工 學 碩 士 學 位 論 文

합성데크바닥에서 초기처짐의 수평보정에 관한 연구

2 0 0 2年　2月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

建 築 工 學 科

李　政　憲

工 學 碩 士　學 位 論 文

합성데크바닥에서 초기처짐의 수평보정에 관한 연구

指 導 教 授　　金　永　贊

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2 0 0 2年　2月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

建 築 工 學 科

李　政　憲

李政憲의 工學碩士 學位論文을 認准함

2 0 0 1年　12月　26日

主 審　工學博士　朴 千 石　(印)

委 員　工學博士　金 永 贊　(印)

委 員　工學博士　李 在 龍　(印)

목 차

표 목 차

그 림 목 차

Ⅰ 서론

1.1. 연구 배경 및 목적

최근 도심지의 지가상승 및 용지부족으로 인하여 사무용 및 상업용 건물들은 한정된 부지의 효율적인 이용을 위해 고층화 추세에 있다. 이러한 고층 건축물의 구조형식으로 내구성과 내진성이 우수한 철골구조 및 철골철근콘크리트구조가 일반적으로 채택되고 있다. 이들 고층 건축물의 바닥 슬래브 구조로는 거푸집과 동바리를 이용하는 기존의 철근콘크리트 슬래브 공법과 동바리가 필요없이 강재 거푸집을 이용하는 합성슬래브 공법이 있다. 이중에서 공기단축과 원가절감 측면에서 데크플레이트를 사용한 합성슬래브 공법이 일반화되고 있다. 데크플레이트는 크게 일반 거푸집용과 합성 슬래브용으로 크게 대별될 수 있는데, 일반 거푸집용 데크플레이트는 콘크리트 타설시 거푸집 역할만 하고 합성 슬래브용 데크플레이트는 콘크리트의 타설시 거푸집 역할을 하고 콘크리트가 경화한 후에는 항구적인 합성 슬래브의 주인장재 역할을 한다.

합성데크슬래브(Composite Deck Slab)는 콘크리트가 경화되었을 때 합성작용으로 고정하중과 적재하중을 지지하지만, 콘크리트가 경화되기 전까지는 큰보와 작은보, 데크플레이트가 경화되지 않은 콘크리트를 포함하는 시공하중을 지지해야만 한다. 이러한 시공하중은 시공시에 골조가 처지는 원인과 건축물의 사용성 문제를 야기하므로 만족스러운 수평면을 만들기 위해서는 다음과 같은 방법들로 보정되어야 한다.

1. 큰보나 작은보의 크기를 증가시켜 처짐을 억제한다.

2. 큰보와 작은보를 임시지주로 지지한다.
3. 큰보와 작은보를 예상되는 처짐만큼 위로 치올린다.
4. 콘크리트 타설로 처진 슬래브면을 평평하게 하기 위해 콘크리트를 추가적으로 타설한다[1].

이러한 방법들은 다음과 같은 문제점을 발생하기도 하는데, 첫 번째 방법은 부재의 단면치수를 증가시켜 처짐을 억제하는 방법으로 강재의 양이 증가하여 공사비가 증가한다.

두 번째 방법은 콘크리트가 경화될 때까지 지주를 사용하여 처짐을 억제하는 방법으로 천장과 바닥분할의 적합성을 향상시킬 수는 있지만, 비용증가와 장기적인 처짐을 야기할 수 있다.

세 번째 방법은 구조물의 예상 처짐량을 산정하여 그만큼 부재를 위로 휘는 방법으로 역방향 치올림(camber)에 영향을 미치는 변수 때문에 콘크리트로 역방향 치올림과 처짐의 차이를 조절해야 한다.

네 번째 방법은 시공하중으로 인한 처짐을 추가적인 콘크리트를 타설하여 수평을 보정하는 방법으로 초기 처짐을 보정하기 위해 추가적인 콘크리트를 타설할 때 그 중량은 또 다른 처짐을 야기한다[1].

그래서, 본 연구에서는 첫 번째 방법과 네 번째 방법으로 수평을 보정할 때, 그 경제성과 효율성을 검토하고, 수평보정에 따른 추가중량과 보정콘크리트의 체적을 쉽게 산정할 수 있는 근사적인 수치적 데이터를 제시하여 구조설계시 합성데크슬래브의 수평보정을 위한 기초적 자료를 제공하고자 한다.

1.2. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 기존에 사용하고 있는 디자인 방법에 따른 처짐을 산정하고, 수평보정을 위한 추가중량과 보정콘크리트의 체적을 산정한다. 또, 그 하중으로 인한 추가처짐과 안전성에 대한 검토를 하고, 단면치수를 증가시켜 수평을 보정하는 방법과의 경제성 및 효율성을 비교하고자 한다.

콘크리트 타설로 인한 수평보정을 위해 추가처짐과 보정콘크리트의 체적을 산정하기 위해 다음과 같은 순서로 연구를 수행해 나간다.

(1) 국내외의 규준과 발표된 논문, 연구보고서를 수집하고 분석하여 처짐 산정 방법과 보정콘크리트 체적에 대한 연구를 수행한다.

(2) 국내외의 규준과 발표된 논문, 연구보고서를 토대로 부재의 단면 치수, 콘크리트의 중량, 부재의 간격 등의 처짐에 영향을 미치는 변수들에 대한 연구를 한다.

(3) 합성데크슬래브의 처짐에 영향을 미치는 변수들을 조합하여 각각의 처짐을 산정하고, 수평보정을 위한 보정콘크리트의 체적을 산출한다.

(4) 각각의 방법에 따른 수치해석 데이터를 분석 정리하여, 보정콘크리트 체적에 대한 데이터를 제시하고 처짐을 검토하고, 경제성과 효율성을 비교한다.

1.3. 연구 동향

국내외의 연구동향을 살펴보면 먼저 국외에서는 James Chinn(1965)이 단순지지된 평지붕(Flat Roofs)시스템의 물고임(Water Ponding)에 대해 연구[2)]하였다. Chinn의 연구에 의하면, 단순지지된 보의 처짐은 싸인곡선 형태로 나타나므로 이 싸인곡선이 가지는 하중을 공액보법에 적용하여 그 최대처짐을 구하였다. Frank J. Marino(1966)는 지붕시스템에서 이전까지의 일방향 작용에 한정된 연구를 벗어나, 부재사이의 상호작용 효과와 면의 처짐이 고려되어지는 2방향 지붕시스템의 물고임에 대한 연구[3)]를 하였다. 이러한 물고임은 데크플레이트에서 콘크리트의 타설작용과 유사하게 고려되어질 수 있다. 데크플레이트에서 보정콘크리트의 타설작용에 의한 추가처짐에 대해서는 John L. Ruddy(1986)가 Marino의 연구를 바탕으로 콘크리트 데크 바닥의 고임(Ponding)에 관한 연구[1)]를 하였고, J. Thomas Ryan(1997)는 ASD, LRFD의 설계 방법과 항복강도에 따른 균일한 하중분포 하에서 처짐과 고임으로 인한 불균일한 하중분포 하에서의 처짐을 비교한 합성슬래브의 처짐조절에 관한 연구[4)]를 하였다.

현재 국내에서는 합성데크슬래브의 개발 및 실험적 연구는 많이 이루어지고 있으나 시공중 처짐에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

II. 합성데크슬래브의 처짐

2.1. 합성데크슬래브의 개요

합성데크슬래브는 그림 2.1.1에서 보는 바와 같이 합성슬래브용의 특수한 바닥강판인 데크플레이트와 철근콘크리트가 합성하여 외력에 저항하는 바닥구조로 데크플레이트가 굳지 않은 상태의 콘크리트와 철근 및 시공하중을 지지하는 영구적인 거푸집의 역할을 하며, 콘크리트 경화 후에는 바닥 인장보강근의 역할을 한다.

이 합성슬래브에 하중이 가해지면 데크플레이트와 콘크리트 사이의 부착면에서 미끄러짐(Slip)과 박리를 시키는 힘이 발생한다. 이러한 힘에 대해서 적절한 단면 형상과 돌기(Embossing)를 이용하여 효율적인 결합과 전단연결 역할에 의해 데크플레이트와 콘크리트가 일체로 거동하도록 한 구조[5]이다.

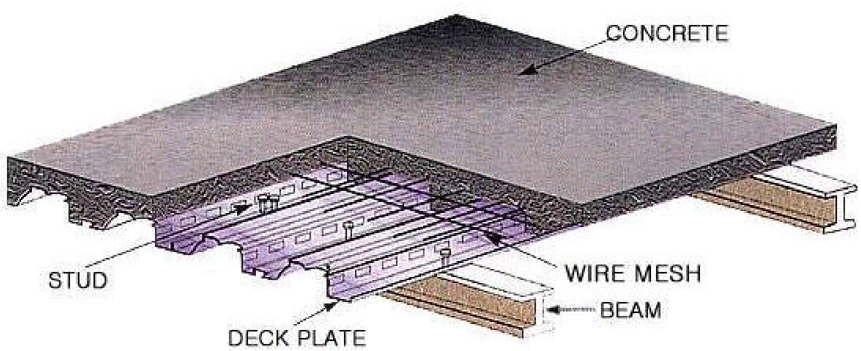


그림 2.1.1. 합성데크슬래브의 구조[6]

2.2. 시공하중

데크플레이트를 이용해 합성슬래브를 설계할 경우, 데크플레이트는 철근배근과 콘크리트 타설작업이 끝날 때까지 작업 바닥면과 거푸집으로서의 기능을 유지해야 하기 때문에 시공을 고려한 구조검토가 반드시 필요하다[7].

시공하중은 시공방법에 따라서 조금씩 달라질 수 있지만, 일반적으로 작업하중과 철골의 자중, 데크플레이트의 자중, 콘크리트의 자중 등을 고려한다.

작업하중은 150Kgf/m^{2}으로 응력 산정시에는 고려되어야 하지만 처짐 산정시에는 시공하중이 고려되지 않는다[7].

콘크리트 자중은 데크플레이트의 단면이 균일하지 않으므로, 토핑콘크리트 두께에 데크플레이트의 리브 춤의 1/2를 더한 값에 콘크리트의 단위용적중량을 곱한 값으로 한다[8].

2.3. 합성데크슬래브의 처짐

본 연구에서는 처짐과 체적산정을 위해 Marino와 Ruddy의 연구[1),3)]를 기본바탕으로 한다.

한 주간(bay) 위에서 나타나는 합성 슬래브의 전체처짐은 그림2.3.1에서 보는 바와 같이 각 부재의 전체처짐을 합하여 구한다. 각 부재의 전체처짐은 초기처짐과 초기처짐을 보정하기 위해 타설되는 보정콘크리트의 중량으로 인한 추가처짐을 합하여 구한다.

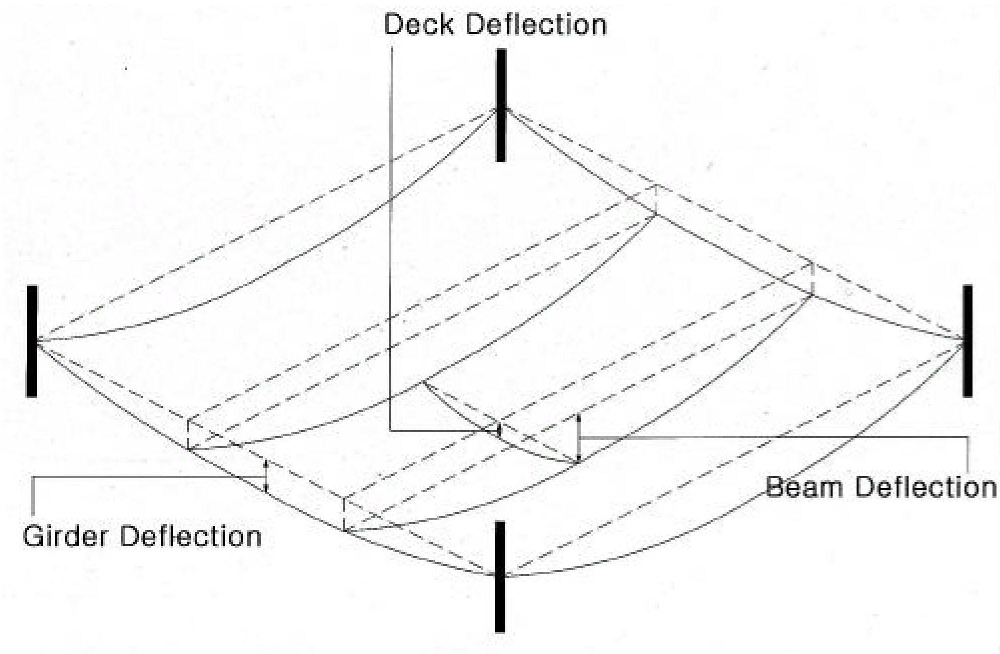
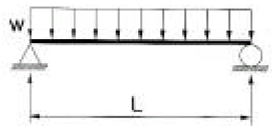


그림 2.3.1. 합성데크슬래브의 전체 처짐

2.3.1. 등분포하중에 대한 처짐

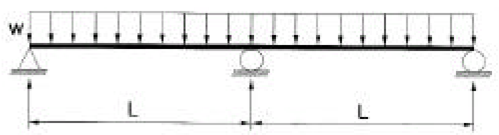
데크플레이트가 거푸집 상태일 때 처짐은 그림 2.3.2에서 보는 바와 같이 한 주간에서 스팬의 수와 지지조건에 따라 달리한다.

1 스팬



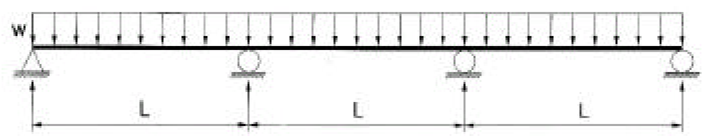
$$\delta_{D1} = \frac{5wL^4}{384E_sI_D}$$

2 스팬



$$\delta_{D2} = \frac{wL^4}{185E_sI_D}$$

3 스팬



$$\delta_{D3} = \frac{wL^4}{145E_sI_D}$$

그림 2.3.2. 지지조건에 따른 합성슬래브의 처짐 산정

큰보와 작은보의 처짐은 단순보로 가정하여 정역학적 해석방법에 따라 처짐을 산정한다.

2.3.2. 고임하중에 대한 처짐

합성데크슬래브에서 등분포하중으로 인한 처짐곡선은 그림 2.3.3**과 같이** 1/2 **싸인**(sin)**곡선 형태로 나타난다**.

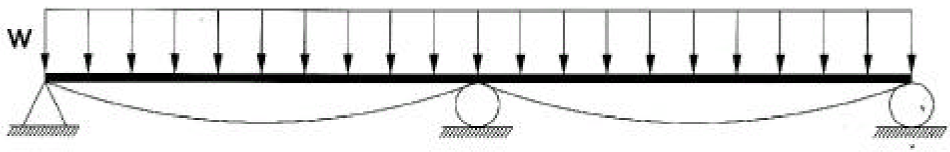


그림 2.3.3. 등분포하중에 의한 처짐곡선

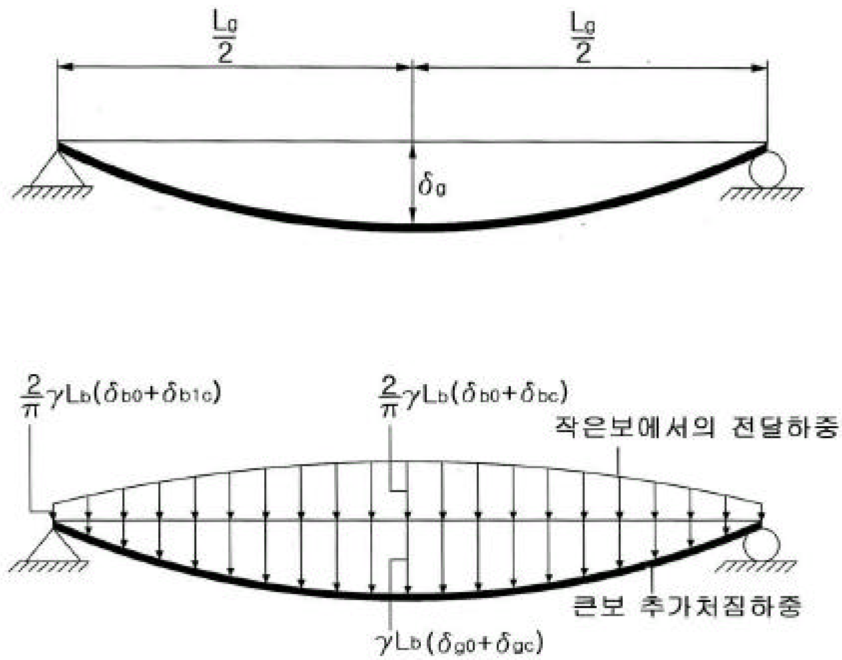


그림 2.3.4. 큰보에서 보정콘크리트에 의한 추가하중[3)]

우선 큰보에서 고임하중에 대한 처짐을 고려하면, 작은보의 처짐으로 인해 증가된 하중이 큰보로 전달되게 된다. 여기서 작은보에서 큰보로 전달되는 하중은

집중하중이라기 보다는 분포하중이라고 가정한다. 큰보의 초기처짐에 의한 추가하중과 작은보에서의 전달하중은 그림 2.3.4와 같다.

