Journal of the Korea Concrete Institute
Vol. 26, No. 3, pp. 385~392, June, 2014
http://dx.doi.org/10.4334/JKCI.2014.26.3.385

동바리 되세우기를 실시한 다층 건축구조물 바닥판의 시공하중 평가

천성철 [1] · 탁소영 [2] · 이성호 [2] · 소광호 [3] · 하태훈 [2]*

[1] 목포대학교 건축공학과, 건축기술융합연구소 [2] 대우건설기술연구원 [3] 원광대학교 건축공학과

Evaluation of Construction Loads of Slabs and Shores with Removing Shores and Placing Reshores

Sung-Chul Chun,[1] So-Young Tak,[2] Sung-Ho Lee,[2] Kwang-Ho Sho,[3] and Tae-Hun Ha[2]*

[1]Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

[2]Daewoo Institute of Construction Technology, Daewoo E&C Co., Ltd., Suwon 440-210, Korea

[3]Dept. of Architectural Engineering, Wonkwang University, Jeonbuk 570-749, Korea

ABSTRACT Reshoring makes slab deflect and support its own weight. The construction loads on the slabs in lower levels decrease using the reshoring. Simplified analysis proposed by ACI 347.2R-05 showed that if the reshoring is applied, construction loads on slabs and shores, and quantities of forms and shores decreased by 40%, 23%, 40%, and 50%, respectively. Shores' loads were comparatively measured on site. The measured reshore load was half of the load before removing the shores and was also lower than the measured shore load by 35%. To verify the safety of the reshoring, deflections of beams and strains of beam longitudinal bars were also measured. The maximum deflection was only L/5000 and the maximum bar strain was only 3.6% of the yield strain. Consequently, reshoring neither cause problems on the safety nor serviceability. In addition, the beam load was expected from the measured shores' loads and it coincides well with the predicted value by the simplified analysis of ACI 347.2R-05.

Keywords : construction load, shore, reshore, site measurement, supporting load

1. 서 론

철근콘크리트 건축 구조물의 건설에서 수평부재 시공하중은 타설되는 층 아래 최소 3개 층 이상으로 분산 지지된다.[1] 건설 기술의 발달과 급속시공에 대한 요구로 동바리 존치기간 단축에 대한 관심이 증대하고 있으나, 동바리의 조기 해체는 건설 공사 사고의 가장 큰 원인으로 인식되고 있다. 콘크리트 타설 중 동바리 붕괴 사고를 방지하기 위한 일반적인 공법은, 동바리 존치기간을 지지하는 바닥판의 콘크리트 재령 28일까지 유지하거나, 거푸집 제거가 필요한 경우 필러 동바리를 사용하여 동바리는 유지한 상태로 거푸집만 제거하는 방법이다.

동바리 되세우기 공법[2]은, 타설되는 층의 바로 아래 바닥판을 지지하는 동바리를 임시 제거한 후 다시 동바리를 설치하는 방법이다. 동바리 되세우기 공법을 통해 바닥판이 자신의 하중을 스스로 지지하게 유도함으로써 아래 층 바닥판의 시공 하중을 경감시켜 시공 중 안전성을 향상시킬 수 있다.[3] 또한 되세우기 과정에서 거푸집을 제거할 수 있고, 필요한 위치와 수량으로 동바리를 재배치함으로써 가설재 물량 절감을 기대할 수 있다. 그러나 2013년 개정 이전까지 건축공사표준시방서[4]에서는 동바리 되세우기를 원칙적으로 금지하고 있으며, 건설 현장에서 거의 적용되지 않고 있다. 동바리 되세우기 공법이 적용되지 않는 가장 큰 이유는 초기 재령에서 동바리를 제거할 경우 바닥판 콘크리트에 균열 또는 유해한 손상이 야기될 것을 우려하기 때문이다.

시공하중 평가에 관한 연구는 해석적 방법[2,3,5-8]과 현장계측[9,10]으로 진행되어 왔는데, 동바리 되세우기에 의한 시공하중 저감 효과는 주로 해석적 연구[2,3]가 수행되었다. 이 연구에서는 시공 중인 다층 건축물에 대해 동바리 되세우기를 실시한 구역과 실시하지 않은 구역의 동바리 하중을 계측 비교함으로써 동바리 되세우기에 따른 시공하중의 저감을 검증하였다. 또한 되세우기를 실시한 동바리가 지지하는 보의 처짐과 주철근의 변형률을 계측하여 되세우기 적용 과정에서의 안전성을 확인하였다.

*Corresponding author E-mail : taehun.ha@gmail.com
Received April 18, 2014, Revised May 17, 2014,
Accepted June 2, 2014
ⓒ2014 by Korea Concrete Institute

