

시공단계에 따른 RC공동주택의 동바리 하중 계측

Field Instrumentation of Load of R/C Apartment under Construction according to Construction Stage

오재근* 강수민* 김옥종*
Oh, Jae Keun Kang, Su Min Kim, Ook Jong

ABSTRACT

Recently, according to the increasement of high-rise building construction and domestic situation, requirements of rapid cycle construction are increasing. For more economical and rapid cycle construction, it is required to reduce formwork cost. So formwork have to be stripped as soon as possible. But as fresh concrete is loaded with construction load, it is likely that the structure will have problems with safety and serviceability. To reduce construction cycle economically, safety and serviceability of structure against construction load have to be considered. But as behavior of structure under construction is so complicated, behavior of structure has to be investigated according to construction stage. Therefore, through field instrumentation of apartment, behavior of structure under construction was analyzed.

요 약

최근 초고층 건축물뿐만 아니라 공동주택에서도 공기단축에 대한 요구가 증가하고 있다. 골조공기단축을 경제적으로 하기 위해서는 철근콘크리트 공사에서 40%정도를 차지하는 거푸집공사 비용을 줄이는 것이 중요하다. 경제적인 거푸집공사를 위해서는 적은 거푸집 별수로 전용회수를 늘리고 동바리 지지층수를 줄이는 것이 유리하므로 강도발현 이전에 거푸집을 탈형하고 동바리를 제거한다. 그런데 시공단계의 진행에 따라 시공 중인 구조물에 시공하중이 가해지게 된다. 이러한 시공하중은 시공단계에 따라 변화하고 경우에 따라 과도한 시공하중이 아직 굳지 않은 콘크리트에 가해지므로 시공 중인 구조물의 안전성 및 사용성에 영향을 줄 수 있다. 보다 안전하고 경제적인 공기단축을 위해서는 이러한 시공 중인 구조물의 거동을 합리적으로 예측하여 적절한 가설계획을 세울 수 있어야 하고 이를 위해서는 우선 시공단계에 따른 구조물의 거동이 어떻게 변하는지를 조사해야 한다.

따라서 본 연구에서는 시공 중인 공동주택 가운데 바닥면적이 넓은 1세대를 선정하고 현장계측을 수행하였다. 동바리 하중 변화를 측정하기 위하여 동바리의 하부에 로드셀을 설치하였고 10층 거푸집 설치 단계부터 11층 동바리 제거단계까지의 시공단계의 진행에 따라 동바리의 하중변화를 계측하고 이를 분석하였다.

* 정회원, 대림산업(주) 건축연구지원팀 연구원

1. 서론

최근 고층건축물의 증가와 선시공·후분양제의 시행 등으로 공기단축에 대한 요구가 증대되고 있다. 공기단축을 위해서는 골조공기 단축이 중요하다. 그런데 골조공기 단축 시 시방서에서 지정하는 거푸집 탈형 시기에 맞추어 가설계획을 세울 경우 거푸집 벌수나 동바리 지지층수가 많아지므로 경제성이 떨어지게 된다. 따라서 보다 경제적인 시공을 위해서는 적은 거푸집 벌수로 전용회수를 늘리는 것이 경제성에 유리하므로 강도 발현 이전에 거푸집을 탈형하고 동바리를 제거한다. 이 때 콘크리트를 타설하게 되면 이를 지지하고 있는 슬래브는 아직 굳지 않은 상태에서 시공하중이 가해지게 되어 시공 중인 구조물의 안전성과 사용성에 영향을 줄 수 있다. 건축물 시공 시, 보다 안전하고 경제적인 공기단축을 위해서는 시공하중에 대한 구조물의 안전성 및 사용성에 대한 검토가 선행되어야 한다. 그런데 시공 중인 건물은 부재간 재령이 다르다는 점, 시공단계에 따른 하중 변화 등으로 인해 거동이 복잡해진다. 그러므로 안전성 및 사용성에 대한 검토를 올바르게 하기 위해서는 시공 중인 구조물의 시공단계에 따른 복잡한 거동을 잘 예측할 수 있어야 하고 이를 위해서는 시공 중인 구조물의 현장계측을 통하여 시공단계에 따른 거동에 대한 분석이 선행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 시공 중인 공동주택 현장의 현장계측을 수행하여 시공단계에 따른 구조물의 거동 변화에 대한 데이터를 수집하였다. 또한 현장계측에서 수집된 데이터를 바탕으로 시공단계에 따른 구조물의 거동을 분석하여 추후 시공 중인 구조물의 거동을 잘 예측할 수 있도록 도움을 주고자 하였다.

