

공동주택 슬래브 상부 주근의 받침철근 겸용에 대한 실무검토 사례

A Case Study on the Practical Review of Using Top Main Reinforcement as Support Bars in Apartment Slabs

김성민* · 유호원**

Seongmin Kim* · Howon Ryu**

Abstract

This study investigates the structural impact of the common construction practice of repurposing top main reinforcement bars as support bars in reinforced concrete apartment slabs. In practice, using main bars as support lowers their placement, which decreases the effective depth and potentially compromises the slab's flexural strength. Using SMath Studio, this study quantitatively evaluated four scenarios based on a standard 210 mm thick slab. The analysis revealed that when a standard D10 top bar is repurposed as a support bar, the flexural strength decreases by 3.5% due to the reduced effective depth. However, upgrading this repurposed support bar to a thicker D13 bar increases the overall strength by 16.2%, as the added reinforcement area more than offsets the loss in depth. Furthermore, when accounting for the doubly reinforced effect contributed by the continuous bottom reinforcement, the slab exhibits an inherent capacity 12.3% higher than the original design, even with the displaced D10 bar. To bridge the gap between design and construction, the study recommends applying a safety factor to account for the potential 3.5% strength reduction, specifying the allowable use of support bars in design notes, and encouraging D13 bars for support. Importantly, if strength concerns arise on site, any capacity re-evaluation utilizing the doubly reinforced effect must be strictly reviewed by a Professional Structural Engineer to scientifically prevent unnecessary rework.

Keywords: SMath Studio, Support Bar, Effective Depth, Flexural Strength, Doubly Reinforced Effect

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현장타설 철근콘크리트 구조물은 거푸집 설치 후 현장에서 직접 철근을 조립하므로, 설계자가 의도한 정위치 배근을 유지하기 위해 별도의 부속 자재가 필요하다. 특히 슬래브의 상부 주철근은 피복두께를

유지하기 위해 Fig. 1과 같이 간격재(Spacer)와 받침철근(Support bar)이 사용된다.

그러나 현행 설계실무에서는 이러한 받침철근의 물량을 내역에 반영하지 않거나, 구조 계산 시 그에 따른 유효깊이 변화를 고려하지 않는다. 이로 인해 현장에서는 주철근 중 일부를 받침용으로 아래에 깔아서 시공하게 되며, 이는 필연적으로 우력팔길이

*한국토지주택공사 차장, 공주대학교 건설환경공학과 박사(주저자: lucky5177@lh.or.kr)

**한국토지주택공사 팀장(howone@lh.or.kr)

Fig. 1. Spacers and Support Bars (Structural Standard Details)

(d)의 감소를 초래한다. 본 연구는 이러한 시공 오차와 실무관행이 구조 안전성에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고, 현실적인 해결책을 제시하는 데 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 LH 설계지침(구조)(한국토지주택공사, 2025.3.18)을 바탕으로, 210mm 두께의 슬래브 단면을 대상으로 한다. KDS 14 20 20:2022 콘크리트 구조 설계기준(국토교통부, 2022.1.11)에 따라 휨강도 해석을 수행하며, 상부 주철근의 배치 변화 및 하부 근의 복철근 효과 고려 여부에 따른 4가지 시나리오를 검토한다.

2. 문제점 및 검토방향

2.1 받침철근의 기능과 필요성

슬래브 상하부 철근을 직물처럼 엮기 위해서는 간격재 위에 받침철근을 얹어야 한다. 이 받침철근은 철근의 Layer를 형성하는 발판이 될 뿐만 아니라 콘크리트 타설 시 작업자의 하중이나 펌프카 호스의 압력을 견디는 기능을 한다. 신우진 외(2025)은 공동주택 철근콘크리트 공사의 시공 중 피복두께 미확보 원인으로 스페이서 시공 불량과 간격재의 이탈·이동을 제시하고, 적정 간격의 고임대 및 간격재 설치를 주요 개선방안으로 제안하였다. LH설계지침(구조)(한국토지주택공사, 2025.3.18.)에 있는 구조

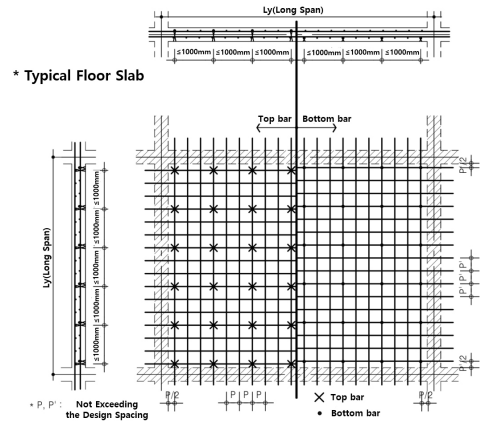


Fig. 2. Layout Criteria for Spacers (Structural Standard Details)

공통도에서는 Fig. 2와 같이 통상 1,000mm 내에 간격재와 받침철근을 설치하도록 규정하고 있다.