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2. 동바리 되세우기 효과

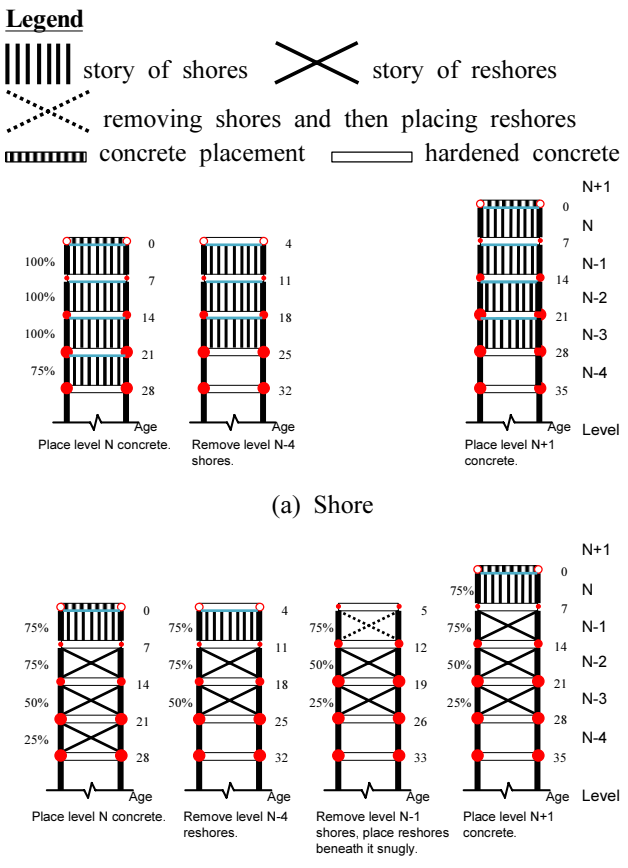
되세우기 없이 동바리를 계속 존치하는 경우와 되세우기를 실시한 경우의 시공과정을 Fig. 1에서 보여주고 있다. 1층 공사기간을 7일로 설정하고 N층 바닥판 콘크리트를 타설할 때 하부 4개 층에 동바리가 존치하는 것으로 가정하였다. Fig. 1(a)는 되세우기 없이 동바리를 지속적으로 존치시키는 경우(이하 Shore)로, N층 바닥판 콘크리트 재령 4일에 N-4층 동바리를 제거한다. Fig. 1(b)역시 N층 바닥판 콘크리트 재령 4일에 N-4층 동바리를 제거하는 것은 동일하지만, 재령 5일에 N층 바닥판을 지지하는 N-1층 동바리를 제거하고 거푸집을 해체한 후 다시 동바리를 설치하는 방법(이하 reshore)이다.

각 경우에 대하여 N층 바닥판에 작용되는 시공하중과 N-1층 동바리의 시공하중을 ACI 347.2R-05[2,5]의 단순해석 방법에 의해 평가하여 Fig. 2에 나타내었다. 여기서, 시공하중의 크기는 바닥판 고정하중(D, dead load)의 배수로 표현하였으며, 작업하중은 0.4D, 가설재 하중은 0.1D로 가정하였다. 작업하중은 콘크리트 타설일 하루 동안만 존재하며, 가설재 하중은 지속적으로 작용하지만, 되세우기를 할 때에는 제거되는 것으로 가정하였다.

바닥판에 작용되는 시공하중은 shore의 경우 재령 28일에 2.30D이며, reshore는 재령 7일에 1.38D로 평가되었다. 되세우기를 실시하지 않을 경우 신설되는 층의 하중이 하부 층으로 지속적으로 누적되어 동바리가 설치된 최하층의 바닥판에 가장 큰 하중이 작용됨을 알 수 있다. 활하중이 고정하중의 65%인 구조물의 설계하중은 2.24D (=1.2D+1.6L=1.2D+1.04D)이므로, shore의 최대 시공하중인 2.3D는 설계하중을 상회할 수도 있는 매우 높은 하중이다. 구조물의 초과강도와 해석에서 무시된 접합부의 회전강성 및 수직부재로의 하중 분배를 고려하면 구조물이 파괴에 이르지는 않겠지만, 사용하중을 훨씬 상회하여 다수의 균열 발생이 예상된다.

재령 4일에 N-4층 동바리를 제거하고, 재령 5일에 N-1층 동바리를 되세우는 reshore에서는 각 층의 바닥판이 항상 동일한 크기의 최대 시공하중을 갖는다. 즉, 되세우기에 의해 각 층 바닥판은 자신의 하중을 스스로 지지하고, 신설되는 바닥판 하중을 4개 층 바닥판이 분산하여 지지한다. 되세우기를 실시하는 것이 바닥판에 작용되는 최대 시공하중을 감소시키지만, 초기 재령에서 높은 하중이 작용되는 문제점이 있다.

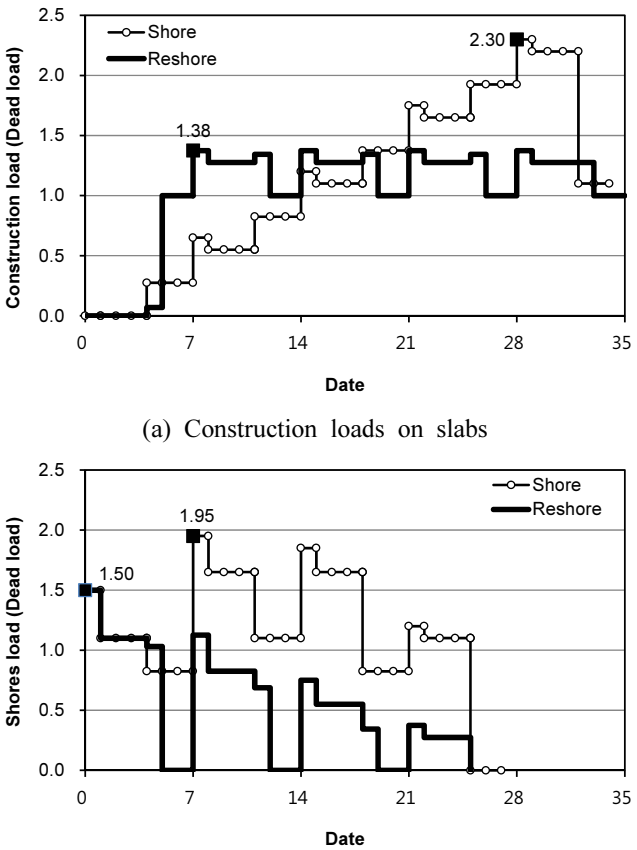
N-1층 동바리에 작용되는 시공하중 이력을 Fig. 2(b)에서 보여주고 있다. 바닥판 시공하중과 마찬가지로 되세우기를 하지 않은 shore의 경우 N-2층에 가장 큰 시공하중 1.95D가 작용하였으며, 되세우기를 실시하면 콘크리트가 타설되는 층을 지지하는 동바리에 최대 1.50D의 시



(a) Shore

(b) Reshore

Fig. 1 Comparison of construction schemes



(a) Construction loads on slabs

(b) Shores' loads

Fig. 2 Construction loads according to construction schemes

공하중이 작용되었다.