큰보에서 초기처짐에 의한 추가하중 W_g와 작은보에서의 전달하중 W_b는 다음과 같다.

$$W_g = \frac{2}{\pi}\gamma L_b(\delta_{g0} + \delta_{gc})L_g \tag{2.3.1}$$

$$W_b = \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \gamma L_b(\delta_{b0} - \delta_{b1c})L_g + \frac{2}{\pi}\gamma L_b(\delta_{b0} + \delta_{b1c}) \tag{2.3.2}$$

큰보의 중앙스팬에서 휨모멘트를 구하면 다음 식 (2.3.3)과 같다.

$$M = \frac{\gamma L_b L_g^2(\delta_{g0} + \delta_{gc})}{\pi^2} + \frac{2\gamma L_b L_g^2(\delta_{bc} - \delta_{b1c})}{\pi^3} + \frac{2\gamma L_b L_g^2(\delta_{b0} + \delta_{b1c})}{8\pi} \tag{2.3.3}$$

고임하중으로 인한 스팬 중앙에서의 처짐을 공액보법을 이용하여 구하면 다음 식 (2.3.4)와 같다.

$$\delta_{gc} = \frac{\gamma L_b L_g^4}{\pi^4 E I_g}\left[(\delta_{g0} + \delta_{gc}) + \frac{2}{\pi}(\delta_{bc} - \delta_{b1c}) + \frac{\pi}{4}(\delta_{b0} + \delta_{b1c})\right] \tag{2.3.4}$$

여기서,

$$\frac{\gamma L_b L_g^4}{\pi^4 E I_g} = C_g \tag{2.3.5}$$

위에 식을 전개하여 δ_{gc}에 대해 정리하면

$$\delta_{gc} = C_g\delta_{g0} + C_g\delta_{gc} + \frac{2}{\pi}C_g\delta_{bc} - \frac{2}{\pi}C_g\delta_{b1c} + \frac{\pi}{4}C_g\delta_{b0} + \frac{\pi}{4}C_g\delta_{b1c}$$

$$\delta_{gc} = \alpha_g\left(\delta_{g0} + \frac{\pi}{4}\delta_{b0}\right) + \alpha_g\left(\frac{2}{\pi}\delta_{bc} + \frac{\pi}{4}\delta_{b1c} - \frac{2}{\pi}\delta_{b1c}\right) \qquad (2.3.6)$$

여기서,

$$\alpha_g = \frac{C_g}{1 - C_g} \qquad (2.3.7)$$

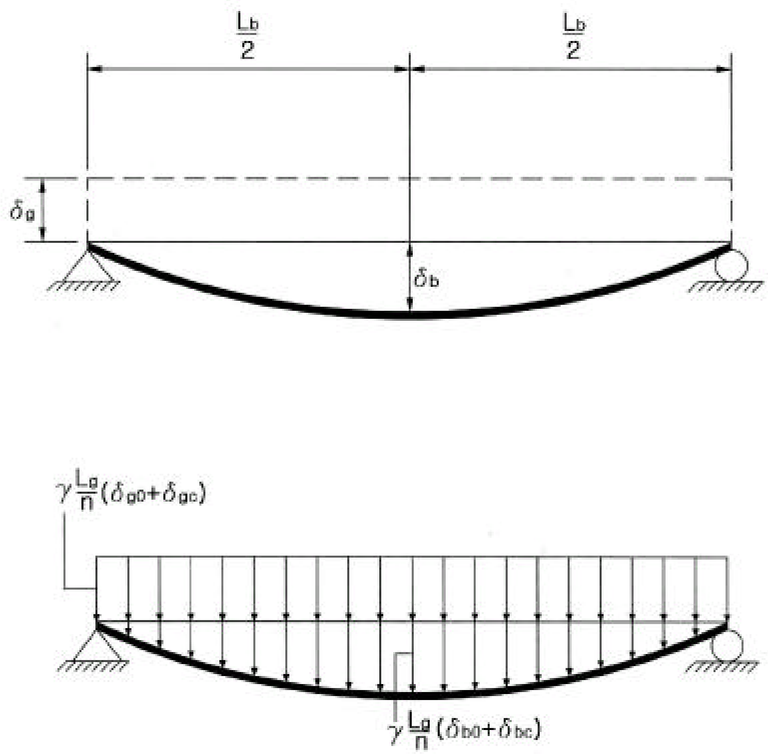


그림 2.3.5. 작은보에서 보정콘크리트에 의한 추가하중[3)]

마찬가지로 고임하중으로 인한 작은보의 처짐도 다음과 같이 계산되어질 수 있다. 작은보에서는 작은보의 초기처짐에 의한 추가하중과 큰보의 전체처짐 δ_g로 인한 추가하중이 같이 고려된다. 큰보의 전체처짐으로 인한 추가하중은 작은보 위에 균일한 하중으로 분포된다

작은보의 추가처짐 δ_c는 다음과 같다.

$$\delta_{bc} = \alpha_b \left(\delta_{b0} + \frac{\pi^2}{8} \delta_{g0} \right) + \frac{\pi^2}{8} \alpha_b \delta_{gc} \tag{2.3.8}$$

여기서,

$$\alpha_b = \frac{C_b}{1 - C_b} \tag{2.3.9}$$

$$C_b = \frac{\gamma \left(\frac{L_g}{n} \right) L_b^4}{\pi^4 E I_b} \tag{2.3.10}$$

또한 외주부 작은보의 추가처짐 δ_{1c}는 다음과 같다.

$$\delta_{b1c} = \alpha_b \delta_{b0} \tag{2.3.11}$$

식 (2.3.6)과 식 (2.3.8)과 식 (2.3.11)을 조합하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\delta_{gc} = \frac{\alpha_g \left(\delta_{g0} + \frac{\pi}{4} \delta_{b0} \right) + \frac{\pi}{4} \alpha_g \alpha_b \left(\delta_{b0} + \delta_{g0} \right)}{1 - \frac{\pi}{4} \alpha_g \alpha_b} \tag{2.3.12}$$

$$\delta_{bc} = \frac{\alpha_b\left(\delta_{b0} + \frac{\pi^2}{8}\,\delta_{g0}\right) + \frac{\pi^2}{8}\,\alpha_b\,\alpha_g\left(\frac{\pi}{4}\,\delta_{b0} + \delta_{g0} + \frac{\pi}{4}\,\alpha_b\alpha_g - \frac{\pi}{2}\,\alpha\delta_{b0}\right)}{1 - \frac{\pi}{4}\,\alpha_g\,\alpha_b} \tag{2.3.13}$$

유연도 상수 C_b **와** C_g, **처짐** δ_{b0} **와** δ_{g0} **는 전적으로** L^4/EI**에 비례하므로, 다음 식에 대입하는 것이 가능하다.**

$$\rho = \frac{\delta_{b0}}{\delta_{g0}} = \frac{C_b}{C_g} \tag{2.3.14}$$

식 (2.3.14)**에 식** (2.3.12)**와** (2.3.13)**을 대입하여 정리하면, 식** (3.2.15)**와 식** (3.5.16)**과 같이 초기처짐에 대한 추가처짐의 비로 나타낼 수 있다.**

$$\frac{\delta_{gc}}{\delta_{g0}} = \frac{\alpha_g\left[1 - \frac{\pi}{4}\,\alpha_b + \frac{\pi}{4}\,\rho\,(1 + \alpha_b)\right]}{1 - \frac{\pi}{4}\,\alpha_b\,\alpha_g} \tag{2.3.15}$$

$$\frac{\delta_{bc}}{\delta_{b0}} = \frac{\alpha_b\left[1 - \frac{\pi^3}{32}\,\alpha_g + \frac{\pi^2}{8\rho}\,(1 + \alpha_g) + 0.1835\,\alpha_b\,\alpha_g\right]}{1 - \frac{\pi}{4}\,\alpha_b\,\alpha_g} \tag{2.3.16}$$

두 식은 바닥시스템의 유연도 상수의 함수이다. Ruddy**는 식** (2.3.15)**와 식** (2.3.16)**을 도식화하여 그림** 2.3.6**과 그림** 2.3.7**과 같이 그래프로 나타내었다.**

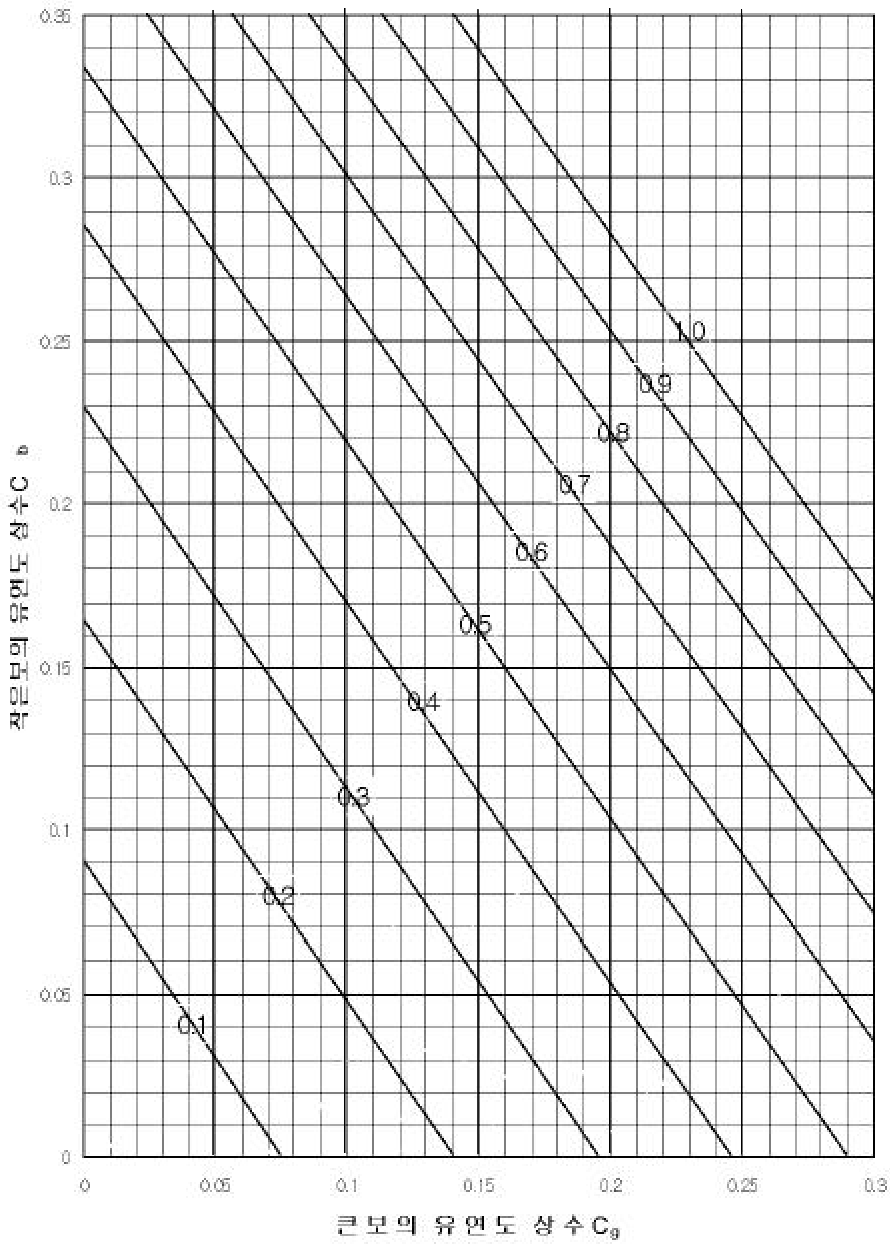


그림 2.3.6. 작은보의 처짐비 δ_{bc}/δ_{b0} [1)]

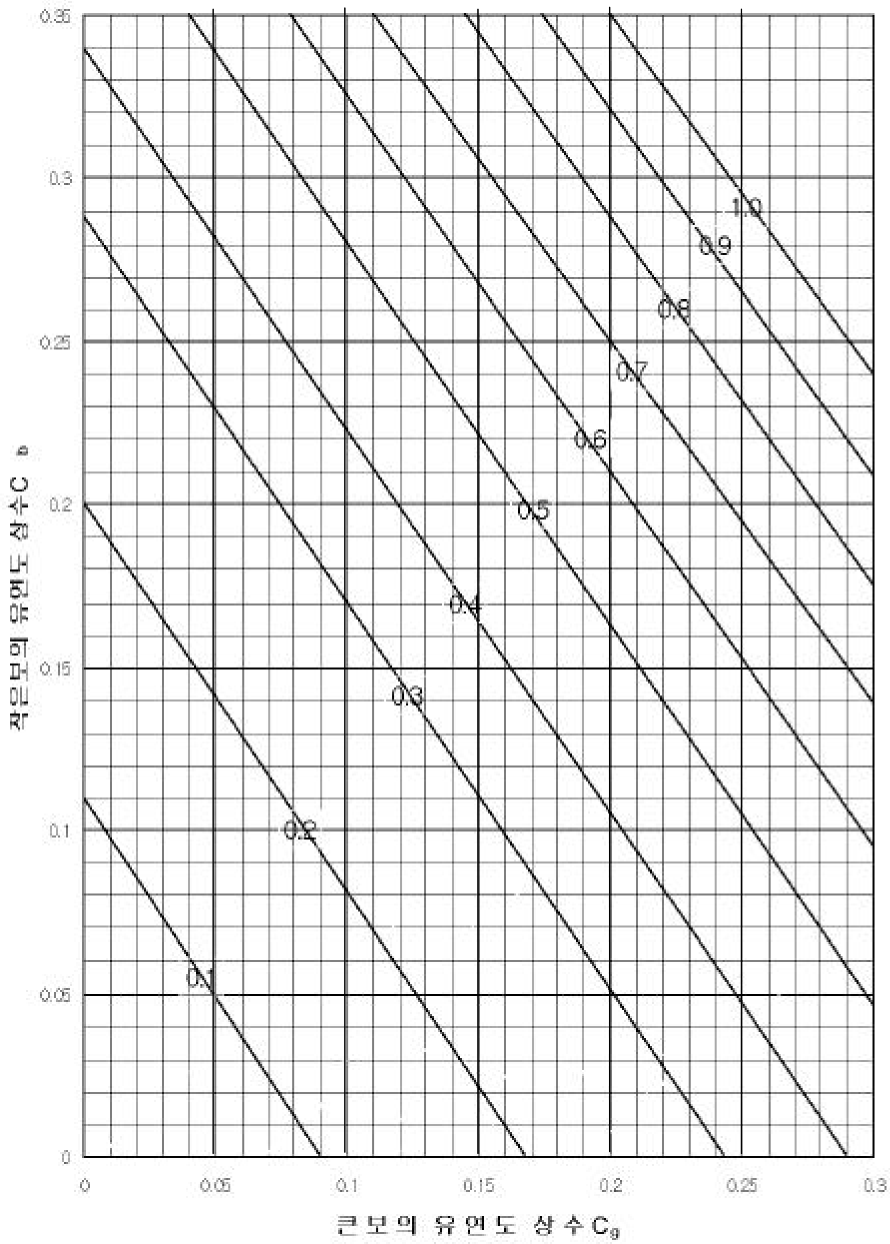


그림 2.3.7. 큰보의 처짐비 $\delta_{gc} / \delta_{g0}$[1)]

합성데크슬래브에서 데크의 기여도를 고려할 경우에는 큰보와 작은보에서 고임하중으로 인한 추가처짐을 계산하는 것과 같은 방법으로 계산하면 된다.
데크플레이트의 유연도 상수와 유연도 계수는 다음과 같다.

$$C_d = \frac{\gamma\left(\frac{L_g}{n}\right)^4}{\pi^4 E I_d} \tag{2.3.17}$$

$$\alpha_d = \frac{C_d}{1 - C_d} \tag{2.3.18}$$

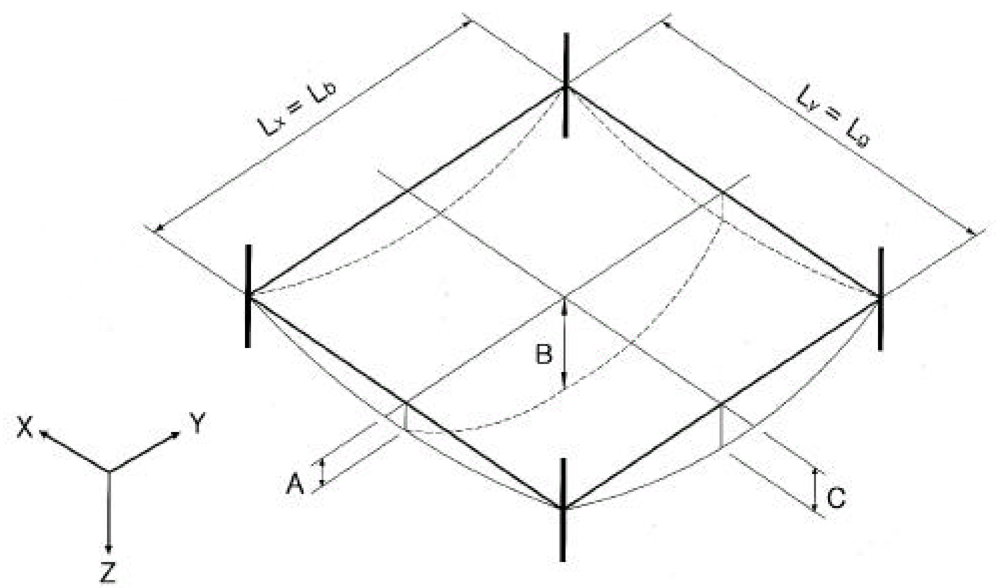
따라서 데크플레이트의 추가처짐 δ_{dc}는 식 (2.3.19)와 같이 된다.

$$\delta_{dc} = \alpha_d \delta_{d0} \tag{2.3.19}$$

Ⅲ. 합성데크슬래브의 체적

3.1. 고임하중에 의한 합성데크슬래브의 체적 산정

아래의 그림 3.1.1은 데크플레이트의 처짐을 고려하지 않은 큰보와 작은보의 수평을 보정하기 위한 보정콘크리트의 체적을 나타내는 그림이다.