2.2 문제점

LH에서는 통상 받침철근을 설계내역에 별도 물량으로 산출하지 않으므로 현장에서는 슬래브 주근의 위치를 이동하여 일부를 받침철근 겸용으로 시공한다. 이 경우 상부 주근이 설계 위치보다 약 10mm 하향 배치됨에 따라 설계 휨강도가 감소하여 안전율이 저하될 우려가 있다.

2.3 검토방향

- 1) 정량적 강도 변화 분석: 주철근 위치 이동에 따른 강도 감소율을 Case별 해석을 통해 정량화하여, 상부 슬래브 주철근 일부를 받침철근으로 사용하는 현장 관행이 구조 안전성에 미치는 실제 영향을 파악한다.
- 2) 현실적 대안의 유효성 검증: 주철근을 받침철근으로 전용하되, 철근의 직경을 상향(D10 → D13)하는 방식이 유효깊이 감소를 상쇄할 수 있는지 해석적으로 검증한다.
- 3) 하부 주철근의 기여도 평가: 현행 연속 배근 방식

에서 하부 주철근이 압축측 또는 인장 보강재로서 발휘하는 추가적인 내력을 검토하여, 별도의 보강 없이도 설계 강도를 확보할 수 있는 논리적 근거를 마련한다.

- 4) 실무 가이드라인 수립: 해석 결과를 바탕으로 설계 도면 주기 명기 사항 및 시공 시 주의사항을 정리하여 현장 관리자와 설계자 간의 간극을 해소한다.

3. 해석적 검토 방법 및 조건

3.1 해석도구

본 연구의 수식 전개와 구조 해석을 위해 SMATH Studio를 활용하였다. SMATH Studio(Ivashov, 2026. 3.17)는 다음과 같은 기술적 장점을 보유하고 있어 실무적인 엔지니어링 계산에 최적화되어 있다(Fig. 3).

- 1) 무료 소프트웨어(Open Source): 누구나 제약 없이 사용할 수 있는 무료 프로그램으로 현장 및 설계 실무에서 접근성이 매우 높다.
- 2) 직관적인 위치위그(WYSIWYG: What You See Is What You Get) 인터페이스: 종이에 수식을 적는 방식 그대로 화면에 입력하고 계산할 수 있어, 엑셀과 같은 셀 방식에 비해 수식의 오류를 발견하기 쉽고 제삼자가 계산 과정을 검토하기에 매우 편리하다.
- 3) 계산 과정의 투명성: 변수의 정의부터 단위 변환, 최종 결과 산출까지 모든 과정이 투명하게 공개

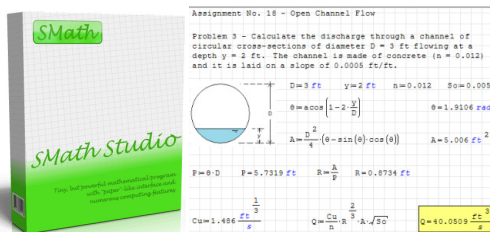


Fig. 3. SMATH Studio

되므로 엔지니어의 주관적 판단과 검증이 용이하다.

- 4) 강력한 연산 능력 확장: 복잡한 비선형 방정식의 풀이 및 심볼릭 연산(Symbolic Calculation)을 위해 Maxima Plug-in을 연동함으로써, 단순 산술 계산을 넘어선 고난도의 구조 역학적 수치 해석이 가능하다.

3.2 설계 상수 및 단면 가정

철근콘크리트 단면의 휨강도는 콘크리트 압축력과 철근 인장력의 평형조건 및 등가 직사각형 응력률록을 이용하여 산정할 수 있다(Wight, 2022; Darwin et al., 2016).

- 1) 콘크리트 설계강도(f_{ck})는 27MPa, 콘크리트 극한변형률(ϵ_{cu})은 0.0033, 등가응력블럭 계수(β_1)는 0.8로 가정했다.
- 2) 철근의 항복강도(f_y)는 500MPa(D13이하), 탄성 계수(E_s)는 200GPa로 적용했다.
- 3) 슬래브 단면은 폭(b) 1,000mm, 두께(h) 210mm, 상하부 주부근의 직경과 간격은 LH 설계지침(구조)에 따라 D10@300로 적용하였다.

