

프리캐스트 콘크리트 슬래브 보강을 위한 잭킹력과 솟음

노병철^{1*}

Jacking Force and Camber for Precast Concrete Slab Reinforcing

Byeong-Cheol Lho^{1*}

Abstract: Precast concrete can be used to reduce construction period and enhance construct ability. However structural problems could be occurred due to the wrong application of boundary condition and misunderstanding of structural behavior in the process of segmentation of original structure system. I experienced a serious deflections and cracks due to the increase of bending moment and creep after the construction of precast concrete slab, and we learned that this is from the misunderstanding of support conditions and structure behaviors of precast slab panel. Two support columns under the precast slab are inserted to reduce the bending moment, and the camber according to jacking force should be estimated for the structural safety during the reinforcing work. A proper support condition and the flexural stiffness of precast concrete slab were applied to check the deflection and crack for existing structure by inverse analysis, and we can estimate the camber according to jacking force of the precast concrete slab, and suggest a method to make safe structure.

Keywords: Precast concrete slab, Deflection, Crack, Camber, Jacking force

1. 서론

프리캐스트 콘크리트는 구조물 건설시 시공 기간 단축, 시공성 향상, 경제성 확보 및 구조성능 향상 등을 위하여 건설현장에서 널리 사용되고 있는 실정이다(Kim et al., 2013). 그러나 구조물의 분할과정에서 원 구조물의 구조적 특성과 다른 경계조건 또는 구조거동을 적용하여 처짐 및 균열 등의 구조적 문제가 발생할 수 있다.

이 연구에서는 벽체와 일체로 시공 계획된 이방향 콘크리트 슬래브의 시공성 향상 및 공기 단축을 위하여 기존의 현장타설 철근콘크리트 구조물을 프리캐스트 콘크리트 슬래브(PC 슬래브)로 변경 시공한 후 처짐과 균열이 과도하게 발생함에 따른 원인을 밝히고, 그 보강 방안을 제시하고자 하는 것이다.

대상 PC 슬래브는 벽체와 연속타설로 고정단이던 지점부가 프리캐스트로 변경됨에 따라 단순지지로 변화되었고, PC 슬래브의 운반 및 시공성 향상을 위하여 4개로 분절함에 따라 지점조건이 상이하게 되고, 이방향 거동을 하던 슬래브가 일방향 거동을 하게 됨에 따라 구조 거동이 달라지게 되는 경우이다.

이에 대한 보강은 PC 슬래브 하부에 지지기둥을 삽입하여

시간 감소 및 연속화함으로써(Choi et al., 2010) 휨모멘트를 감소시키는 공법을 적용하는 것이 일반적이다. 아울러 보강 작업 중의 구조물의 안전과 작업의 안전을 위하여 잭킹력에 따른 솟음값을 추정하는 것이 바람직하다.

따라서 보강되는 콘크리트 구조물의 처짐과 균열을 예측하기 위해서는 구조물의 경계조건 및 휨강성 등에 대한 정확한 적용이 필요하나, 현장의 다양성으로 인하여 쉽게 적용하기 어려운 경우가 많다. 따라서 이 연구에서는 정확한 솟음값의 예측을 위하여 기존 구조물에 대한 처짐 및 균열 조사와 역 해석을 통한 구조물의 경계조건 및 휨강성을 확인하였으며, 이의 적절한 적용을 통하여 PC 슬래브의 잭킹력에 따른 휨모멘트 및 솟음값을 추정하고, 구조물의 안전성을 판단하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 대상구조물의 처짐 현황

2.1 대상구조물 현황

이 연구에서는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 프리캐스트 콘크리트 슬래브(precast concrete slab, PC 슬래브)를 대상으로 하

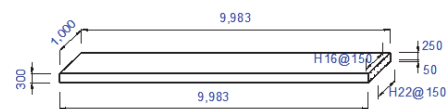


Fig. 1 Precast concrete slab structure

¹정희원, 상지대학교 건설시스템공학과 교수

*Corresponding author: belho@sangji.ac.kr

Department of Civil Engineering, Sangji University, Wonju, 26339, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2021년 5월 31일까지 학회로 보내주시면 2021년 6월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

였으며, Midas FEA 범용 프로그램을 이용하여 원 구조물과 변경 구조물에 대한 구조해석 수행하고(Structural Analysis, 2020), 이들 구조의 거동 차이 및 변수에 따른 민감도 정도를 분석하였으며, 이에 근거하여 수계산이 용이한 일방향 슬래브 구조로 단순화하여 검토하였다. 이러한 해석과정의 단순화는 Midas 등과 같은 범용 프로그램의 사용이 제약된 경우, Excel 등과 같이 사용이 쉬운 프로그램을 이용하여 다양한 변수의 영향에 따른 거동의 명확성 분석을 위한 것이다.

