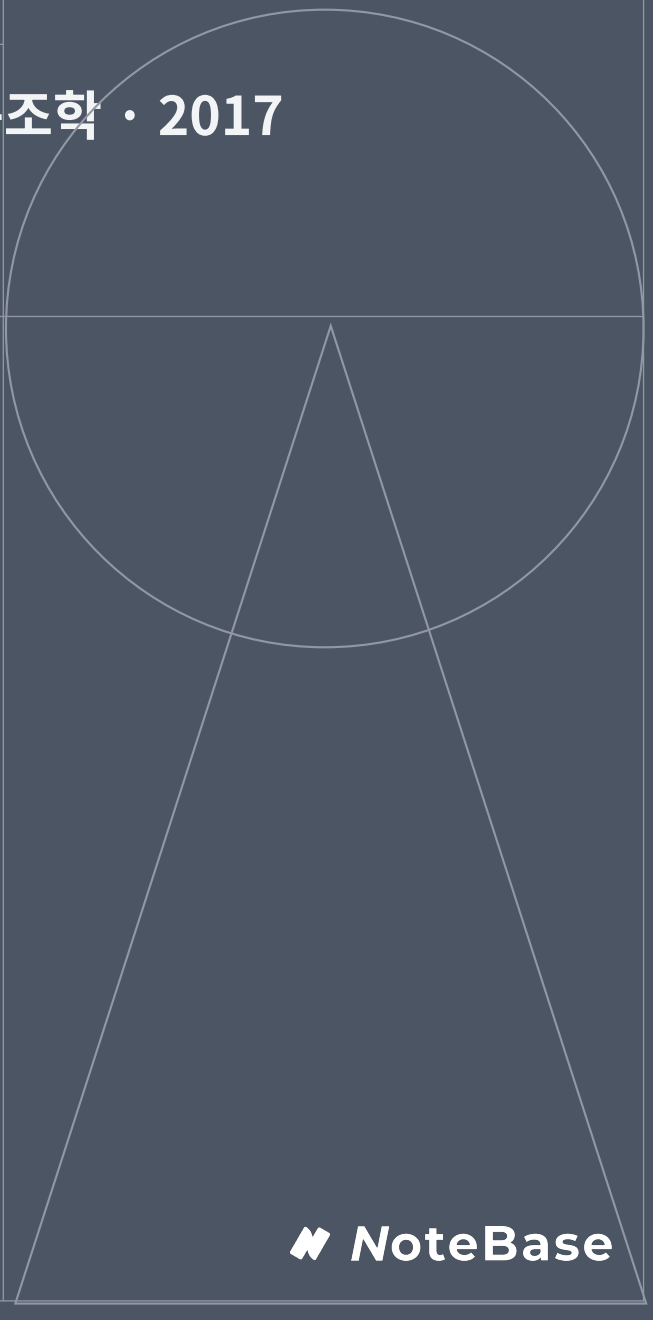
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 건축구조학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 건축구조학 · 2017

공무원/국가직/7급 · 건축구조학 · 2017

문 1. 내진설계 시 동적해석을 수행해야 하는 경우 선택할 수 있는 해석법이 아닌 것은?

① 응답스펙트럼해석법

② 비탄성시간이력해석법

③ 탄성시간이력해석법

④ 등가골조해석법

정답 4번

출제 포인트

내진설계에서 동적해석을 수행할 때 사용할 수 있는 해석법 목록을 알고 있는지, 그리고 그중 동적해석법이 아닌 정적계열 해석법을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다. 동적해석법과 정적해석법(등가정적하중법 등)을 혼동하지 않는 것이 핵심이다.

핵심 개념

내진설계에서 동적해석을 수행해야 하는 경우 선택 가능한 해석법은 크게 응답스펙트럼해석법과 시간이력해석법(탄성/비탄성)으로 나뉜다. 응답스펙트럼해석법은 지진하중을 등가정적하중의 스펙트럼 값으로 환산해 모드별 응답을 조합하는 방법이고, 시간이력해석법은 실제(또는 인공) 지진파의 시간에 따른 가속도 이력을 구조물에 직접 적용해 응답을 계산하는 방법으로, 구조물이 탄성범위에 머문다고 가정하면 탄성시간이력해석법, 비선형 거동을 반영하면 비탄성(비선형)시간이력해석법이 된다. 반면 등가골조해석법은 지진하중 해석법이 아니라 슬래브(플랫플레이트·플랫슬래브 등)를 보와 기둥으로 이루어진 뼈대(골조)로 치환하여 중력하중이나 횡하중에 대한 부재력을 산정하는 구조해석의 한 방법으로, 내진설계의 동적해석 범주에 속하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① 응답스펙트럼해석법: O. 지진에 의한 동적 응답을 스펙트럼 값으로 구해 모드조합으로 산정하는 대표적인 동적해석법이다.
② 비탄성시간이력해석법: O. 지진파의 시간이력을 그대로 적용하되 부재의 비선형(비탄성) 거동을 반영하는 동적해석법이다.
③ 탄성시간이력해석법: O. 지진파의 시간이력을 적용하되 구조물이 탄성범위에 있다고 가정하는 동적해석법이다.
④ 등가골조해석법: X. 슬래브를 보-기둥 골조로 치환해 부재력을 구하는 구조해석 기법으로, 내진설계의 동적해석법에 해당하지 않는다.

오답 포인트

등가골조해석법이라는 명칭에 '해석법'이 들어 있어 다른 지진해석법과 같은 계열로 착각하기 쉬우나, 이는 슬래브를 골조로 단순화하여 하중을 분배하는 구조해석 기법일 뿐 지진에 대한 동적응답을 구하는 방법이 아니다. 동적해석법은 항상 시간이력 또는 응답스펙트럼처럼 지진의 시간적·주파수적 특성을 반영한다는 점을 기준으로 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

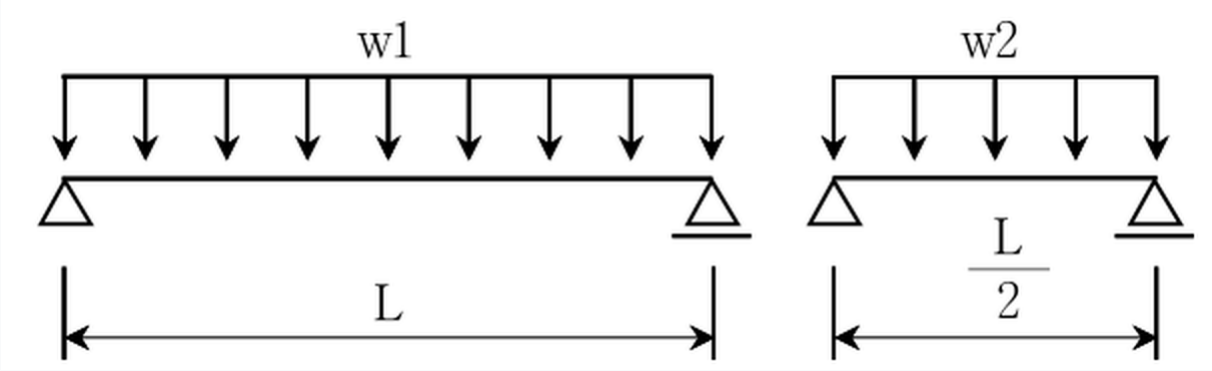
선지에 '~해석법'이라는 단어가 있다고 해서 동적해석법으로 판단하지 않는다. 지진파의 시간이력이나 응답스펙트럼처럼 지진동 자체의 특성을 입력으로 쓰는지를 확인하고, 슬래브나 골조를 단순화하는 구조모델링 기법(등가골조법, 등가정적하중법 등)은 동적해석법에서 제외한다.

암기 포인트

내진설계 동적해석법은 응답스펙트럼해석법과 (탄성·비탄성)시간이력해석법 두 계열뿐이라는 점을 기억해 둔다. 등가골조해석법은 슬래브 구조해석용 기법으로 별도 분류이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 조건을 갖는 두 보에 동일한 크기의 최대 처짐이 발생하려면 등분포하중 w_2의 크기는 등분포하중 w_1 크기의 몇 배가 되어야 하는가? (단, 두 보의 EI는 동일하다)



① 2배

② 4배

③ 8배

④ 16배

정답 4번

출제 포인트

등분포하중을 받는 단순보의 최대 처짐 공식을 이용해, 지간과 하중이 다른 두 보의 처짐을 같게 만드는 하중비를 구하는 문제이다. 처짐이 지간의 4제곱에 비례한다는 사실을 아는지가 핵심이다.

조건 정리

왼쪽 보: 지간 L, 등분포하중 w_1이 전체 구간에 작용, 양단 단순지지. 오른쪽 보: 지간 $\frac{L}{2}$, 등분포하중 w_2가 전체 구간(즉 $L/2$ 전 구간)에 작용, 양단 단순지지. 두 보의 EI는 동일하며, 두 보의 최대 처짐이 서로 같아야 한다.

사용할 공식

등분포하중을 받는 단순보의 중앙 최대 처짐은 다음과 같다.

$\delta_{max} = \frac{5wl^4}{384EI}$

여기서 w는 등분포하중의 크기, l은 보의 지간이다.