±x림 3.1.1. 고임으로 인한 보정콘크리트의 체적[1)]

고임으로 인한 보정콘크리트의 체적은 주간(bay) 위에 세 개의 위치 A, B, C 에서 구한 처짐의 크기를 사용하여 계산할 수 있다.

큰보의 처짐 A는 식 (3.1.1)과 같다.

$$A = \delta_{g0} + \delta_{gc} \tag{3.1.1}$$

주간 중앙의 작은보의 처짐 B**의 크기는 식** (3.3.2)**와 같다**.

$$B = \delta_{b0} + \delta_{bc} + \delta_{g0} + \delta_{gc} \tag{3.1.2}$$

주위 작은보의 처짐은 C**는 식** (3.1.3)**과 같다**.

$$C = \delta_{b0} + \alpha_b \delta_{b0} \tag{3.1.3}$$

이상의 세 위치 A, B, C**를 고려한 면의 방정식은 식** (3.1.4)**와 같다**.

$$z(x,y) = A \sin \frac{\pi x}{L_x} + \left[C + (B - C) \times \sin \frac{\pi x}{L_x} + A \sin \frac{\pi x}{L_x} \right] \sin \frac{\pi y}{L_y} \tag{3.1.4}$$

위의 식을 각각의 방향에 따라 적분하여 체적을 구하면

$$V = \int_0^{L_x} \int_0^{L_y} z(x,y)\, dx\, dy$$

$$V = L_x L_y \left[\frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) A + \frac{4}{\pi^2} B + \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) C \right] \tag{3.1.5}$$

여기에서 L_x **대신** L_g**와** L_y **대신** L_b**를 대입하여 정리하면 식** (3.1.6)**과 같**

다.

$$V = L_b L_g (0.231A + 0.405B + 0.231C) \qquad (3.1.6)$$

위의 식으로 실제 수평평면을 만들 경우, 초기타설과 수평보정으로 야기된 처짐에 대해 완전한 보정을 위해 요구되는 콘크리트의 체적을 예측한다.

데크플레이트의 처짐을 고려한 보정콘크리트의 체적을 구하기 위해서는 다음의 식으로 구해지는 콘크리트 체적을 가산해야 한다.

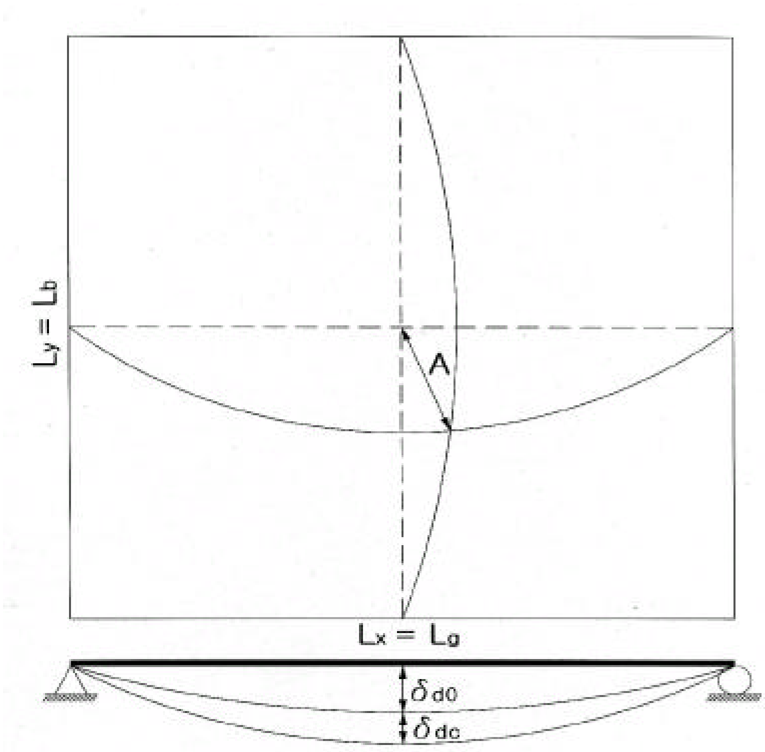


그림 3.1.2. 데크플레이트의 보정콘크리트 체적

그림 3.1.2는 데크플레이트의 처짐만을 고려한 보정콘크리트의 체적을 산정하기 위한 그림이다.

위의 큰보와 작은보의 처짐이 '0'라고 하면, 위의 면의 방정식은 식 (3.3.7)과 같이 쓰여질 수 있다.

$$z(x,y) = A \times \sin\frac{\pi x}{L_x} \sin\frac{\pi y}{L_y} \tag{3.1.7}$$

위의 식을 각각의 방향에 따라 적분하면

$$V = \int_0^{L_x}\int_0^{L_y} z(x,y)\,dx\,dy = \frac{4AL_xL_y}{\pi^2} = \frac{4AL_gL_b}{\pi^2} \tag{3.1.8}$$

로 정리할 수 있다.

3.2. 해석방법

본 연구는 이상에서 제시된 복잡한 공식을 컴퓨터 수치해석을 수행하여 데이터를 도출, 분석하여 간단한 그래프로 나타냄으로써 보정콘크리트의 체적을 산정하는 것으로, 2스팬과 3스팬을 갖는 주간(bay)에 대해서 검토한다.

구조물의 처짐은 구조물 위에 작용하는 하중과 구조물의 단면 2차모멘트, 길이, 스팬의 개수에 따라 그 처짐이 달리 나타난다.

하중은 철골과 데크플레이트의 자중은 무시하고, 콘크리트의 자중만을 고려하며, 보통콘크리트(2.3tf/m^3)와 경량콘크리트(1.8tf/m^3)에 대해서 고려하고, 토핑콘크리트의 두께는 8cm이상으로 한다.

데크플레이트의 단면성능은 제조사별로 제시된 기성제품의 단면성능을 사용한다. 제조사별 단면치수 및 성능은 거의 일치한다.

본 연구에서 사용한 데크플레이트의 단면치수 및 성능은 표 3.2.1과 같다.

표 3.2.1. 데크플레이트의 단면치수 및 성능[8)]

종류	H (mm)	W (mm)	B (mm)	b (mm)	b_1 (mm)	t (mm)	단면2차모멘트 I (cm^4/m)
①	75	900 600	300	120	180	0.8	99.8
②						1.0	124.7
③						1.2	165
④						1.6	217

3.3. 해석결과

본 연구에서 고려된 시스템은 그림 3.3.1과 같다.

데크플레이트의 추가 체적을 무시하는 경우, 유연도 상수 C는 스팬 L과 단면2차모멘트 I에 따라 그 값이 달라진다. 따라서 큰보와 작은 보의 스팬과 단면2차모멘트를 임의의 값으로 변화시켜 초기 체적과 추가체적을 계산하고, 그 비와

큰보와 작은보의 유연도 상수 C_g, C_b의 관계를 그래프로 나타내었다.

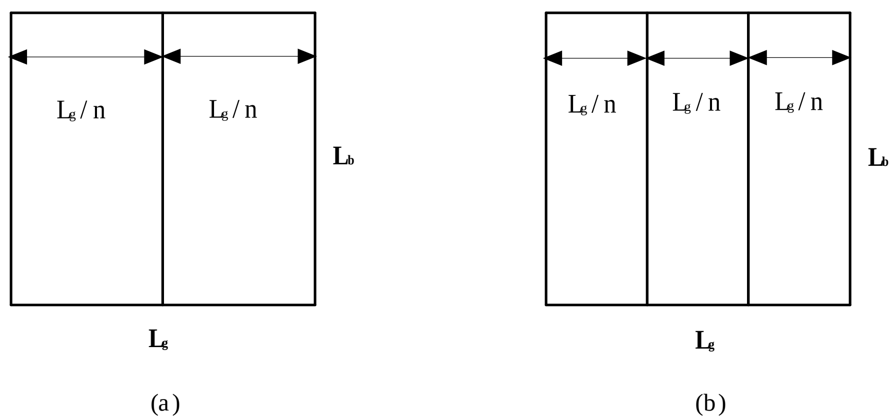


그림 3.3.1. 2스팬 시스템과 3스팬 시스템

데크플레이트의 추가체적은 그 유연도상수 C_d가 데크플레이트의 단면2차모멘트와 큰보의 스팬 L_g에 의해 달라지므로, 위에서 제시한 데크플레이트의 단면성능에 따라 각각의 경우에 대해 초기체적에 대한 추가체적의 비와 큰보의 스팬 L_g와 의 관계를 그래프로 나타내었다. 데크플레이트의 단면2차모멘트가 일정할 때 유연도상수 C_d는 L_g^4에 비례하므로 체적증가율은 기하급수적으로 커진다.

다음의 그래프에서 ①, ②, ③, ④는 표 3.2.1에 제시한 데크플레이트의 종류이다.

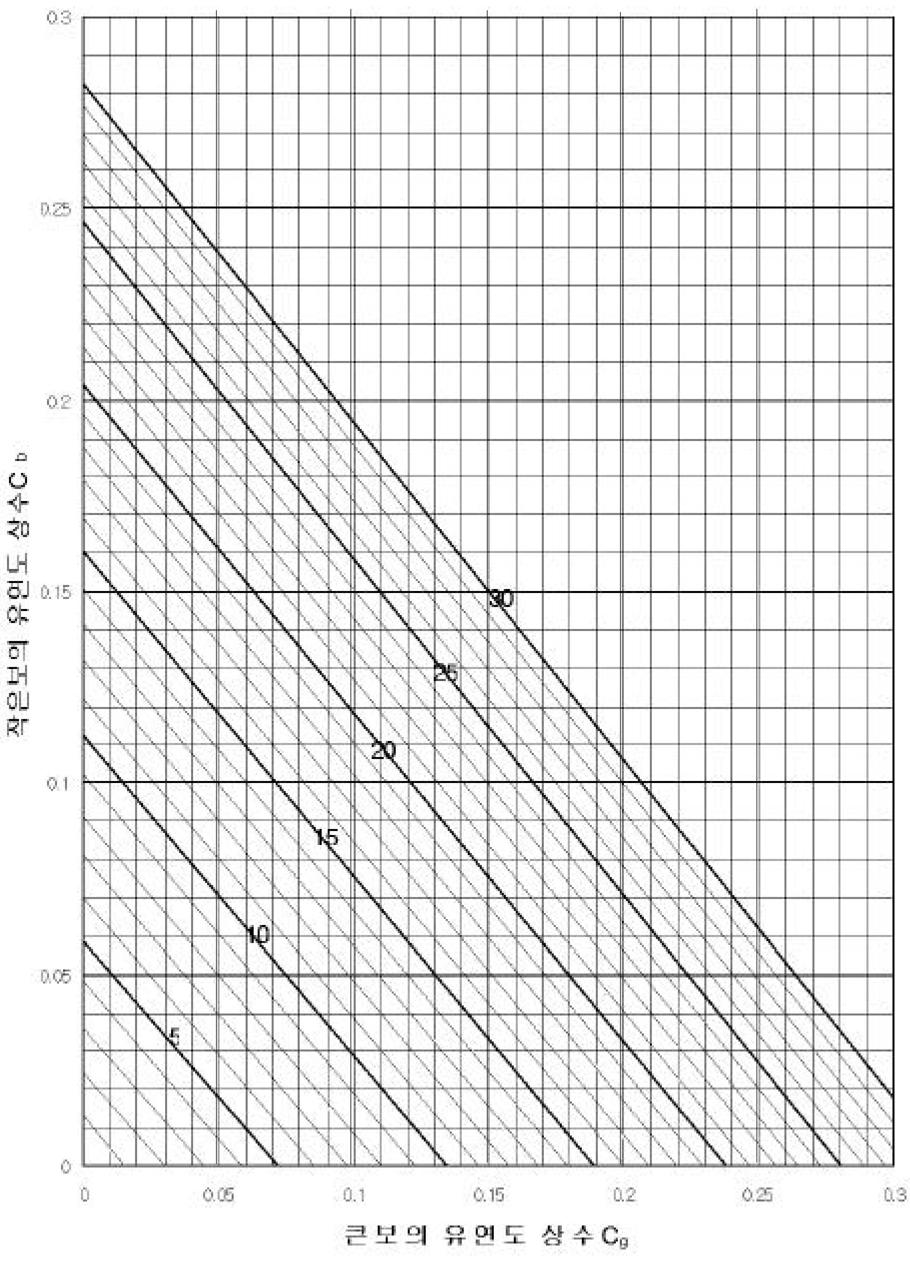


그림 3.3.2. 2스팬에서 큰보와 작은보에 의한 체적 증가율 (보통콘크리트)

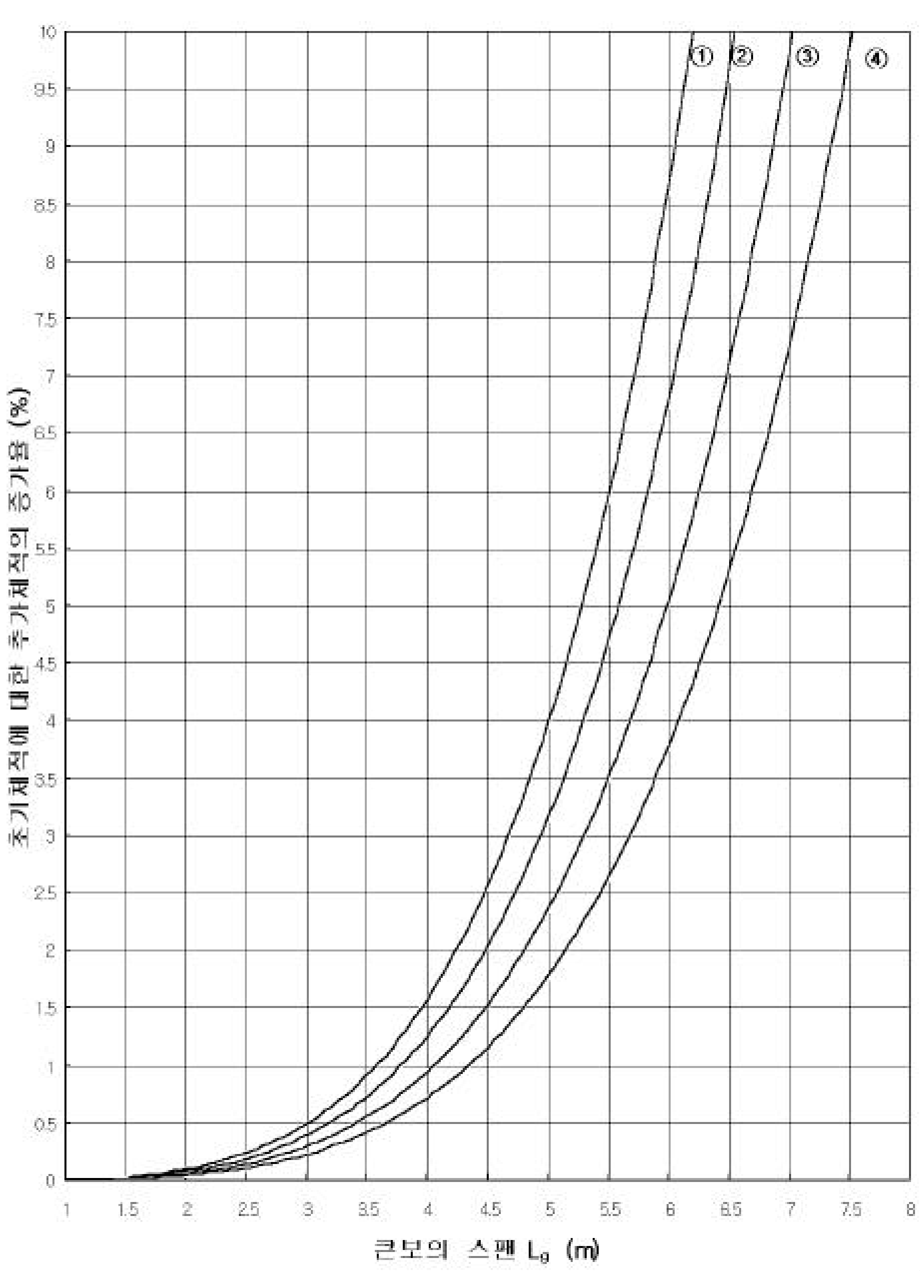


그림 3.3.3. 2스팬에서 데크플레이트에 의한 체적 증가율 (보통콘크리트)