사용재료의 물성은 Table 1과 같으며, H22 철근을 150 mm 간격으로 하부에, H16 철근을 150 mm 간격으로 상부에 배근하였다.

2.2 대상 PC 슬래브의 모멘트 검토

대상 PC 슬래브의 철근량(A_s)은 $2,580 \text{ mm}^2$ 이며, 철근비(ρ)는 0.0103으로 최소철근비(ρ_{\min})인 0.0037 및 최대철근비(ρ_{\max})인 0.0357 사이에 있으므로 이 단면의 공칭모멘트(M_n)는 $240.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 인 것으로 나타났다.

대상 PC 슬래브는 일방향 슬래브로 거동하며, PC 슬래브에는 자중(7.5 kN/m) 이외에 추가되는 고정하중 2.0 kN/m 이 작용하고 있으며, 향후 슬래브에 5.0 kN/m 의 활하중이 작용하는 것으로 계획되어 있다.

계산 지간이 $9,983 \text{ mm}$ 인 측변부 PC 슬래브에 발생하는 사용하중에 의한 모멘트(M)는 $187.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 이며, 극한모멘트(M_u)는 $250.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 로 계산되어 $\phi M_n/M_u$ 값이 0.82 정도로 충분한 안전을 확보하지 못할 것으로 판단된다.

한편, 현재 활하중이 재하되지 않은 상태로 고정하중 및 추가 고정하중에 의한 모멘트는 $125.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 로 부재의 안전에는 크게 문제가 되지 않으나, 대상구조물의 두께는 300 mm 로 처짐검토가 불필요한 슬래브 두께인 $L/20$ (499.2 mm)보다 작으므로 처짐을 검토하여야 한다(Lee et al., 2012).

2.3 균열모멘트 및 유효 단면2차 모멘트

PC 슬래브의 균열모멘트(M_{cr})는 식(1)과 같이 계산할 수 있으며, Table 1의 단면 제원 및 콘크리트압축강도를 고려하여 계산하면 $M_{cr} = 55.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 임을 알 수 있다.

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (1)$$

여기서, $f_r = 0.63 \sqrt{f_{ck}} = 3.73 \text{ MPa}$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = 2,250,000,000 \text{ mm}^4$$

PC 슬래브의 처짐 계산(Timoshenko & Gere, 1972)을 위한 유효 단면2차 모멘트 (EI_{eff})는 M_a/M_{cr} 에 따라 변화하며

Table 1 Dimension and material properties of structure

Compressive strength of concrete	35 MPa
Unit weight of RC	25 kN/m ³
Steel Bar (H22 & H16)	SD400
Elastic modulus of concrete	28,825 MPa
Elastic modulus of steel	$2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$
Height of slab (depth)	300 (250) mm
Width of slab	1,000 mm
Span length : side span	9,983 mm
middle span	11,460 mm

Table 2 Deflection of PC slab

M_a/M_{cr}	I_{eff}	Deflection (mm)				
		D.L I	D.L. II	Sub Total	L.L	Total
1.00	2,250,000,000	15.0	3.9	18.8	10.0	28.8
1.67	1,026,070,004	32.8	8.5	41.3	21.9	63.2
2.24	830,220,626	40.5	10.5	51.1	27.0	78.1
3.00	750,115,921	44.9	11.7	56.5	29.9	86.4
I_{cr}	692,428,072	48.6	12.6	61.2	32.4	93.6

Table 3 Estimated long term deflection of PC slab

Time (month)	creep coefficient	long term factor	deflection (mm)
0	0	0.000	41.3
1	0.5	0.395	57.7
3	1.0	0.790	74.0
6	1.2	0.948	80.5
12	1.4	1.106	87.1
24	1.7	1.344	96.9
36	1.8	1.423	100.1
48	1.9	1.502	103.4
60	2.0	1.581	106.7

(MacGregor & Wight, 2005), Table 2에 나타난 바와 같다. 즉, 처짐은 균열 발생 후 급격히 증가하며, M_a/M_{cr} 이 1.67인 경우 고정하중(D.D. I) 및 추가고정하중(D.D. II)에 의한 PC 슬래브의 Table 2에 나타난 바와 같이 41.3 mm 로 Midas FEA를 이용한 탄성 처짐값 48.4 mm 와 근사하게 예측하였음을 알 수 있다. 압축철근비를 고려한 장기처짐은 Table 3 및 Fig. 2에 나타난 바와 같이 6개월이 경과한 현재 약 80.5 mm 인 것으로 계산되었으며, 실측 처짐 79 mm 와 유사함을 알 수 있다(Ministry of LTMA, 2015).