동바리에 작용되는 시공하중을 근거로 필요한 동바리 수량을 산출하여, Fig. 1의 각 그림 맨 좌측에 표현하였다. 여기서, 1개 층의 동바리는 최대 2.0D를 지지하며, 층당 동바리 수량을 25%, 50%, 75%, 100%의 4단계로 구분한다고 가정하였다. Fig. 1(a)의 되세우기를 하지 않을 경우에는 N-4층만 75%의 동바리가 소요되므로, 총 3.75벌의 동바리가 필요하다. N-1층에 작용되는 하중은 1.5D로 75%의 동바리만 필요하지만, 이후 1.95D의 하중을 받으므로 추가 동바리의 설치가 필요하므로 처음부터 100% 동바리가 설치되어야한다. Reshore는 처음에 최대 1.5D의 하중을 받고 이후 점차 하중이 감소하므로, N-1층에도 75%의 동바리만 소요되고 총 2.25벌의 동바리가 필요하다.

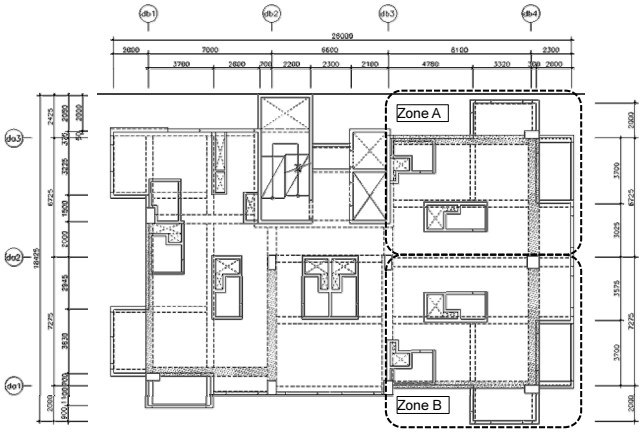
동바리 되세우기를 하지 않고 필러 동바리도 사용하지 않을 경우에는 동바리의 해체 없이 거푸집을 제거할 수 없으므로 총 4벌의 거푸집이 소요된다. 되세우기를 실시할 경우에는 되세우기 직후 해당 거푸집을 활용할 수 있으므로 1벌의 거푸집만으로도 가능하지만, 실제 시공에서는 거푸집 해체 시간을 고려하여 2벌의 거푸집이 소요된다.

ACI 347.2R-05의 단순해석법에 의한 시공하중평가 결과, 최하층 동바리 제거 후 되세우기를 실시하는 것이 되세우기를 하지 않는 경우에 비해 바닥판과 동바리 시공하중은 각각 40%와 23% 저감되고, 동바리와 거푸집 물량은 각각 40%와 50% 절감 가능한 것으로 평가되었다.

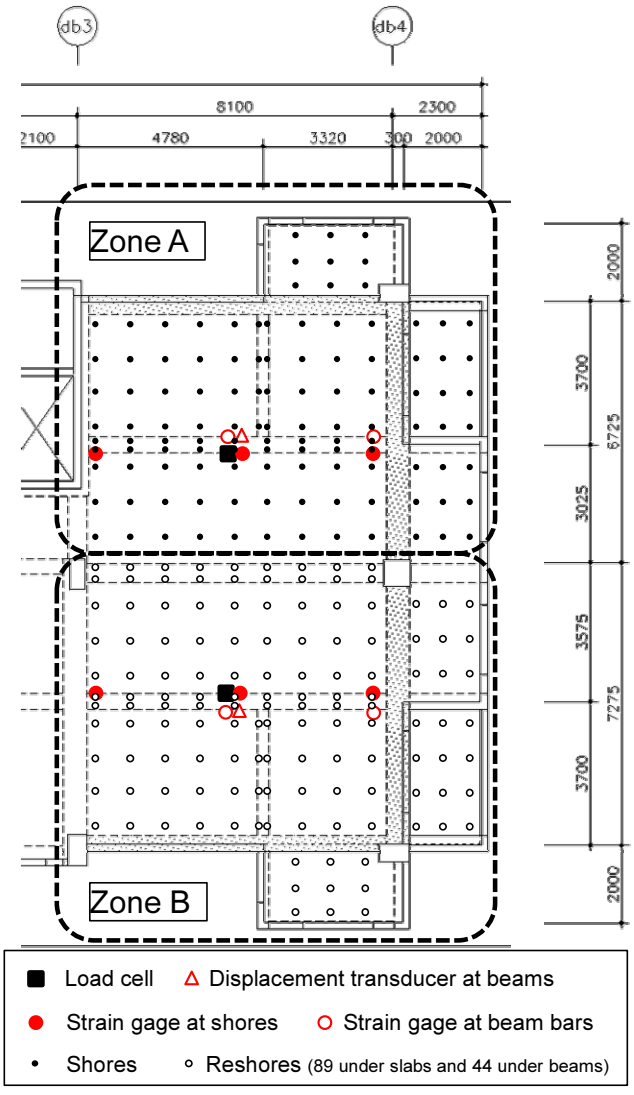
3. 계측 계획

2장의 단순 해석 결과, 되세우기를 실시하는 것이 바닥판에 작용되는 시공하중 저감과 가설재 물량 절감에 유리한 것으로 평가되었다. 그러나 실 구조물에서는 ACI 347.2R-05에서 가정한 이상적인 조건들이 적용되지 않아 실제 시공하중 분포가 다를 수 있다. 또한. Fig. 2(a)와 같이 되세우기를 실시할 경우, 초기 재령에서 높은 하중이 바닥판에 작용되어 구조물의 초기 손상을 유발할 수 있다. 실 구조물의 시공하중을 평가하고, 되세우기에 따른 구조물의 손상 여부를 확인하기 위해 현장 계측을 실시하였다.