4. Case별 해석 결과

4.1 Case 1: 상부 주근 정위치 배근시(원 설계)

모든 상부 주철근(3.333개)이 설계 정위치($d=175$ mm)에 배치된 경우이다(Fig. 4).

- 1) 등가응력블럭 깊이(a)는 5.1779mm로 산출되었다.
- 2) 설계 휨강도(ϕM_n)는 17.415kN·m이다.
- 3) 최외단 인장변형률(ϵ_t)이 0.0859로 연성 단면임으로 강도감소계수(ϕ)는 0.85를 적용하였다(국토교통부, 2022.1.11).

Case 1. Top Main Rebar at the Design Position

1.1. Material Properties and Key Dimensions

(Concrete) (KDS 14 20 20:2022 4.1.1(8) ③) (ReBar)

$$f_{ck} := 27 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{cu} := 0.0033 \quad \beta_1 := 0.8 \quad f_y := 500 \text{ MPa} \quad E_s := 200 \text{ GPa} \quad \varepsilon_y := \frac{f_y}{E_s} = 0.0025$$

(Number of Top Main Rebars per Unit Width) (Number of Top Main Rebars)

$$n := \frac{1000}{300} = 3.3333$$

$$n_1 := n = 3.3333$$

(Top Main Rebar at Design Position(D10))

$$d_{b1} := 10 \text{ mm} \quad a_{s1} := 71.3 \text{ mm}^2$$

(Area of Top Main Rebar at Design Position)

$$A_{s1} := a_{s1} \cdot n_1 = 237.6667 \text{ mm}^2$$

(Key Dimensions)

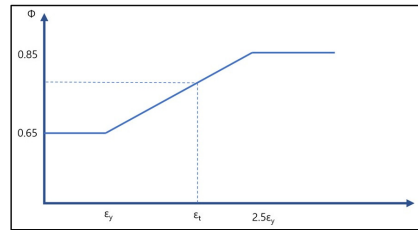
$$b := 1000 \text{ mm} \quad h := 210 \text{ mm}$$

$$d_1 := h - 30 \text{ mm} - \frac{d_{b1}}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$d_t := d_1 = 175 \text{ mm} \quad (\text{Depth to Extreme Tension Rebar})$$

(Strength Reduction Factor)

$$\phi(\varepsilon_t) := \begin{cases} \text{if } \varepsilon_t \geq 2.5 \cdot \varepsilon_y \\ \phi := 0.85 \\ \text{else} \\ \text{if } \varepsilon_y < \varepsilon_t < 2.5 \cdot \varepsilon_y \\ \phi := 0.65 + \frac{(0.85 - 0.65)}{(2.5 \cdot \varepsilon_y - \varepsilon_y)} \cdot (\varepsilon_t - \varepsilon_y) \\ \text{else} \\ \phi := 0.65 \end{cases}$$



1.2. Determination of Equivalent Stress Block Depth, a (C=T) ;

$$\text{sol}_1 := \text{Solve}(0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = A_{s1} \cdot f_y, a) \quad \text{Assign}(\text{sol}_1) = 5.1779 \text{ mm}$$

$$a = 5.1779 \text{ mm} \quad c := \frac{a}{\beta_1} = 6.4724 \text{ mm}$$

1.3. Extreme Tension Rebar Strain, ε_t , Strength Reduction Factor, ϕ

$$\text{sol}_2 := \text{Solve}\left(\frac{\varepsilon_{cu}}{c} = \frac{\varepsilon_t}{d_t - c}, \varepsilon_t\right)$$

$$\text{Assign}(\text{sol}_2) = 0.0859$$

$$\varepsilon_t = 0.0859$$

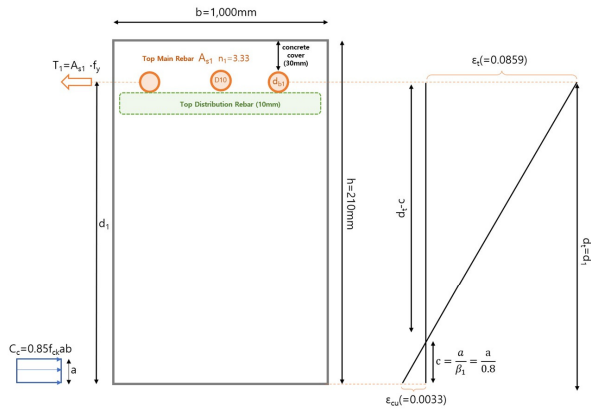
$$\phi := \phi(\varepsilon_t) = 0.85$$

1.4. Design Flexural Strength

$$T_1 := A_{s1} \cdot f_y = 118.8333 \text{ kN}$$

$$C_c := 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = 118.8333 \text{ kN}$$

