

단경간 슬래브 중앙 소형박스(개구부)주변의 건조수축 거동 조사 연구

Investigation of Shrinkage around Small Box of Short Span Slab

김상연¹Sang-Yeon Kim¹

(Received October 13, 2016 / Revised October 30, 2016 / Accepted October 30, 2016)

요 약

아파트의 슬래브에는 전기등박스 매입을 위한 소형 박스 개구부가 존재한다. 이 박스 개구부 주변에는 건조수축으로 인한 균열을 방지하기 위하여 일부에서는 용접철망이나 플라스틱 링 등으로 보강한 상세를 적용하고 있다. 이러한 보강의 타당성을 검토하고 경제적인 대안을 모색하기 위하여 여러 가지 대안으로 보강을 한 슬래브 전기박스 주변의 건조 수축량을 측정하여 분석하였다. 등박스 주변의 보강방법 대안은 기존에 여러 건설사에서 사용되고 있는 용접철망보강안과 플라스틱링 보강안 및 보강을 하지 않은 무보강안 3가지로 하여 비교 분석하였다. 여기서 대상으로 한 아파트는 전용면적 59㎡ 이하의 소형평형을 대상으로 하였고 거실 등의 슬래브 하부에 전등박스 주변에 신축량 측정용 팁을 부착하고 콘택게이지로 신축량을 측정하여 분석하였다. 측정 결과 3가지 대안들에서 상호간의 유의미한 차이가 나타나지 않았고 전반적인 변형량은 $-264\mu\epsilon \sim +216\mu\epsilon$ 의 범위에 있는 것으로 나타났다. 측정된 변형량의 추이는 거푸집 탈형일 기준치에서 3~5주까지는 조금씩 증가(+)하다가 그 이후 감소하여 수축(-)하는 경향을 띠고 있으며, 한두번의 측정을 제외하고는 변형률이 $+120\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타내고 있어, 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성이 매우 거의 없었다.

주제어 : 아파트 슬래브, 전기등박스, 건조수축, 박스주위 보강, 용접철망, 플라스틱 링

ABSTRACT

There are small box opening for inserting of electric lamp box in the slab of apartment. Around this box opening, we normally use the detailing of WWF or plastic ring strengthening to protect cracks induced by shrinkage. The shrinkage amount of slab box around was measured and analysed in order to consider validity of these strengthening methods and to find out economical alternative. Alternative of strengthening methods are normally used strengthening methods in construction companies, which are WWF strengthening, plastic ring strengthening and no strengthening methods. The shrinkage amount was measured using contact guage at the spot of tip attached around the box on slab of small area unit apartment which have small exclusive area below 59㎡. Measured data shows that there are no big differences between all the 3 strengthening methods and Measure data range is $-264\mu\epsilon \sim +216\mu\epsilon$. Measured shrinkage is on trend slightly increase till 3~5weeks after removal of forms and then decrease. But amount of shrinkage are very low for all the slabs and there are no probabilities of concrete crack by shrinkage.

Key words : APT Slab, Electric Lamp Box, Drying Shrinkage, Strengthening around Box, WWF, Plastic Ring

1. 서 론

아파트의 각 실과 현관, 발코니에는 전등을 설치하는데, 전등 설치를 위하여 등박스를 상부 슬래브에 매립하고, 등 박스는 4각 박스와 8각 박스가 일반적으로 사용되고 있으며, 그 크기는 같이 가로 세로 각 100mm 내외, 높이 50mm 내외 정도이다.

현재 철근콘크리트 슬래브에 매립되는 전기 등박스 주변에는

콘크리트 단면결손에 따른 균열을 방지하기 위해 박스주변에 구조용 용접철망($\varnothing 8\text{mm-L}450\text{mm}$)을 설치하거나 플라스틱 링을 사용하여 보강하고 있고, 일부에서는 이러한 보강재를 사용하지 않는 무보강 상세를 적용하고 있다. 그런데 등박스 주변으로는 이미 슬래브 하부철근(주근 및 온도철근 등)이 각 방향으로 200mm~300mm 정도의 간격으로 배근되어 있으며, 아파트의 슬래브 두께도 과거의 150mm(일부 135mm)에서 점차 증대되어

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원(교신저자: sy-kim@lh.or.kr)

2012년부터는 층간소음 기준 개정으로 벽식구조인 경우 210mm로 증가되어 별도 보강의 필요성은 크지 않은 상황으로 고려되고 있다.