철근콘크리트 라멘조로 시공되는 지상 10층 상업건축물의 동바리 하중을 계측하였다. 동바리 시공방법에 따른 시공하중 비교를 위해 Fig. 3과 같이 유사한 평면을 갖는 2개 영역 zone A, B를 선정하였다. Zone A는 일반적인 공법을 사용하여 재령 28일 또는 콘크리트 설계기준 강도가 발현될 때까지 동바리를 해체하지 않았다. Zone B에는 되세우기를 실시하였는데, 6층 동바리를 8층 바닥판 콘크리트가 타설되기 직전, 콘크리트 설계기준강도의 2/3이상 발현된 후 동바리를 해체하고 같은 위치에 다시 설치하였다. 이때 되세우는 동바리가 하중을 지지하지 않도록 동바리 상면이 바닥판 하부에 살짝 맞닿도록 설치하였다. 되세우기를 통해 7층 바닥판이 자신의 하중을 스스로 지지하도록 유도하여, 6층 바닥판으로 하중이 전달되지 않도록 하였다. Table 1에 시공 순서 및 계측기 설치 위치를 입면도로 표현하였다.



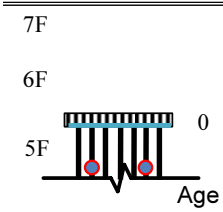
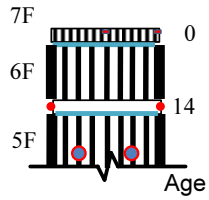
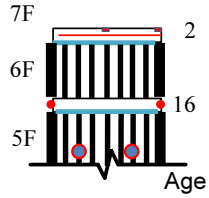
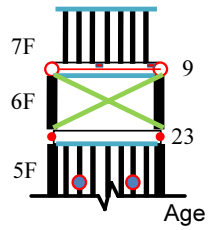
(a) Plan



(b) Locations of instrumentations

Fig. 3 Floor plan for construction load measurement (unit: mm)

Table 1 Sequence of construction operations

Sequences	Operations
	Step 1 • Install load cells and strain. gages at shores of 5th floor. • Place 6th floor concrete.
	Step 2 • Install strain gages at beam longitudinal bars at 7th floor. • Place 7th floor concrete.
	Step 3 • Install displacement transducers to measure deflection of 7th floor beams.
	Step 4 • Remove 6th floor shores. • Place shores beneath 6th floor, snug but not loaded.

Legend

story of shores story of reshores

strain gages at beam longitudinal bars

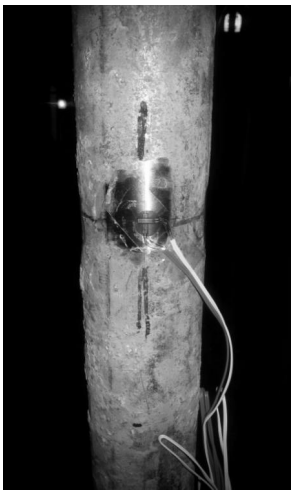
displacement transducers at beam

load cells and strain gages at shores

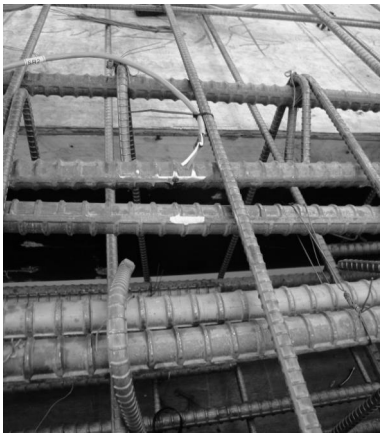
각 영역의 중앙에 있는 보 위치에서 5층 동바리 하중, 7층 보의 처짐과 주철근 변형률을 계측하였으며, Fig. 3(b)에 계측 위치를 표시하였다. 동바리 하중은 보 중앙, 외단부, 내단부에서 계측하였는데, 보 중앙부 하중은 Fig. 4(a)와 같이 하중계를 이용하여 계측하였으며, 양단부에는 Fig. 4(b)와 같이 2축 변형률계를 각각 2개씩 마주보게 부착하여 계측하였다. 하중계가 설치된 중앙부 동바리에는 변형률계도 함께 부착하여 비교함으로써 계측된 변형률을 하중으로 환산하였다. 되세우기를 실시하는 6층 동바리에 지지되는 7층 보의 안전성 평가를 위해 Fig. 4(c)와 같이 주철근의 변형률을 계측하였으며, 보 중앙부 처짐도 Fig. 4(d)와 같이 계측하였다.

사용된 콘크리트의 설계기준강도는 27 MPa이며, SD500 철근이 사용되었다. 계측기가 설치된 보의 치수는 폭 400 mm, 높이 500 mm 직사각형이다. V4 파이프 동바리가 바닥판 전체에 걸쳐 900 mm×900 mm 간격으로 배치되었으며, 보 하부에는 900 mm간격으로 2열 배치되었다.

(a) Load cell at the base of a shore



(b) Strain gage at a shore



(c) Strain gage at a beam longitudinal bar

(d) Displacement transducer at beam

Fig. 4 Setting of instrumentations

4. 계측 결과

4.1 재료실험 결과 및 고정하중 산정

콘크리트 재령 7일과 28일 층별 강도를 Table 2에 정리하였다. 재령 7일에 모두 설계기준강도를 상회하였다. 동바리 1개에 작용되는 고정하중(D, 보 무게)은 2.12 kN이다.