$$\phi M_{n1} := \phi \cdot \left(T_1 \cdot d_1 - C_c \cdot \frac{a}{2} \right) = 17.415 \text{ kN m}$$



$$\text{Clear}(a, \varepsilon_t) = 1$$

Fig. 4. Case 1: Original Design

4.2 Case 2: 상부 주근 받침철근 검용(D10)

상부 주근 중 1개를 받침용으로 사용하여 그 위에

나머지 주근을 얹은 경우이다(Fig.5). 받침용 철근의 유효깊이는 $d_2=155\text{mm}$ 로 감소한다.

- 1) 등가응력블럭 깊이는 Case 1과 동일하나 우력팔 길이가 감소하였다.
- 2) 설계 휨강도(ϕM_n)는 16.8089kN·m로 산출되었다.
- 3) 해석결과, Case 1 대비 약 3.5%의 강도 저하가 발생하였다.

Case 2. Top Main Rebar Displaced Downward for Use as a Support Bar (D10)

2.1. Material Properties and Key Dimensions

(Top Main Rebar Used as Support Bar (D10))

(Area of Top Main Rebar Used as Support Bar)

$$d_{b2} := 10 \text{ mm} \quad a_{s2} := 71.3 \text{ mm}^2 \quad n_2 := 1$$

$$A_{s2} := a_{s2} \cdot n_2 = 71.3 \text{ mm}^2$$

(Top Main Rebar at Design Position (D10))

(Area of Top Main Rebar at Design Position)

$$n_1 := n - n_2 = 2.3333$$

$$A_{s1} := a_{s1} \cdot n_1 = 166.3667 \text{ mm}^2$$

(Key Dimensions)

$$d_1 := h - 30 \text{ mm} - \frac{d_{b1}}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$d_2 := h - 30 \text{ mm} - d_{b1} - 10 \text{ mm} - \frac{d_{b2}}{2} = 155 \text{ mm}$$

$$d_t := d_1 = 175 \text{ mm} \quad (\text{Depth to Extreme Tension Reinforcement})$$

2.2. Determination of Equivalent Stress Block Depth, a (C=T) ;

$$sol_1 := \text{Solve} \left(0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_y, a \right) \quad \text{Assign}(sol_1) = 5.1779 \text{ mm}$$

$$a = 5.1779 \text{ mm} \quad c := \frac{a}{\beta_1} = 6.4724 \text{ mm}$$

* Since the total area of top rebar is the same, a, c, ϵ_t are identical to those in Case 1.

2.3. Extreme Tension Rebar Strain, ϵ_t , Strength Reduction Factor, ϕ

$$sol_2 := \text{Solve} \left(\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_t}{d_t - c}, \epsilon_t \right)$$

$$\text{Assign}(sol_2) = 0.0859$$

$$\epsilon_t = 0.0859$$

$$\phi := \phi(\epsilon_t) = 0.85$$

2.4. Design Flexural Strength

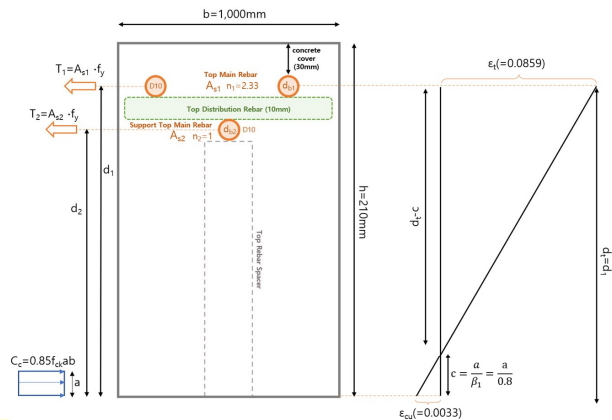
$$T_1 := A_{s1} \cdot f_y = 83.1833 \text{ kN}$$

$$T_2 := A_{s2} \cdot f_y = 35.65 \text{ kN}$$

$$C_c := 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = 118.8333 \text{ kN}$$

$$\phi M_{n2} := \phi \cdot \left(T_1 \cdot d_1 + T_2 \cdot d_2 - C_c \cdot \frac{a}{2} \right) = 16.8089 \text{ kN m}$$

* Design flexural strength decreases due to the reduced lever arm associated with d2



$$\text{Clear}(a, \epsilon_t) = 1$$

Fig. 5. Case 2: D10 Top Reinforcement Used as a Support Bar

4.3 Case 3: 상부 주근 받침철근 상향(D13)

주근 1개를 받침용으로 쓰되, 직경을 D13으로 상향하여 배근량을 늘린 경우이다(Fig. 6).