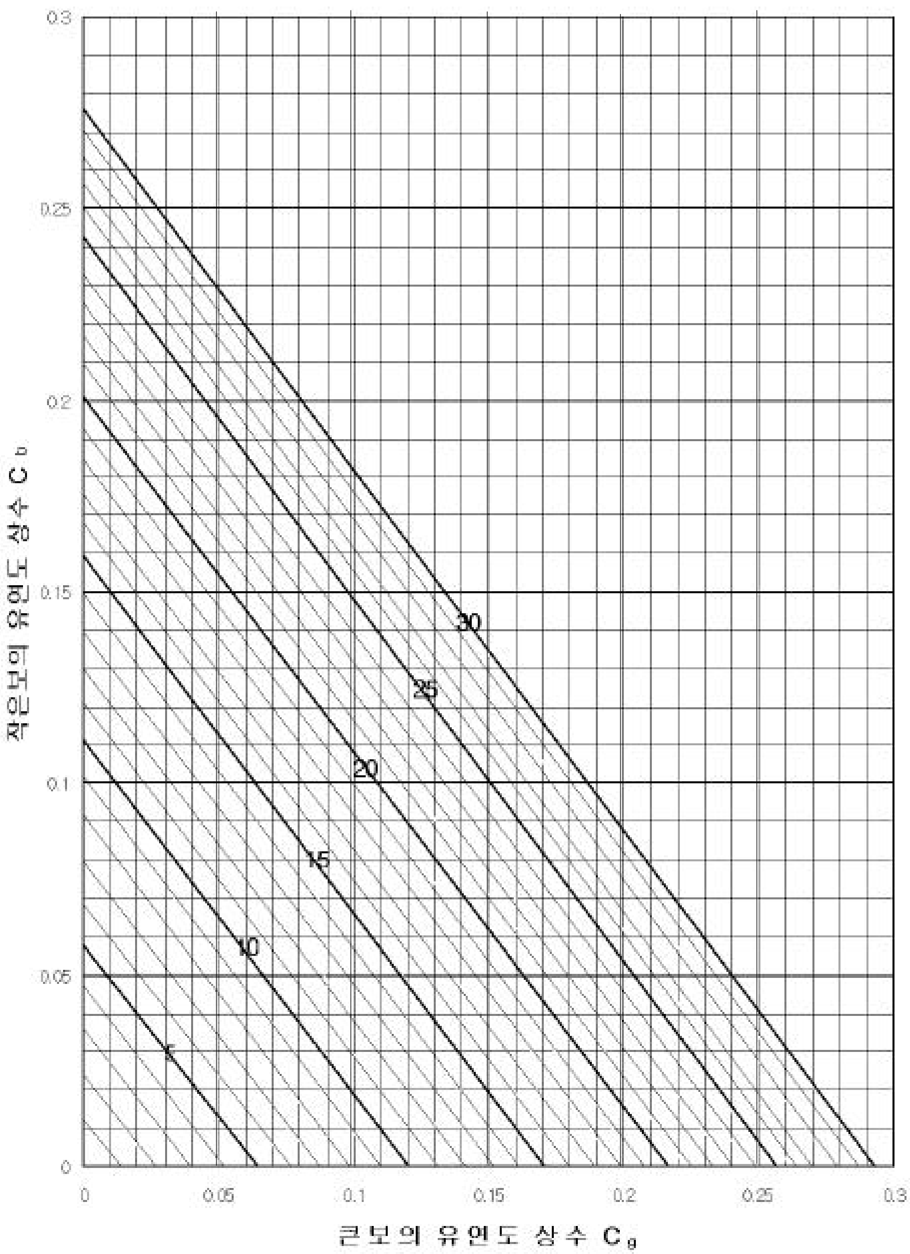


그림 3.3.4. 3스팬에서 큰보와 작은보에 의한 체적 증가율 (보통콘크리트)

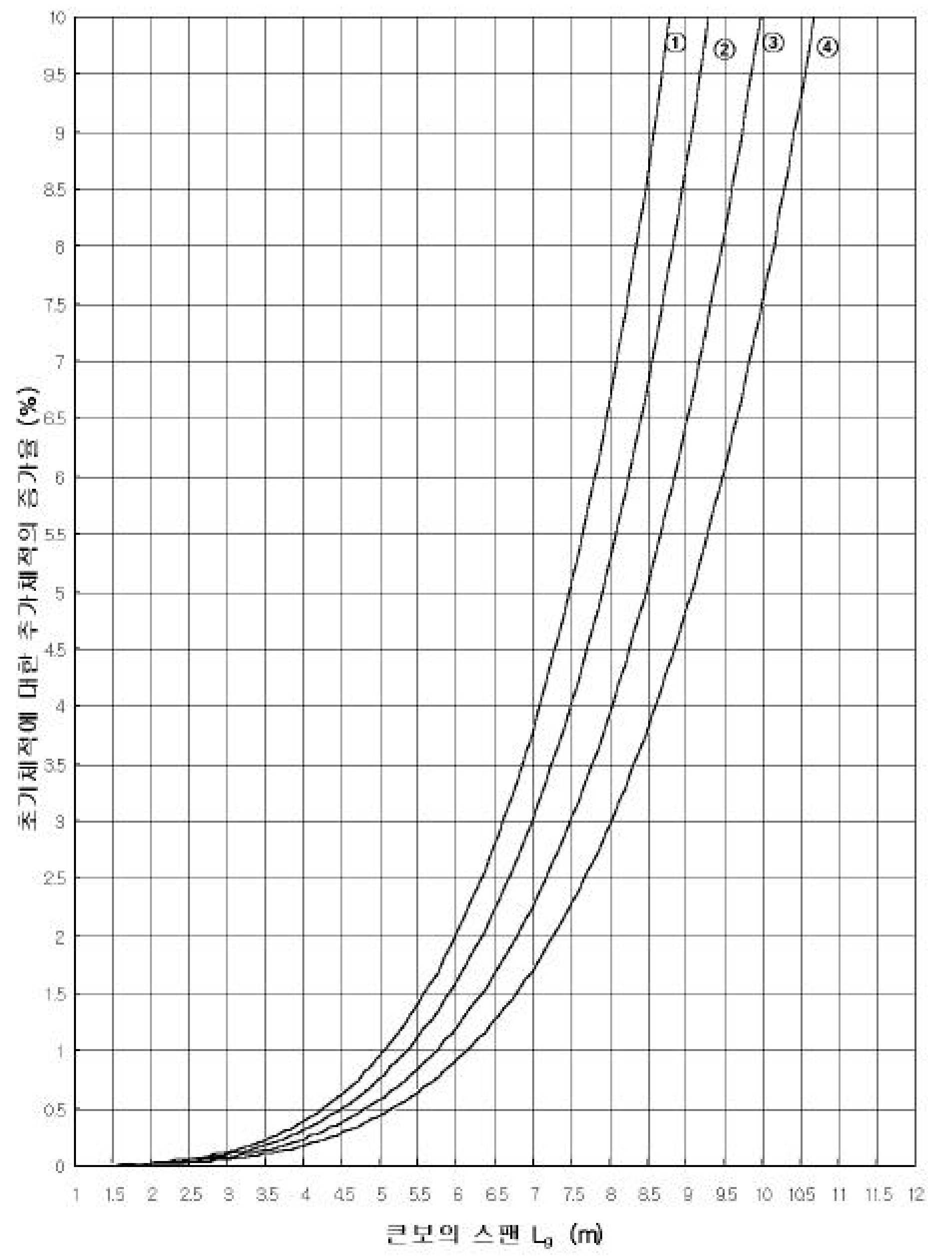


그림 3.3.5. 3스팬에서 데크플레이트에 의한 체적 증가율 (보통콘크리트)

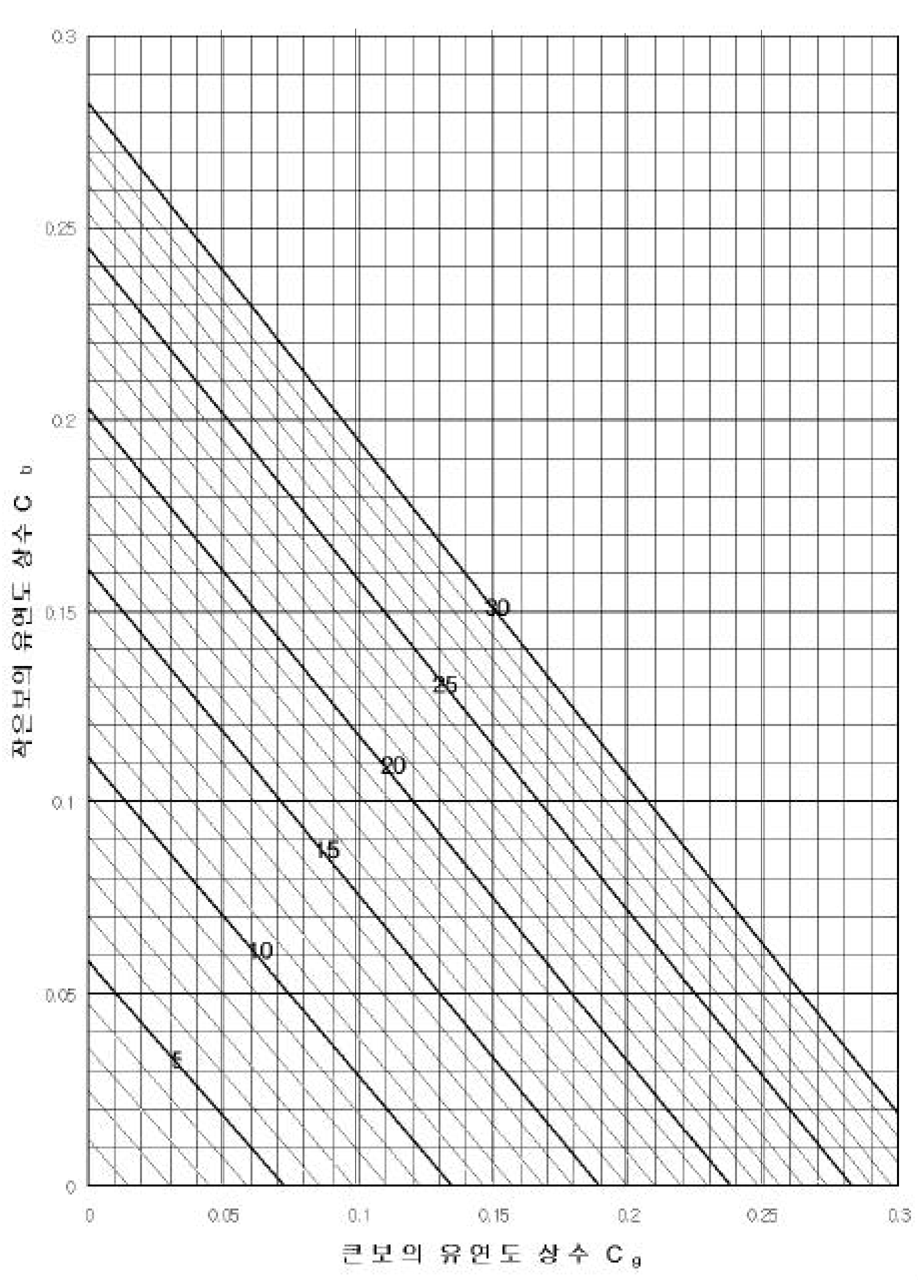


그림 3.3.6. 2스팬에서 큰보와 작은보에 의한 체적 증가율 (경량콘크리트)

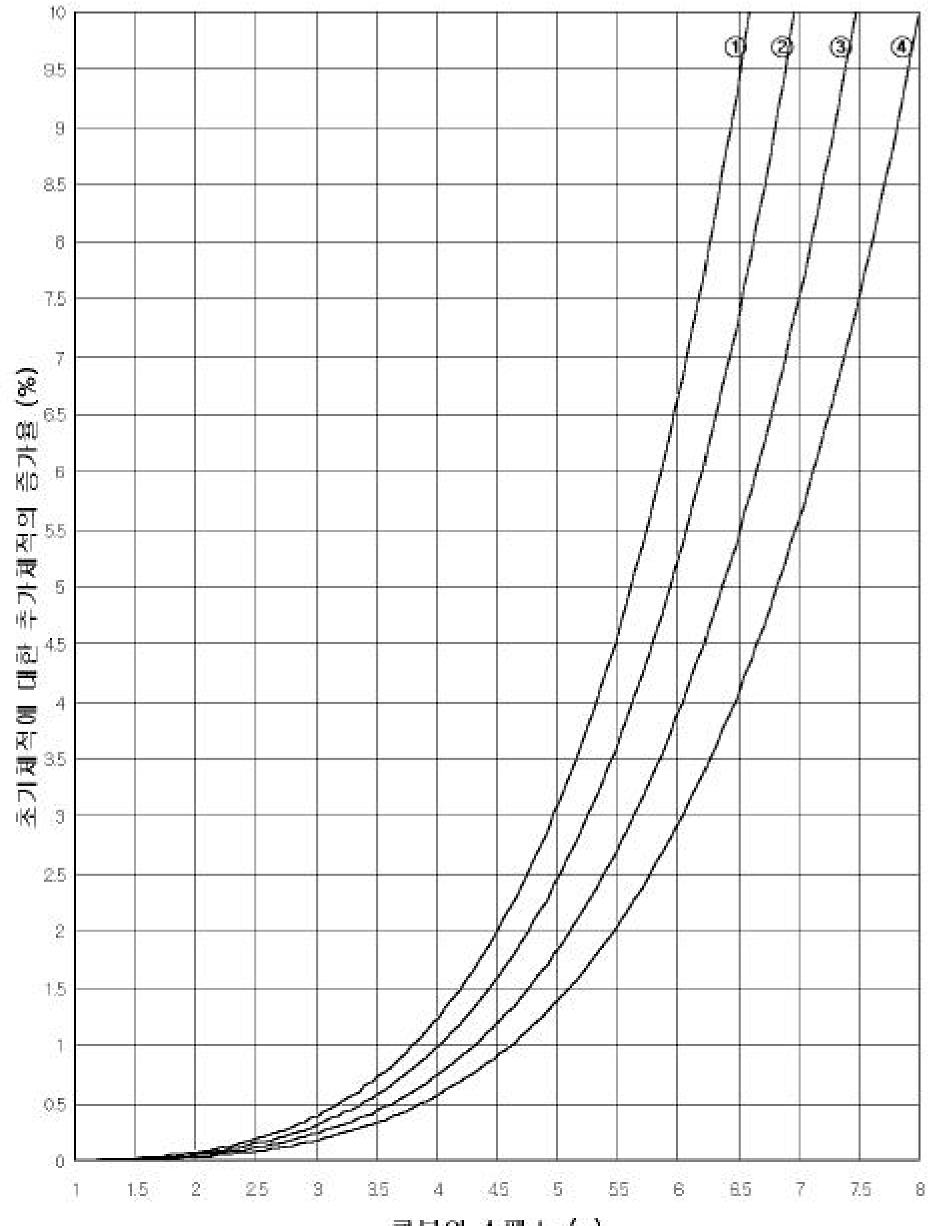


그림 3.3.7. 2스팬에서 데크플레이트에 의한 체적 증가율 (경량콘크리트)

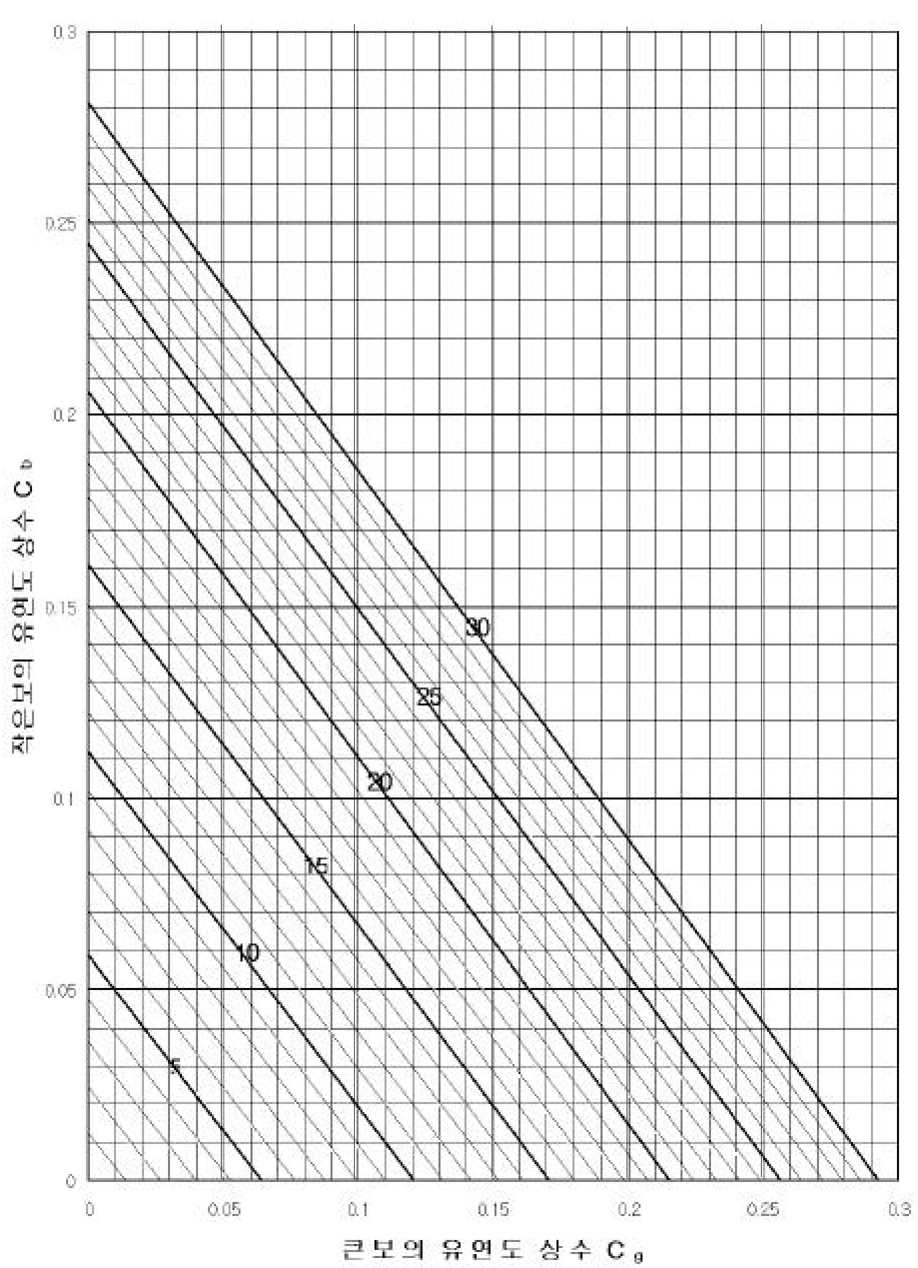


그림 3.3.8. 3스팬에서 큰보와 작은보에 의한 체적 증가율 (경량콘크리트)