따라서 현 상태로 존치할 경우 5년후 106.7 mm 로 증가할 것으로 예측되어 구조물의 안전에 문제를 일으킬 수 있으므로, 이에 대한 보강이 필요한 것으로 판단된다.

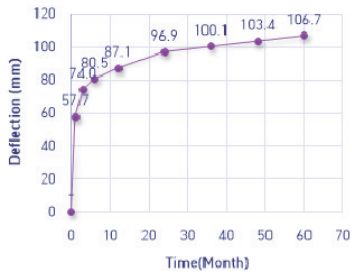


Fig. 2 Estimated long term deflection of PC slab

2.4 균열폭의 계산

콘크리트 구조기준 6.3.3항에 규정된 균열을 제어하기 위한 철근의 중심간격은 식(2)에 나타낸 바와 같이 만족함을 알 수 있다.

$$s_a = 375 \frac{210}{f_s} - 2.5 C_c = 608 \text{ mm}$$

$$s_a = 300 \frac{210}{f_s} = 591 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\therefore s = 150 \text{ mm} < 591 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$$

PC 슬래브에 발생한 균열폭의 비교를 위하여 식(3)에 나타낸 Gergely와 Lutz의 식(Ahn & Seo, 2007)과 콘크리트 구조기준(2012) 부록III.3.3에 제시한 식(4)에 의하여 균열폭을 계산하였다. Gergely와 Lutz의 식을 적용하여 산정된 균열폭은 0.275 mm로 다소 과다하게 예측되었으며, 콘크리트 구조기준에 의한 설계균열폭은 0.21 mm로 현장 실측값 0.2 mm와 유사한 것으로 조사되었다. 한편, 최대 균열 깊이는 약 5 mm로 철근의 위치까지 발생한 것으로 조사되었다.

$$w = 1.08 \times \beta_c \times f_s \times \sqrt[3]{d_{cA}} \times 10^{-5} \quad (3)$$

여기서,

$$w : \text{최대균열폭(mm)}$$

$$\beta_c : 1.2 \quad (h_1 = 171.3 \text{ mm}, h_2 = 221.3 \text{ mm})$$

$$f_s : 217.3 \text{ MPa}$$

$$d_c : 50.0 \text{ mm}$$

$$A : 2d_c b/N = 15,000 \text{ mm}^2$$

$$\omega_d = \kappa_{st} l_s (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (4)$$

$$w_d : \text{설계균열폭(mm)}$$

$$\kappa_{st} : \text{균열폭 평가계수} : 1.7$$

$$\text{여기서, } l_s : 114.9 \text{ mm}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) : 0.0010815$$

3. PC 슬래브의 보강 및 안전성 검토

3.1 PC 슬래브 보강

PC 슬래브에 대한 보강 방안은 Fig. 3.에 나타낸 바와 같이

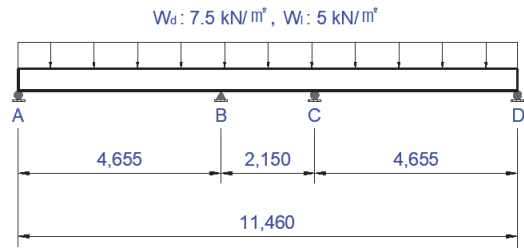


Fig. 3 Two supports under PC slab

Table 4 Support reactions according to jacking force

Jacking force (kN)	Reaction A,B (kN)	Jacking force (kN)	Reaction A,B (kN)
0	194.8 (47.4)	110	84.8 (20.6)
30	164.8 (40.1)	120	74.8 (18.2)
60	134.8 (32.8)	150	44.8 (10.9)
90	104.8 (25.5)	180	14.8 (3.6)
97.5	97.5 (23.7)	200	-5.2 (-0.5)

장재기등을 x 축 방향으로 2개 지지점(C, D)에 설치하는 것으로 계획하였으며, 중앙분절의 계산지간인 11,460 mm을 적용하여 계산하였다.