이와 같이 층간소음 기준강화 등 사회적 요구에 따른 슬래브 두께의 지속적인 증가로(135mm→210mm) 전기등박스 부위 콘크리트 단면결손은 상대적으로 작아져 응력에 의한 개구부 균열 보강보다는 건조수축에 의한 균열 보강의 성격을 가지게 되므로 기존 보강방법에 대한 적정성 검토와 대안 모색이 요구되고 있다.

따라서 슬래브 두께의 증가를 고려하여 전기등박스 부위의 여러 가지 보강안을 현장에 목업 시공하고 신축량 측정을 통하여 보강방법과 보강유무에 따른 가장 경제적인 대안을 도출하고자 하였다.

전기등 박스 주위에서 균열을 일으킬 가능성이 큰 요인은 콘크리트의 건조수축이므로 목업시공에서 건조수축의 경과에 대해서 현장 상태 조사를 수행하였으며, 기존 문헌¹⁾의 연구에 따르면 재령 90일에서 20년 건조수축량의 약 60% 이상이 진행되는 것으로 나타나 있으므로 이 기간에 해당하는 3개월까지 측정 조사하여 결과를 분석하고자 하였다.

2. 현장 목업 시공 및 현장 측정

슬래브의 전기등박스 주위에 보강방안에 대한 여러 가지 대안을 검토하기 위하여 기존의 보강방법과 새로운 보강상세 및 무보강 상세에 대해 아파트슬래브 현장에 시험적용 목업 시공을 수행하였다.

목업 시공은 각 현장에 동일 평면에 대하여 각 대안별 3회 이상 적용하여 건조수축을 소정의 주기로 측정하고 균열 여부를 확인하였다. 또한, 동일한 보강방법에 대하여 서로 다른 위치로 3개의 층에 적용하여 위치에 따른 오차를 보정 할 수 있도록 적용하였다.

2.1 목업시공 현황

현장의 목업 시공은 각 동에 대해서 층당 3세대씩 3개층에 시공하였고 총 9개소에 시공하였다. 측정할 동은 소형평형인 51 타입의 유닛이 7호 조합된 평면으로 그림 1과 같이 L 자형 배치 평면을 가지고 있다. 여기서는 꺾인 부분의 측세대인 4호와 그 옆으로 연속된 내부세대인 5호, 6호 세대에 대하여 목업 적용하였다.

A동의 평면은 측세대와 중앙세대 및 꺾인 모서리 부분 세대로 나누어져 있지만 슬래브에서 목업 적용한 부분인 거실의 경간은 3.5m로 모두 같다.

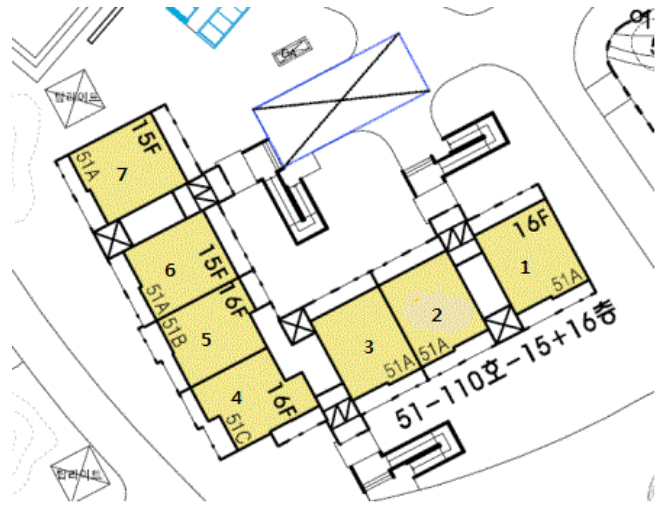


그림 1. A동 배치 평면 현황

표 1. A동 슬래브 등박스 보강방법 적용 현황

구분	보강방법		
	4호(A)	5호(B)	6호(C)
1'st Floor	용접철망 보강	플라스틱링 보강	무보강
2'nd Floor	무보강	용접철망 보강	플라스틱링 보강
3'rd Floor	플라스틱링 보강	무보강	용접철망 보강