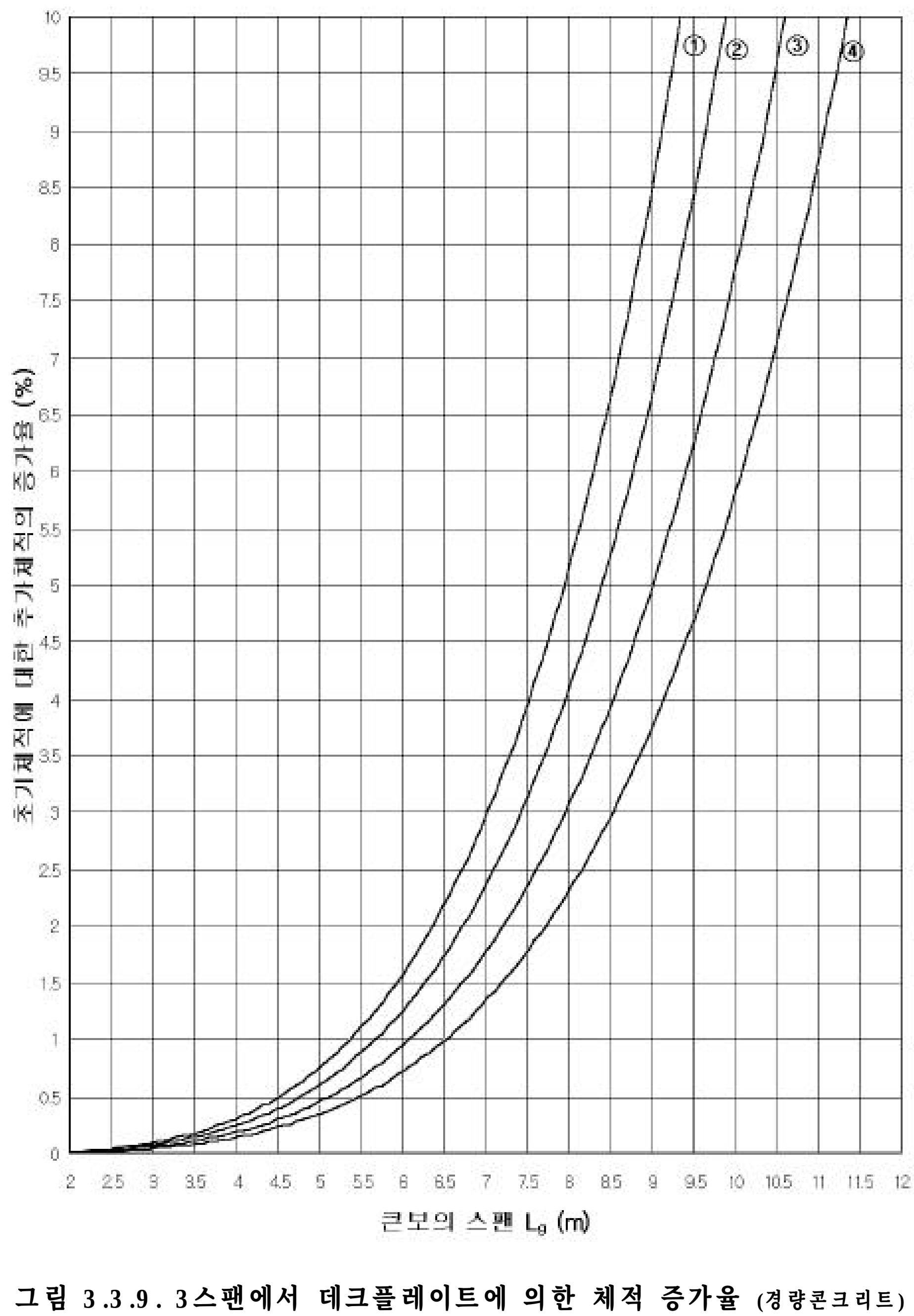


그림 3.3.9. 3스팬에서 데크플레이트에 의한 체적 증가율 (경량콘크리트)

Ⅳ. 합성데크슬래브의 단위구역 분석

4.1. 2스팬 시스템

표 4.1.1과 같은 하중조건하에서 그림 3.3.1의 (a)와 같은 시스템에 대해 부재를 다음과 같은 방법으로 산정한다. 다만, 강재는 SS400으로 한다.

표 4.1.1. 하중조건

아스타일	60Kgf/m²	고정하중
슬래브	(0.08+0.075/2)×2400=282Kgf/m²	
천장	30Kgf/m²	
적재하중	보부재 산정시 250Kgf/m²	적재하중
	622Kgf/m²	

6m × 6m의 스팬을 갖는 시스템에서 최대모멘트, 소요단면계수, 소요단면2차모멘트는 다음과 같다.

$$M_{max} = \frac{wL_b^2}{8} = \frac{0.622 \times 3 \times 6^2}{8} = 8.397 tf/m$$

$$Z_x = \frac{839.7}{1.6} = 524.8 cm^3$$

$$I_x = \frac{5 \times 0.0622 \times 300 \times 600^4 \times 300}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 600} = 7497.32 cm^4$$

강재 일람표에서 위의 소요단면계수와 소요단면2차모멘트를 찾으면 표 4.1.2와 같고, 데크플레이트는 표 3.2.1을 따른다.

표 4.1.2. 스팬길이에 따른 부재산정 (2스팬 시스템)

부재 / 스팬길이 ($L_g \times L_b$)	작은보		큰보		데크플레이트
	단면치수	단위중량(kgf)	단면치수	단위중량(kgf)	
5m×5m	H-200×200×8×12	49.9	H-298×149×5.5×8	32.0	②
6m×5m	H-200×200×8×12	49.9	H-294×200×8×12	56.8	②
6m×6m	H-294×200×8×12	41.1	H-350×175×7×11	49.6	③
6m×7m	H-298×201×9×14	65.4	H-300×305×15×15	106.0	③
7m×7m	H-354×176×8×12	57.8	H-400×200×8×13	66.0	④
7m×6m	H-244×252×11×16	64.4	H-298×299×9×14	87.0	④

4.1.1. 큰보와 작은보의 처짐과 체적

길이가 6m인 2스팬 시스템에서 큰보와 작은보의 초기처짐 δ_{b0}와 δ_{g0}를 구하면 다음과 같다.

$$\delta_{b0} = \frac{5wL_b^4}{384EI_b} = \frac{5\times 0.0023\times 11.75\times 300\times 600^4}{384\times 2.1\times 10^6\times 11100} = 0.59\text{cm}$$

$$\delta_{g0} = \frac{PL_g^3}{48EI_g} = \frac{0.0023\times11.75\times300\times600\times600^3}{48\times2.1\times10^6\times13600} = 0.77\text{cm}$$

큰보와 작은보의 유연도 상수 C_g와 C_b는 다음과 같다.

$$C_b = \frac{\gamma(\frac{L_g}{n})L_b^4}{\pi^4EI_b} = \frac{0.0023\times\frac{600}{2}\times600^4}{\pi^4\times2.1\times10^6\times11100} = 0.039$$

$$C_g = \frac{\gamma L_bL_g^4}{\pi^4EI_g} = \frac{0.0023\times600\times600^4}{\pi^4\times2.1\times10^6\times13600} = 0.064$$

그림 2.3.6과 그림 2.3.7에서 초기체적에 대한 초기체적비 δ_c/δ_0와 δ_{gc}/δ_{g0}를 찾아보면 각각 0.136과 0.104이므로, 큰보와 작은보의 추가처짐은 다음과 같다.

$$\delta_{bc} = 0.59\times0.136 = 0.08\text{cm}$$

$$\delta_{gc} = 0.77\times0.104 = 0.08\text{cm}$$

체적증가율은 그림 3.3.2에서 C_g=0.039와 C_b=0.064을 찾아보면, 체적증가율은 약 8.08%가 된다. 따라서 보정콘크리트의 체적 V_1은 다음과 같다.

$$V_1 = 6\times6\times0.1175\times0.0808 = 0.342\text{m}^3$$

위와 같은 방법으로 각각의 스팬에 대해 처짐과 체적을 계산하면 표 4.1.3과 같다.

표 4.1.3. 스팬에 따른 큰보와 작은보의 처짐과 체적 (2스팬 시스템)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)	δ_{b0}(cm)	δ_{g0}(cm)	C_b	C_g	δ_{bc}(cm)	δ_{gc}(cm)	δ_{bt}(cm)	δ_{gt}(cm)	V_1(m^3)	V_{1c}(%)
5m × 5m	0.56	0.66	0.037	0.056	0.07	0.06	0.62	0.72	0.211	7.19
6m × 5m	0.67	0.77	0.045	0.064	0.09	0.09	0.76	0.86	0.303	8.61
6m × 6m	0.59	0.77	0.039	0.064	0.08	0.08	0.67	0.85	0.342	8.08
6m × 7m	0.91	0.57	0.061	0.047	0.12	0.06	1.03	0.63	0.436	8.83
7m × 7m	0.88	0.95	0.059	0.08	0.16	0.14	1.04	1.09	0.649	11.28
7m × 6m	0.87	1.03	0.058	0.086	0.17	0.16	1.04	1.19	0.581	11.76

4.1.2. 데크플레이트의 추가처짐 및 추가체적

길이가 6m인 2스팬 시스템에서 데크플레이트만의 처짐을 계산하면, 다음과 같다.

$$\delta_{do} = \frac{w\left(\frac{L_g}{n}\right)^4}{185 E I_d} = \frac{0.0023 \times 11.75 \times 300^4 \times 100}{185 \times 2.1 \times 10^6 \times 165} = 0.34\text{cm}$$

$$C_d = \frac{\gamma\left(\frac{L_g}{n}\right)^4}{\pi^4 E I_d} = \frac{0.0023 \times 300^4 \times 100}{\pi^4 \times 2.1 \times 10^6 \times 165} = 0.055$$

$$\alpha_d = \frac{C_d}{1 - C_d} = \frac{0.055}{1 - 0.055} = 0.058$$

따라서 데크플레이트의 추가처짐 δ_{dc}는 다음과 같다.

$$\delta_{dc} = \alpha_d \delta_{d0} = 0.058 \times 0.34 = 0.02\text{cm}$$

데크플레이트에서의 추가체적은 그림 3.3.3에서 스팬 6m와 단면2차모멘트 165cm^{4}를 찾으면 약 5%가 된다. 따라서 보정콘크리트의 체적 V_2는 다음과 같다.

$$V_2 = 6 \times 6 \times 0.1175 \times 0.05 = 0.212m^3$$

위와 같은 방법으로 각각의 스팬에 대해 처짐과 체적을 계산하면 표 4.1.4와 같다.

표 4.1.4. 스팬에 따른 데크플레이트의 처짐과 체적 (2스팬 시스템)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)	δ_0(cm)	C_d	δ_c(cm)	δ_t(cm)	V_2(m^3)	V_{2c}(%)
5m × 5m	0.22	0.035	0.01	0.23	0.094	3.20
6m × 5m	0.34	0.055	0.02	0.36	0.176	5.00
6m × 6m	0.34	0.055	0.02	0.36	0.212	5.00
6m × 7m	0.34	0.055	0.02	0.36	0.247	5.00
7m × 7m	0.48	0.078	0.04	0.52	0.417	7.25
7m × 6m	0.48	0.078	0.04	0.52	0.358	7.25

4.2. 3스팬 시스템

4.2.1. 큰보와 작은보의 처짐과 체적

4.1.1절에서 설명한 방법으로 그림 3.3.1의 (b)와 같은 시스템에 대해 부재를 선정하면 표 4.1.5와 같다.

표 4.1.5. 스팬길이에 따른 부재산정 (3스팬 시스템)

부재 / 스팬길이 (L_g ×L_b)	작은보		큰보		데크플레이트
	단면치수	단위중량(kgf)	단면치수	단위중량(kgf)	
8m × 7m	H- 350 ×150 ×6.5 ×9	36.7	H- 386 ×299 ×9 ×14	41.4	③
8m × 8m	H- 354 ×176 ×8 ×12	57.8	H- 506 ×201 ×11 ×19	84.5	③
9m × 7m	H- 350 ×175 ×7 ×11	49.0	H- 394 ×398 ×11 ×18	57.8	④
9m × 9m	H- 310 ×305 ×15 ×20	130.0	H- 400 ×408 ×21 ×21	142.0	④
10m × 7m	H- 298 ×201 ×9 ×14	65.4	H- 406 ×403 ×16 ×24	84.5	④
10m × 10m	H- 496 ×199 ×9 ×14	79.5	H- 588 ×300 ×12 ×20	151.0	④

길이가 9m인 3스팬 시스템에서 큰보와 작은보의 초기처짐 δ_{b0}와 δ_{g0}를 구하면 다음과 같다.

$$\delta_{b0} = \frac{5wL_b^4}{384EI_b} = \frac{5\times0.0023\times11.75\times300\times900^4}{384\times2.1\times10^6\times28150} = 1.17\text{cm}$$

$$\delta_{g0} = \frac{23PL_g^3}{648EI_g} = \frac{23\times0.0023\times11.75\times300\times900\times900^3}{648\times2.1\times10^6\times70900} = 1.27\text{cm}$$

큰보와 작은보의 유연도 상수 C_g와 C_b는 다음과 같다.

$$C_b = \frac{\gamma\left(\frac{L_g}{n}\right)L_b^4}{\pi^4 EI_b} = \frac{0.0023\times\frac{900}{3}\times900^4}{\pi^4\times2.1\times10^6\times28150} = 0.079$$

$$C_g = \frac{\gamma L_b L_g^4}{\pi^4 E I_g} = \frac{0.0023 \times 900 \times 900^4}{\pi^4 \times 2.1 \times 10^6 \times 70900} = 0.094$$

그림 2.3.6과 그림 2.3.7에서 초기체적에 대한 초기체적비 δ_{bc}/δ_{b0}와 δ_{gc}/δ_{g0}를 찾아보면 각각 0.231과 0.189이므로, 큰보와 작은보의 추가처짐은 다음과 같다.

$$\delta_{bc} = 1.17 \times 0.231 = 0.27\text{cm}$$

$$\delta_{gc} = 1.27 \times 0.189 = 0.24\text{cm}$$

체적증가율은 그림 3.3.4에서 C_g=0.039와 C_b=0.064을 찾아보면, 체적증가율은 약 15.62%가 된다. 따라서 보정콘크리트의 체적 V_1은 다음과 같다.

$$V_1 = 9 \times 9 \times 0.1175 \times 0.1562 = 1.487\text{m}^3$$

위와 같은 방법으로 각각의 스팬에 대해 처짐과 체적을 계산하면 표 4.1.6과 같다.

표 4.1.6. 스팬에 따른 큰보와 작은보의 처짐과 체적 (3스팬 시스템)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)	δ_{b0}(cm)	δ_{g0}(cm)	C_b	C_g	δ_{bc}(cm)	δ_{gc}(cm)	δ_{bt}(cm)	δ_{gt}(cm)	V_1(m^3)	V_{1c}(%)
8m ×6m	0.80	1.11	0.054	0.082	0.14	0.16	0.94	1.27	0.67	11.80
8m ×8m	1.14	0.89	0.076	0.065	0.21	0.13	1.35	1.02	0.94	12.52
9m ×7m	0.89	1.25	0.060	0.092	0.18	0.20	1.07	1.45	0.99	13.38
9m ×9m	1.17	1.27	0.079	0.094	0.27	0.24	1.44	1.51	1.49	15.62
10m ×7m	1.01	1.37	0.068	0.101	0.23	0.25	1.24	1.62	1.25	15.15
10m ×10m	1.33	1.29	0.089	0.095	0.34	0.26	1.67	1.55	2.00	17.02

4.2.2. 데크플레이트의 추가처짐 및 추가체적

길이가 9m인 3스팬 시스템에서 데크플레이트만의 처짐을 계산하면, 다음과 같다.

$$\delta_{do} = \frac{w\left(\frac{L_g}{n}\right)^4}{145EI_d} = \frac{0.0023\times11.75\times300^4\times100}{145\times2.1\times10^6\times217} = 0.33\text{cm}$$

$$C_d = \frac{\gamma\left(\frac{L_g}{n}\right)^4}{\pi^4 EI_d} = \frac{0.0023\times300^4\times100}{\pi^4\times2.1\times10^6\times217} = 0.042$$

$$\alpha_d = \frac{C_d}{1-C_d} = \frac{0.042}{1-0.042} = 0.044$$

따라서 데크플레이트의 추가처짐 δ_c는 다음과 같다.

$$\delta_{dc} = \alpha_d\delta_{d0} = 0.044\times0.33 = 0.01\text{cm}$$

데크플레이트에서의 추가체적은 그림 3.3.5에서 스팬 9m와 단면2차모멘트 217cm^{4}를 찾으면 약 4.8%가 된다. 따라서 보정콘크리트의 체적 V_2는 다음과 같다.

$$V_2 = 9\times9\times0.1175\times0.048 = 0.457\text{m}^3$$

위와 같은 방법으로 각각의 스팬에 대해 처짐과 체적을 계산하면 표 4.1.7과

같다.