4.2 동바리 하중

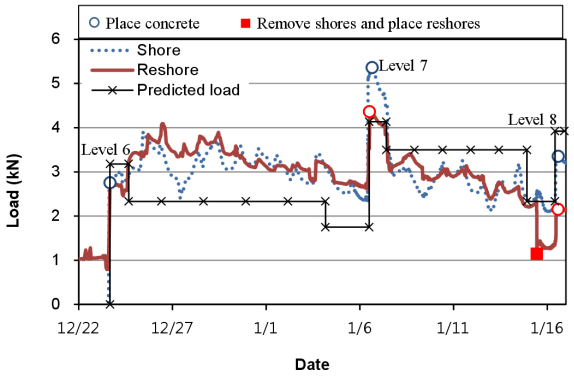
보 중앙부에 설치된 하중계에서 계측한 동바리 하중을 Fig. 5(a)에 보여주고 있다. 용이한 비교를 위해 6층 콘크리트 타설 종료 후 하중이 같도록 그래프를 이동하였다. 되세우기 전까지 양쪽 동바리 하중이 거의 유사하며, 되세우기를 실시한 영역에서는 되세우기 이후 동바리 하중이 크게 저하되었다. 2장의 단순 해석법에 의해 평가한 동바리 하중도 함께 나타내었다. 해석값과 계측값은 전체적인 경향은 유사하지만, 6층 타설 이후부터 7층 타설까지 계측값이 높았다. 현장에서 자재 적재가 규칙적이지 않아 예측값과 계측값의 차이가 생긴 것으로 평가된다.

Fig. 5(b)는 되세우기 시점 전후를 확대한 그래프로서, 6층 동바리 되세우기 전 2.33 kN을 지지하던 5층 동바리가 6층 동바리 되세우기 이후 1.15 kN으로 저하된 것으로 계측되어, 약 50% 하중이 감소되었다. 또한 되세우기를 실시하지 않은 영역의 동바리 하중에 비해 되세우기 작업 후 35%의 하중 저감이 발생되었다.

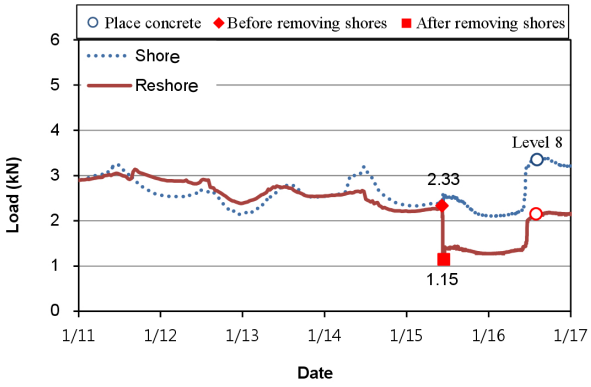
Fig. 6은 보의 양 단부에서 계측된 동바리 하중이며, 전체적인 값이 보 중앙부보다 낮으며, 되세우기에 의한 하중 저감도 작았다. 양단부는 접합부의 회전 강성으로 바닥판의 처짐이 중앙부보다 작기 때문에, 하부 층으로

Table 2 Measured compressive strengths of concrete (unit: MPa)

Level	7 days	28 days
Level 6	31.3	36.3
Level 7	27.0	31.3

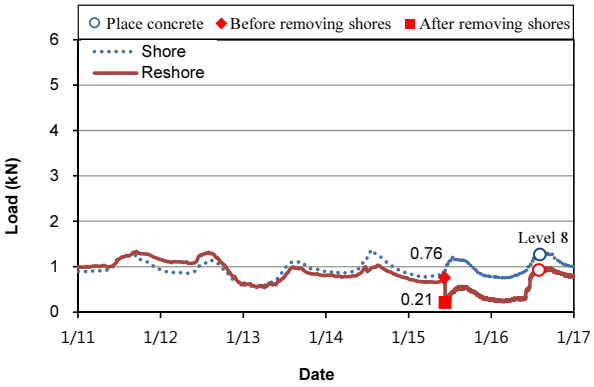


(a) During whole period of shores

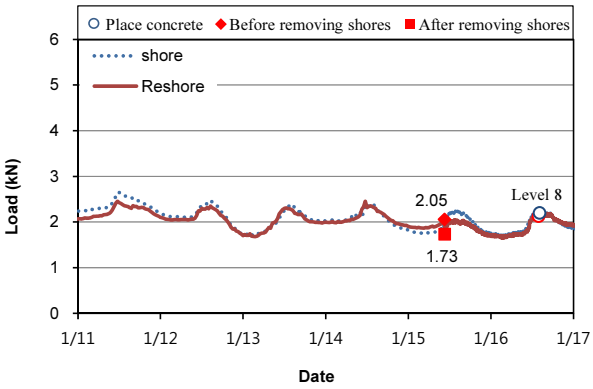


(b) Around removing shores and placing reshores

Fig. 5 Shores' loads measured at center



(a) Interior end



(b) Exterior end

Fig. 6 Shores' loads measured at ends

Table 3 Measured shores' loads (unit: kN)

Operations	Interior end		Center		Exterior end	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Place level 6 concrete	1.92		2.75		3.18	
Place level 7 concrete	2.07	2.68	5.36	4.36	4.06	3.08
Remove shores and place reshores at level 6	0.91	0.21	2.58	1.15(▽1.43)	1.95	1.73
Place level 8 concrete	1.27	0.93	3.35	2.15(▽1.20)	2.19	2.13

의 하중 전달이 크지 않은 것으로 판단된다.