2.2 신축량 현장 측정

목업 시공의 현장 측정은 전문가의 자문을 통해 전기등 박스 보강 공법이 적용된 등박스 슬래브 하면에서 건조수축량을 측정하는 것으로 하였다. 소형 아파트에 적용된 2개동 총 18세대에 대하여 콘택게이지로 변형량을 측정하여 건조수축으로 인한 변형률을 계산하여 분석하였다.

현장 측정 장비는 콘택게이지(contact gauge)를 사용하여 측정하였다. 측정을 위하여 슬래브 하부 거푸집의 해체와 동시에 표점거리를 정하여 슬래브 하부에 측정용 팁(tip)을 부착하고 소정의 주기로 측정하였다. 콘택게이지를 사용한 건조수축 현장 측정을 위하여 슬래브 하부 거푸집의 해체와 동시에 표점거리를 정하여 슬래브 하부에 표면처리를 한 후에 표점거리를 표시하여 측정용 팁(tip)을 부착하였다. 현장 측정은 건조수축의 측정주기로 정해진 1주, 2주, 3주, 4주, 5주, 8주 및 13주차의 날짜에 현장을 방문하여 변형량을 측정하고 기록하였다.

콘택게이지는 2/1000mm까지 측정할 수 있는 정밀한 장비로 온도의 변화에 민감하므로 현장의 기온과 같은 조건을 맞추어 측정하기 위하여 현장의 외기에 1시간 이상 노출한 후에 측정을 하였고, 게이지의 측정 정밀도를 지속하기 위하여 매번 측정 때마다 영점 조정(calibration)을 한 실시한 후에 측정하였다. 변형량의 측정은 매번 측정시마다 동일 위치에서 2회 측정하여 그 값을 기록하였으며, 2회 측정값의 차이가 0.002mm 이상인

1) 한국콘크리트학회(2011), 최신콘크리트 공학

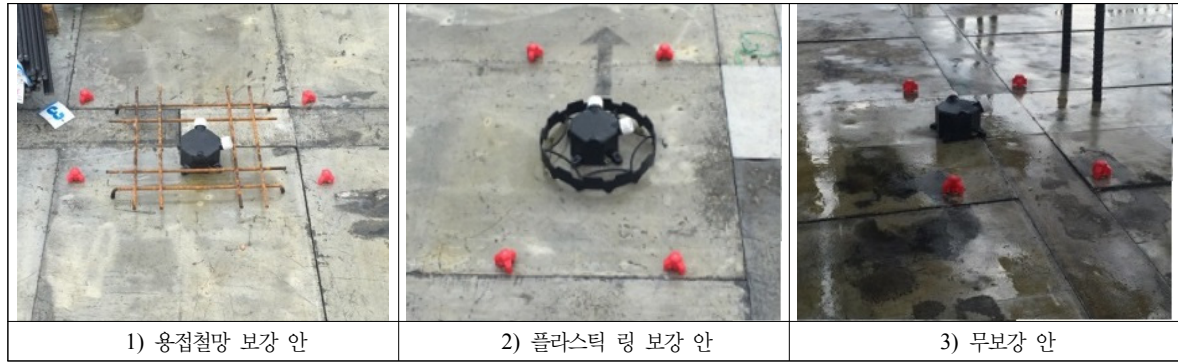


그림 2. 현장 목업시공된 3가지 등박스 주위 보강안

경우에 재 측정하여 오차를 줄이도록 하였다.

3. 측정결과 및 분석

3.1 A동 건조수축량 측정 결과

A동에서는 꺾인 부분의 측세대인 4호와 그 옆으로 연속된 내부세대인 2개의 호에 대하여 목업 적용하고 건조수축량 측정주기에 따라 현장측정을 수행하였고, 그 결과는 다음의 표 2와 같다.