2. 대상현장 선정 및 계측계획

대상건물은 시공 중인 벽식구조 아파트에서 바닥면적이 넓어 시공단계에 따른 시공하중과 처짐 변화 경향이 잘 나타날 것으로 예상되는 1개동(188.8m³)을 선정하였다. 평면상 계측위치는 구조해석을 통하여 처짐이 크게 발생될 것으로 예상되는 지점의 동바리를 선정하여 그림 1과 같이 동바리의 하부

표 1 계측기간의 일별 공정(2007.8.31~2007.10.9)

날짜	요일	시공 단계	작업	날짜	요일	시공 단계	작업
08/31	금	11-1	11층 바닥 배근	09/20	목	13-2	13층 콘크리트 타설(15:00~18:00)
09/01	토	11-2	11층 콘크리트 타설(13:30~16:30)	09/21	금	13-3	12층 벽폼 탈형
09/02	일	×	작업 없음	09/22	토	13-4	13층 갱폼 인양
09/03	월	11-3	10층 벽폼 탈형 및 11층 갱폼 인양	09/23	일	×	작업 없음
09/04	화	11-4	11층 벽 배근	09/24	월	×	작업 없음
09/05	수	11-5	11층 벽폼 조립	09/25	화	×	작업 없음
09/06	목	11-6	11층 벽/슬래브폼 조립, 8층 동바리 제거	09/26	수	×	작업 없음
09/07	금	11-7	11층 슬래브폼 조립	09/27	목	13-5	13층 갱폼 인양
09/08	토	12-1	12층 바닥 배근	09/28	금	13-6	13층 벽 배근
09/09	일	×	작업 없음	09/29	토	13-7	13층 알폼 조립 준비
09/10	월	12-2	설비/검측, 12층 콘크리트 타설(16:00~19:00)	09/30	일	×	작업 없음
09/11	화	12-3	11층 벽폼 탈형 및 갱폼 인양	10/01	월	13-8	13층 벽/슬래브폼 조립, 10층 동바리 제거
09/12	수	12-4	12층 벽 배근	10/02	화	13-9	13층 슬래브폼 조립
09/13	목	×	작업 없음	10/03	수	14-1	14층 바닥 배근
09/14	금	12-5	12층 벽폼 조립	10/04	목	14-2	14층 콘크리트 타설(13:30~16:30)
09/15	토	12-6	12층 벽폼 조립, 9층 동바리 제거	10/05	금	14-3	13층 벽폼 해체, 14층 갱폼 인양, 벽 배근
09/16	일	×	작업 없음	10/06	토	14-4	벽 배근, 14층 벽폼 조립
09/17	월	12-7	12층 슬래브폼 조립, 13층 바닥 배근	10/07	일	×	작업 없음
09/18	화	×	작업 없음	10/08	월	14-5	14층 벽/슬래브폼 조립 및 11층 동바리 제거
09/19	수	13-1	13층 바닥 배근	10/09	화	15-1	15층 바닥 배근

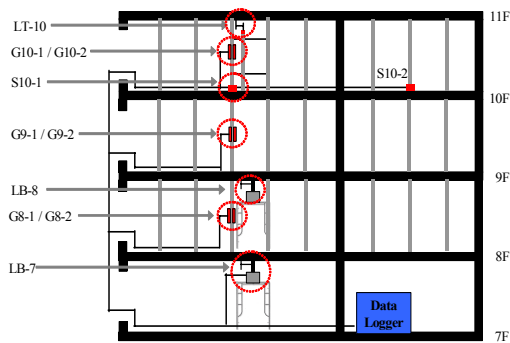


그림 1 전체 세팅상세도(11층 슬래브 타설단계)

상층 슬래브에 적재하고 배근하는 단계, 동바리가 제거되는 단계에서 하중이 크게 변화하는 것으로 나타났다.