NoteBase

계산 과정

왼쪽 보(지간 L, 하중 w_1)의 최대 처짐은
$\delta_1 = \frac{5w_1L^4}{384EI}$
오른쪽 보(지간 $\frac{L}{2}$, 하중 w_2)의 최대 처짐은
$\delta_2 = \frac{5w_2(\frac{L}{2})^4}{384EI} = \frac{5w_2L^4}{384EI \cdot 16}$
두 처짐이 같아야 하므로 $\delta_1 = \delta_2$로 놓으면
$\frac{5w_1L^4}{384EI} = \frac{5w_2L^4}{384EI \cdot 16}$
양변에서 $\frac{5L^4}{384EI}$가 소거되어
$w_1 = \frac{w_2}{16}$
따라서 $w_2 = 16w_1$이 된다. 지간이 절반으로 줄면 처짐은 지간의 4제곱에 비례하므로 $(\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}$로 줄어들고, 같은 처짐을 내려면 하중이 그 역수인 16배가 되어야 한다.

선지 판단

① 2배: 처짐과 지간의 관계를 1제곱(선형)으로 오해한 경우의 값으로, 4제곱 관계를 반영하지 않아 틀렸다.
② 4배: 지간비 $\frac{1}{2}$의 4제곱이 아닌 2제곱만 적용한 값으로, 처짐-지간 관계를 잘못 적용해 틀렸다.
③ 8배: 지간비의 세제곱 관계로 착각하거나 계산 과정에서 지수를 하나 누락한 값으로 틀렸다.
④ 16배: $\delta_1 = \delta_2$ 조건에서 $w_2 = 16w_1$로 정확히 도출되므로 옳다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 지간이 절반이 되었을 때 처짐도 단순히 절반이나 그 근처로 줄어든다고 생각하는 것이다. 등분포하중 단순보의 처짐 공식 $\delta = \frac{5wl^4}{384EI}$에서 지간 l이 4제곱으로 들어가므로, 지간이 $\frac{1}{2}$이 되면 처짐은 $\frac{1}{16}$로 급격히 줄어든다. 이를 놓치고 2배, 4배, 8배 등 지수를 낮게 잡으면 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

지간이 다른 두 보의 처짐을 비교하는 문제는 항상 처짐 공식에서 지간이 몇 제곱으로 들어가는지부터 확인한다. 등분포하중 단순보는 4제곱, 집중하중 단순보도 지간에 대해 3제곱(처짐 공식 $\frac{Pl^3}{48EI}$)이므로 하중 형태에 따라 지수가 다르다는 점을 함께 기억해 둔다. 지간비를 구한 뒤 처짐이 같다는 조건으로 등식을 세우면 하중비가 바로 나온다.

암기 포인트

등분포하중 단순보의 중앙 최대 처짐: $\delta_{max} = \frac{5wl^4}{384EI}$ (지간의 4제곱에 비례). 지간이 $\frac{1}{n}$로 줄면 같은 처짐을 위해 필요한 하중은 n^4배가 되어야 한다.

NoteBase

문 3. 철근콘크리트구조에 사용되는 인장 이형철근의 정착길이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 철근의 설계기준항복강도 및 공칭지름에 비례하고 콘크리트 설계기준압축강도의 제곱근에 반비례한다.

② 에폭시 도막이 되어 있는 철근은 도막되어 있지 않은 철근보다 정착길이가 감소한다.

③ D22 이상의 철근은 D19 이하의 철근보다 정착길이를 크게 해야 한다.

④ 경량콘크리트를 사용하는 경우 일반적인 중량의 보통콘크리트보다 정착길이가 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

인장 이형철근의 정착길이(정착길이, development length)가 어떤 변수에 어떻게 비례·반비례하는지를 묻는다. 기본정착길이는 철근의 항복강도와 지름에 비례하고 콘크리트 압축강도의 제곱근에 반비례하며, 철근 표면 상태(도막 여부)와 콘크리트 종류(경량 여부)에 따라 보정계수가 곱해져 값이 늘거나 준다. 네 선지 중 이 보정 방향을 거꾸로 서술한 것을 찾아야 한다.

조건 정리

기본정착길이 l_{db}는 철근과 콘크리트 사이의 부착응력 평형에서 유도되며, 철근 단면적(지름의 제곱)에 비례하는 인장력을 철근 둘레(지름에 비례)를 따라 발생하는 부착력으로 지지해야 하므로 결과적으로 지름에 비례한다. 부착강도는 콘크리트 압축강도의 제곱근에 비례한다고 가정하므로 정착길이는 그 제곱근에 반비례한다. 여기에 철근 표면 처리(에폭시 도막), 철근 배근 위치(상부철근 여부), 콘크리트 단위중량(경량 여부) 등을 반영하는 보정계수가 곱해져 실제 소요 정착길이가 정해진다.

사용할 공식

기본정착길이의 비례 관계는 다음과 같다.

$$l_{db} \propto \frac{f_y d_b}{\sqrt{f_{ck}}}$$

여기에 도막계수 β(에폭시 도막철근은 $\beta > 1$, 무도막철근은 $\beta = 1.0$)와 경량콘크리트계수 λ(경량콘크리트는 $\lambda < 1$)가 곱해져 실제 정착길이 l_d가 된다.

$$l_d \propto \frac{f_y d_b}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \times \beta$$

NoteBase

계산 과정

① 식 $l_{db} \propto f_y d_b / \sqrt{f_{ck}}$에서 정착길이는 철근의 설계기준항복강도 및 공칭지름에 비례하고 콘크리트 설계기준압축강도의 제곱근에 반비례하므로 옳은 설명이다.
② 에폭시 도막철근은 표면이 매끄러워져 철근과 콘크리트 사이의 부착력이 무도막철근보다 작아진다. 부착력이 작아지면 같은 힘을 전달하기 위해 정착길이를 오히려 더 길게 해야 하므로, 도막계수 β는 1보다 큰 값(통상 1.2~1.5)이 곱해져 정착길이가 증가한다. 즉 '감소한다'는 서술은 실제 거동과 반대이므로 옳지 않다.
③ 철근 지름이 커질수록(D22 이상) 단면적(=인장력)은 지름의 제곱으로 늘어나는 반면 부착 둘레는 지름에 1차로만 비례하므로, 같은 부착응력으로 힘을 전달하려면 더 굵은 철근일수록 상대적으로 정착길이를 더 크게 확보해야 한다. 실제 기준식에서도 D22 이상과 D19 이하는 서로 다른 계수를 적용해 굵은 철근의 정착길이가 상대적으로 더 크게 산정되므로 옳은 설명이다.
④ 경량콘크리트는 골재의 강도·강성이 낮아 동일한 압축강도라도 철근과의 부착성능이 보통(중량)콘크리트보다 떨어진다. 이를 반영하는 경량콘크리트계수 λ는 1보다 작은 값이며 이 값이 분모에 들어가므로 정착길이가 보통콘크리트보다 증가한다. 따라서 옳은 설명이다.

선지 판단

① 정착길이가 철근 항복강도·지름에 비례하고 콘크리트 압축강도 제곱근에 반비례한다는 서술 → O(기본정착길이 산정식과 일치).
② 에폭시 도막철근이 무도막철근보다 정착길이가 감소한다는 서술 → X(도막철근은 부착력이 줄어들어 정착길이가 오히려 증가한다) → 틀린 표현 '정착길이가 감소한다' → 올바른 표현 '정착길이가 증가한다'.
③ D22 이상 철근이 D19 이하 철근보다 정착길이를 크게 해야 한다는 서술 → O(굵은 철근일수록 부착 둘레 대비 인장력이 커져 정착길이를 더 확보해야 한다).
④ 경량콘크리트 사용 시 보통콘크리트보다 정착길이가 증가한다는 서술 → O(경량콘크리트는 부착성능이 낮아 경량콘크리트계수가 1보다 작게 적용되어 정착길이가 늘어난다).

오답 포인트

이 문제의 함정은 '도막 처리를 하면 부착력이 좋아져 정착길이가 짧아질 것'이라고 직관적으로 거꾸로 생각하는 데 있다. 에폭시 도막은 철근과 콘크리트 사이의 미끄러짐을 방지하는 것이 아니라 오히려 표면을 매끄럽게 만들어 부착력을 떨어뜨리는 처리이므로, 도막철근은 무도막철근보다 정착길이를 더 길게 확보해야 한다. '도막=보호=성능 향상'이라는 일반적 어감에 끌려 방향을 반대로 판단하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정착길이 문제는 항상 '정착길이 ∝ 항복강도×지름 / (부착성능을 낮추는 요인)'이라는 큰 틀로 접근한다. 부착성능을 낮추는 요인(에폭시 도막, 경량콘크리트, 상부철근 배근 등)은 모두 정착길이를 증가시키는 방향으로 작용하고, 부착성능을 높이는 요인은 정착길이를 감소시키는 방향으로 작용한다고 기억하면 방향을 헷갈리지 않는다.