잭킹력이 지지점 역할을 하는 3경간 연속인 일방향 슬래브에 대한 근사해석법을 적용하면 정모멘트는 $\omega l^2/11 : 33.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 부모멘트는 $-\omega l^2/10 : 36.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 가 발생할 것으로 예측된다(Wang & Salmon, 1998). 이후 시간의 경과에 따라 PC 슬래브의 크리프 변형으로 지지점의 반력이 증가하게 되고 정부모멘트의 분배가 일어날 것으로 예측된다. 따라서 PC 슬래브의 정모멘트에 대한 ϕM_n 은 204.1 kN·m이고, 부모멘트에 대한 ϕM_n 은 108.7 kN·m이므로 구조적으로 안전함을 알 수 있다.

3.2 PC 슬래브 보강을 위한 잭킹력 산정

C 와 D 지점에 도입한 잭킹력에 따른 A, B 지점의 반력의 크기는 Table 4와 같으며, 지점부와 지지점부의 반력이 유사하게 되는 잭킹력은 대략 97.5 kN 정도인 것이 바람직한 것으로 판단된다.

3.3 잭킹력에 따른 PC 슬래브 휨모멘트 산정

전체 PC 슬래브 단면에 대하여 C 및 D 두 지점에 동일한 잭킹력을 도입하였을 경우 전체 고정하중 및 추가 고정하중이 39.0 kN/m이고, 단위폭으로 환산한 고정하중은 9.5 kN/m 이므로 잭킹력은 이를 고려하여 분산하여 작용하고, 대상 슬래브에는 잭킹력의 9.5/39.0이 작용하는 것으로 환산 적용하였다.

즉 Table 4의 97.5 kN이 C 및 D 지점에 가해질 경우 23.7 kN이 작용하는 것으로 환산하여 적용하였다. 따라서 잭킹력

Table 5 Moment variation according to jacking force

Jacking force (kN)	Moment C,D (kN·m)	Jacking force (kN)	Moment C,D (kN·m)
0	118.4	110	13.5
30	89.7	120	3.9
60	61.1	150	-24.7
90	32.5	180	-53.3
97.5	25.4	200	-72.4