표 2는 기준에서 제시하는 시공하중의 크기(ACI 347)와 각 층 동바리의 로드셀에서 계측된 최대하중을 시공하중별로 나타낸 것이다. 타설 시 계측된 각 층의 콘크리트 자중은 대체적으로 비슷한 크기를 보이고 있고 철근 적재하중은 층별로 큰 차이를 나타내고 있었다. 이것은 콘크리트 자중의 경우는 타설 시 거의 등분포하중으로 존재하여 계측된 하중이 어느 정도 유사한 값을 나타낼 수 있지만 철근 적재하중은 집중하중의 형태로 부분적으로 재하되는 것이므로 철근의 적재량이 일정하더라도 철근이 적재되는 위치에 따라 하중이 전혀 계측되지 않거나 다른 값을 나타낼 수 있기 때문이라고 판단된다.

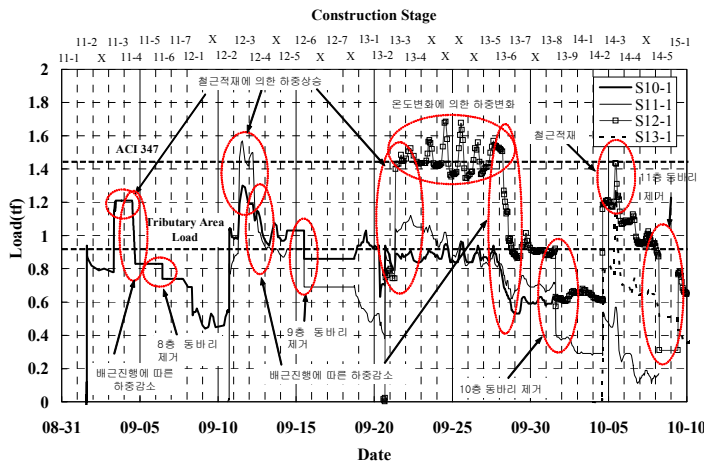


그림 2 동바리 하중 변화

표 2 동바리 하중 계측값

(단위 : tf)

	ACI 347	S10-1	S10-2	S11-1	S11-2	S12-1	S12-2	S13-1	S13-2
콘크리트 자중*	0.92	0.84	0.78	0.8	0.71	0.75	0.69	0.8	0.87
작업하중*	0.46	0.14	0.09	0.05	0.07	0.09	0.03	0.01	0.1
거푸집 하중*	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-
철근 적재하중**	-	0.42	-	0.69	-	0.66	-	0.49	-

* : 동바리의 바로 상부층 콘크리트를 타설할 때 측정된 값.
예) S10-1의 콘크리트 자중은 11층 콘크리트 타설 시 측정.

** : 동바리의 바로 상부층에 하중이 재하되었을 때 측정된 값.
예) S10-1의 철근 적재하중은 11층 슬래브에 철근 적재 시 측정.

에 로드셀(S10-1, S10-2)을 설치하여 시공단계에 따라 동바리에 전달되는 시공하중변화를 측정하였다. 그리고 S1구간의 동바리는 동바리의 중앙에 스트레인 게이지(Strain Gauge)를 부착하였고 최상부 층과 동바리가 설치된 최하부층에는 LVDT를 설치하여 슬래브의 처짐을 측정하였다.

3. 계측결과 및 분석

그림 2에서 S10-1~S13-1은 10층~13층에 설치된 동바리 하부의 로드셀에서 계측된 시공단계에 따른 S1구간의 동바리 하중변화를 보여주고 있다. 그림의 상부에는 표 1의 시공단계를 나타내었다. 대체적으로 콘크리트를 타설하는 단계, 벽 철근을 최

표 2에서 콘크리트 자중의 경우 ACI 347에 의한 값보다 계측값이 약 9%정도 작은 값을 나타내고 있다. 이러한 차이는 동바리나 거푸집의 설치상태에 따라 분배되는 시공하중이 달라지기 때문인 것으로 판단된다. 작업하중은 계측된 최대작업하중이 기준에 의한 작업하중의 최대 약 30%의 크기로 계측되었다. 이는 우선 동바리 1개로 계측할 수 있는 범위가 제한되어 있는 한계가 있고 국외의 경우와 달리 대상현장의 경우 타설 시 인원이나 장비가 많이 동원되지 않았으며 기준에서 제시하는 하중 자체에 어느 정도 안

전율이 고려되었기 때문으로 판단된다. 거푸집 하중의 경우는 설계기준에 의한 값에서 제시하는 것과 같이 그 값이 다른 시공하중에 비하여 매우 작아 계측값에서 거의 나타나지 않았으므로 계측값에서 제외하였다.