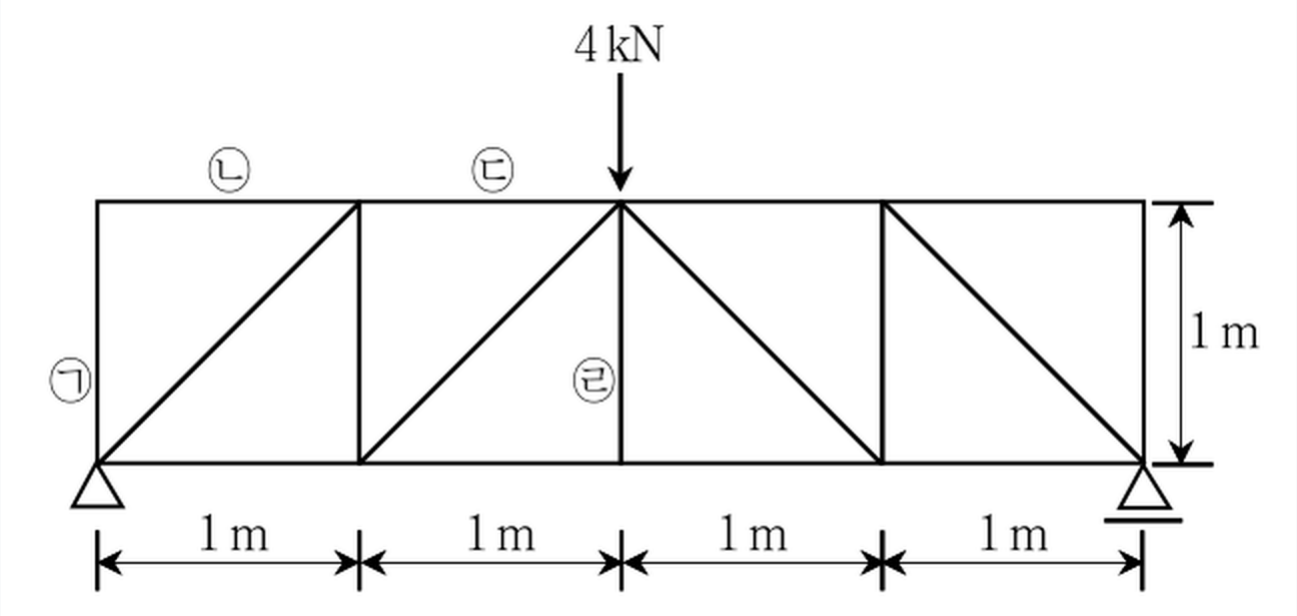
NoteBase

암기 포인트

정착길이 증가 요인=에폭시 도막철근, 경량콘크리트, 굵은 철근(D22 이상), 상부철근(수평철근 아래 300mm 이상 콘크리트 타설). 정착길이 감소 요인=무도막철근, 보통(중량)콘크리트, 가는 철근(D19 이하). '도막=부착력 저하=정착길이 증가'로 한 문장으로 묶어 외워 둔다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 트러스 구조를 구성하는 부재 ㉠~㉣의 각 부재력 절댓값의 총합은? (단, 부재의 자중은 무시한다)



① 1kN

② 2kN

③ 4kN

④ 6kN

정답 2번

출제 포인트

평면 트러스의 절점법(method of joints)을 이용한 부재력 해석과, 하중이 없는 절점에서의 영부재(zero-force member) 판별 능력을 함께 묻는 문제이다. 부재 ㄱ~ㄹ의 부재력 절댓값의 합을 구하려면 전체 부재력을 다 구할 필요 없이, 대칭성과 영부재 조건을 활용해 계산량을 줄이는 것이 핵심이다.

조건 정리

높이 1m, 각 패널 폭 1m인 대칭 평면 트러스이며, 좌측 하단은 핀지점, 우측 하단은 롤러지점이다. 상현 중앙 절점(좌측에서 두 번째, 전체 4패널 중 중앙)에 4kN의 연직 하향 집중하중이 작용하고, 나머지 절점에는 하중이 없다. 트러스와 하중이 모두 좌우 대칭이므로 두 지점 반력은 각각 2kN(상향)이다. ㄱ은 좌측 끝 수직재, ㄴ은 상현재의 좌측 첫 번째 구간, ㄷ은 상현재의 두 번째 구간(하중점 왼쪽), ㄹ은 하중점 아래의 중앙 수직재이다.

NoteBase

사용할 공식

절점의 힘 평형조건 $\sum F_x = 0,\ \sum F_y = 0$을 각 절점에 적용한다. 특히 외력이 작용하지 않는 절점에 서로 평행하지 않은 부재가 2개만 모이면 두 부재 모두 부재력이 0인 영부재이고, 3개의 부재가 모이되 그중 2개가 일직선(공선)이면 나머지 1개는 영부재라는 판별 규칙을 이용한다. 45도로 기울어진 대각재의 성분은 $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$를 사용해 분해한다.

계산 과정

① 좌측 상단 절점(ㄱ과 ㄴ이 만나는 절점)에는 외력이 없고, 서로 수직인 부재 ㄱ(연직)과 ㄴ(수평) 단 2개만 연결되어 있다. 힘의 평형상 두 부재 모두 부재력이 0이 되어야 하므로 ㄱ=0, ㄴ=0(영부재)이다.
② 좌측 하단 지점 절점에서 반력 2kN(상향)과 하현재(수평), 영부재인 ㄱ, 그리고 첫 구간 대각재가 만난다. ㄱ=0이므로 연직방향 평형에서 대각재의 연직성분이 반력 2kN을 상쇄해야 하고, 대각재는 압축력 $2\sqrt{2}$kN으로 산출된다(부호상 압축, 즉 절점을 미는 방향). 이어서 수평방향 평형으로 첫 구간 하현재는 인장 2kN이 된다.
③ 상현재 ㄴ과 ㄷ이 만나는 절점(첫 구간 상단)에는 ㄴ(영부재), ㄷ, 첫 구간 대각재(압축 22kN), 그리고 이 절점과 바로 아래 하현 절점을 잇는 연직재가 모인다. 연직방향 평형에서 이 연직재는 인장 2kN이 되고, 수평방향 평형에서 ㄷ은 압축 2kN으로 산출된다.
④ 중앙 수직재 ㄹ이 만나는 하현 절점(하중점 바로 아래)에는 좌우 하현재와 ㄹ만 연결되고 외력이 없다. 좌우 하현재가 일직선(공선)이므로 이 두 부재의 연직성분은 서로 상쇄되지 않고 그대로 ㄹ에 전달되어야 하는데, 두 하현재는 수평 부재이므로 연직성분이 없다. 따라서 연직방향 평형에서 ㄹ에 걸리는 힘은 0이 될 수밖에 없으므로 ㄹ=0(영부재)이다.
⑤ 이 결과를 하중점 상단 절점에서 검증하면, 대칭인 두 대각재의 연직성분 합이 하중 4kN을 지지하며 각 대각재는 압축 22kN이 되어 ③에서 구한 좌측 대각재 값과 일치하고, ㄹ=0이라는 결과와도 모순 없이 부합한다. 따라서 $|ㄱ|+|ㄴ|+|ㄷ|+|ㄹ| = 0+0+2+0 = 2$kN이다.

선지 판단

① 1kN: ㄷ의 부재력 절댓값 2kN을 절반으로 잘못 계산하거나 대각재 성분 분해에서 착오가 있을 때 나오는 값으로 틀렸다.
② 2kN: ㄱ=0, ㄴ=0, ㄷ=2kN(압축), ㄹ=0으로 절댓값의 총합이 정확히 2kN이 되므로 옳다.
③ 4kN: 하중 4kN을 그대로 옮기거나 ㄷ과 ㄹ이 모두 부재력을 갖는다고 착각해 이중으로 더했을 때 나오는 값으로 틀렸다.
④ 6kN: ㄱ, ㄴ을 영부재로 판별하지 못하고 대각재나 하현재 부재력까지 합산에 포함시켰을 때 나올 수 있는 값으로 틀렸다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 그림에 그려진 모든 부재에 힘이 걸린다고 가정하고 ㄱ, ㄴ, ㄹ까지 값을 억지로 구하려는 것이다. 좌측 상단 절점처럼 외력이 없고 부재가 2개뿐인 절점, 중앙 하현 절점처럼 일직선 부재 2개와 연직재 1개만 모이고 외력이 없는 절점을 먼저 찾아 영부재를 판별하지 않으면 불필요하게 전체 트러스를 다 풀게 되어 계산 실수가 늘어난다. 또한 대각재가 45도이므로 성분 분해 시 2를 빠뜨리거나 반대로 곱하는 실수도 잦다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전체 반력을 대칭성으로 간단히 구한 뒤, 외력이 없고 부재가 2개뿐인 절점(비공선)이나 부재 2개가 공선이고 나머지 1개만 있는 절점을 훑어 영부재부터 제거한다. 그다음 영부재가 아닌 절점만 순서대로 절점법을 적용해 필요한 부재의 힘만 구하면 계산량을 크게 줄일 수 있다.

암기 포인트

외력이 없는 절점에 서로 평행하지 않은 부재 2개만 연결되면 두 부재 모두 영부재이다. 외력이 없는 절점에 부재 3개가 모이고 그중 2개가 일직선이면 나머지 1개는 영부재이다. 45도 대각재의 분력 계산에는 항상 (1)/(2)가 곱해진다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 5. 휨을 받는 합성부재에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 골데크플레이트를 사용한 합성보에서 스터드앵커의 상단 위로 10 mm 이상의 콘크리트피복이 있어야 한다.

② 정모멘트 및 부모멘트에 대한 설계휨강도를 구하기 위한 휨저항계수(Φ_b)는 모두 0.9를 사용한다.

③ 콘크리트슬래브의 유효폭은 보중심을 기준으로 좌우 각 방향에 대한 유효폭의 합으로 구한다.

④ 동바리를 사용하지 않는 경우, 콘크리트의 강도가 설계기준강도의 75%에 도달되기 전에 작용하는 모든 시공하중은 강재단면만으로 지지할 수 있어야 한다.

정답 1번

출제 포인트

휨을 받는 강구조 합성보(합성부재)의 설계 세부기준을 얼마나 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. 데크플레이트를 사용한 합성보의 스터드앵커 피복기준, 설계휨강도의 저항계수, 콘크리트슬래브 유효폭 산정방법, 시공 중 무동바리 공법에서의 하중처리 원칙을 각각 따져야 한다.