표 4.1.7. 스팬에 따른 데크플레이트의 처짐과 체적 (3스팬 시스템)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)	δ_0(cm)	C_d	δ_c(cm)	δ_t(cm)	V_2(m^3)	V_{2c}(%)
8m×6m	0.27	0.034	0.01	0.28	0.220	3.9
8m×8m	0.27	0.034	0.01	0.28	0.293	3.9
9m×7m	0.33	0.042	0.01	0.34	0.355	4.8
9m×9m	0.33	0.042	0.01	0.34	0.457	4.8
10m×7m	0.50	0.064	0.03	0.53	0.617	7.5
10m×10m	0.50	0.064	0.03	0.53	0.881	7.5

V. 수평보정의 효과

5.1 허용처짐

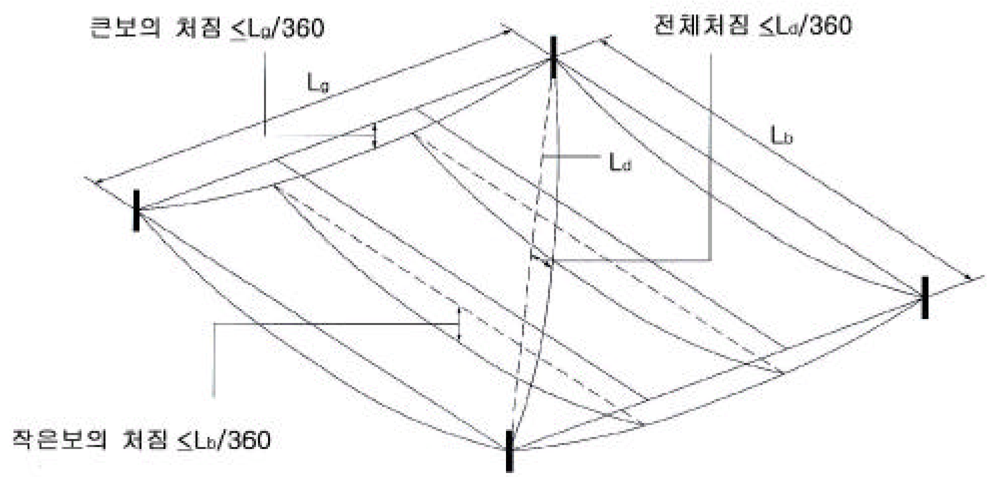


그림 5.1.1 허용처짐한계[4)]

위의 그림 5.1.1**은** Ryan**이 제시하는 허용처짐의 한계를 나타낸다**. Ryan**은 큰보와 작은보에 대해서 허용처짐을** L/360**로 제한하였다. 또한 작은보와 큰보**, **데크플레이트의 처짐을 합한 것을 전체처짐으로 하여** L_d/360**로 제한하였다**[4)] .

우리나라에서는 단순지지된 보부재에 대하여 L/300**으로 규정하고 있고**, **데크플레이트에 대해서는 시공중에는** L/180 **이내**, **완공후에는** L/360 **이내로 제한하고 있다**. **따라서**, **큰보와 작은보의 허용처짐은** L/300 **이내로 하고**, **데크플레이트의 처짐은 시공중의 허용처짐** L/180 **이내로 하여**, **처짐에 대한 검토를 한다**[5),8)].

표 5.1.1과 표 5.1.2를 비교해보면, 각각의 시스템에서 초기처짐과 허용처짐을 비교해 보면, 모두 허용처짐보다 작다. 그러나 사용성 문제로 인하여 보정콘크리트를 타설하는 방법이나 강재의 단면을 크게하여 처짐을 억제시키는 방법 등으로 보정되어야 한다.

이 장에서는 추가콘크리트를 타설하여 수평을 보정할 때의 비용과 강재의 단면을 크게하여 처짐을 억제한 후에 콘크리트를 타설하여 수평을 보정할 때의 비용를 비교한다. 또한 강재의 단면을 증가시키는 방법은 작은보의 단면만 증가시키는 경우, 큰보의 단면만 증가시키는 경우, 작은보와 큰보의 단면을 모두 증가시키는 경우로 나누어 비교한다.

표 5.1.1. 각 시스템에 대한 허용처짐

(단위 : cm)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		작은보의 허용처짐(L/300)	큰보의 허용처짐(L/300)	데크플레이트의 허용처짐(L/180)
2 스팬	5m ×5m	1.67	1.67	1.39
	6m ×5m	2.00	1.67	1.67
	6m ×6m	2.00	2.0	1.67
	6m ×7m	2.00	2.33	1.67
	7m ×7m	2.33	2.33	3.89
	7m ×6m	2.33	2.00	3.89
3 스팬	8m ×6m	2.67	2.00	1.48
	8m ×8m	2.67	2.67	1.48
	9m ×7m	3.00	2.33	1.67
	9m ×9m	3.00	3.00	1.67
	10m ×7m	3.33	2.33	1.85
	10m ×10m	3.33	3.33	1.85

표 5.1.2. 수평보정 전 각 시스템에 대한 전체처짐 δ와 전체체적 V

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		δ_{bt}(cm)	δ_{gt}(cm)	δ_{dt}(cm)	δ(cm)	V_1(m^3)	V_2(m^3)	V(m^3)	V_{1c}(%)	V_{2c}(%)	V_c(%)
2 스팬	5m ×5m	0.62	0.72	0.23	1.57	0.211	0.094	0.305	7.19	3.20	10.39
	6m ×5m	0.76	0.86	0.36	1.98	0.303	0.176	0.479	8.61	5.00	13.61
	6m ×6m	0.67	0.85	0.36	1.88	0.342	0.212	0.554	8.08	5.00	13.08
	6m ×7m	1.03	0.63	0.36	2.02	0.436	0.247	0.683	8.83	5.00	13.83
	7m ×7m	1.04	1.09	0.52	2.65	0.649	0.417	1.066	11.28	7.25	18.53
	7m ×6m	1.04	1.19	0.52	2.75	0.581	0.358	0.939	11.76	7.25	19.01
3 스팬	8m ×6m	0.94	1.27	0.28	2.49	0.670	0.22	0.89	11.8	3.90	15.70
	8m ×8m	1.35	1.02	0.28	2.65	0.940	0.293	1.233	12.52	3.90	16.42
	9m ×7m	1.07	1.45	0.34	2.86	0.990	0.355	1.345	13.38	4.80	18.18
	9m ×9m	1.44	1.51	0.34	3.29	1.490	0.457	1.947	15.62	4.80	20.42
	10m ×7m	1.24	1.62	0.53	3.39	1.250	0.617	1.867	15.15	7.50	22.65
	10m ×10m	1.67	1.55	0.53	3.75	2.000	0.881	2.881	17.02	7.50	24.52

주: δ_{bt} : 작은보의 전체처짐(초기처짐 + 추가처짐)
δ_{gt} : 큰보의 전체처짐(초기처짐 + 추가처짐)
δ_{dt} : 데크플레이트의 전체처짐
δ : 시스템의 전체처짐
V_1 : 작은보와 큰보의 처짐에 의한 추가체적
V_2 : 데크플레이트의 처짐에 의한 추가체적
V : 전체시스템에 대한 추가체적(V_1 + V_2)
V_{1c} : 작은보와 큰보의 처짐에 의한 추가체적 증가율
V_{2c} : 데크플레이트의 처짐에 의한 추가체적 증가율
V_c : 전체시스템이 대한 추가체적 증가율

5.2. 수평보정방법의 경제성 검토

수평을 보정하기 위한 방법중에 큰보와 작은보의 단면치수를 증가시켜 초기처짐을 억제하는 방법과 처짐을 유지한 채 바닥면의 수평을 유지하기 위해 보정콘크리트를 타설하는 방법이 있다. 어떤 방법을 사용하더라도 강재나 콘크리트량은 증가하고, 따라서 비용도 증가할 것이다.

추가콘크리트를 타설하여 보정하는 방법과 강재의 단면을 크게하여 처짐을 억

제한 후 보정콘크리트를 타설하는 방법에 따른 비용을 비교하였다.

5.2.1. 보정콘크리트 타설

보정콘크리트를 타설할 경우에는 바닥면이 수평이 된다는 것을 전제로 한다. 표 5.2.1은 수평보정을 위해 타설하는 보정콘크리트로 인한 수평보정비용을 나타낸다.

표 5.2.1. 수평보정을 위한 콘크리트의 추가비용

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		δ(cm)	V(m^3)	V_c(%)	수평보정비용(원)
2 스팬	5m×5m	1.57	0.305	10.39	15,220
	6m×5m	1.98	0.479	13.61	23,902
	6m×6m	1.88	0.554	13.08	27,645
	6m×7m	2.02	0.683	13.83	34,082
	7m×7m	2.65	1.066	18.53	53,193
	7m×6m	2.75	0.939	19.01	46,856
3 스팬	8m×6m	2.49	0.890	15.70	44,411
	8m×8m	2.65	1.233	16.42	61,527
	9m×7m	2.86	1.345	18.18	67,116
	9m×9m	3.29	1.947	20.42	97,155
	10m×7m	3.39	1.867	22.65	93,163
	10m×10m	3.75	2.881	24.52	143,762

(주) 콘크리트의 가격은 2001년 11월 1일 현재 www.jajae.co.kr에 공시된 가격으로, 2001년 11월 1일 현재 강도 210kgf/cm^2 인 콘크리트의 단위체적(m^3)당 가격은 49,900원이다.

5.2.2. 강재 단면의 증가

강재의 단면을 증가시키면, 처짐은 감소한다. 따라서 처짐에 의해 추가되는 콘

크리트의 체적도 감소하게 된다. 표 5.2.2는 4장에서 선정한 부재(표 4.1.2, 표 4.1.5 참조)를 수평보정을 위해 바꾼 부재단면치수이다.

표 5.2.2 수평보정을 위해 바뀐 부재 단면치수

부재 / 스팬(m) ($L_g \times L_b$)			변경 전			변경 후		
			단면치수	단위중량(kgf)	단면2차모멘트(cm^2)	단면치수	단위중량(kgf)	단면2차모멘트(cm^2)
작은 보	2스팬시스템	5×5	H-200×200×8×12	49.9	4720	H-200×204×12×12	56.0	4980
작은 보	2스팬시스템	6×5	H-200×200×8×12	49.9	4720	H-200×204×12×12	56.0	4980
작은 보	2스팬시스템	6×6	H-294×200×8×12	41.1	11300	H-294×200×8×12	56.8	11300
작은 보	2스팬시스템	6×7	H-298×201×9×14	65.4	13300	H-294×302×12×12	84.5	16900
작은 보	2스팬시스템	7×7	H-354×176×8×12	57.8	16100	H-336×294×8×12	69.2	18500
작은 보	2스팬시스템	7×6	H-244×252×11×16	64.4	8790	H-248×249×8×13	66.5	9930
작은 보	3스팬시스템	8×6	H-350×150×6.5×9	36.7	7210	H-346×174×6×9	41.4	11100
작은 보	3스팬시스템	8×8	H-354×176×8×12	57.8	16100	H-294×302×12×12	84.5	16900
작은 보	3스팬시스템	9×7	H-350×175×7×11	49.0	13600	H-354×176×8×12	57.8	16100
작은 보	3스팬시스템	9×9	H-310×305×15×20	130.0	28150	H-310×310×20×20	142.0	29390
작은 보	3스팬시스템	10×7	H-298×201×9×14	65.4	13300	H-294×302×12×12	84.5	16900
작은 보	3스팬시스템	10×10	H-496×199×9×14	79.5	49100	H-500×200×10×16	89.6	47800
큰 보	2스팬시스템	5×5	H-298×149×5.5×8	32.0	63200	H-300×150×6.5×9	36.7	7210
큰 보	2스팬시스템	6×5	H-294×200×8×12	56.8	11300	H-298×201×9×14	65.4	13300
큰 보	2스팬시스템	6×6	H-350×175×7×11	49.6	13600	H-354×176×8×12	57.8	16100
큰 보	2스팬시스템	6×7	H-300×305×15×15	106.0	21500	H-304×301×11×17	106.0	23400
큰 보	2스팬시스템	7×7	H-400×200×8×13	66.0	23700	H-446×199×8×12	66.2	28700
큰 보	2스팬시스템	7×6	H-298×299×9×14	87.0	18800	H-300×300×10×15	94.0	20400
큰 보	3스팬시스템	8×6	H-386×299×9×14	94.3	33700	H-390×300×10×16	107.0	38700
큰 보	3스팬시스템	8×8	H-506×201×11×19	103.0	56500	H-394×405×18×18	168.0	59700
큰 보	3스팬시스템	9×7	H-394×398×11×18	147.0	56100	H-394×405×18×18	168.0	59700
큰 보	3스팬시스템	9×9	H-400×408×21×21	197.0	70900	H-406×403×16×24	200.0	78000
큰 보	3스팬시스템	10×7	H-406×403×16×24	200.0	78000	H-414×405×18×28	232.0	92800
큰 보	3스팬시스템	10×10	H-588×300×12×20	151.0	118000	H-594×302×14×23	175.0	137000

강재의 단면을 증가시킨 후의 전체처짐 δ와 추가체적 V는 표 5.2.3과 같다.

표 5.2.3 수평보정 후 각 시스템에 대한 전체처짐 δ와 전체체적 V

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		δ_{bt}(cm)	δ_{gt}(cm)	δ_{ct}(cm)	δ(cm)	V_1(m^3)	V_2(m^3)	V(m^3)	V_{1c}(%)	V_{2c}(%)	V_c(%)
2 스팬	5m ×5m	0.58	0.63	0.23	1.44	0.190	0.094	0.284	6.48	3.20	9.68
	6m ×5m	0.71	0.72	0.36	1.79	0.268	0.176	0.444	7.61	5.00	12.61
	6m ×6m	0.64	0.71	0.36	1.71	0.306	0.212	0.518	7.23	5.00	12.23
	6m ×7m	0.79	0.57	0.36	1.72	0.359	0.247	0.606	7.28	5.00	12.28
	7m ×7m	0.88	0.88	0.52	2.28	0.538	0.417	0.955	9.35	7.25	16.60
	7m ×6m	0.9	1.08	0.52	2.50	0.518	0.358	0.876	10.50	7.25	17.75
3 스팬	8m ×6m	0.59	1.07	0.28	1.94	0.503	0.220	0.723	8.92	3.90	12.82
	8m ×8m	1.27	0.95	0.28	2.22	0.888	0.293	1.181	11.81	3.90	15.71
	9m ×7m	0.89	1.34	0.34	2.57	0.878	0.355	1.233	11.86	4.80	16.66
	9m ×9m	1.36	1.35	0.34	3.05	1.370	0.457	1.827	14.38	4.80	19.18
	10m ×7m	0.94	1.32	0.53	2.79	0.987	0.617	1.604	12.01	7.50	19.51
	10m ×10m	1.42	1.30	0.53	3.25	1.694	0.881	2.575	14.41	7.50	21.91

표 5.2.4에서 표 5.2.6은 표5.2.2와 같이 작은보, 큰보, 작은보와 큰보의 단면치수를 증가시켜 수평을 보정할 때 드는 비용을 나타낸다.

표 5.2.4. 작은보 단면치수 증가에 의한 수평보정비용

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		V(m^3)	수평보정비용		
			보정콘크리트비용(원)	강재증가비용(원)	전체수평보정비용(원)
2 스팬	5m ×5m	0.300	14,970	23,180	38,150
	6m ×5m	0.471	23,503	23,180	46,683
	6m ×6m	0.551	27,495	71,592	99,087
	6m ×7m	0.621	30,988	125,272	156,260
	7m ×7m	1.022	50,998	63,840	114,838
	7m ×6m	0.905	45,160	9,576	54,736
3 스팬	8m ×6m	0.778	38,822	47,052	85,874
	8m ×8m	1.206	60,179	256,320	316,499
	9m ×7m	1.273	63,523	94,500	158,023
	9m ×9m	1.909	95,259	129,600	224,859
	10m ×7m	1.735	86,577	187,908	274,485
	10m ×10m	2.734	136,427	133,320	269,747

(주) 강재의 가격은 2001년 11월 1일 현재 www.jajae.co.kr에 공시된 가격이다.

표 5.2.5. 큰보 단면치수 증가에 의한 수평보정비용

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		$V(m^3)$	수평보정비용		
			보정콘크리트비용(원)	강재증가비용(원)	전체수평보정비용(원)
2 스팬	5m×5m	0.290	14,471	8,930	23,401
	6m×5m	0.452	22,555	19,608	42,163
	6m×6m	0.521	25,998	25,632	51,630
	6m×7m	0.668	33,333	0	33,333
	7m×7m	0.999	49,850	28,336	78,186
	7m×6m	0.910	45,409	19,600	65,009
3 스팬	8m×6m	0.829	41,367	40,640	82,007
	8m×8m	1.209	60,329	228,800	289,129
	9m×7m	1.305	65,120	83,160	148,280
	9m×9m	1.860	92,814	11,880	104,694
	10m×7m	1.729	86,277	140,800	227,077
	10m×10m	2.718	135,628	105,600	241,228

표 5.2.6. 큰보와 작은보의 단면치수 증가에 의한 수평보정비용

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		$V(m^3)$	수평보정비용		
			보정콘크리트비용(원)	강재증가비용(원)	전체수평보정비용(원)
2 스팬	5m×5m	0.284	14,172	32,110	46,282
	6m×5m	0.444	22,156	42,788	64,944
	6m×6m	0.518	25,848	97,224	123,072
	6m×7m	0.606	30,239	125,272	155,511
	7m×7m	0.955	47,654	92,176	139,831
	7m×6m	0.876	43,712	29,176	72,888
3 스팬	8m×6m	0.723	36,078	87,692	123,770
	8m×8m	1.181	58,932	485,120	544,052
	9m×7m	1.233	61,527	177,660	239,187
	9m×9m	1.827	91,167	141,480	232,647
	10m×7m	1.604	80,040	328,708	408,748
	10m×10m	2.575	128,493	238,920	367,413

표 5.2.7과 표 5.2.10은 수평보정방법에 따른 전체처짐과 수평보정비용 및 중량을 비교한 것이다.