첫 번째 층에서 표점거리 250mm로 측정한 변형량은 최대 0.035mm(늘어남)에서 최소 -0.023mm(줄어듦)까지의 미소한 변형으로 측정되었다. 이 값을 거푸집 탈형 후 측정한 초기 값으로 계산한 변형률(strain)은 0.000140에서 -0.000092까지로 아주 미세한 값이고, 표현의 편의상 1백만분의 일로 나눈 값(micro strain)으로 표현하여 140에서 -92까지로 나타났다.

현장 측정에서 시공 공정사 거푸집의 탈형과 동시에 측정 계이저를 붙이고 초기값을 측정하는데, 1주차의 변형량이 “0”으로 나타난 것은 거푸집의 탈형 시기가 콘크리트 타설 1주차 무렵에 이루어진 것으로서 이 경우에는 탈형시에 측정한 값이 1주차 값으로 기록되어서 변형이 없는 값으로 기록되었다.

표 2. A동 1번째 층 측정 결과

구분	4호(A)		5호(B)		6호(C)	
	변형량	변형률	변형량	변형률	변형량	변형률
Days	mm	μ strain	mm	μ strain	mm	μ strain
1주(탈형)	0	0	0	0	0	0
2주	0.01	40	0.02	80	-0.004	-16
3주	0.005	20	0.025	100	-0.018	-72
4주	0.013	52	0.026	104	-0.001	-4
5주	0.012	48	0.035	140	-0.006	-24
8주	0.002	8	0.03	120	0.005	20
13주	-0.015	-60	0.018	72	-0.023	-92

두 번째 층과 세 번째 층에서 표점거리 250mm로 측정한 변형량은 각각 0.029mm에서 -0.025mm 및 0.054mm에서 -0.061mm 까

지의 미소한 변형으로 측정되었다. 이 값을 거푸집 탈형후 측정 한 초기 값을 기준으로 계산한 변형률(strain)은 1백만분의 일로 나눈 값(micro strain)으로 표현하여 116에서 -100 및 216에서 -244까지로 나타났다.

3.2 C동 건조수축량 측정 결과

C동은 소형평형인 51 타입의 유닛이 7호 조합된 평면으로 L자형 배치 평면을 가지고 있다. 여기서는 꺾인 부분의 측세대인 4호와 그 옆으로 연속된 내부세대인 2개의 호에 대하여 목업 적용하고 건조수축량 측정주기에 따라 현장측정을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫 번째 층에서 표점거리 250mm로 측정한 변형량은 최대 0.041mm에서 최소 -0.048mm까지의 미소한 변형으로 측정되었다. 이 값을 거푸집 탈형후 측정한 초기값으로 계산한 변형률(strain)은 0.000164에서 -0.000192까지로 아주 미세한 값이며, 표현의 편의상 1백만분의 일로 나눈 값(micro strain)으로 표현하여 164에서 -192까지로 나타났다.

표 3. C동 1번째 층 측정 결과

구분	4호(A)		5호(B)		6호(C)	
	변형량	변형률	변형량	변형률	변형량	변형률
(Days)	mm	μ strain	mm	μ strain	mm	μ strain
1주	-0.028	-112	-0.01	-40	0.012	48
2주	0.008	32	0.003	12	0.03	120
3주	0	0	-0.012	-48	0.028	112
4주	-0.002	-8	0.002	8	0.04	160
5주	0.008	32	-0.018	-72	0.037	148
8주	-0.017	-68	-0.035	-140	0.041	164
13주	-0.021	-84	-0.048	-192	0.039	156

두 번째 층에서 표점거리 250mm로 측정한 변형량은 최대 0.053mm에서 최소 -0.014mm까지의 미소한 변형으로 측정되었다. 이 값을 거푸집 탈형후 측정한 초기값을 기준으로 계산한 변형률(strain)은 1백만분의 일로 나눈 값(micro strain)으로 표현하여

212에서 -56까지로 나타났다.

세 번째 층에서 표점거리 250mm로 측정된 변형량은 최대 0.026mm에서 최소 -0.066mm 까지의 미소한 변형으로 측정되었다. 이 값을 거푸집 탈형후 측정된 초기값을 기준으로 계산한 변형률(strain)은 1백만분의 일로 나눈 값(micro strain)으로 표현하여 104에서 -264까지로 나타났다.