핵심 개념

골데크플레이트(폼드강판)를 사용한 합성보는 스터드앵커가 데크플레이트 골을 관통해 콘크리트슬래브에 매립되는데, 이때 스터드앵커 머리 위쪽으로 확보해야 하는 콘크리트피복은 강재의 부식 방지와 합성작용의 안전한 전달을 위해 일정 두께 이상이어야 하며, 그 최소값은 10 mm보다 훨씬 두꺼운 값(약 40 mm 이상)으로 규정되어 있다. 한편 합성보의 설계휨강도 산정 시 사용하는 휨저항계수 Φb는 정모멘트·부모멘트 구간 모두 동일하게 0.9를 적용하고, 콘크리트슬래브의 유효폭은 보 중심선을 기준으로 좌측 유효폭과 우측 유효폭을 각각 구한 뒤 이를 합산하여 전체 유효폭으로 삼는다. 또한 동바리(가설지지대)를 사용하지 않고 시공하는 경우에는 타설된 콘크리트가 설계기준강도의 75%에 도달하기 전까지는 합성작용을 기대할 수 없으므로, 그 사이에 작용하는 모든 시공하중(콘크리트 자중, 작업하중 등)은 강재보 단면만으로 지지되어야 한다.

선지별 해설

① X: 골데크플레이트를 사용한 합성보에서 스터드앵커 상단 위 콘크리트피복은 10 mm 이상이 아니라 이보다 두꺼운 최소 피복두께(약 40 mm 이상)를 확보해야 한다. 10 mm는 실제 요구되는 최소 피복두께보다 지나치게 얇아 틀린 설명이다.

② O: 합성보의 정모멘트 및 부모멘트에 대한 설계휨강도 산정 시 사용하는 휨저항계수 Φb는 두 경우 모두 0.9로 동일하게 적용한다.

③ O: 콘크리트슬래브의 유효폭은 보 중심선을 기준으로 좌측 방향 유효폭과 우측 방향 유효폭을 각각 산정한 후 이를 합한 값으로 구하는 것이 맞다.

④ O: 동바리를 사용하지 않는 시공에서는 콘크리트가 설계기준강도의 75%에 도달하기 전에 작용하는 모든 시공하중을 강재단면만으로 지지할 수 있어야 한다는 것이 합성보 시공 시의 원칙이다.

NoteBase

오답 포인트

①을 옳은 설명으로 착각하기 쉬운 이유는 '스터드앵커 위 콘크리트피복'이라는 조건 자체는 실제로 존재하는 규정이기 때문이다. 다만 그 수치가 10 mm처럼 지나치게 작은 값으로 제시되면 틀린 선지가 된다는 점에 유의해야 한다. ②·③·④는 각각 저항계수·유효폭 산정·시공하중 부담 원칙에 대한 표준적인 서술이므로 옳은 내용으로 분류된다.

다시 나오면 이렇게 판단

합성보 관련 문제에서 특정 수치(피복두께, 저항계수, 강도 도달률 등)가 제시되면 그 수치가 실제 기준값과 일치하는지를 우선 점검한다. 특히 스터드앵커 상단 콘크리트피복처럼 안전과 직결되는 최소 피복두께 규정은 작은 숫자(10 mm 등)로 축소되어 제시되면 오답일 가능성이 크다는 점을 기억해 둔다.

암기 포인트

합성보 설계휨강도의 저항계수 Φb는 정모멘트·부모멘트 구분 없이 항상 0.9이다. 콘크리트슬래브 유효폭은 '보중심선 기준 좌우 유효폭의 합'으로 구한다. 무동바리 시공 시 콘크리트 강도가 설계기준강도의 75%에 도달하기 전까지 모든 시공하중은 강재단면이 단독으로 지지한다. 골데크플레이트 합성보의 스터드앵커 상단 콘크리트피복은 10 mm처럼 얇은 값이 아니라 이보다 두꺼운 최소 피복두께가 요구된다.

NoteBase

문 6. 내진설계 시 반응수정계수 산정방식으로 옳지 않은 것은?

① 임의 층에서 해석방향의 반응수정계수는 옥상층을 제외하고, 상부층들의 동일방향 지진력저항시스템에 대한 반응수정계수 중 최솟값을 사용하여야 한다.

② 구조물의 직교하는 2축을 따라 서로 다른 지진력저항시스템을 사용하는 경우에는 각 시스템에 해당하는 반응수정계수를 사용하여야 한다.

③ 반응수정계수가 서로 다른 시스템들에 의하여 공유되는 구조부재의 경우에는 그 중 큰 반응수정계수에 상응하는 상세를 갖도록 설계하여야 한다.

④ 서로 다른 구조시스템의 조합이 같은 방향으로 작용하는 횡력에 저항하도록 사용한 경우에는 각 시스템의 반응수정계수 중 최댓값을 적용한다.

정답 4번

출제 포인트

내진설계에서 반응수정계수(R)를 산정하는 네 가지 규칙 중 어느 것이 실제 기준과 다른지 구분하는 문제이다. 반응수정계수는 구조물이 비탄성 거동을 통해 지진에너지를 소산하는 능력을 반영해 설계지진력을 낮춰주는 계수인데, 한 건물 안에서 층별로 또는 방향별로 서로 다른 시스템을 섞어 쓸 때는 안전 측으로(더 보수적으로) 값을 정하도록 규칙이 짜여 있다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

동일 방향의 층별 조합(연직 조합)에서는 임의 층의 반응수정계수가 그 층보다 위에 있는 모든 층의 반응수정계수 중 최솟값을 넘지 않아야 한다. 즉 위층에 연성이 작은(반응수정계수가 작은) 시스템이 있으면 아래층도 그 작은 값을 따라야 한다.

서로 다른 축(직교하는 2축) 방향으로 다른 시스템을 쓸 때는 각 방향마다 그 방향 시스템의 반응수정계수를 그대로 적용하면 된다.

두 시스템이 함께 부담하는(공유하는) 구조부재는 더 큰 반응수정계수 쪽의 상세기준(더 엄격한 연성상세)을 따르도록 설계한다.

같은 방향으로 두 가지 이상의 시스템을 조합해 횡력에 저항시키는 경우(같은 방향 조합)에는 그 시스템들 중 가장 작은 반응수정계수를 적용해야 한다. 최댓값을 쓰면 실제보다 지진력을 과소평가하게 되어 안전 측이 아니기 때문이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 연직으로 층마다 시스템이 달라질 수 있는 경우, 옥상층은 제외하고 해당 층 위에 있는 모든 상부층의 동일 방향 반응수정계수 중 최솟값을 그 층에 사용해야 한다는 설명으로 옳다.
② O — 구조물의 직교하는 두 축(예: X방향, Y방향)에 서로 다른 지진력저항시스템을 적용하는 경우 각 방향은 그 방향 시스템 고유의 반응수정계수를 사용한다는 설명으로 옳다.
③ O — 서로 다른 시스템이 공유하는 구조부재는 그 중 큰 반응수정계수에 해당하는 상세(더 엄격한 연성상세기준)를 갖도록 설계해야 한다는 설명으로 옳다.
④ X — 같은 방향으로 작용하는 횡력에 서로 다른 구조시스템의 조합을 사용하는 경우에는 각 시스템의 반응수정계수 중 최댓값이 아니라 최솟값을 적용해야 한다. → 올바른 표현: 최솟값을 적용한다.

오답 포인트

①·②·③은 실제 산정 규칙을 그대로 옮긴 문장이라 옳은 내용인데, ④만 유일하게 '최댓값'과 '최솟값'을 바꿔치기해 놓았다. 층별 조합이든 같은 방향 조합이든 반응수정계수를 정할 때는 항상 작은 값(더 보수적인 값) 쪽으로 맞춘다는 원칙을 놓치면 ④를 옳은 문장으로 오인하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '최솟값'과 '최댓값'이 등장하면 먼저 어떤 상황(연직 층별 조합인지, 같은 방향 조합인지, 공유부재인지)을 설명하는지부터 확인한다. 층별 조합과 같은 방향 조합은 모두 최솟값 원칙이고, 공유부재만 큰 반응수정계수(즉 더 엄격한 상세) 기준을 따른다는 점을 기준으로 삼아 각 선지를 대조하면 오류를 바로 찾을 수 있다.

암기 포인트

층별 조합·같은 방향 조합은 모두 최솟값, 공유부재의 상세기준만 큰 반응수정계수(더 엄격한 상세) — '조합은 작게, 상세는 세게'로 기억해 둔다.

NoteBase

문 7. 기초의 침하량 산정 시 평판재하시험에 따른 즉시침하량 추정에 사용되는 계수가 아닌 것은?

① 기초의 침하계수

② 기초의 폭

③ 지반의 탄성계수

④ 평판의 침하량

정답 3번

출제 포인트

평판재하시험(PBT)으로 얻은 결과를 실제 기초의 즉시침하량으로 환산하는 경험식에 어떤 값들이 들어가는지 묻는 문제이다. 이 환산식은 평판의 침하량과 평판·기초의 폭 비를 이용한 순수 기하학적 환산식이며, 지반의 탄성계수를 별도 입력값으로 사용하지 않는다는 점이 핵심이다.

조건 정리

평판재하시험은 정해진 크기의 평판(보통 지름 30cm 원형판 등)에 하중을 가하며 하중-침하량 관계를 구하는 현장시험이다. 이 시험으로 구한 평판의 침하량을 실제 기초 크기에 맞게 환산해 기초의 즉시침하량을 추정한다. 환산 시 필요한 값은 평판의 침하량, 기초의 폭, 평판의 폭, 그리고 두 폭의 비로 정해지는 침하계수(형상·크기 보정계수)이다.