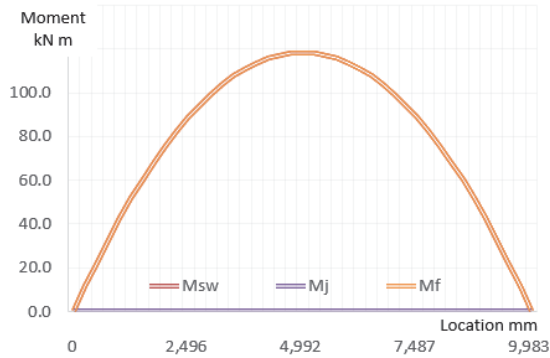


Fig. 4 Moment variation without jacking force

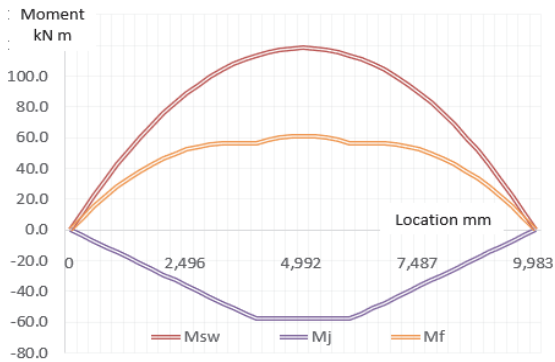


Fig. 5 Moment variation with jacking force of 60.0 kN

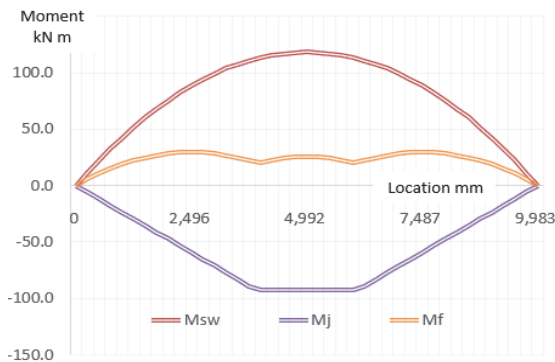


Fig. 6 Moment variation with jacking force of 97.5 kN

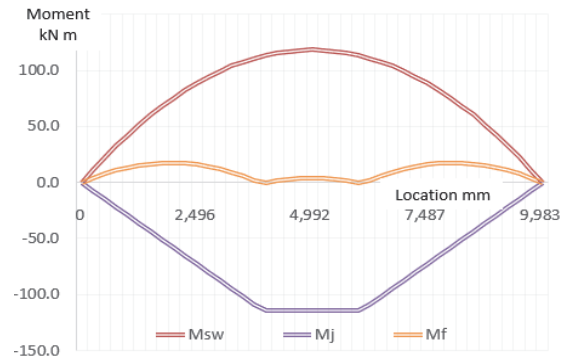


Fig. 7 Moment variation with jacking force of 120.0kN

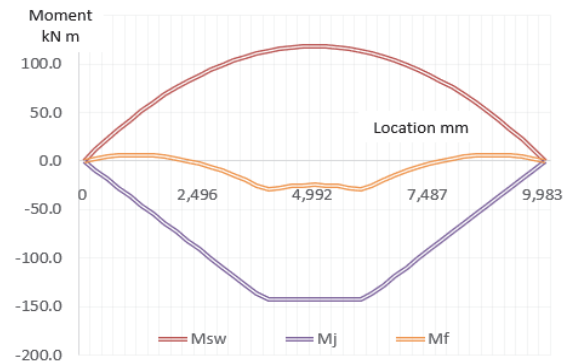


Fig. 8 Moment variation with jacking force of 150.0kN

에 의한 솟음이 발생하며, 이에 의한 휨모멘트 분배가 발생할 것이며, 잭킹력이 0 kN, 60 kN, 97.5 kN, 120 kN, 150 kN인 경우의 자중에 의한 휨모멘트(M_{sw}), 잭킹력에 의한 휨모멘트 (M_j) 및 최종 휨모멘트(M_f)는 Table 5에 나타난 바와 같으며, 이를 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 및 Fig. 7에 나타난 바와 같이 도시하였다. 즉, 잭킹력이 증가함에 따라 지점부 부재에 발생하는 휨모멘트는 감소하는 것으로 나타났으며, 잭킹력이 약 120 kN을 초과할 경우 잭킹에 의한 부의 휨모멘트가 발생하기 시작함을 알 수 있다.

3.4 잭킹력에 따른 PC 슬래브 솟음 산정

PC 슬래브에 대한 잭킹력의 결정을 위하여 Table 6에 나타난 바와 같이 잭킹력에 따른 솟음량을 지점부 A,B의 구속 정도에 따라 예측하였다.

대상 PC 슬래브의 중력 방향의 처짐을 계산할 경우 M_a/M_{cr} 이 1.67이고, 중립축 하부에 균열이 발생하였으므로 유효 단면 2차모멘트를 적용하였으나, 잭킹력에 의한 솟음을 계산할 경우 중립축 상부에는 균열이 발생하지 않았으므로 처짐은 잭킹방향을 고려하며 솟음의 형태로 발생할 것이며, 이의 계산을 위하여 전체 단면에 대한 단면 2차모멘트(I_g)를 이용하여야 하였다. 또한 PC 슬래브 거치 후 슬래브 모서리와 라이닝

Table 6 Camber (mm) according to jacking force & K_1

K1	Jacking force (kN)					
	30	60	70	80	100	110
0.00	-4.4	-8.7	-10.2	-11.6	-14.5	-16.0
0.10	-3.8	-7.6	-8.9	-10.2	-12.7	-14.0
0.20	-3.3	-6.5	-7.6	-8.7	-10.9	-12.0
0.30	-2.7	-5.4	-6.3	-7.2	-9.1	-10.0
0.40	-2.2	-4.3	-5.1	-5.8	-7.2	-7.9

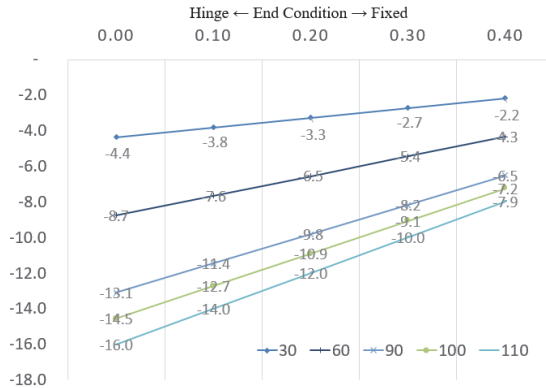


Fig. 9 Camber according to end constraint & jacking force

콘크리트 사이의 채움 모르타르로 인하여 jack-up에 의한 단부 회전이 다소 구속되므로 단부로 모멘트가 분배될 것으로 예상된다.