1) 철근량 증가로 인해 등가응력블럭 깊이 a 는 6.3849 mm로 다소 증가하였으며, 이에 따라연성이 소폭 감소했다.

Case 3. Top Main Rebar Used as Support Rebar Changed to D13

3.1. Material Properties and Key Dimensions

(Top Main Rebar Used as Support Rebar (D13))

$$d_{b2} := 13 \text{ mm} \quad a_{s2} := 126.7 \text{ mm}^2 \quad n_2 := 1$$

(Area of Top Main Rebar Used as Support Rebar)

$$A_{s2} := a_{s2} \cdot n_2 = 126.7 \text{ mm}^2$$

(Top Main Rebar at Design Position (D10))

$$n_1 := n - n_2 = 2.3333$$

(Area of Top Main Rebar at Design Position)

$$A_{s1} := a_{s1} \cdot n_1 = 166.3667 \text{ mm}^2$$

(Key Dimensions)

$$d_1 := h - 30 \text{ mm} - \frac{d_{b1}}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$d_2 := h - 30 \text{ mm} - d_{b1} - 10 \text{ mm} - \frac{d_{b2}}{2} = 153.5 \text{ mm}$$

$$d_t := d_1 = 175 \text{ mm} \quad (\text{Depth to Extreme Tension Rebar})$$

3.2. Determination of Equivalent Stress Block Depth, a ($C=T$) :

$$sol_1 := \text{Solve} \left(0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_y, a \right) \quad \text{Assign}(sol_1) = 6.3849 \text{ mm}$$

$$a = 6.3849 \text{ mm} \quad c := \frac{a}{\beta_1} = 7.9811 \text{ mm}$$

* As the area of top rebar increases, a and c increase, while ϵ_t decreases (reduced ductility).

3.3. Extreme Tension Rebar Strain, ϵ_t and Strength Reduction Factor, ϕ

$$sol_2 := \text{Solve} \left(\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_t}{d_t - c}, \epsilon_t \right)$$

$$\text{Assign}(sol_2) = 0.0691$$

$$\epsilon_t = 0.0691$$

$$\phi := \phi(\epsilon_t) = 0.85$$

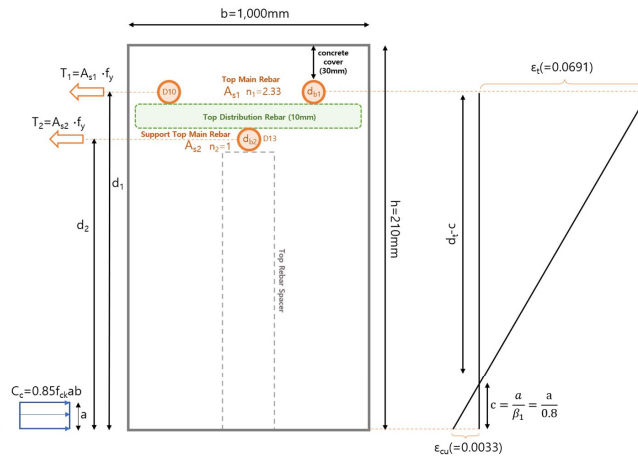
3.4. Design Flexural Strength

$$T_1 := A_{s1} \cdot f_y = 83.1833 \text{ kN}$$

$$T_2 := A_{s2} \cdot f_y = 63.35 \text{ kN}$$

$$C_c := 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = 146.5333 \text{ kN}$$

$$\phi M_{n3} := \phi \cdot \left(T_1 \cdot d_1 + T_2 \cdot d_2 - C_c \cdot \frac{a}{2} \right) = 20.2415 \text{ kN m}$$



$$\text{Clear}(a, \epsilon_t, c) = 1$$

Fig. 6. Case 3: D13 Bar Used as a Support Bar

- 2) 설계 휨강도(ϕM_n)는 20.2415kN·m로 산출되었다.
- 3) 분석 결과, 유효깊이 감소에도 불구하고 철근량 증

가 효과가 이를 상쇄하여 원래의 설계강도(Case 1)를 약 16% 상회하는 것으로 나타났다.