사용할 공식

점토질 지반: $S_f = S_p \times \frac{B_f}{B_p}$

사질 지반: $S_f = S_p \times \left(\frac{B_f(B_p+30)}{B_p(B_f+30)}\right)^2$

여기서 S_f는 기초의 침하량, S_p는 평판의 침하량, B_f는 기초의 폭, B_p는 평판의 폭이며, 두 폭 사이의 비로 정해지는 값을 기초의 침하계수라 부른다.

계산 과정

위 두 식 모두 입력변수로 평판의 침하량과 기초·평판의 폭(및 그 비로 정해지는 기초의 침하계수)만 사용한다. 지반의 탄성계수는 이론적 탄성침하식(하중, 폭, 포아송비, 탄성계수, 영향계수를 쓰는 식)에서 쓰이는 값으로, 평판재하시험 결과를 폭 비로 직접 환산하는 이 경험식에는 별도로 대입되지 않는다. 따라서 계수가 아닌 것은 지반의 탄성계수이다.

NoteBase

선지 판단

① 기초의 침하계수 — O, 기초 폭과 평판 폭의 비로 정해지는 값으로 환산식에 그대로 들어간다.
② 기초의 폭 — O, 환산식의 분자(사질토는 제곱항 안)에 직접 들어가는 값이다.
③ 지반의 탄성계수 — X, 평판재하시험 환산식은 평판 침하량과 폭의 비만으로 계산하므로 탄성계수는 별도로 사용되지 않는다. 이것이 정답이다.
④ 평판의 침하량 — O, 시험으로 직접 측정한 값으로 환산식의 기준값이다.

오답 포인트

지반의 탄성계수(Es)는 별도의 이론적 탄성침하 공식(하중·폭·포아송비·탄성계수·영향계수를 쓰는 식)에서 사용되는 값이다. 평판재하시험 결과를 폭 비로 환산하는 경험식과 혼동해 지반의 탄성계수도 당연히 들어갈 것이라 생각하면 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

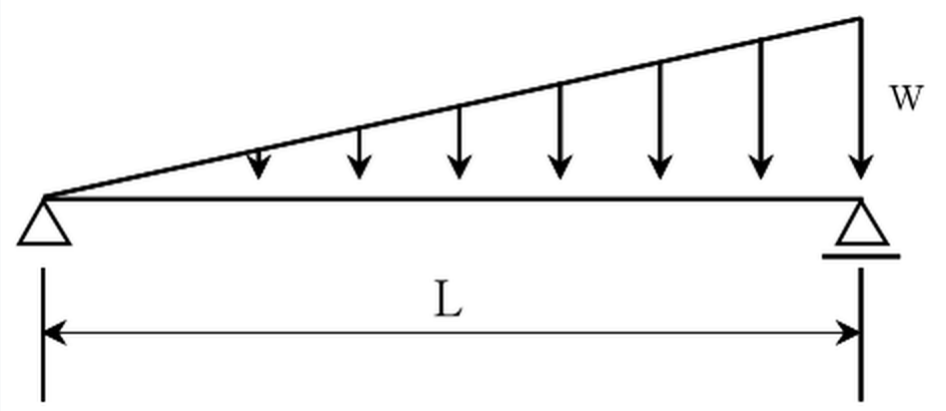
문제에서 "평판재하시험에 따른" 환산식인지, 아니면 "탄성이론에 의한" 침하 공식인지부터 구분한다.
평판재하시험 환산식이면 변수는 평판의 침하량, 기초의 폭, 평판의 폭, 침하계수뿐이고 탄성계수는 등장하지 않는다.

암기 포인트

평판재하시험 침하 환산식: 점토는 폭 비 그대로, 모래는 폭 비에 (B+30) 보정을 더한 제곱항으로 계산하며, 두 식 모두 지반의 탄성계수를 쓰지 않는다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 조건의 단순보에 선형적으로 증가하는 분포하중 w가 작용할 경우 내부 휨모멘트가 최대가 되는 위치의 좌측 단부로부터의 거리는?



① $\frac{2}{3}L$
② $\sqrt{\frac{2}{3}}L$
③ $\frac{1}{3}L$
④ $\sqrt{\frac{1}{3}}L$

정답 4번

출제 포인트

단순보에 좌측 단부에서 0, 우측 단부에서 최대값 w로 선형적으로 증가하는 삼각형(변삼각형) 분포하중이 작용할 때, 전단력이 0이 되는 위치(=휨모멘트가 최대가 되는 위치)를 좌측 단부에서의 거리로 구하는 문제이다. 등분포하중과 달리 하중이 위치에 따라 선형으로 변하므로 지점반력 산정과 구간 내 하중 적분을 정확히 처리하는지를 확인한다.

조건 정리

경간 L의 단순보, 좌측 단부(x=0)에서 하중강도 0, 우측 단부(x=L)에서 하중강도 w인 삼각형 분포하중이다. 위치 x에서의 하중강도는 w(x) = w·x/L 이다. 전체 하중의 합력 크기는 삼각형 면적과 같은 (1/2)wL 이고, 그 작용점은 삼각형의 무게중심 위치인 좌측 단부로부터 (2/3)L 되는 지점이다(하중이 큰 우측으로 무게중심이 쏠린다).

사용할 공식

지점반력은 전체 하중과 그 작용점 위치로부터 모멘트 평형으로 구한다: Σ M_좌측=0. 구간 내 임의 위치 x에서의 전단력은 좌측 반력에서 그 지점까지 작용한 분포하중의 합을 뺀 값이다: V(x)=R_좌-∫ _0^x w(x') dx'. 휨모멘트가 최대가 되는 위치는 전단력이 0이 되는 지점이므로 $V(x) = 0$을 만족하는 x를 구한다.

NoteBase

계산 과정

전체 하중 크기는 $W = \frac{1}{2}wL$이고 작용점은 좌측 단부에서 $\frac{2}{3}L$ 떨어진 지점이다.
우측 지점(B)에 대한 모멘트 평형으로 좌측 반력을 구하면: R_좌· L = W≤ft(L-(2)/(3)L)=(1)/(2)wL·(1)/(3)L, 따라서 R_좌=(wL)/(6)이다.
(참고로 R_우=W-R_좌=(1)/(2)wL-(wL)/(6)=(wL)/(3)이다.)
위치 x에서의 하중강도는 $w(x) = \frac{w}{L}x$이므로, 좌측 단부부터 x까지 작용한 하중의 합은 $\int_0^x \frac{w}{L}x'dx' = \frac{wx^2}{2L}$이다.
전단력은 V(x)=R_좌-(wx^2)/(2L)=(wL)/(6)-(wx^2)/(2L)이다.
최대 휨모멘트 위치에서 $V(x) = 0$이므로 $\frac{wL}{6} = \frac{wx^2}{2L}$, 양변을 정리하면 $x^2 = \frac{L^2}{3}$, 따라서 $x = \sqrt{\frac{1}{3}}L$이다.

선지 판단

① (2/3)L: X. 이는 삼각형 분포하중의 합력 작용점(도심) 위치이지 전단력이 0이 되는 위치가 아니다.
② √(2/3) L: X. 반력비를 반대로(우측 반력 기준으로) 적용하거나 하중강도 적분을 잘못 세운 경우 나오는 값으로, 실제 전단력 0 조건을 만족하지 않는다.
③ (1/3)L: X. 좌측 반력 R_좌=wL/6을 하중강도 자체와 단순 비교하는 등 적분 과정을 생략했을 때 나오는 값이며, 제곱근 관계를 반영하지 않은 오답이다.
④ √(1/3) L: O. V(x)=R_좌-(wx^2)/(2L)=0을 풀면 $x = \sqrt{1/3}L$이 되어 전단력이 0이 되는 위치, 즉 휨모멘트가 최대가 되는 위치와 일치한다.

오답 포인트

삼각형 분포하중에서는 하중강도가 위치에 따라 선형으로 변하므로, 좌측 단부부터 x까지 누적된 하중은 x에 대해 2차식(x^2에 비례)이 된다는 점을 놓치기 쉽다. 등분포하중처럼 전단력을 x에 대한 1차식으로 두고 풀면 (2/3)L이나 (1/3)L 같은 단순 비율이 답으로 나오는데, 이는 하중의 무게중심 위치나 반력 비율을 그대로 가져온 값일 뿐 실제 전단력이 0이 되는 위치가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼각형(선형 증가) 분포하중 문제를 보면 먼저 전체 하중 크기 (1/2)wL과 그 작용점(무게중심) 위치부터 구해 반력을 계산한다. 그 다음 위치 x에서의 하중강도 w(x)=wx/L을 0부터 x까지 적분해 전단력식을 세우고, 이를 0으로 놓아 x에 대한 이차방정식을 풀면 최대 휨모멘트 위치가 제곱근 형태로 나온다는 것을 기억해 둔다.

암기 포인트

삼각형 분포하중(0→w로 선형 증가)의 합력은 (1/2)wL, 작용점은 무거운 쪽 단부에서 (1/3)L(가벼운 쪽 단부에서 (2/3)L) 지점이다. 하중이 작은 쪽 지점의 반력은 전체 하중의 1/3, 큰 쪽 지점의 반력은 2/3이 된다. 최대 휨모멘트 위치는 전단력이 0인 지점이며, 이때 위치는 반력과 하중강도의 비 때문에 제곱근 형태로 나온다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 9. 강구조의 부분용입그루브용접에서 계산에 의한 응력전달에 필요한 값 이상을 만족하는 경우의 최소유효목두께로 옳은 것은? (단, t[mm]는 접합부의 얇은 쪽 소재 두께이다)

① t ≤ 6인 경우, 최소유효목두께 3mm

② 6 < t ≤ 13인 경우, 최소유효목두께 4mm

③ 13 < t ≤ 19인 경우, 최소유효목두께 5mm

④ 19 < t ≤ 38인 경우, 최소유효목두께 6mm

정답 1번

출제 포인트

강구조 부분용입그루브용접(PJP, Partial Joint Penetration groove weld)에서 계산에 의한 응력전달이 필요한 이음부에 적용하는 '최소유효목두께' 규정값을 접합부의 얇은 쪽 소재 두께 t 구간별로 정확히 알고 있는지를 묻는다. 이 최소유효목두께는 용접 시공 시 그루브 각도의 한계로 인해 완전한 용입이 어려운 점을 고려해, 모재 두께가 두꺼워질수록 요구 목두께도 단계적으로 커지도록 규정한 값이다.