일반적으로 양단구속된 구조의 경우 단순지지인 경우의 중앙부 휨모멘트의 2/3가 단부에서 부모멘트 형태로 분배되고, 중앙부는 1/3만이 정모멘트 형태로 발생하며, 휨모멘트 분배정도는 단부 구속정도에 따라 변화하게 된다. 따라서 휨모멘트 분배 정도를 결정하는 단부 구속정도를 가상의 값 K_1 으로 표기할 경우 양단고정의 경우 K_1 은 0.67정도로 나타낼 수 있다.

한편, 대상구조물의 경우에는 2지지점에서 잭킹력이 가해지므로 잭킹력의 크기와 단부 회전정도에 따라 단부, 잭킹지점 및 중앙부 휨모멘트로 분배되므로, 잭킹지점의 전체적인 솟음량은 Fig. 9에 나타난 바와 같이 나타낼 수 있다. 그러므로 단부가 완전하게 고정단이 아니며, 회전각 발생만을 억제하는 구조이므로, K_1 값은 개략적으로 0.05 ~ 0.25 정도가 될 것으로 예측된다. 즉, 잭킹력을 110 kN 도입할 경우 지지점에서의 솟음은 12 ~ 16 mm 정도 발생하며, 잭킹시의 양단 지지점의 반력은 84.8 kN 정도 발생할 것으로 예측되며, 향후 장기거동에 의하여 PC 슬래브에 지속적인 처짐이 발생하여 반력은 증가할 것이며, 지지점 위의 슬래브에는 부모멘트가 발생할 것으로 판단된다.

Table 7 Measured camber at jacking point

Jacking force(kN)	Jacking point camber (mm)	
	C	D
0	0	0
22	2	3
44	4	5
66	6	8
88	9	12
110	13	15

4. PC 슬래브의 실측 솟음량과 향후 거동예측

4.1 PC 슬래브 보강에 따른 솟음량 분석

실제 잭킹력에 의한 PC 슬래브 C, D지지점에서의 솟음량은 Table 7과 같이 13 ~ 15 mm로 계산값인 12 ~ 16 mm와 유사하게 발생하였으며, 단부 A 및 B에 부반력 발생으로 인한 들뜸 현상 등은 발생하지 않았다.

4.2 PC 슬래브의 거동 예측

잭킹시의 PC 슬래브와 하부 지지강재에 걸리는 하중은 잭킹력과 직접적으로 관계가 있으나, 보강후의 PC 슬래브는 시간의 경과에 따라 장기처짐이 발생하게 되며, 이로 인하여 지지점은 지점으로서의 역할을 하여야 한다.

지지점이 없을 경우 5년후 장기처짐을 고려한 PC 슬래브의 최종 처짐은 약 106.7 mm인 것으로 예측되었으며, 현재 PC 슬래브는 79 mm - 14 mm = 65 mm 복원하였다. 이는 지지점이 없을 경우의 최종 탄성처짐값인 63.2 mm와 유사하게 복원된 것으로 판단된다.

따라서 제안된 110.0 kN의 단계별 잭킹력 도입과 지지점 설치에 따른 11 ~ 15 mm 복원 변위 계획으로 인하여, 향후 43.5 mm의 처짐을 방지하게 되며, 아울러 PC 슬래브 하부에 강재 보강재로 지지되는 지점은 jack-up 이후 콘크리트의 장기거동 특성에 의하여 지점부로 역할을 하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. 즉, 중간 PC 슬래브는 추가 지지점 삽입으로 인하여 장기적으로 정·부모멘트가 발생하게 되고, 3.1에 서술한 바와 같이 안전한 거동을 할 것으로 예측된다.