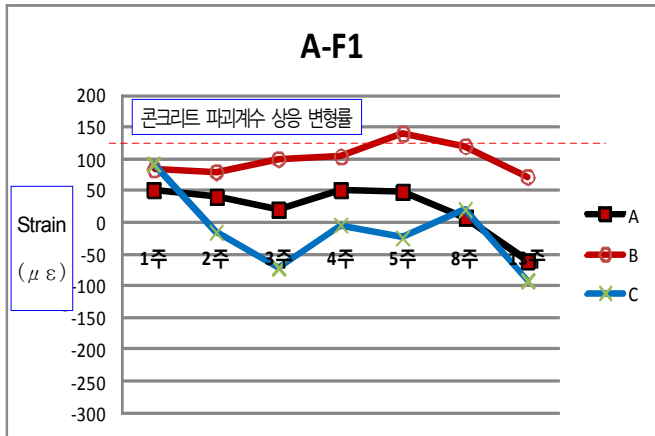


그림 3. A동 1번째 층 측정결과 비교

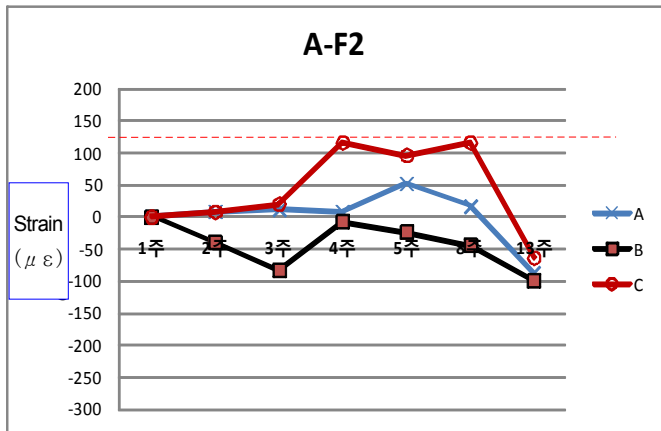


그림 4. A동 2번째 층 측정결과 비교

3.3 건조수축량 측정 결과 고찰

3.3.1 A동 측정 결과 분석

A동의 3개 세대 및 3개층으로 구성된 총 9개 호수에 대하여 측정된 결과를 비교분석 하면 다음과 같다.

1) A동 1번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

A동 1번째 층에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-100\mu\epsilon \sim +150\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타나고 있다. 용접철망 보강과 무보강의 경우 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(fr)에 겨우 미치

는 정도의 적은 양이라 건조수축 등의 균열 발생 우려는 미미한 것으로 보인다.

위의 그림에서 붉은색 점선으로 표시한 부분(-----)이 콘크리트의 파괴계수에 상응하는 변형률을 나타낸 것이다(이하 동일). 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 전체적으로 8주차까지는 뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않으며, 13주차에 이르러서는 수축량이 조금 증가되는 양상을 나타내고 있다. 중간에 인장 및 압축으로 들쭉날쭉한 변형을 나타내는 것은 하절기 혹서와 우천 등으로 인한 기온차에 의한 온도신축량의 차이가 영향을 미친 것으로 판단된다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다. 전반적인 변형의 크기가 미미하며 13주차 이후에 관찰한 결과에 따르면 A동의 1번째 층에서는 3가지 보강공법 모두에서 전기등박스 주변에 눈에 띄는 균열은 나타나지 않았다.

2) A동 2번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

A동 2번째 층에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-100\mu\epsilon \sim +120\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타나고 있다. 이 정도의 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(fr)에도 미치지 않는 매우 적은 양이라 건조수축 등의 균열 발생 우려는 없는 것으로 보인다. 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 슬래브 하부 지지 등바리를 해체한 시점인 3주차에서 4주차 사이에 인장 변형률이 크게 증가되는 것으로 나타나고 있다. 이후에는 큰 변화를 나타내지 않고 전체적으로 8주차까지는 뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않으며, 13주차에 이르러서는 수축량이 조금 증가되는 양상을 나타내고 있다. 이것은 13주차의 온도가 하절기인 5주(8주)차까지에 비해 상대적으로 낮았음이 하나의 요인인 것으로 보인다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다.