시공단계별 동바리 하중을 Table 3에 정리하였다. 보 단부에 설치된 동바리는 타설 시점에는 중앙부에 설치된 동바리와 동일한 시공하중이 작용되지만, 재령이 증가함에 따라 접합부의 회전강성이 증대하기 때문에 처짐이 줄어 동바리 하중도 감소하게 된다. 특히 연속단인 내단부에 설치된 zone B 동바리의 최대 시공하중은 2.68D로 중앙부 최대 하중 4.36D의 61%에 불과하였다. 따라서 동바리를 제거한 후 되세우기를 할 때, 보의 처짐 분포를 고려하여 내단부에는 동바리 수량을 줄일 수 있다.

4.3 되세우기에 따른 안전성 평가

동바리 되세우기에 따른 안전성을 평가하기 위해, 되세워지는 동바리에 의해 지지되는 보의 처짐과 철근 변형률을 계측하여 Fig. 7과 8에 각각 나타내었다.

동바리 제거 시점에 처짐은 거의 발생하지 않았다. 동바리 제거 시점에 7층 바닥판 콘크리트 강도가 설계기준을 발현하였기 때문에 접합부 강성과 보의 휨강성이 충분히 발현되어 처짐이 거의 발생되지 않은 것으로 판단된다. 이후 8층 콘크리트 타설과 5층 동바리 제거로 처짐이 발생되었으며, 되세우기를 실시한 보의 처짐이 0.23 mm 더 크게 발생하였다. 8100 mm 보 경간 대비 최대 처짐값은 L/5000로 구조물의 사용성과 안전성에 아무런 영향을 주지 않는다.

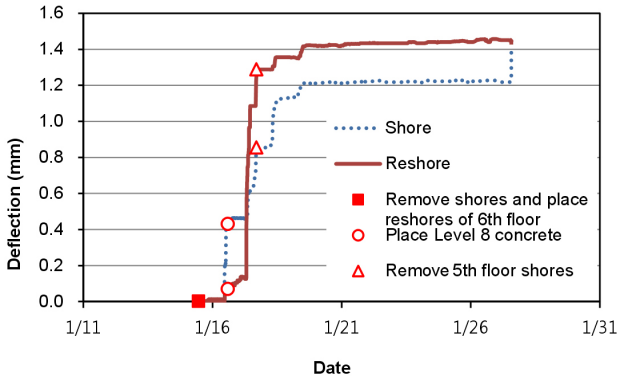


Fig. 7 Measured beam deflections

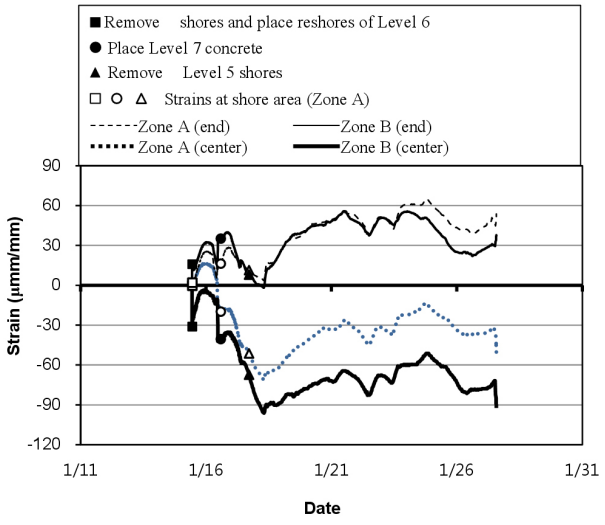


Fig. 8 Strains of beam longitudinal bars

보 주철근의 변형률을 Fig. 8에 나타내었다. 모멘트가 적게 작용되는 외단부에 비해 정모멘트가 큰 중앙부의 변형률이 크게 계측되었다. 되세우기를 하지 않은 보에 비해, 되세우기를 실시한 보의 변형률이 동바리 제거 시점에 최대 30 μmm/mm 추가 발생하였다. 이후 최대 48 μmm/mm 더 크게 발생하였으며 최대 변형률은 96 μmm/mm이다. 이 값은 SD500 철근의 항복변형률 2500 μmm/mm 대비 3.6%로 고정하중이 100% 작용된 것을 고려하면 충분히 안전한 값으로 평가된다.

5. 바닥판 시공하중 평가

동바리 하중 계측의 목적은 바닥판에 작용되는 시공하중을 평가하기 위한 것이다. Fig. 9는 계측된 동바리 하중을 근거로 되세우기를 실시한 6층 동바리의 하중을 예측한 그래프이다. 8층 바닥판 타설 직전 되세우기를 하였으므로 하중이 완전히 제거되고, 8층 바닥판 타설로 인해 하중이 작용된다. 이 하중은 5층 동바리에 작용된 하중 중 6층 타설 시점과 7층 타설 시점의 차이(Fig. 9에서 A)가 된다. 이후 7층 동바리를 되세우면 6층 동바리 하중이 저하되며, 감소한 하중은 5층 동바리에서 되세우기로 인해 저하된 값으로 평가하였다. 9층 바닥판 콘크리트를 타설할 때 다시 하중이 증가하는데, 증가된 하중은 5층 동바리에서 증가된 하중으로 산정하였다.