조건 정리

t는 접합부의 얇은 쪽 소재 두께(mm)이며, 문제는 t의 구간에 따른 최소유효목두께 값의 조합이 옳은지를 묻는다. 네 선지 모두 '구간, 목두께값' 형태로 제시되어 있으므로 각 구간에 대응하는 규정값을 하나씩 대조해야 한다.

사용할 공식

강구조 설계기준(용접이음 규정)의 부분용입그루브용접 최소유효목두께 표를 적용한다. 모재 두께 t(mm) 구간별 최소유효목두께는 다음과 같다.

t ≦ 6 → 3 mm

6 < t ≦ 13 → 5 mm

13 < t ≦ 19 → 6 mm

19 < t ≦ 38 → 8 mm

38 < t ≦ 57 → 10 mm

57 < t ≦ 150 → 13 mm

150 < t → 16 mm

NoteBase

계산 과정

각 선지의 구간을 위 규정표와 하나씩 대조한다.
① t ≦ 6 → 규정값 3 mm, 선지 값 3 mm → 일치.
② 6 < t ≦ 13 → 규정값 5 mm, 선지 값 4 mm → 불일치(선지가 1 mm 작게 제시).
③ 13 < t ≦ 19 → 규정값 6 mm, 선지 값 5 mm → 불일치(선지가 1 mm 작게 제시).
④ 19 < t ≦ 38 → 규정값 8 mm, 선지 값 6 mm → 불일치(선지가 2 mm 작게 제시).
따라서 규정표와 정확히 일치하는 선지는 ①뿐이다.

선지 판단

① t ≦ 6인 경우 최소유효목두께 3 mm — O, 규정표의 값과 일치한다.
② 6 < t ≦ 13인 경우 최소유효목두께 4 mm — X, 이 구간의 규정값은 5 mm이므로 4 mm → 5 mm로 고쳐야 한다.
③ 13 < t ≦ 19인 경우 최소유효목두께 5 mm — X, 이 구간의 규정값은 6 mm이므로 5 mm → 6 mm로 고쳐야 한다.
④ 19 < t ≦ 38인 경우 최소유효목두께 6 mm — X, 이 구간의 규정값은 8 mm이므로 6 mm → 8 mm로 고쳐야 한다.

오답 포인트

②③④는 모두 구간 자체는 올바르게 나눠져 있지만 대응하는 목두께 숫자만 실제 규정보다 작게 바뀌어 있다. 두께 구간이 커질 때마다 최소유효목두께가 3-5-6-8-10-13-16 mm 순으로 커진다는 계단식 증가 순서를 정확히 외우지 않으면 인접한 값끼리 혼동해 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에서 두께 구간의 경계값(6, 13, 19, 38 등)이 바뀌어 나오는지, 아니면 목두께 숫자만 바뀌어 나오는지를 먼저 구분한다. 이 문제처럼 구간은 정확하고 목두께 숫자만 미세하게 바뀐 경우가 많으므로, 표의 값을 순서대로(3-5-6-8-10-13-16) 떠올려 각 구간의 숫자를 하나씩 대조하며 소거한다.

암기 포인트

부분용입그루브용접 최소유효목두께: t≦6→3, 6~13→5, 13~19→6, 19~38→8, 38~57→10, 57~150→13, 150 초과→16(mm). 두께가 커질수록 목두께도 커지되 증가폭이 일정하지 않다는 점을 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 10. 강구조 접합설계 시 용접접합, 마찰접합 또는 전인장조임을 적용하지 않아도 되는 접합부는?

① 높이가 40m인 다층구조물의 기둥이음부

② 높이가 50m인 구조물에서, 모든 보와 기둥의 접합부 그리고 기둥에 횡지지를 제공하는 기타의 모든 보의 접합부

③ 용량 40kN의 크레인구조물 중 지붕트러스이음, 기둥과 트러스 접합, 기둥이음, 기둥횡지지가새, 크레인지지부

④ 기계류 지지부 접합부 또는 충격이나 하중의 반전을 일으키는 활하중을 지지하는 접합부

정답 3번

출제 포인트

강구조 접합설계 기준에서는 특정 접합부에 대해 용접접합(완전용입 등), 마찰접합(슬립 크리티컬) 또는 고장력볼트의 전인장조임을 반드시 적용하도록 규정한다. 이 문제는 그 대상이 되는 네 가지 유형(다층구조물 기둥이음부, 횡지지 관련 보-기둥 접합부, 크레인구조물의 관련 접합부, 기계류 지지부 및 충격·반전하중 접합부)을 제시하고, 각 선지에 붙은 수치조건(높이, 크레인 용량)이 실제로 적용 기준치를 만족하는지를 판단하게 하는 문제이다.

핵심 개념

전인장조임·마찰접합·완전용접을 반드시 적용해야 하는 접합부는 다음 네 가지로 정리된다. 첫째, 높이 38 m를 초과하는 다층구조물의 기둥이음부. 둘째, 높이 38 m를 초과하는 구조물에서 모든 보와 기둥의 접합부 및 기둥에 횡지지를 제공하는 그 밖의 모든 보의 접합부. 셋째, 크레인 용량이 5톤(약 49 kN)을 초과하는 크레인구조물에서 지붕트러스이음, 기둥과 트러스의 접합, 기둥이음, 기둥횡지지가새, 크레인지지부. 넷째, 기계류 지지부 접합부 또는 충격·하중의 반전을 일으키는 활하중을 지지하는 접합부(이 경우는 높이나 용량 조건 없이 항상 해당).

선지별 해설

① 높이 40 m는 기준치인 38 m를 초과하므로, 다층구조물의 기둥이음부에 전인장조임 등을 적용해야 한다. 적용 제외 대상이 아니다.
② 높이 50 m 역시 38 m를 초과하므로, 모든 보-기둥 접합부와 기둥 횡지지를 제공하는 보의 접합부에 적용해야 한다. 적용 제외 대상이 아니다.
③ 크레인 용량 40 kN은 기준치인 5톤(약 49 kN)에 미달한다. 크레인 용량이 기준치를 넘지 않으므로 지붕트러스이음, 기둥과 트러스 접합, 기둥이음, 기둥횡지지가새, 크레인지지부에 대해 용접접합·마찰접합·전인장조임을 적용하지 않아도 된다. 적용하지 않아도 되는 접합부에 해당한다.
④ 기계류 지지부 접합부 또는 충격이나 하중의 반전을 일으키는 활하중을 지지하는 접합부는 높이나 용량과 무관하게 항상 적용 대상이다. 적용 제외 대상이 아니다.

NoteBase

오답 포인트

①, ②는 제시된 높이가 기준치(38 m)를 넘는지를 놓치면 착각하기 쉽고, ④는 조건 없이 항상 적용된다는 점을 놓치면 예외로 오인하기 쉽다. 핵심은 각 선지의 수치가 기준치를 초과하는지 미달하는지를 정확히 비교하는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 등장하는 높이·크레인 용량 같은 수치를 먼저 기준치(높이 38 m, 크레인 용량 5톤)와 비교한 뒤, 기준치를 초과하면 적용 대상, 미달하면 적용 제외로 판단한다. 기계류 지지부·충격/반전하중 접합부처럼 조건 없이 항상 적용되는 유형은 별도로 암기해 둔다.

암기 포인트

전인장조임 등 필수 적용 4대상: 높이 38 m 초과 다층구조물의 기둥이음부, 높이 38 m 초과 구조물의 보-기둥 접합부(횡지지 보 포함), 크레인 용량 5톤(약 49 kN) 초과 시 관련 접합부, 기계류 지지부·충격 또는 반전하중 접합부(무조건).

NoteBase

문 11. 강구조 인장재 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 인장재의 중심과 접합의 중심이 일치하지 않을 경우 전단지연현상이 발생한다.

② 인장재의 유효순단면적이란 단면의 순단면적에 전단지연의 영향을 고려한 것이다.

③ 인장재는 순단면에 대한 항복과 유효순단면에 대한 파단이라는 두 가지 한계상태에 대해 검토하여야 한다.

④ 순단면적 산정 시 파단선이 불규칙배치인 경우 동일 조건의 정열배치와 비교하여 약간 더 큰 단면적으로 계산한다.

정답 3번

출제 포인트

강구조 인장재 설계의 두 가지 한계상태(총단면 항복과 유효순단면 파단)를 정확히 구분하고, 전단지연현상 및 유효순단면적 개념, 파단선 배치에 따른 순단면적 산정 방식을 정리해 두었는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

인장재는 두 가지 한계상태로 설계 강도를 검토한다. 첫째는 총단면의 항복 한계상태로, 총단면적 A_g에 항복강도 F_y를 적용해 $P_n = F_y A_g$로 계산하고 저항계수 $\phi_t = 0.90$을 적용한다. 둘째는 유효순단면의 파단 한계상태로, 유효순단면적 A_e에 인장강도 F_u를 적용해 $P_n = F_u A_e$로 계산하고 저항계수 $\phi_t = 0.75$를 적용한다. 즉 항복은 총단면(순단면이 아님) 기준이고, 파단은 유효순단면 기준이라는 점이 핵심이다. 유효순단면적은 순단면적 A_n에 전단지연계수 U를 곱한 $A_e = UA_n$으로 정의되며, U는 접합부의 편심으로 응력이 단면 전체에 고르게 전달되지 못하는 전단지연현상을 반영한다. 볼트 구멍이 지그재그(불규칙)로 배치된 경우 순폭은 전체 폭에서 구멍 지름의 합을 빼고 각 사선 파단선마다 $s^2/(4g)$(s: 피치, g: 게이지)를 더해 계산하는데, 이 보정항 때문에 같은 개수의 구멍이라도 지그재그 배치가 일직선(정열) 배치보다 순단면적이 다소 크게 산정된다.