표 5.2.7. 강재단면치수 증가 방법에 따른 처짐

(단위 : cm)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		초기처짐	보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	큰보, 작은보
2 스팬	5m ×5m	1.44	1.57	1.54	1.47	1.44
	6m ×5m	1.78	1.98	1.93	1.83	1.79
	6m ×6m	1.70	1.88	1.86	1.73	1.71
	6m ×7m	1.82	2.02	1.78	1.95	1.72
	7m ×7m	2.31	2.65	2.49	2.42	2.28
	7m ×6m	2.38	2.75	1.58	2.62	2.50
3 스팬	8m ×6m	2.18	2.49	2.13	2.30	1.94
	8m ×8m	2.30	2.65	2.57	2.57	2.22
	9m ×7m	2.47	2.86	2.67	2.75	2.57
	9m ×9m	2.77	3.29	3.22	3.12	3.05
	10m ×7m	2.88	3.39	3.09	3.07	2.79
	10m ×10m	3.12	3.75	3.51	3.48	3.25

표 5.2.8. 수평보정방법에 따른 수평보정비용

(단위 : 원)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
			작은보	큰보	큰보, 작은보
2 스팬	5m ×5m	15,220	38,150	23,401	46,282
	6m ×5m	23,902	46,683	42,163	64,944
	6m ×6m	27,645	99,087	51,630	123,072
	6m ×7m	34,082	156,260	33,333	155,511
	7m ×7m	53,193	114,838	78,186	139,831
	7m ×6m	46,856	54,736	65,009	72,888
3 스팬	8m ×6m	44,411	85,874	82,007	123,770
	8m ×8m	61,527	316,499	289,129	544,052
	9m ×7m	67,116	158,023	148,280	239,187
	9m ×9m	97,155	224,859	104,694	232,647
	10m ×7m	93,163	274,485	227,077	408,748
	10m ×10m	143,762	269,747	241,228	367,413

표 5.2.9. 수평보정방법에 따른 단위면적당 수평보정비용 증가율

(단위 : %/㎡)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
			작은보	큰보	큰보, 작은보
2 스팬	5m×5m	0.15	0.38	0.24	0.47
	6m×5m	0.16	0.31	0.28	0.44
	6m×6m	0.15	0.54	0.28	0.67
	6m×7m	0.10	0.44	0.09	0.44
	7m×7m	0.14	0.30	0.20	0.36
	7m×6m	0.14	0.17	0.20	0.22
3 스팬	8m×6m	0.11	0.21	0.20	0.31
	8m×8m	0.07	0.38	0.35	0.66
	9m×7m	0.08	0.19	0.18	0.28
	9m×9m	0.05	0.10	0.05	0.11
	10m×7m	0.07	0.22	0.18	0.32
	10m×10m	0.06	0.12	0.10	0.16

표 5.2.10. 수평보정방법에 따른 추가중량

(단위 : kgf)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)		보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
			작은보	큰보	큰보, 작은보
2 스팬	5m×5m	0.70	0.75	0.69	0.74
	6m×5m	1.10	1.14	1.09	1.13
	6m×6m	1.27	1.46	1.25	1.43
	6m×7m	1.57	1.70	1.54	1.66
	7m×7m	2.45	2.51	2.30	2.36
	7m×6m	2.16	2.11	2.14	2.09
3 스팬	8m×6m	2.05	1.87	2.01	1.85
	8m×8m	2.84	3.41	3.30	3.88
	9m×7m	3.09	3.11	3.19	3.21
	9m×9m	4.48	4.71	4.31	4.55
	10m×7m	4.29	4.39	4.30	4.41
	10m×10m	6.63	6.59	6.49	6.47

위의 표에서 보는 바와 같이 각각의 수평보정방법을 비교해 보면, 추가처짐은 큰보와 작은보 <큰보 또는 작은보 <콘크리트, 단위면적당 수평보정비용증가율과 추가중량은 보정콘크리트 <큰보 <작은보 <큰보와 작은보와 같이 된다. 따라서 강재의 단면을 증가시키는 방법은 대체적으로 전체처짐은 감소한다. 그러나 그 차이가 작으므로 처짐을 감소시켜야 할 경우에는 큰보와 작은보의 단면을 같이 증가시키는 방법보다는 큰보나 작은보 중 하나의 단면을 증가시켜 처짐을 감소시키는 방법이 유리하다.

경제적인 측면에서도 큰보와 작은보의 단면을 같이 증가시키는 방법보다 둘 중 하나의 단면을 증가시키는 방법이 유리하다.

또한, 수평보정으로 인한 추가하중은 보정콘크리트를 타설하는 방법보다 강재의 단면을 증가시키는 방법이 크게 나타났다. 강재의 단면을 증가시키는 방법에서 세 경우에 대해서는 그 차이가 미소하게 나타났다.

수평보정을 위한 하중증가는 기둥에 영향을 미치므로 기둥의 단면증가를 초래한다. 따라서 수평보정방법을 선택할 경우에는 각각의 방법에 따른 추가중량을 고려해야 한다.

5.3 단위면적당 체적 및 중량

표 5.3.1과 표 5.3.8은 추가체적 증가율과 추가중량 증가율을 면적으로 나눈 것으로 보통콘크리트와 경량콘크리트에 대해 토핑콘크리트의 두께를 각각 11.15cm와 13.75cm으로 달리하여 비교하였다. 그 결과, 보통콘크리트의 경우 각 시스템에서 추가체적과 추가중량은 초기체적과 초기중량의 단위면적당 0.2 0.4% 정도로 나타났고, 경량콘크리트의 경우 0.15% 0.35% 정도로 나타났다. 구조설계시 면적에 이 값을 곱하여 그래프를 이용하지 않고도 근사값의 추가체적과 추가중량을 구할 수 있다.

표 5.3.1. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (보통콘크리트, t=11.75㎝)

(단위 : %/m^2)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2스팬	5m ×5m	1	0.42	0.41	0.39	0.39
	6m ×5m	2	0.45	0.44	0.43	0.42
	6m ×6m	3	0.36	0.36	0.34	0.34
	6m ×7m	4	0.33	0.30	0.32	0.29
	7m ×7m	5	0.38	0.36	0.35	0.34
	7m ×6m	6	0.45	0.44	0.44	0.42
3스팬	8m ×6m	7	0.33	0.29	0.31	0.27
	8m ×8m	8	0.26	0.25	0.25	0.25
	9m ×7m	9	0.29	0.27	0.28	0.26
	9m ×9m	10	0.25	0.25	0.24	0.24
	10m ×7m	11	0.32	0.30	0.30	0.28
	10m ×10m	12	0.25	0.23	0.23	0.22

표 5.3.2. 단위면적당 중량 증가율 (보통콘크리트, t=11.75㎝)

(단위 : %/m^2)

스팬길이 (L_g × L_b)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2스팬	5m×5m	1	0.38	0.40	0.37	0.40
	6m×5m	2	0.41	0.42	0.41	0.42
	6m×6m	3	0.34	0.39	0.33	0.38
	6m×7m	4	0.29	0.31	0.28	0.31
	7m×7m	5	0.34	0.35	0.32	0.33
	7m×6m	6	0.40	0.39	0.40	0.39
3스팬	8m×6m	7	0.30	0.27	0.29	0.27
	8m×8m	8	0.23	0.27	0.26	0.31
	9m×7m	9	0.25	0.25	0.26	0.26
	9m×9m	10	0.20	0.21	0.20	0.21
	10m×7m	11	0.28	0.28	0.28	0.28
	10m×10m	12	0.21	0.21	0.21	0.21

표 5.3.3. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (보통콘크리트, t=13.75㎝)

(단위 : %/m^2)

스팬길이 (L_g × L_b)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2스팬	5m×5m	1	0.35	0.52	0.34	0.41
	6m×5m	2	0.34	0.28	0.40	0.41
	6m×6m	3	0.30	0.29	0.29	0.28
	6m×7m	4	0.28	0.28	0.28	0.29
	7m×7m	5	0.26	0.30	0.26	0.29
	7m×6m	6	0.30	0.30	0.32	0.32
3스팬	8m×6m	7	0.39	0.44	0.40	0.45
	8m×8m	8	0.24	0.25	0.21	0.22
	9m×7m	9	0.28	0.30	0.24	0.27
	9m×9m	10	0.18	0.19	0.16	0.17
	10m×7m	11	0.25	0.27	0.22	0.25
	10m×10m	12	0.14	0.16	0.12	0.15

표 5.3.4. 단위면적당 중량 증가율 (보통콘크리트, t=13.75㎝)

(단위 : %/m²)

스팬길이 (L_g ×L_b)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2스팬	5m ×5m	1	0.37	0.47	0.35	0.33
	6m ×5m	2	0.37	0.28	0.47	0.46
	6m ×6m	3	0.33	0.31	0.29	0.28
	6m ×7m	4	0.30	0.27	0.28	0.25
	7m ×7m	5	0.29	0.28	0.26	0.26
	7m ×6m	6	0.33	0.32	0.32	0.31
3스팬	8m ×6m	7	0.43	0.43	0.42	0.41
	8m ×8m	8	0.27	0.27	0.23	0.23
	9m ×7m	9	0.31	0.31	0.27	0.26
	9m ×9m	10	0.20	0.19	0.17	0.17
	10m ×7m	11	0.27	0.27	0.24	0.24
	10m ×10m	12	0.16	0.16	0.14	0.14

표 5.3.5. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (경량 콘크리트, t=11.75㎝)

(단위 : %/m²)

스팬길이 (L_g ×L_b)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2스팬	5m ×5m	1	0.25	0.28	0.31	0.34
	6m ×5m	2	0.3	0.32	0.33	0.31
	6m ×6m	3	0.25	0.25	0.22	0.25
	6m ×7m	4	0.25	0.26	0.25	0.26
	7m ×7m	5	0.24	0.25	0.24	0.24
	7m ×6m	6	0.25	0.24	0.24	0.24
3스팬	8m ×6m	7	0.41	0.46	0.36	0.42
	8m ×8m	8	0.21	0.23	0.22	0.20
	9m ×7m	9	0.22	0.24	0.25	0.26
	9m ×9m	10	0.15	0.16	0.11	0.15
	10m ×7m	11	0.24	0.25	0.22	0.23
	10m ×10m	12	0.11	0.14	0.10	0.13

표 5.3.6. 단위면적당 중량 증가율 (경량콘크리트, t=11.75㎝)

(단위 : %/㎡)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2 스팬	5m×5m	1	0.29	0.28	0.28	0.27
	6m×5m	2	0.34	0.34	0.37	0.32
	6m×6m	3	0.29	0.28	0.24	0.26
	6m×7m	4	0.28	0.26	0.27	0.25
	7m×7m	5	0.27	0.25	0.25	0.23
	7m×6m	6	0.28	0.27	0.26	0.25
3 스팬	8m×6m	7	0.46	0.46	0.40	0.39
	8m×8m	8	0.24	0.24	0.24	0.19
	9m×7m	9	0.26	0.26	0.25	0.25
	9m×9m	10	0.17	0.17	0.12	0.15
	10m×7m	11	0.27	0.27	0.24	0.24
	10m×10m	12	0.13	0.13	0.12	0.12

표 5.3.7. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (경량콘크리트, t=13.75㎝)

(단위 : %/㎡)

스팬길이 ($L_g \times L_b$)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2 스팬	5m×5m	1	0.25	0.29	0.27	0.30
	6m×5m	2	0.31	0.33	0.33	0.33
	6m×6m	3	0.23	0.23	0.25	0.24
	6m×7m	4	0.25	0.26	0.32	0.26
	7m×7m	5	0.23	0.25	0.28	0.26
	7m×6m	6	0.25	0.24	0.26	0.24
3 스팬	8m×6m	7	0.21	0.21	0.29	0.21
	8m×8m	8	0.16	0.16	0.15	0.15
	9m×7m	9	0.18	0.18	0.24	0.20
	9m×9m	10	0.16	0.16	0.19	0.16
	10m×7m	11	0.20	0.19	0.23	0.19
	10m×10m	12	0.14	0.15	0.16	0.15

표 5.3.8. 단위면적당 중량 증가율 (경량콘크리트, t=13.75㎝)

(단위 : %/m²)

스팬길이 (L_g ×L_b)			보정콘크리트 타설	강재단면치수 증가		
				작은보	큰보	작은보와 큰보
2 스팬	5m ×5m	1	0.29	0.28	0.25	0.24
	6m ×5m	2	0.35	0.34	0.34	0.33
	6m ×6m	3	0.27	0.26	0.24	0.23
	6m ×7m	4	0.29	0.27	0.26	0.24
	7m ×7m	5	0.26	0.24	0.25	0.23
	7m ×6m	6	0.28	0.27	0.26	0.25
3 스팬	8m ×6m	7	0.23	0.22	0.22	0.21
	8m ×8m	8	0.19	0.19	0.17	0.16
	9m ×7m	9	0.20	0.19	0.20	0.18
	9m ×9m	10	0.18	0.17	0.17	0.16
	10m ×7m	11	0.22	0.21	0.21	0.19
	10m ×10m	12	0.16	0.15	0.15	0.14

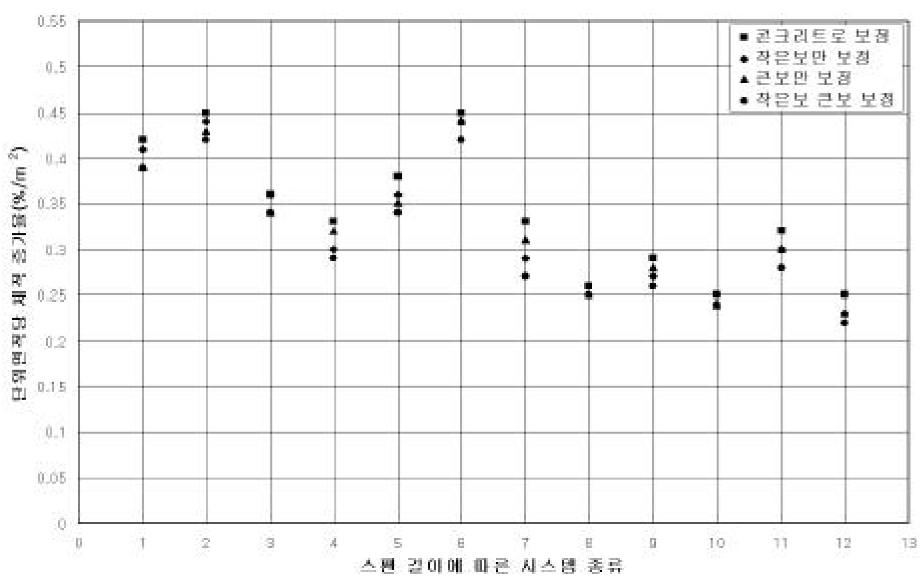


그림 5.3.1. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (보통콘크리트, t=11.75㎝)

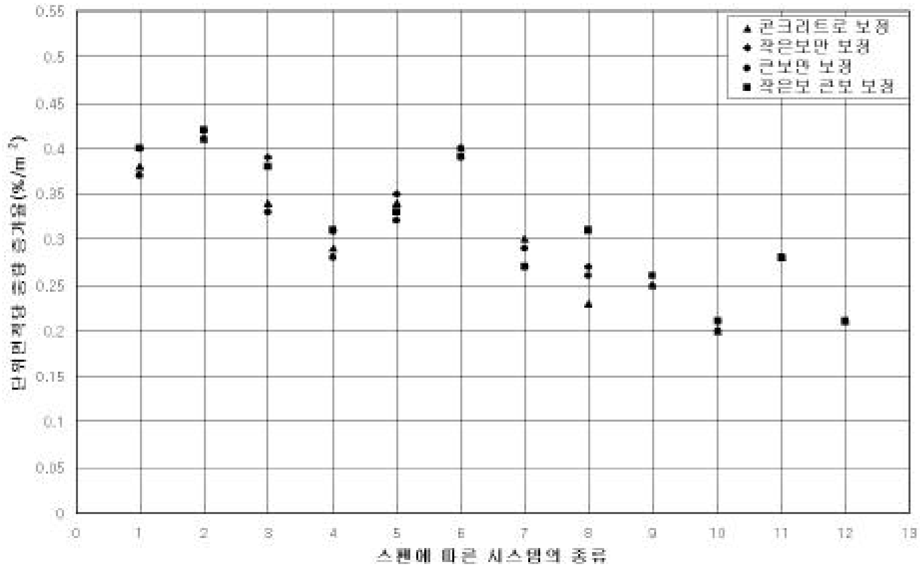


그림 5.3.2. 단위면적당 중량 증가율 (보통콘크리트, t=11.75㎝)

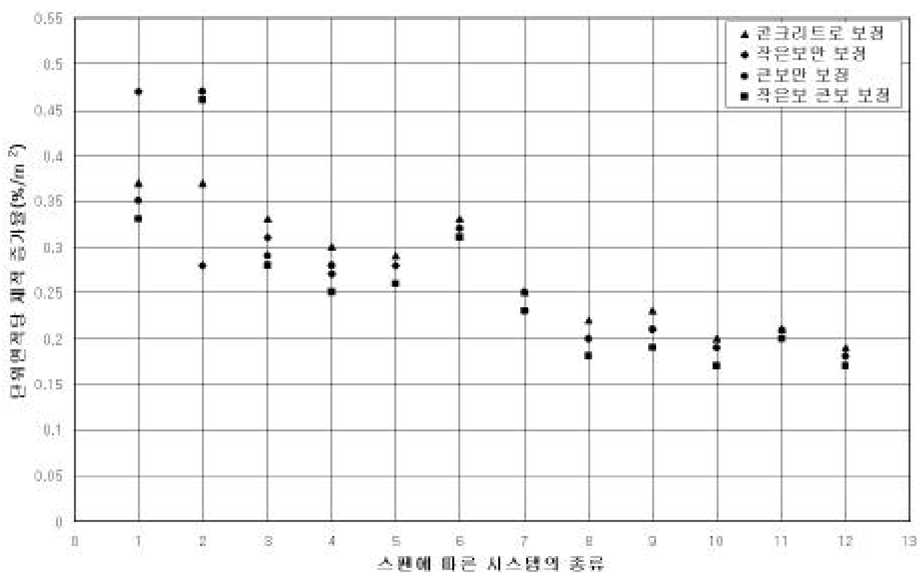


그림 5.3.3. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (보통콘크리트, t=13.75㎝)