Fig. 10(a)은 Fig. 9로 예측된 동바리 하중을 도식적으로 표현한 것이다. ①번은 N층 바닥판의 콘크리트 타설로 인한 하중으로 계측된 값은 2.75 kN이다. ②번은 되세우기 이후 N+1층의 타설로 인해 작용된 하중으로 계측된 값은 1.64 kN, ③은 N층 되세우기를 위해 동바리가 제거되어 감소된 하중으로 계측된 값은 1.18 kN이며, ④는 N+2층 콘크리트 타설로 인해 작용된 하중을 의미하며 계측된 값은 1.04 kN이다. Fig. 10(b)는 이러한 동바리 하중을 근거로 동바리 되세우기를 실시할 경우 바닥판에 작

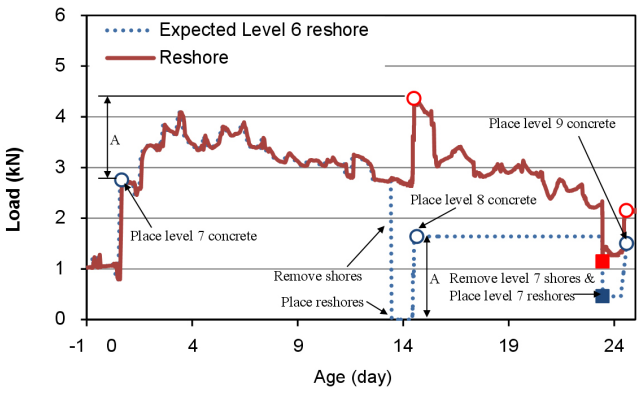


Fig. 9 Expected reshores' load

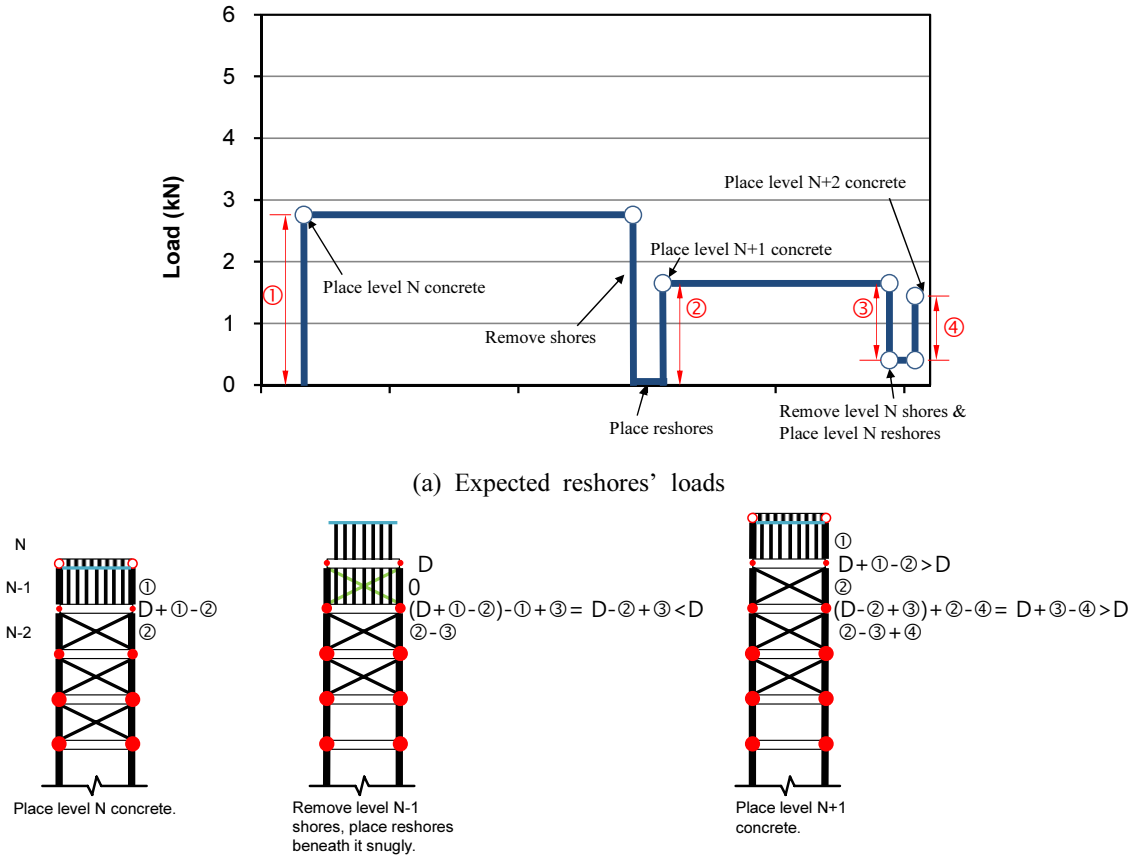


Fig. 10 Expected construction loads

용되는 하중의 크기를 예측한 것이다. N층 바닥판 콘크리트를 타설할 때, N층 바닥판에는 하중이 작용되지 않으며 N-1층 바닥판에는 [고정하중+①-②] 하중이 작용된다. N-1층 동바리를 되세우면 N층 바닥판에는 고정하중이 작용되고, N-1층 바닥판에는 [고정하중-②+③] 하중이 작용된다. 따라서 바닥판에 작용되는 최대 하중은 [D+①-②]이며, 계측값을 근거로 산정하면 3.25 kN(=2.14+2.75-1.64)으로 1.52D가 된다. 2장에서 단순해석으로 예측한 최대하중 1.38D와 유사하다.

6. 결 론

동바리 되세우기 공법은, 타설되는 층의 바로 아래 바닥판을 지지하는 동바리를 임시 제거한 후 다시 동바리를 설치하는 방법으로, 각 층의 바닥판이 자신의 하중을 스스로 지지하게 유도함으로써 아래층 바닥판의 시공 하중을 경감시켜 시공 중 안전성을 향상시킬 수 있다. 이 연구에서는 ACI 347.2R-05에서 제안한 단순 해석법을 통해 되세우기에 따른 시공하중과 가설재 물량 변화를 예측하였다. 시공 중인 다층 건축물에 대해, 콘크리트가 설계기준압축강도의 2/3 이상 발현된 후 동바리 되세우기를 실시한 구역과 실시하지 않은 구역의 동바리 하중을 계측 비교함으로써 동바리 되세우기에 따른 시공하중의 저감을 검증하였다. 또한 되세우기를 실시한 동바리가 지지하는 보의 처짐과 주철근의 변형률을 계측하여 되세우기 적용 과정에서의 안전성을 확인하였다. 이 연구를 통해 다음 결론을 도출하였다.