선지별 해설

① O — 인장재 단면의 도심과 접합부의 도심이 어긋나면 응력이 단면 전체에 균등하게 분포하지 못하고 접합된 부분으로 집중되는 전단지연현상이 발생한다. 앵글 등을 한쪽 다리로만 접합하는 경우가 대표적인 예이다.
② O — 유효순단면적은 순단면적에 전단지연의 영향(전단지연계수 U)을 곱하여 산정한 것으로, 접합의 편심에 따른 응력 불균등 전달 효과를 반영한 개념이다.
③ X → 인장재는 총단면에 대한 항복과 유효순단면에 대한 파단이라는 두 가지 한계상태를 검토하여야 한다. 항복 한계상태는 순단면이 아니라 총단면적을 기준으로 검토하므로 '순단면에 대한 항복'이라는 서술이 틀렸다.
④ O — 파단선이 지그재그(불규칙)로 배치되면 순폭 계산 시 각 사선 경로마다 $s^2/(4g)$ 보정항이 더해지므로, 동일한 구멍 수의 정열배치보다 순단면적이 약간 더 크게 계산된다.

NoteBase

오답 포인트

항복과 파단 두 한계상태를 검토한다는 것까지는 맞지만, 어느 단면적 기준인지가 뒤바뀌기 쉽다. 총단면 항복과 유효순단면 파단이라는 짝을 혼동해 '순단면 항복'이나 '총단면 파단'처럼 뒤섞어 서술하면 틀린 문장이 되므로 이 문항처럼 조합이 바뀐 부분을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

인장재 한계상태 문제는 먼저 '항복=총단면, 파단=유효순단면'이라는 짝을 떠올리고 각 선지가 이 짝을 그대로 쓰는지부터 확인한다. 전단지연·유효순단면적·지그재그 순단면 계산은 이 문제처럼 부수 선지로 자주 같이 출제되므로 각각의 정의도 함께 정리해 둔다.

암기 포인트

항복 한계상태: 총단면적 A_g, $P_n = F_y A_g$, $\phi_t = 0.90$. 파단 한계상태: 유효순단면적 $A_e = U A_n$, $P_n = F_u A_e$, $\phi_t = 0.75$. 지그재그 순폭 보정항: $s^2/(4g)$.

NoteBase

문 12. 높이가 4m인 H형강 기둥의 이론적인 유효좌굴길이가 2.8m일 때, 지지상태로 옳은 것은?

① 양단 고정

② 양단 핀

③ 1단 자유, 타단 고정

④ 1단 핀, 타단 고정

정답 4번

출제 포인트

부재 길이와 이론적 유효좌굴길이(유효길이계수 K)로부터 양단 지지조건을 역으로 판단하는 문제이다. 기둥의 좌굴하중은 지지조건에 따라 유효좌굴길이 KL이 달라지며, 각 지지조건에 대응하는 이론적 K값을 정확히 암기하고 있어야 한다.

조건 정리

기둥의 실제 높이(부재길이) $L = 4\text{m}$, 이론적인 유효좌굴길이 $L_e = KL = 2.8\text{m}$이다. 이로부터 유효길이계수 K를 구하면 지지상태를 판별할 수 있다.

사용할 공식

유효좌굴길이 $L_e = KL$이며, 여기서 K는 지지조건에 따른 이론적 유효길이계수이다. 대표적인 이론값은 다음과 같다: 양단 고정 $K = 0.5$, 1단 핀·타단 고정 $K = 0.7$, 양단 핀(양단 힌지) $K = 1.0$, 1단 자유·타단 고정 $K = 2.0$이다.

계산 과정

$K = \frac{L_e}{L} = \frac{2.8}{4} = 0.7$이다. 이론적 유효길이계수가 $K = 0.7$인 지지조건은 한쪽 단은 회전이 자유로운 핀(힌지) 지지, 다른 쪽 단은 회전과 이동이 모두 구속된 고정 지지인 경우이다.

선지 판단

① 양단 고정 → X, 양단 고정의 이론적 K값은 0.5이므로 유효좌굴길이는 2m가 되어 조건과 맞지 않는다.
② 양단 핀 → X, 양단 핀의 이론적 K값은 1.0이므로 유효좌굴길이는 4m가 되어 조건과 맞지 않는다.
③ 1단 자유, 타단 고정 → X, 이 조건의 이론적 K값은 2.0이므로 유효좌굴길이는 8m가 되어 조건과 맞지 않는다.
④ 1단 핀, 타단 고정 → O, 이 조건의 이론적 K값은 0.7이므로 유효좌굴길이는 $4 \times 0.7 = 2.8\text{m}$가 되어 조건과 정확히 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제는 K값 자체를 계산하지 않고 지지조건별 K값을 단순 암기해 혼동하면 틀리기 쉽다. 특히 양단 핀(K=1.0)과 1단 핀·타단 고정(K=0.7)을 헷갈리거나, 1단 자유·타단 고정(K=2.0, 캔틸레버형)을 양단 고정과 혼동하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유효좌굴길이와 실제 길이가 주어지면 먼저 $K = L_e/L$을 계산하고, 이 값을 지지조건별 이론적 K값(0.5, 0.7, 1.0, 2.0)과 비교하여 해당하는 지지상태를 고른다.

암기 포인트

이론적 유효길이계수는 양단 고정 0.5, 1단 핀·타단 고정 0.7, 양단 핀 1.0, 1단 자유·타단 고정 2.0 순으로 커진다. 지지조건이 구속에서 자유로워질수록 K값이 커진다는 흐름으로 함께 외워 둔다.

NoteBase

문 13. 옹벽의 안정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 옹벽은 전도, 활동지지력, 사면활동에 대한 안정에 대하여 모두 만족하도록 검토하여야 한다.

② 옹벽의 전도에 대한 안전율은 2.0 이상이어야 한다.

③ 기초지반에 작용하는 최대압축응력은 기초지반의 허용지지력보다 커야 한다.

④ 옹벽 저판의 깊이는 동결심도보다 깊어야 하며 최소한 1.0m 이상으로 한다.

정답 3번

출제 포인트

옹벽의 안정 검토 항목(전도, 활동, 지지력, 사면활동)과 각 항목별 판정 기준을 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. 특히 지지력 검토에서 최대압축응력과 허용지지력의 대소관계를 반대로 서술한 함정을 가려내야 한다.

핵심 개념

옹벽의 안정성 검토는 다음 네 가지를 모두 만족해야 한다. 전도에 대한 안정, 활동(미끄러짐)에 대한 안정, 지지력에 대한 안정, 사면활동에 대한 안정. 전도에 대한 안전율은 통상 2.0 이상을 확보해야 하고, 활동에 대한 안전율은 통상 1.5 이상을 확보해야 한다. 지지력 검토는 옹벽 기초저면(기초지반)에 작용하는 최대압축응력이 기초지반의 허용지지력 이하가 되도록 하는 것이 원칙이다 — 즉 작용응력이 허용지지력을 넘지 않아야 안전하다. 저판(기초)의 근입깊이는 동결심도보다 깊게 하고 최소 1.0 m 이상을 확보하여 동상이나 세굴에 의한 지지력 저하를 방지한다.

선지별 해설

① O: 옹벽의 안정성 검토는 전도, 활동, 지지력, 사면활동에 대한 안정을 모두 만족하도록 검토하는 것이 원칙이므로 옳은 설명이다.
② O: 옹벽의 전도에 대한 안전율은 통상 2.0 이상을 확보하도록 규정하고 있으므로 옳은 설명이다.
③ X: 기초지반에 작용하는 최대압축응력은 기초지반의 허용지지력보다 커야 한다 → 허용지지력 이하(작아야)여야 한다. 지지력 검토는 구조물이 지반에 가하는 압축응력이 지반이 안전하게 견딜 수 있는 한계(허용지지력)를 넘지 않도록 하는 것이 목적이므로, 작용응력이 허용지지력보다 커지면 지반 파괴나 침하가 발생할 수 있어 안정 조건에 어긋난다. 따라서 이 설명은 옳지 않다.
④ O: 옹벽 저판의 깊이는 동결심도보다 깊어야 하며 최소 1.0 m 이상으로 하는 것이 일반적인 기준이므로 옳은 설명이다.

오답 포인트

지지력 안정 조건을 '크다/작다'로 반대로 뒤집어 서술하는 함정에 유의해야 한다. 안정성 검토에서 등장하는 응력·안전율 비교식은 대부분 '작용값 ≤ 허용값' 또는 '실제 안전율 ≥ 기준 안전율' 형태로, 작용하는 값이 허용 기준을 넘지 않아야 안전하다는 방향을 헷갈리지 않아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

옹벽 안정 문제가 나오면 먼저 네 가지 검토 항목(전도, 활동, 지지력, 사면활동)을 떠올리고, 각 항목에서 '작용하는 값'과 '허용/기준이 되는 값' 중 어느 것이 커야 안전한지를 따진다. 지지력은 작용응력이 허용지지력보다 작아야 안전하고, 안전율은 기준값 이상이어야 안전하다는 방향성을 반대로 서술한 선지가 없는지 확인한다.