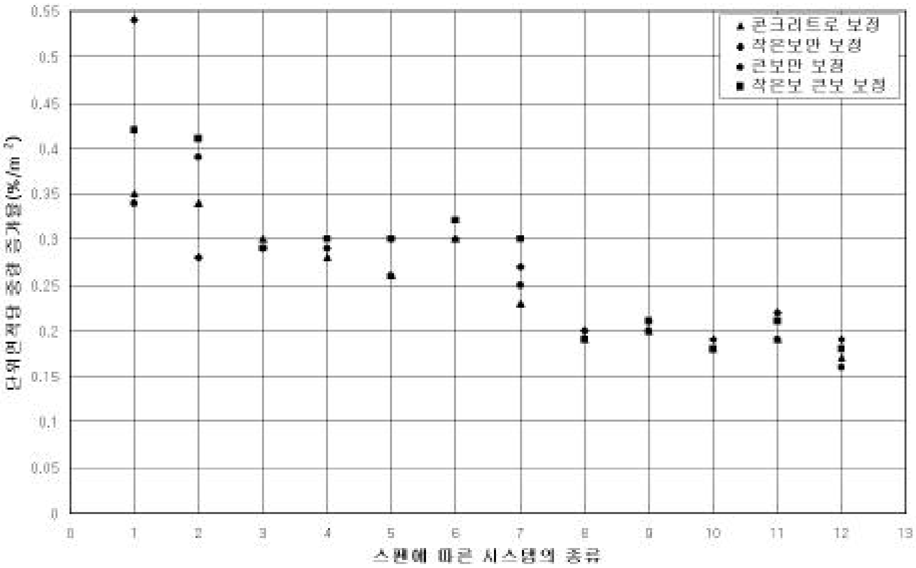


그림 5.3.4. 단위면적당 중량 증가율 (보통콘크리트, t=13.75㎝)

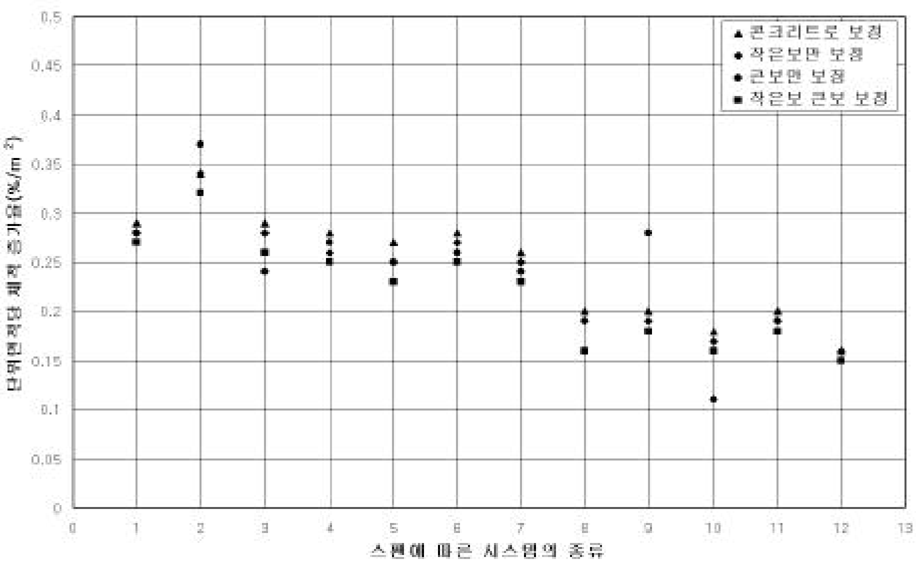


그림 5.3.5. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (경량 콘크리트, t=11.75㎝)

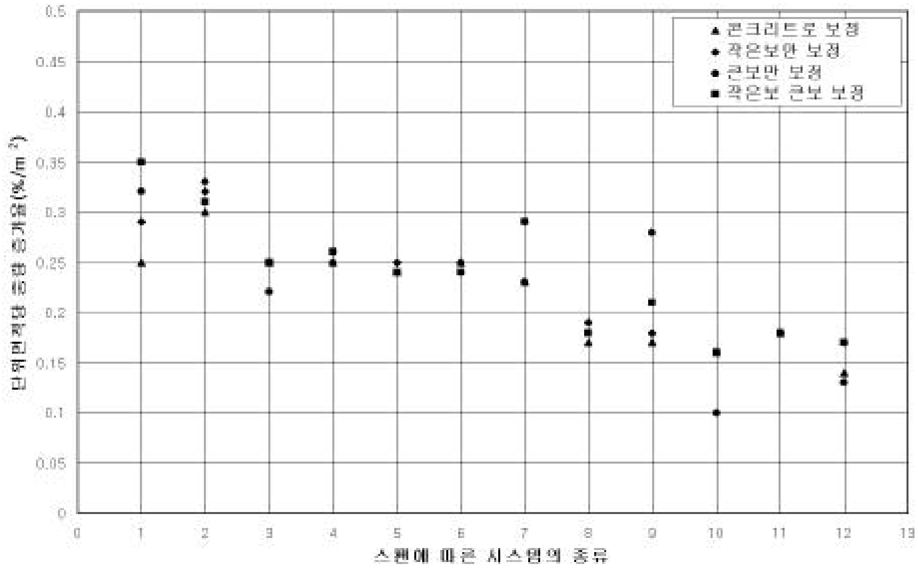


그림 5.3.6. 단위면적당 중량 증가율 (경량콘크리트, t=11.75㎝)

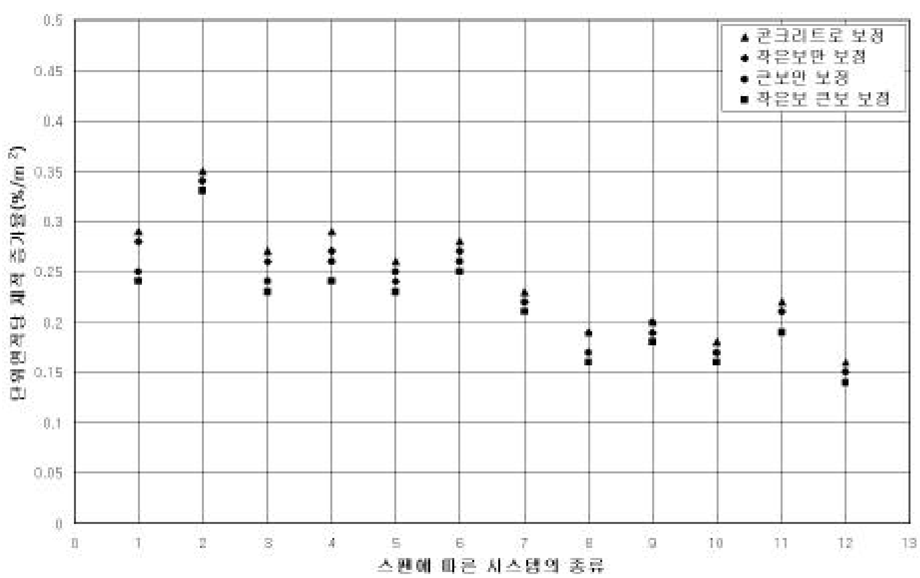


그림 5.3.7. 단위면적당 보정콘크리트 체적 증가율 (경량콘크리트, t=13.75㎝)

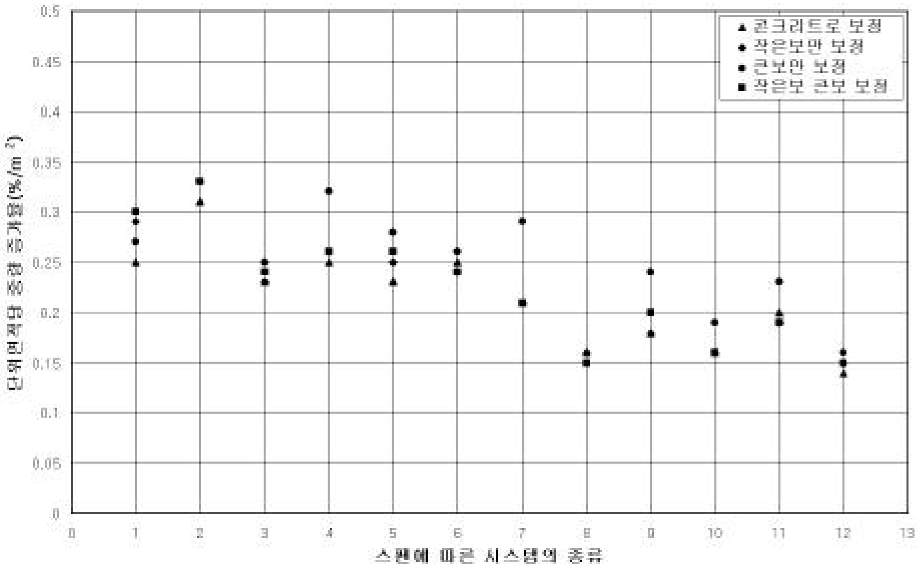


그림 5.3.8. 단위면적당 중량 증가율 (경량콘크리트, t=13.75㎝)

Ⅵ. 결론

본 연구에서는 Marino와 Ruddy의 연구를 바탕으로 컴퓨터 수치해석을 수행하여, 보정콘크리트를 타설하는 방법과 강재의 단면을 증가시키는 방법에 대해 각 변수에 따른 추가중량, 수평보정콘크리트의 체적, 수평보정비용을 산정하고, 경제성과 효율성을 검토하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 큰보와 작은보의 유연도상수 C_g와 C_b의 변화에 따른 초기체적에 대한 추가체적의 증가율은 반비례 관계로 나타나고, 이 관계를 나타낸 그래프로서 추가체적을 간단하게 구할 수 있다.

2. 보정콘크리트를 타설하는 방법과 강재의 단면을 증가시키는 방법에 대한 추가비용은 초기비용에 대하여 강재의 단면을 증가시키는 방법은 단위면적당 약 0.2 0.5%, 콘크리트만으로 수평보정하는 방법은 약 0.05 0.15%정도이다. 따라서 강재의 단면을 증가시키는 방법은 수평보정비용이 많지만, 처짐을 억제하여 천장과 바닥의 분할이 유리하다. 반면, 콘크리트만으로 수평보정을 하는 방법은 경제적이나 슬래브 하부의 처짐으로 인해 천장과 바닥의 분할이 불리하다.

3. 수평보정으로 인한 추가중량은 보정콘크리트를 타설하는 방법보다 강재의 단면을 증가시키는 방법이 크게 나타났다. 따라서, 강재의 단면을 증가시키는 방법은 처짐을 효과적으로 억제할 수는 있으나, 그 추가하중으로 인해 기둥단면을 증가시키므로, 수평보정방법을 선택할 경우에는 수평보정방법에 따른 추가하중을 고려하여 선택해야 한다.

4. 각 시스템의 단위면적당 추가중량 증가율과 단위면적당 콘크리트 추가체적 증가율은 보통콘크리트는 0.2 0.4%, 경량콘크리트는 0.15 0.35% 정도로 나타났다.

본 연구는 큰보와 작은보에 대해서는 큰보의 처짐으로 인한 하중이 작은보로 전달되는 것으로 해석을 하였으나, 데크플레이트는 큰보와 작은보의 처짐으로

인해 증가한 하중을 고려하지 못했다. 따라서 데크플레이트의 경우에는 큰보와 작은보의 처짐으로 인한 추가하중까지 고려된 연구가 더 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. John L. Ruddy, "Ponding of Concrete Deck Floors" AISC Engineering Journal, Vol.23, No.3, 1986, pp107 115
2. James Chinn, "Failure of Simply-Supported Flat Roofs by Ponding of Rain", AISC Engineering Journal, April 1965
3. Frank J. Marino, "Ponding of Two-way Roof Systems", AISC Engineering Journal, July 1966
4. J. Thomas Ryan, "Controlling Deflection of Composite Deck Slabs", Concrete Construction. Vol.42, No.9, September, 1997, pp734 740
5. **한국강구조학회**, "**강구조의 설계**", **구미서관**, 2000
6. http://www.jifdeck.co.kr
7. Steel Deck Institute, Steel Decks for Floors and Roofs, 1997
8. **대한건축학회**, **합성데크 바닥구조 설계기준(안) 및 해설**, 1998
9. **대한건축학회**, **합성데크 바닥구조 시공지침서**, 1998
10. Richard B. Heagler, "Metal Deck and Concrete Quantities" Steel Deck Institute, 1994
11. ASCE, "Standard for the Structural Design of Composite Slabs" ANSI/ASCE 3-91, Dec,1992
12. ASCE, "Standard Practice for Construction and Inspection of Composite Slabs" ANSI/ASCE 9-91, Dec,1992

부 록

기호설명

γ = 콘크리트의 단위체적당 중량 (Kgf/cm^3)
C_b = 작은보의 유연도 상수
C_d = 데크플레이트의 유연도 상수
C_g = 큰보의 유연도 상수
E = 강재의 탄성계수 (Kgf/cm^2)
I_b = 작은보의 단면2차모멘트(cm^4)
I_d = 데크플레이트의 단면2차모멘트(cm^4/m)
I_g = 큰보의 단면2차모멘트(cm^4)
L_b = 작은보의 길이(cm)
L_g = 큰보의 길이(cm)
n = 작은보로 분할된 공간의 갯수
V = 시스템에 대한 전체 추가체적(V_1+V_2 : m^3)
V_{1c} = 작은보와 큰보의 처짐에 의한 추가체적 증가율(%)
V_2 = 데크플레이트의 처짐에 의한 추가체적(m^3)
V_{2c} = 데크플레이트의 처짐에 의한 추가체적 증가율(%)
V_c = 전체시스템에 대한 추가체적 증가율(%)
V_l = 작은보와 큰보의 처짐에 의한 추가체적(m^3)
W_b = 작은보의 추가하중(Kgf)
W_g = 큰보의 추가하중(Kgf)
α = 작은보의 유연도 계수

α_d = 데크의 유연도 계수

α_g = 큰보의 유연도 계수

δ = 시스템의 전체처짐(δ_{bt}+ δ_{gt}+ δ_{dt} : cm)

δ_{b0} = 작은보의 초기처짐(cm)

δ_{b1c} = 외주부 작은보의 추가처짐(cm)

δ_{bc} = 작은보의 추가처짐(cm)

δ_{bt} = 작은보의 전체처짐(초기처짐+추가처짐 : cm)

δ_{d0} = 데크플레이트의 초기처짐(cm)

δ_{dc} = 데크플레이트의 추가처짐(cm)

δ_{dt} = 데크플레이트의 전체처짐(cm)

δ_{g0} = 큰보의 초기처짐(cm)

δ_{gc} = 큰보의 추가처짐(cm)

δ_{gt} = 큰보의 전체처짐(초기처짐+추가처짐 : cm)

용어설명

초기처짐(Initial Deflection)

데크플레이트 위에 처음으로 타설되는 콘크리트 중량에 의한 처짐을 말한다.

추가처짐(Additional Deflection)

수평을 보정하기 위해 타설되는 콘크리트의 중량으로 인한 처짐을 말한다.

보정콘크리트(Compensating Concrete)

수평을 보정하기 위해 타설되는 콘크리트를 말한다.

STUDY ON LEVEL COMPENSATION OF INITIAL DEFLECTION IN COMPOSITE DECK FLOORS

by Jung-Hun Lee

Division of Architectural Engineering, Graduate School
Pukyong National University

ABSTRACT

As the concrete hardens, steel framing and concrete bond together to carry dead loads and live loads. Until the concrete hardens, however, the framing and metal deck must carry construction loads that include the weight of the fresh concrete. During concrete placement, the weight for the concrete causes the steel members to deflect. This lens-shaped deflection may cause serviceability problems in of buildings.

Therefore, it should be compensated to produce leveled floors. The leveling methods are usually as follows:

1. Increase the beam or girder sizes or both to reduce construction deflection.
2. shore the beams or girders of both.
3. camber the steel beams or girders of both.
4. place additional concrete to compensate for the deflection.

This study is focused on the estimation of additional weight and volume of level compensation concrete based on Marino's and Ruddy's studies. Using a design example, the economy of a unit bay is examined. The result of this study can be summarized as follows:

1. An increment ratio of additional volume to initial volume and variation of flexibility constant C_g and C_b has inverse proportion relationship.

2. In comparison with the initial cost, the additional cost for the method of increasing the cross section of steel is about 0.2 0.5% per square meter, and the method of level compensation using only concrete is about 0.05 0.15% per square meter.
As a result, the method of increasing the cross section of steel is more expensive than the method of level compensation using only concrete

3. It is of vital importance that when chosen the method of level compensation, it should be fundamentally considered the additional load in accordance with the method of level compensation.

4. In each system, both the increased rates of additional concrete weight per square meter and the increased rates of additional volume per square meter are about 0.2 0.4% for normal weight concrete, 0.15 0.35% for light weight concrete.