3) A동 3번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

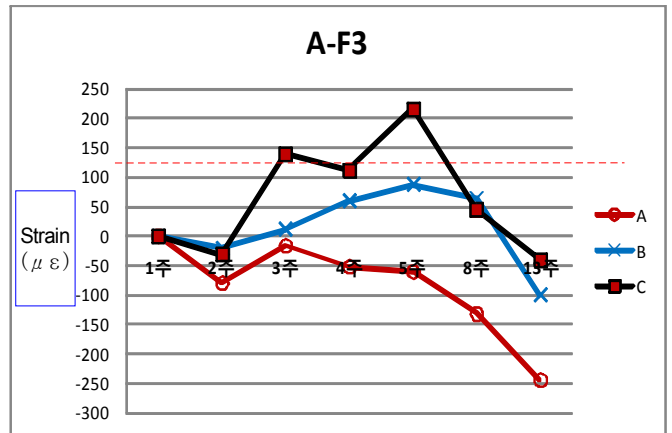


그림 5. A동 3번째 층 측정결과 비교

A동 3번째 층 측정에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-250\mu\epsilon \sim +210\mu\epsilon$ 의 범위에 있다. 특히 용접철망 보강의 경우에 인장 변형률이 $210\mu\epsilon$ 을 넘어서 있는데, 이 정도의 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(f_t)의 범위를 넘어서는 응력이 생기게 된다. 그러나 물론 이 경우에도 철근이 배근되어 구속하고 있으므로 균열의 발생은 방지되고 있어 건조수축 등으로 인한 균열 발생 우려는 크지 않은 것으로 보인다. 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 슬래브 하부 지지 동바리를 해체한 시점인 2주차에서 3주차 사이에 인장 변형률이 크게 증가되는 것으로 나타나고 있으며, 이후 큰 변화를 나타내지 않고 있다가 8주차부터 수축량이 조금 증가되는 양상을 나타내고 있다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 작게나마 나타나고 있는데, 우선 용접철망 보강을 한 경우가 균열을 발생할 수 있는 인장 변형률이 가장 크게 나타나고 있으며, 반대로 보강을 하지 않은 무보강 공법의 인장 변형률이 가장 작은 것으로 나타난다. 또한 13주차에 이르러 압축 변형률의 추이에서는 플라스틱 링보강 공법이 가장 크게 나타나고 있다.

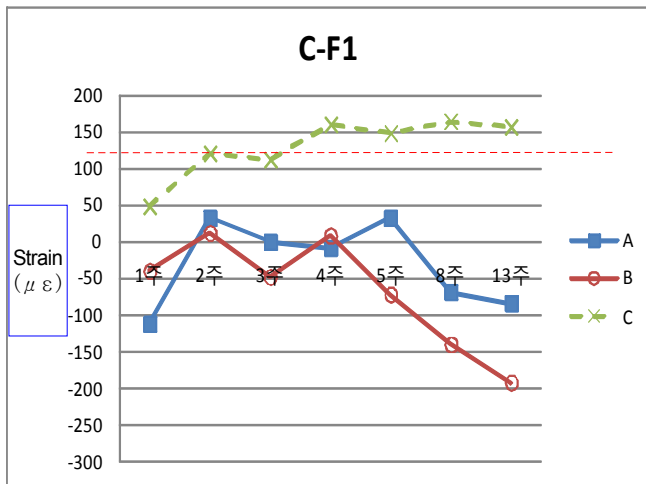


그림 6. C동 1번째 층 측정결과 비교

3.3.2 C동 측정 결과 분석

C동의 3개 세대 및 3개층으로 구성된 총 9개 호수에 대하여 측정된 결과를 비교분석 하면 다음과 같다.

1) C동 1번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

C동 1번째 층에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-200\mu\epsilon \sim +160\mu\epsilon$ 정도의 범위에 있는 것으로 나타나고 있다. 이 정도의 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(f_t)에도 미치지 않는 매우 적은 양이라 건조수축 등의 균열 발생 우려는 없는 것으로 보인다. 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 전체적으로 5주차까지는 뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않고 있다. 5주차 이후에는 수축량이 증가되는 양상을 나타내고 있다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다.

뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않고 있다. 슬래브 하부 지지 동바리를 해체한 시점인 3주차에서 4주차 사이에 인장 변형률이 증가되는 것으로 나타나고 있으며, 5주차 이후에 용접철망보강과 링보강의 경우에는 수축량이 조금씩 증가되는 양상을 나타내고 있다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다. C동의 1번째 층에서는 3가지 보강공법 모두에서 전기등박스 주변에 눈에 띄는 현저한 균열은 나타나지 않았다.

2) C동 2번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

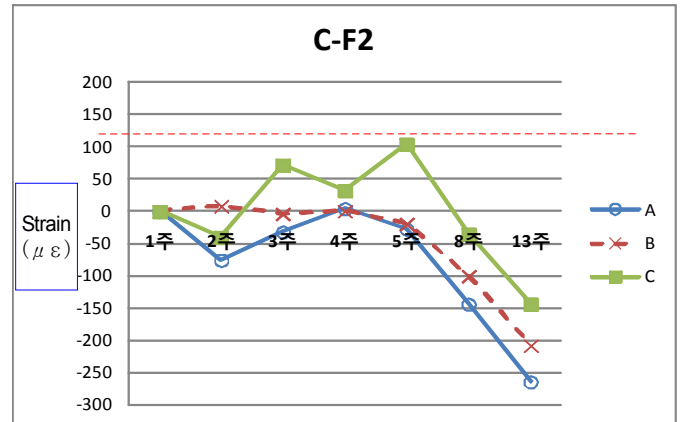


그림 7. C동 2번째 층 측정결과 비교

C동 2번째 층에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-260\mu\epsilon \sim +110\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타나고 있다. 이 정도의 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(f_t)에도 미치지 않는 매우 적은 양이라 건조수축 등의 균열 발생 우려는 없는 것으로 보인다. 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 전체적으로 5주차까지는 뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않고 있다. 5주차 이후에는 수축량이 증가되는 양상을 나타내고 있다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다.

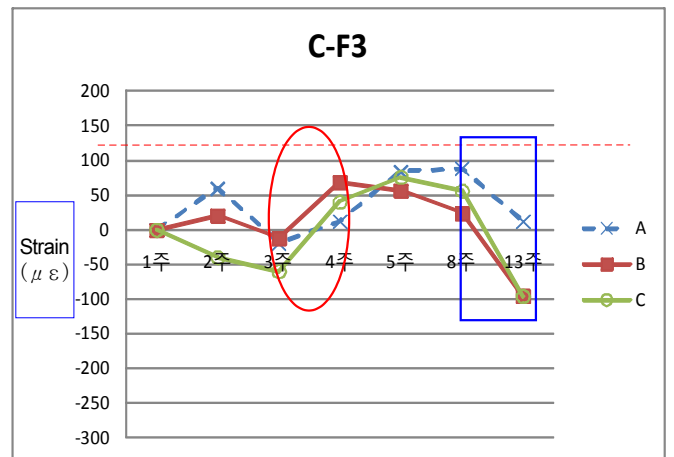


그림 8. C동 3번째 층 측정결과 비교

3) C동 3번째 층의 측정결과 분석 및 고찰

C동 3번째 층에서 나타난 결과를 비교하면 전체적으로 변형률이 $-100\mu\epsilon \sim +100\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타나고 있다. 이정도의 변형률 범위는 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성을 나타내는 파괴계수(f_t)에도 미치지 않는 매우 적은 양이라 건조수축 등의 균열 발생 우려는 없는 것으로 보인다. 변형률의 추이는 콘크리트 거푸집 탈형 이후에 슬래브 하부 지지동바리를 해체한 시점인 3주차에서 4주차 사이에 인장 변형률이 증가되는 것으로 나타나고 있다. 이후 큰 변화를 나타내지 않아 전체적으로 8주차 까지는 뚜렷한 변화 방향성을 나타내지 않으며, 8주차 이후에 수축량이 증가되는 양상을 나타내고 있다. 보강공법의 종류에 따른 차이는 나타나지 않은 것으로 보인다.