1) 동바리 되세우기를 실시한 경우 ACI 347.2R-05에 따른 단순 해석 결과, 되세우기를 하지 않은 경우에 비해 바닥판과 동바리 시공하중은 각각 40%와 23% 저감되고, 동바리와 거푸집 물량은 각각 40%와 50% 절감 가능한 것으로 평가되었다.
2) 현장 계측 결과, 되세우기를 실시한 층의 바로 아래층의 동바리에는 상부 층 되세우기 작업 전에 비해 50%의 하중 저감이 발생하였다. 또한 되세우기를 실시하지 않은 영역의 동바리 하중에 비해 되세우기 작업 후 35%의 하중 저감이 발생되었다.
3) 동바리를 되세우기를 실시한 층의 상부 보의 처짐은 최대 L/5000이 발생하였으며, 주철근의 변형률은 항복변형률 대비 3.6%가 발생하였다. 따라서 N+1층 콘크리트 타설 직전에 동바리 되세우기를 실시하는 것은 구조물의 안전성과 사용성에 문제를 야기하지 않을 것으로 판단된다.
4) 계측된 동바리 하중을 통해 바닥판에 작용되는 최대 시공하중을 예측하면 1.52D로 ACI 347.2R-05의 단순 해석 결과인 1.38D와 유사하다.

감사의 글

이 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(과제번호 #09 첨단도시 A09)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

References

1. *Standard Specification on Building Construction*, Architectural Institute of Korea, 2013, pp. 187-200.
2. ACI Committee 347, *Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings (ACI 347.2R-05)*, ACI, Farmington Hills, Mich., USA, 2005, 18 pp.
3. Kim, J. Y., "Calculation of Slab Construction Loads in Multistory Shored RC Structure by Considering Construction Conditions," *Computational Structural Engineering*, Vol. 23, No. 4, 2010, pp. 44-54.
4. *Standard Specification on Building Construction*, Architectural Institute of Korea, 2006, pp. 146-151.
5. Grundy, P. and Kabaila, A., "Consturction Loads on Slab with Shored Formwork in Multistory Buildings," *ACI Journal*, Vol. 60, No. 12, 1963, pp. 1729-1738. (doi: http://dx.doi.org/10.14359/7911)
6. Hwang, H. J., Park, H. G., Hong, G. H., Im, J. H., and Kim, J. Y., "Effects of Shore Stiffness and Concrete Cracking on Slab Construction Load I: Theory," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 22, No. 1, 2010, pp. 41-50. (doi: http://dx.doi.org/10.4334/JKCI.2010.22.1.041)
7. Gardner, N. J. and Fu, H. C., "Effects of High Construction Loads on the Long-Term Deflections of Flat Slabs," *ACI Structural Journal*, Vol. 84, No. 3, 1987, pp. 349-360. (doi: http://dx.doi.org/10.14359/1641)
8. Kang, S. M., Eom, T. S., and Kim, J. Y., "Reshoring Effects on Deflections of Multi-Shored Flat Plate Systems under Construction," *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 45, No., 4, 2013, pp. 455-470. (doi: http://dx.doi.org/10.12989/sem.2013.45.4.455)
9. Kim, O. J., Kang, S. M., and Oh, J. K., "Field Instrumentation of Load Variation of Shoring in Apartment under Construction According to Construction Stage," *Daelim Technical Review*, No. 1, 2008, pp. 67-75.
10. Hwang, H. J., Hong, G. H., Park, H. G., Kim, Y. N., and Kim, J. Y., "Effects of Shore Stiffness and Concrete Cracking on Slab Construction Load II: Measurements and Comparisons," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 22, No. 1, 2010, pp. 51-58. (doi: http://dx.doi.org/10.4334/JKCI.2010.22.1.051)

요 약 동바리 되세우기 공법은, 타설되는 층의 바로 아래 바닥판을 지지하는 동바리를 임시 제거한 후 다시 동바리를 설치하는 방법으로, 각 층의 바닥판이 자신의 하중을 스스로 지지하게 유도함으로써 아래 층 바닥판의 시공 하중을 경감시켜 시공 중 안전성을 향상시킬 수 있다. ACI 347.2R-05에서 제안한 단순 해석 결과, 되세우기를 하지 않은 경우에 비해 바닥판과 동바리 시공하중은 각각 40%와 23% 저감되고, 동바리와 거푸집 물량은 각각 40%, 50% 절감 가능한 것으로 평가되었다. 현장 계측 결과, 되세우기를 실시한 층의 바로 아래 층의 동바리에는 상부 층 되세우기 작업 전에 비해 50%의 하중 저감이 발생하였다. 또한 되세우기를 실시하지 않은 영역의 동바리 하중에 비해 되세우기 작업 후 35%의 하중 저감이 발생되었다. 동바리 되세우기를 실시한 층의 상부 보 처짐은 최대 L/5000이 발생하였으며, 주철근의 변형률은 항복변형률 대비 3.6%가 발생하였다. 따라서 N+1층 콘크리트 타설 직전에 동바리 되세우기를 실시하는 것은 구조물의 안전성과 사용성에 문제를 야기하지 않을 것으로 판단된다. 계측된 동바리 하중을 통해 바닥판에 작용되는 최대 시공하중을 예측하면 1.52D로 ACI 347.2R-05의 단순 해석 결과인 1.38D와 유사하다.

핵심용어 : 시공하중, 동바리, 동바리 되세우기, 현장계측, 동바리 하중