Case 4, Case 2 Including the Contribution of Bottom Main Rebar

4.1 Material Properties and Key Dimensions

(Top Main Rebar Used as Support Rebar (D10))

$$d_{b2} := 10 \text{ mm} \quad a_{s2} := 71.3 \text{ mm}^2 \quad n_2 := 1$$

(Area of Top Rebar Used as Support Rebar)

$$A_{s2} := a_{s2} \cdot n_2 = 71.3 \text{ mm}^2$$

(Top Main Rebar at Design Position (D10))

$$n_1 := n - n_2 = 2.3333$$

(Area of Top Main Rebar at Design Position)

$$A_{s1} := a_{s1} \cdot n_1 = 166.3667 \text{ mm}^2$$

(Bottom Main Rebar (D10))

$$d_{b3} := 10 \text{ mm} \quad a_{s3} := 71.3 \text{ mm}^2 \quad n_3 := n = 3.3333$$

(Area of Bottom Main Rebar)

$$A_{s3} := a_{s3} \cdot n_3 = 237.6667 \text{ mm}^2$$

(Key Dimensions)

$$d_1 := h - 30 \text{ mm} - \frac{d_{b1}}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$d_2 := h - 30 \text{ mm} - d_{b1} - 10 \text{ mm} - \frac{d_{b2}}{2} = 155 \text{ mm}$$

$$d_3 := 20 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{d_{b3}}{2} = 35 \text{ mm}$$

$$d_t := d_1 = 175 \text{ mm} \quad (\text{Depth to Extreme Tension Rebar})$$

4.2. Determination of Equivalent Stress Block Depth, a

(1) Stress in Bottom Main Rebar (Assuming No Yielding)

Since the equivalent stress block depth, a, in Cases 1-3 is within the concrete cover, the bottom main rebar is assumed to be in tension.

$$c := \frac{a}{\beta_1}$$

$$\text{sol}_1 := \text{Solve} \left(\frac{\epsilon_s}{d_3 - c} = \frac{\epsilon_{cu}}{c}, \epsilon_s \right)$$

$$\text{Assign}(\text{sol}_1) = -\frac{33 \cdot (250 \cdot a - 7 \text{ m})}{2500000 \cdot a}$$

$$\epsilon_s = -\frac{33 \cdot (250 \cdot a - 7 \text{ m})}{2500000 \cdot a}$$

$$f_s := \epsilon_s \cdot E_s = -\frac{66 \cdot (250 \cdot a - 7 \text{ m})}{25 \cdot a} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(2) Determination of Equivalent Stress Block Depth, a(C=T);

$$\text{sol}_2 := \text{Solve} \left(0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_y + A_{s3} \cdot f_s, a \right)$$

$$\text{Assign}(\text{sol}_2) = 13.0302 \text{ mm}$$

$$a = 13.0302 \text{ mm} \quad c = 16.2877 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = 0.0038$$

Since $\epsilon_s > \epsilon_y$, the bottom main rebar yields; therefore, a is recalculated.

$$\text{Clear}(a, \epsilon_s) = 1$$

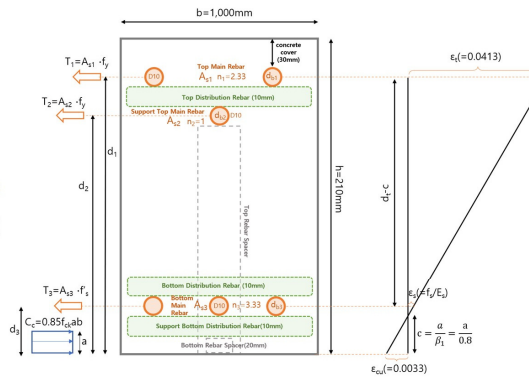


Fig. 7. Case 4: Considering the Flexural Contribution of Bottom Reinforcement

(3) Recalculation of Equivalent Stress Block Depth, a ($C=T$) ;

$$sol_3 := \text{Solve} \left(0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_y + A_{s3} \cdot f_y, a \right) \quad \text{Assign}(sol_3) = 10.3558 \text{ mm}$$

$$a = 10.3558 \text{ mm} \quad c = 12.9448 \text{ mm}$$

Check the yielding of the bottom main rebar using the recalculated a :

$$sol_4 := \text{Solve} \left(\frac{\varepsilon_s}{d_3 - c} = \frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_s}{d_3}, \varepsilon_s \right) \quad \text{Assign}(sol_4) = 0.0056$$

$$\varepsilon_s = 0.0056 \quad (\therefore \text{Bottom main rebar yields})$$

4.3 Extreme Tension Rebar Strain, ε_t and Strength Reduction Factor, ϕ

$$sol_5 := \text{Solve} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{c} = \frac{\varepsilon_t}{d_t - c}, \varepsilon_t \right) \quad \text{Assign}(sol_5) = 0.0413$$

$$\varepsilon_t = 0.0413$$

$$\phi := \phi(\varepsilon_t) = 0.85$$

4.4 Design Flexural Strength

$$T_1 := A_{s1} \cdot f_y = 83.1833 \text{ kN}$$

$$T_2 := A_{s2} \cdot f_y = 35.65 \text{ kN}$$

$$T_3 := A_{s3} \cdot f_y = 118.8333 \text{ kN}$$

$$C_c := 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot b = 237.6667 \text{ kN}$$

$$\phi M_{n4} := \phi \cdot \left(T_1 \cdot d_1 + T_2 \cdot d_2 + T_3 \cdot d_3 - C_c \cdot \frac{a}{2} \right) = 19.5597 \text{ kN m}$$