5. 결론

프리캐스트 콘크리트 슬래브의 구조 변경에 따른 처짐과 균열발생 원인을 규명하고, 보강 방안의 적절성에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 벽체와 연속된 이방향 콘크리트 슬래브를 분절된 PC 슬래브 형태로 변경·시공하므로써, 일방향 슬래브로 거동함에 따라 발생 모멘트가 균열모멘트를 2배 이상 초과($M_a/M_{cr} : 2.24$) 하여 다수의 균열이 발생하였으며, 균열폭은 0.2 mm 정도 발생한 것으로 조사되었다.
- (2) PC 슬래브는 2개의 지지점을 삽입하므로써 3경간 연속 슬래브로 구조 변경하였으며, 이를 대상으로 구조 해석 및 단면해석을 실시한 결과 $\phi M_n = 204.1 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 을 확보하여 $M_u = 33.5 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 을 상회하고, 부모멘트에 대하여 $\phi M_n = 108.7 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 을 확보하여 $M_u = 36.8 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 을 크게 상회하므로 강제 보강을 통하여 충분한 안전성을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.
- (3) 지지점 삽입을 위한 jack-up 시 시공관리는 하중(잭킹력)으로 실시하는 것이 바람직하며, 이에 따른 솟음량은 처짐계산시 사용하는 EI 값과 균열의 정도에 따라 다르게 적용하여야 한다.
- (4) 최종 jack-up stroke는 잭킹력 도입후 지점에서의 역할을 하여야 한다는 점과 현 상태 존치시 최종 변위(예측값 : 106.7 mm)가 지속적으로 증가할 수 있다는 점을 고려할 때, 지점부 삽입에 의한 보강이 필요하며, 제안된 110 kN의 단계별 잭킹력과 이에 따른 11~15 mm의 처짐 회복은 보강작업중에는 정모멘트, 보강후에는 부모멘트가 발생하여 안정적인 거동을 할 것으로 예측된다..

감사의 글

이 연구는 상지대학교 교내연구비의 지원으로 이루어진 것으로 관계자 여러분께 진심으로 감사드립니다.

References

1. Kim, C. G et al. (2013), Shear Strength of Hybrid Beams Combining Precast Concrete and Cast-In-Place Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 25(2), 175-185.
2. Choi, H. J., Lee, H. J., Yoon, S. S., and Jong, S. (2010), An Analytical Study on the Behavior of Slab Structure Considering the Remodeling, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection*, 14(2), 106-111.
3. Midas IT, Structural Analysis, MIDASIT Co. Ltd. (2020), <https://kor.midasuser.com/emergency/kr/support2.html>
4. Lee, K. M., Lee, S. K., and Lee, J. H. (2012), Serviceability, Durability and Crack Control, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 24(1), 24-28.
5. Timoshenko S. P., and Gere, J. M. (1972), *Mechanics of Materials*, Tower Press, 176-181.
6. MacGregor J. G., and Wight, J. K. (2005), *Reinforced Concrete Mechanics and Design*, 4th Edition, Prentice Hall, 393-419
7. Ministry of Land, Transportation and Maritime Affairs (2012), *Design Specification of Concrete Structures*, 70-302. Korea Concrete Institute.
8. Ahn, J. O., and Seo, Y. G., (2007), *Reinforced Concrete Design*, SciTech, 214-216.
9. Wang, C., and Salmon, C. S. (1998), *Reinforced Design 6th Edition*, Addison-Wesley, 320.

Received : 01/18/2021

Revised : 03/02/2021

Accepted : 03/09/2021

요 지 : 프리캐스트 콘크리트는 일반적으로 건설 기간을 줄이고 시공 능력을 향상시키는 데 주로 사용되고 있다. 그러나 분할 과정에서 원래 구조 시스템과 다른 경계 조건과 구조적 거동을 적용하여 구조적 문제가 발생할 수도 있다. 이 연구에서는 시공 후 휨모멘트 및 크리프 증가로 인해 처짐과 균열이 발생한 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 대상으로 검토하였으며, 이는 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 지지 조건 및 구조 거동에 대한 잘못된 적용에서 비롯된 것임을 알 수 있었다. 프리캐스트 콘크리트 슬래브 하부에 2 개의 지지대를 삽입하여 휨모멘트를 줄이고 보강 작업시 구조적 안전성을 확보하기 위해 잭킹력에 따른 캠버를 추정해야 한다. 따라서 기존 구조물의 처짐 및 균열을 확인하기 위해 역 해석을 통해 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 다양한 지지 조건과 휨강성을 고려하였으며, 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 잭킹력에 따라 캠버를 추정하고 안전한 구조물을 만드는 보강방법을 제안하였다.

핵심용어 : 프리캐스트 콘크리트 슬래브, 처짐, 균열, 캠버, 잭킹력