3.4 기타 변수에 대한 고찰

1) 기후조건

기후조건과 온도차이 등 기타요인에 대하여 일기 데이터를 참고로 분석한 결과 시공 기간이 대체로 여름철에 속해 있으며, 비오는 날을 제외한 날은 대체로 고온인 상태로 유지되어 기온의 현저한 차이가 없었다. 다만 3개월차 최종 측정일은 9월말과 10월초 이어서 시공당시와 제법 큰 기온차를 나타내었으며, 이 시점에서는 측정 데이터에서 대체로 일관되게 표점거리 부분이 수축되는 현상을 나타내고 있다. 이러한 추이는 위의 그림 8에서도 관찰할 수 있는데 5주 이후 8주차와 13주차에 변형률이 크게 줄어드는 것을 볼 수 있다.

2) 동바리 해체

거푸집을 알루미늄폼 공법으로 시공하는 경우에는 슬래브 하부 거푸집 해체시에 하부거푸집 판은 해체하여도 슬래브를 지지하는 동바리는 필러부분과 함께 3~4주 정도 존치하고 있다. 현장 측정 데이터에서 이 지지동바리의 해체를 전후로하여 슬래브의 변형률이 대체로 크게 차이가 나는 것으로 나타나 동바리 해체시에 슬래브가 미소한 처짐이 생기고 이로 인해 슬래브 중앙부 표점거리의 변형이 증가되는 것으로 보인다. 이것은 위의 그림 8에서도 나타나고 있는바와 같이 2주차 이후 동바리를 해체하고 측정한 3주차에 변형률이 크게 늘어나는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서 소형 평형의 아파트 슬래브에 대한 전기등박스 주위 건조수축량을 소정의 주기로 측정하고 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 현장측정 결과를 고찰하면 목업시공에 적용한 대안들에서 상호간의 유의미한 차이가 나타나지 않았고 전반적인 변형량 또한 $-264\mu\epsilon \sim +216\mu\epsilon$ 의 범위에 있는 것으로 나타났다.
- 2) 경간이 3.5m 인 소형평형의 경우 한 두 케이스를 제외하고는 전체적으로 변형률이 콘크리트의 파괴계수(f_t)에 상응하는 변형률 $+120\mu\epsilon$ 이내의 범위에 있는 것으로 나타나고 있어 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성이 거의 없을 정도로 미미하였다. 일부에서 일시적으로 최대 인장 변형률이 $120\mu\epsilon$ 을 넘어서고 있는데, 이 정도의 변형률 범위는 콘크리트만을 고려할 때 인장 균열 발생 가능성이 존재하게 된다. 그러나 이 경우에도 철근이 충분히 배근되어 있으므로 유효적절하게 균열의 발생을 제어하고 있는 것으로 보이며, 실제 현장 균열 조사에서는 균열 발생은 미미한 것으로 나타났다.
- 3) 소형평형의 아파트 슬래브에 대해 현장측정에서 조사된 정도의 변형률 범위는 철근이 배근된 슬래브에서 콘크리트의 인장 균열 발생 가능성이 낮은 정도로 사료되며, 현장 육안조사에서도 현저한 균열은 나타나지 않았다. 이에 따라 별도의 보강은 필요치 않을 것으로 사료된다.
- 4) 현장측정 결과에서 세가지 공법이 상호간에 큰 차이를 나타내지 않음에 따라 세가지 대안 중에서 가장 경제성이 우수한 대안인 무보강 공법을 개선안으로 제안하였다.

감사의 글

본 논문은 토지주택연구원의 ‘공동주택 슬래브 전기등박스 보강 개선방안 연구(2015)’의 연구내용을 토대로 작성한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토해양부(2010), 「KBC-2009 건축구조설계기준」, 대한건축학회.
2. 김상연, 이선용, 김진근(2015), “공동주택 슬래브 전기등박스 보강 개선방안 연구”, LH 토지주택연구원.
3. ACI(2012), *ACI 318-12 Building Code and Commentary*.