Fig. 7. Case 4: Considering the Flexural Contribution of Bottom Reinforcement (Continued)

4.4 Case 4: Case 2+하부 주근고려

2016년부터 LH에서 적용하는 연속 배근된 상하부 주철근(D10@300)을 해석에 포함한 경우이다 (Fig. 7).

- 1) 해석 결과, 중립축이 단면의 매우 상부에 위치하여 하부 철근이 인장력을 받는 것으로 나타났다.
- 2) 설계 휨강도(ϕM_{n4})는 19.5597kN·m로 산출되었다.
- 3) 결론적으로 별도의 물리적 보강 없이도 원래의 설계강도를 상회하는 내력을 확보했다. 다만, 해석

의 복잡성으로 설계 단계에서 일일이 적용하기는 비효율적이다. 그러나 시공 현장에서 받침철근 전용에 따른 강도 부족 문제가 제기될 경우, 별도의 물리적 보강 없이도 구조적 안전성을 입증할 수 있는 공학적 근거로 활용될 수 있다.

5. 설계 및 시공 적용 가이드라인

5.1 설계단계

- 1) 안전율 조정: Case 1 방식으로 설계하되, 현장 시공 오차를 감안하여 약 95% 수준의 강도 저하를

예상한 안전율을 확보한다.

- 2) 도면 주기 명기: Case 1 방식에 95%의 안전율을 확보하였다면, 구조일반사항 또는 슬래브 배근도 주기에 다음과 같은 문구를 삽입하여 시공자가 인지할 수 있도록 한다.

주) 해당 슬래브 배근 시 1,000mm 당
1개의 상부 주철근(D10)을
받침검용 철근으로 시공할 수 있음

- 3) D13 권장: 작업자 하중 등에 의한 처짐 방지 및 유효깊이 확보를 위해 받침용 철근은 가급적 D13 적용을 권장한다(Case 3).

5.2 시공단계

설계 단계에서 고려되지 않은 D10 받침철근 시공으로 인해 강도 부족 우려가 제기될 경우, 반드시 책임구조기술자의 엄격한 검토를 거쳐 Case 4(하부 철근 고려) 방식을 통해 실제 내력을 재평가하여 불필요한 재시공을 방지할 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 공동주택 슬래브 시공 과정에서 발생하는 받침철근의 배근 관행이 구조적 성능에 미치는 영향을 분석하고, 실무적인 해결 방안을 모색하였다. 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

Table 1. Summary of Analysis Results for Each Case

Case	a	ϵt	ϕ	ϕMn
Case1	5.1779	0.0859	0.85	17.415
Case2	5.7798	0.0859	0.85	16.8089
Case3	6.3849	0.0691	0.85	20.2415
Case4	10.3558	0.0413	0.85	19.5597

Note: a = depth of equivalent rectangular stress block (mm); ϵt = extreme tensile strain; ϕ = strength reduction factor; ϕMn = design flexural strength (kN·m).

6.1 연구 결과 요약

각 Case별 해석을 통해 산정한 등가응력블록 깊이(a), 최외단 인장변형률(ϵt), 강도감소계수(ϕ) 및 설계 휨강도(ϕMn)를 Table 1에 정리하였다. Table 1의 결과를 바탕으로 주요 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 강도 저하의 정량화: 상부 주철근(D10)의 일부를 받침용으로 전용하여 위치가 하향될 경우, 유효깊이 감소로 인해 설계 휨강도가 약 3.5% 감소함을 확인하였다. 이는 설계 시 고려되지 않은 잠재적인 안전율 저하 요인이 될 수 있다.
- 2) 현실적 대안 검증: 받침용 철근을 D13으로 상향조정할 경우, 유효깊이 감소에 따른 손실보다 철근량 증가에 따른 이득이 커 원 설계강도를 16% 이상 상회하는 결과를 얻었다. 이는 현장에서 즉시 적용 가능한 가장 안전하고 현실적인 대안이다.
- 3) 하부주근 휨기여도: 복철근 원리를 적용하여 하부 주철근의 기여도를 고려할 경우, 별도의 보강 없이도 원 설계강도 대비 약 12.3%의 추가 내력을 확보할 수 있음을 입증하였다.