타설 이후의 다른 공정에서도 기준에서 제시하는 타설단계에서의 시공하중 이외에 예상보다 큰 하중으로 철근 적재하중과 온도하중이 계측되었다. 철근 적재하중의 경우는 콘크리트 자중과는 달리 콘크리트가 어느 정도 강도발현이 이루어진 상태에서 재하가 이루어졌으므로 계측된 철근 적재하중은 최상층 슬래브에서 어느 정도 하중을 부담하고 남은 값이 계측된 값이다. 그러므로 실제 철근 적재하중은 표 2에 제시된 값보다 더 클 것으로 판단된다. 철근의 적재하중은 계측결과에서 나타난 바와 같이 콘크리트 자중의 최대 약 88%의 값이 계측되었다. 기준에서 작업하중이 콘크리트 자중의 50%임을 감안할 때 이는 매우 큰 하중이라 판단된다. 그림 2에서 대체적으로 매일 규칙적으로 하중의 등락이 반복되는 현상이 계측되었다. 이는 하중 변화의 패턴과 낮과 밤의 온도변화의 패턴이 유사한 것으로 보아 온도차에 의한 하중으로 판단된다. 따라서 시공 중 일교차가 큰 환경에서 층당골조공기를 2~4일로 시공할 경우 철근 적재하중 및 온도하중은 구조물의 안전성 및 사용성에 영향을 줄 수 있으므로 안전한 시공을 위해서는 가설계획 시 이를 고려해야 한다고 판단된다.

그림 2에서 기준에 의한 시공하중과 계측된 시공하중의 비교를 위하여 타설단계만을 비교해 보았다. 각 층에서 계측된 하중과 ACI 347 설계하중값 및 Tributary Area Load(1개의 동바리가 부담하는 시공하중 중 콘크리트 자중)를 비교했을 때 Tributary Area Load는 계측값에서 콘크리트 자중보다는 최대 동바리 하중(콘크리트 자중+작업하중+거푸집 하중)과 대체적으로 일치하는 것으로 나타났고 ACI 347 설계하중은 최대 동바리 하중을 약 48~100%정도 과대평가하는 것으로 나타났다. 따라서 기준의 시공하중은 대상현장의 시공하중을 크게 과대평가하는 것으로 판단된다.

4. 결 론

건축물 시공에 있어서 보다 안전하고 경제적인 공기단축을 위해서는 시공하중에 대한 구조물의 안전성 및 사용성에 대한 검토가 선행되어야 한다. 이를 위해서는 시공 중인 구조물의 시공단계에 따른 거동을 잘 예측할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 시공하중에 대한 시공 중 구조물의 거동을 예측하는데 도움을 줄 수 있도록 현장계측을 수행하여 시공 중 구조물의 시공단계에 따른 거동을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 동바리 하중을 분석한 결과, 콘크리트를 타설하는 단계, 벽 철근을 최상층 슬래브에 적재하고 배근하는 단계, 동바리가 제거되는 단계에서 하중이 크게 변화하는 것으로 나타났다.
- (2) 콘크리트 자중의 경우 ACI 347에 의한 예상값보다 계측값이 약 9%정도 작은 값을 나타냈다. 이는 동바리나 거푸집의 설치상태에 따라 분배되는 시공하중이 달라질 수 있기 때문으로 판단된다. 작업하중은 ACI 347에 의한 값에 비하여 최대 약 30%의 하중이 계측되었고 거푸집 하중은 거의 계측되지 않았다.
- (3) 타설단계 이외의 시공단계에서 예상보다 큰 하중으로 철근 적재하중과 온도하중이 측정되었다. 따라서 온도차가 큰 환경에서 층당골조공기를 2~4일로 시공할 경우 구조물의 안전성 및 사용성에 문제가 발생할 수 있으므로 안전한 시공을 위해서는 가설계획 시 철근 적재하중 및 온도하중에 대한 추가적인 고려가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. American Concrete Institute, "Guide to Formwork for Concrete", ACI 347-04, Detroit, Mich.
2. 한국콘크리트학회, "콘크리트 표준시방서 해설", 2003
3. Grundy, Paul, and Kabaila, A., "Construction Loads on Slabs with Shored Formwork in Multistory Buildings", ACI Journal, Proceedings V.60, No. 12, Dec. 1963, pp.1729~1738