 분포되어 있고 상부 콘크리트 판과의 접촉 흔적은 일부분에 한정되어 있었다. 이것은 옆에서 콘크리트를 수평으로 밀어넣는 방법으로 타설압력이 거의 작용하지 않았기 때문으로 판단된다.

시스법으로 타설한 시험체의 콘크리트 상부판은 (사진 4.3)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.

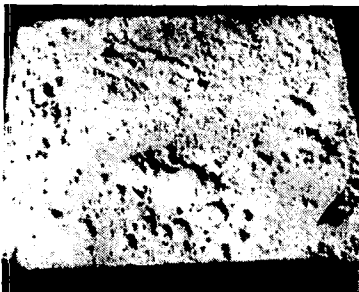


사진 4.1 압입법

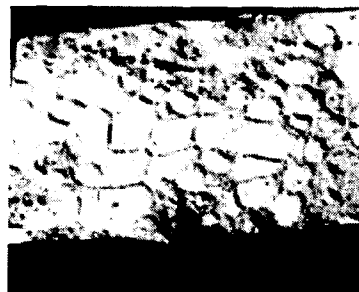


사진 4.2 직접법



사진 4.3 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

세 종류의 타설법에 의해 발생된 공기포의 량을 측정하기 위해 공극별로 콘크리트에 물이 흡수되지 않도록 단시간에 채워나가 합산하여 공극량을 측정하였고, 공극면적을 측정하기 위하여 방안지에 공극모양을 그려넣어 면적을 계산한 결과 직접법 1388.78cm², 시스법 340.16cm², 압입법 280.06cm²로 나타났다.

이음부위의 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.

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

거푸집을 탈형하고 선타설 콘크리트 역할을 한 스티로폼을 제거한 후 공극상태를 확인한 결과 경사각 및 공기배출구를 설치하지 않은 모의시험체의 공극상태와 비하여 대부분의 공기포는 제거된 상태를 보이고 있었다.

이음면이 경사이고 철골과 철골이 배치되어 있어 공극량조사는 불가능하였으나 육안으로도 공기포가 대부분 제거되어 있음을 판단할 수 있었으며 약간의 부분에서 미세한 공기포가 관찰되었다.

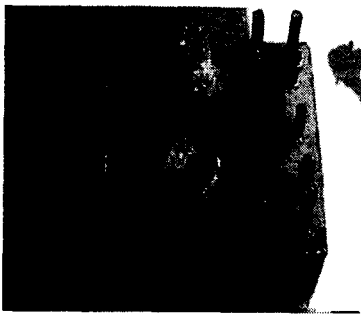


사진 5.1 이음면 상태 (0m)

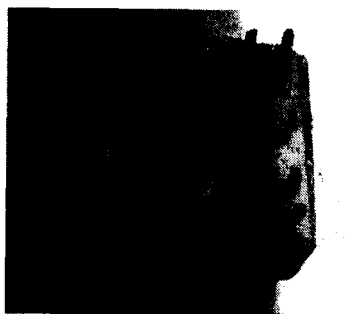


사진 5.2 이음면 상태 (0.5m)



사진 5.3 이음면 상태 (1.0m)

타설높이 0m (사진 5.1)에서는 미세공기포가 전면적으로 분포되어 보이고 있으나 많은 양은 아니었고, 타설높이 0.5m (사진 5.2)에서는 웨브의 뒷부분에서 미세공기포가 약간 보이고 있었으며 타설높이 1m (사진 5.3)에서는 시험체 옆면의 상태와 유사한 정도의 미세 공기포를 보이고 있다.

<표 2> 공기포 배출실험결과

타설높이 \ 구분	공극면적(m ²)	공극체적(cm ³)	평균공극깊이(cm)	전단면적/공극면적
0m	37.35	12.6	0.34	1.26%
0.5m	18.10	5.9	0.33	0.6%
1.0m	15.85	5.5	0.35	0.53%

타설높이 0.5m와 1m에서의 미세공기포 분포는 웨브 부분에서 유사한 양상을 보이고 있으나, 타설높이 0.5m의 경우에 플랜지 뒷부분에서 미세공기포가 조금 더 관찰되고 있어 타설높이 1m의 경우가 높은 타설압력의 작용으로 공기배출에 효과적임을 알 수 있었다. 공극의 크기는 높이 0m에서 5mm로 가장 크고 타설높이 0.5m와 1m에서는 3mm가 가장크게 관찰되었으며, 전반적으로 플랜지 뒷면에서 큰 공기포가 발견되었다. <표 2> 에서와 같이 타설높이 0m에서 공극면적이 전단면적의 1.26%로 모의 시험체 시스법의 1/10정도로 감소되었다.

이상의 실험체에서와 같이 공기배출 기구를 설치하고, 콘크리트 타설구를 1m 정도 높게 설치하여 타설압력을 증대시킨다면 공기포의 대부분을 배출시킬 수 있어 기둥 이음부위의 그라우팅 등의 비용을 절감할 수 있고 시공 품질의 향상이 가능 할 것으로 판단된다.

5. 결론

역타설 기둥 이음부분을 떼어내어 공극상태를 분석한 결과와 공기포 미배출로 인한 공극을 최소화 하기 위한 방법을 제시하고 실험체를 제작하여 조사분석한 후 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 이음부위가 평면인 시험체의 공극조사에서 직접법은 가장 넓은 공극면적을, 압입법은 가장 깊은 공극깊이를 보이고 있고 시스법에서도 공극이 존재하고 있어 평면형태 이음에서는 공극이 발생하고 있음을 알 수 있었다.

(2) 현장실험의 시험체에서와 같이 역타설시 배출되지 못한 공기포로 인한 공극을 최소화 하기 위한 방법으로 후타설 콘크리트가 충전되어 올라오면서 모여지는 공기포를 외부로 배출하는 배기구의 설치가 요구된다.

(3) 공기포 배출기구를 설치하여 타설한 실험에서 대부분의 공기를 배출시킬 수 있었으며 발견되고 있는 공기포 크기는 타설높이가 높아짐에 따라 작아지고 있어 제안된 방법을 실제시공에 적용한다면 품질향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 공기포 제거실험에서 타설높이 1m의 경우에는 미세공기포만이 발견되어 역타설 시공에 적용할 경우 시공 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 콘크리트 배합, 철골과 철근의 배치상태에 따라 공극상태가 상이하게 나타나므로 이에 대한 추가연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 정상진 외, 건축재료실험, 형설출판사, 1995.2
2. 이영도, 「역타설공법에서 기둥 이음부의 품질향상에 관한 연구」, 단국대학교 박사학위 논문, 2000.3
3. 신진수, TOP-DOWN 공법, 기술공영 제5호, 1997.3
4. 정희원, TOP-DOWN 공법의 시공사례 (II), 럭키개발건설기술 제3호, 1992.1
5. 최응규 외, 합성강관 충전용 고강도-초유동 콘크리트의 현장적용에 관한 연구, 한국콘크리트학회 봄 학술 발표논문 제8권 1호, 1996
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
7. 柿崎正義 外 4人, 逆打ちコンクリート工法に伴う地下階柱・壁への高流動コンクリートの適用, 日本建築學會 會技術報告集 第1号, 1995.2
- 左貫 久 外 2人, 逆打ち工法の計劃と施工, 彰國社, 1998.3
8. ACAA, 『Fly Ash Facts for Highway Engineerings』 FHWA-SA-94-081, August 1995