6.2 실무적 시사점 및 제언

- 1) 설계-시공 간극 해소: 설계 단계에서 모든 현장여건을 완벽히 반영하기는 어렵다. 따라서 설계자는 Case 1을 기준으로 하되 시공 오차를 고려한 소폭의 안전율(약 95%)을 확보하고, 도면 주기를 통해 현장 시공 범위를 명확히 규정함으로써 불필요한 마찰을 줄여야 한다.
- 2) 감리자의 역할: 감리자는 시공 시 발생하는 주철근의 위치 이동 문제를 명확히 인식해야 한다. 문제 발생 시 단순한 시공 오류로 치부하기보다, 책임구조기술자의 엄격한 검토를 거쳐 본 연구에서 제시한 Case 4와 같은 공학적 검토를 통해 합리적

인 해결 방안을 수립하고 이를 설계에 피드백하는 선순환 구조를 만들어야 한다.

- 3) 배근 BIM 활용: 향후 복잡한 배근 부위에 대해서 배근(Reinforced bar Placing) BIM (Building Information Modeling)을 적극 도입할 것을 권장한다. 이를 통해 시공 철근 Layer 간섭 등을 사전에 시뮬레이션하고 최적의 배근 상세를 도출함으로써 오시공으로 인한 구조성능 저하를 원천적으로 방지할 수 있다.

본 연구는 상부 슬래브 주철근 일부를 받침철근으로 사용하는 현장 관행을 공학적 근거로 뒷받침함과 동시에 설계의 유연성을 확보할 수 있는 가이드를 제시하였으며, 이는 향후 철근콘크리트 구조물의 시공 품질 및 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국토교통부(2022.1.11), “KDS 14 20 20: 2022 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준”.
2. 신우진·조성민·장명훈(2025), “공동주택 철근콘크리트 공사의 시공중 하자 분석과 개선 방안”, 「토지주택연구」, 16(4): 113~125.
3. 한국토지주택공사(2025.3.18), “LH 설계지침(구조)”.
4. Darwin, D., C. W. Dolan and A. H. Nilson (2016), *Design of Concrete Structures* (15th ed), New York: McGraw-Hill Education.
5. Wight, J. K. (2022), *Reinforced Concrete: Mechanics and Design* (8th ed), New Jersey: Pearson.
6. Ivashov, A., SMATH Studio Desktop, Accessed March 17, 2026. [https:// en.smath.com/](https://en.smath.com/) .

요 약

본 연구는 공동주택 슬래브 시공 시 설계에 반영되지 않은 상부 주철근을 받침철근(Support bar)으로 전용하는 실무 관행이 구조 안전성에 미치는 영향을 SMATH Studio를 활용해 정량적으로 분석했다. 현장에서 상부 주근 일부를 하향 배치해 받침용으로 사용하면 유효팔길이(유효깊이)가 필연적으로 감소한다. 210mm 두께의 슬래브를 기준으로 4가지 케이스를 해석한 결과, 기존 D10 주철근을 받침용으로 전용할 경우 유효깊이 감소로 인해 원 설계 대비 휨강도가 약 3.5% 저하되는 것으로 나타났다. 하지만 이를 보완하기 위해 받침용 철근의 직경을 D13으로 상향하면 유효깊이 감소분보다 철근 단면적 증가 효과가 더 커서 설계 휨강도보다 약 16.2% 증가했다. 또한 하부 주철근의 휨 기여도를 고려한 복철근 해석을 적용하면 별도의 물리적 보강 없이도 원 설계 대비 약 12.3%의 추가 내력이 확보됨을 입증했다. 이러한 해석 결과를 바탕으로 본 연구는 설계와 시공의 간극을 줄이기 위한 실무 가이드라인을 제안한다. 설계 단계에서는 현장의 3.5% 강도 저하를 감안한 도면 주기 명기와 D13 철근 사용을 권장한다. 시공 단계에서 강도 부족 논란이 발생할 경우, 불필요한 재시공을 방지하기 위한 하부 철근 고려 내력 재평가는 반드시 책임구조 기술자의 엄격한 검토를 거쳐 수행되어야 함을 강조한다. 또한 오시공 방지를 위해 향후 복잡한 배근 부위에는 BIM 도입을 제안한다.

주제어: SMATH Studio, 받침철근, 유효깊이, 휨강도, 복철근 효과