암기 포인트

옹벽 안정 4대 검토: 전도·활동·지지력·사면활동. 전도 안전율 2.0 이상, 활동 안전율 1.5 이상. 지지력: 최대압축응력 ≤ 허용지지력. 저판 근입깊이: 동결심도보다 깊게, 최소 1.0 m 이상.

NoteBase

문 14. 말뚝머리 지름이 500mm인 현장타설콘크리트말뚝 4개를 정사각형으로 배치한 정방형 독립기초의 최소치수는? (단, 말뚝머리에 작용하는 수평하중이 큰 것으로 가정한다)

① 2,250mm × 2,250mm

② 2,500mm × 2,500mm

③ 2,750mm × 2,750mm

④ 3,000mm × 3,000mm

정답 3번

출제 포인트

말뚝기초를 설계할 때 말뚝머리 지름 하나만 주어져도 기초판(독립기초)의 최소 평면치수를 산정할 수 있는지를 묻는 문제이다. 정방형 독립기초의 한 변 길이는 말뚝의 중심간격에 말뚝 중심에서 기초 단부까지의 여유(연단거리)를 더해 구한다. 특히 말뚝머리에 작용하는 수평하중이 큰 경우에는 말뚝 사이 간격과 연단거리를 여유 있게 확보해야 하므로, 이 조건이 어떤 값을 채택할지를 좌우한다.

조건 정리

말뚝머리 지름 $D = 500$ mm이고, 말뚝 4개를 정사각형(2×2)으로 배치한다. 정방형 독립기초의 한 변 길이 L은 인접한 두 말뚝의 중심간격 s에 양쪽 말뚝 중심에서 기초 단부까지의 거리(연단거리) e를 더한 값이다. 말뚝머리에 작용하는 수평하중이 큰 경우이므로 말뚝 간격과 연단거리 모두 일반적인 값보다 여유 있게 확보하는 조건을 적용한다.

사용할 공식

말뚝 중심간격의 최소값: $s \geq 2.5D$. 말뚝 중심에서 기초 단부까지의 최소 연단거리(수평하중이 큰 경우): $e \geq D + 250$ mm. 정방형 독립기초 한 변: $L = s + 2e$.

계산 과정

말뚝 중심간격: $s = 2.5 \times 500 = 1{,}250$ mm. 연단거리: $e = 500 + 250 = 750$ mm. 독립기초 한 변: $L = 1{,}250 + 2 \times 750 = 2{,}750$ mm. 따라서 최소 치수는 2,750 mm × 2,750 mm이다.

NoteBase

선지 판단

① 2,250 mm × 2,250 mm — X, 말뚝 중심간격(1,250 mm)과 연단거리(750 mm×2)를 합한 값보다 작아 말뚝머리 주변 콘크리트 피복과 정착에 필요한 여유가 부족하다.
② 2,500 mm × 2,500 mm — X, 연단거리를 500 mm(=1D)로 과소 산정한 경우에 해당하며, 수평하중이 큰 조건에서 요구되는 여유(D+250 mm)에 못 미친다.
③ 2,750 mm × 2,750 mm — O, 말뚝 중심간격 1,250 mm(=2.5D)에 양쪽 연단거리 750 mm(=D+250 mm)씩을 더한 값과 정확히 일치하는 최소치수이다.
④ 3,000 mm × 3,000 mm — X, 필요한 최소치수보다 250 mm 더 크게 잡은 값으로, 요구조건을 만족하기는 하나 '최소치수'라는 조건에는 맞지 않는다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 연단거리를 단순히 말뚝 반지름(D/2)만큼만 확보하면 된다고 생각하는 것이다. 말뚝머리에 작용하는 수평하중이 크다는 단서가 주어졌으므로, 연단거리를 D+250 mm처럼 여유 있게 잡아야 하고 이를 빠뜨리면 ①이나 ②처럼 과소 산정된 값을 고르게 된다. 반대로 필요 이상으로 여유를 크게 잡으면 ④처럼 '최소치수'를 초과한 답을 고르게 되므로, 중심간격과 연단거리 각각의 최소기준을 정확히 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

말뚝 개수와 배치, 말뚝머리 지름, 수평하중의 크기(크다/작다) 조건을 먼저 확인한다. 이후 (1) 말뚝 중심간격 $s \geq 2.5D$를 구하고, (2) 말뚝 중심에서 기초 단부까지의 연단거리를 수평하중 조건에 맞게 산정한 뒤, (3) $L = s + 2e$로 정방형 기초의 한 변을 계산하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

정방형 독립기초 한 변 = 말뚝 중심간격(2.5D) + 2×연단거리, 수평하중이 큰 경우 연단거리는 D+250 mm 수준으로 여유 있게 확보한다.

NoteBase

문 15. 조적식 구조의 경험적 설계법에서 조적내력벽 최소두께에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 2층 이상의 건물에서 조적내력벽의 공칭두께는 200 mm 이상이어야 한다.

② 최소두께 규정으로 인하여 층간에 두께변화가 발생한 경우에는 평균 두께값을 상층에 적용하여야 한다.

③ 층고가 2,700 mm를 넘지 않는 1층 건물의 속찬조적벽의 공칭두께는 150 mm 이상으로 할 수 있다.

④ 파라펫벽의 두께는 200 mm 이상이어야 하며, 높이는 두께의 3배를 넘을 수 없다.

정답 2번

출제 포인트

조적식 구조의 경험적 설계법(허용응력설계에 의존하지 않고 두께·높이 등 치수 규정만으로 안전성을 확보하는 방식)에서 정하는 내력벽·파라펫벽의 최소 공칭두께 규정을 정확히 아는지, 그리고 두께가 층마다 달라질 때 어떤 방식으로 처리해야 하는지를 묻는다.

핵심 개념

경험적 설계법에서 조적내력벽의 공칭두께는 건물 층수에 따라 최소값이 정해진다. 1층 건물은 150 mm 이상, 2층 이상인 건물은 200 mm 이상이 기본 원칙이다. 다만 층고가 2,700 mm를 넘지 않는 1층 건물의 속찬조적벽처럼 조건을 만족하면 더 얇은 두께도 허용되는 예외가 있다. 한편 층간에 두께가 얇아지는 경우에는 두께 값을 평균 내어 적용하는 것이 아니라, 두꺼운 벽과 얇은 벽이 만나는 부분에 속찬 조적 켜(또는 이에 준하는 특수 유닛)를 두어 하중을 전달하도록 규정한다. 파라펫벽(난간벽)은 두께 200 mm 이상, 높이는 두께의 3배를 넘지 않아야 한다는 별도의 치수 제한을 받는다.

선지별 해설

① 2층 이상의 건물에서 조적내력벽의 공칭두께는 200 mm 이상이어야 한다.
O. 경험적 설계법의 기본 원칙과 일치하는 옳은 설명이다.

② 최소두께 규정으로 인하여 층간에 두께변화가 발생한 경우에는 평균 두께값을 상층에 적용하여야 한다.
X. 틀린 표현 → 올바른 표현: 층간 두께변화가 생기는 부분은 평균 두께값을 적용하는 것이 아니라, 두꺼운 하부 벽과 얇은 상부 벽이 만나는 위치에 속찬 조적 켜(또는 이에 상응하는 접합 처리)를 두어 하중이 안전하게 전달되도록 시공해야 한다. 두께를 평균 내어 상층에 그대로 적용한다는 규정은 존재하지 않는다.

③ 층고가 2,700 mm를 넘지 않는 1층 건물의 속찬조적벽의 공칭두께는 150 mm 이상으로 할 수 있다.
O. 1층 건물의 최소두께 기준(150 mm 이상)에 부합하는 옳은 설명이다.

④ 파라펫벽의 두께는 200 mm 이상이어야 하며, 높이는 두께의 3배를 넘을 수 없다.
O. 파라펫벽에 대한 별도의 최소두께·높이 제한 규정과 일치하는 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항은 '내력벽 두께가 층마다 다를 때 어떻게 처리하는가'라는 시공상의 세부 규정을 헷갈리게 만든 문제이다. '평균 두께값 적용'이라는 표현은 그럴듯하게 들리지만 실제 규정은 두께가 줄어드는 경계 부위에 속찬 조적 켜를 두어 응력을 전달시키는 방식이므로, 숫자(200 mm, 150 mm, 3배 등)만 외우고 이 시공 처리 방식을 놓치면 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '~mm 이상'과 같은 최소두께 수치가 나오면 층수(1층/2층 이상) 조건부터 확인하고, '두께변화·층간 접합'처럼 시공 처리 방법을 설명하는 선지는 숫자가 아니라 방식(평균화가 아니라 속찬 조적 켜로 전달)이 맞는지를 따로 검토한다.

암기 포인트

1층 건물 내력벽 150 mm 이상, 2층 이상 건물 내력벽 200 mm 이상, 파라펫벽 200 mm 이상이면서 높이는 두께의 3배 이하로 기억해 둔다. 두께변화 구간은 '평균'이 아니라 '속찬 조적 켜로 접합'임을 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 16. 프리캐스트콘크리트 벽판을 사용한 구조물에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 3층 이상의 프리캐스트콘크리트 내력벽구조의 경우, 종방향 또는 횡방향 연결철근은 바닥과 지붕에 $22{,}000N/m$의 공칭강도를 가지도록 설계하여야 한다.

② 프리캐스트콘크리트 벽판은 최소한 한 개의 연결철근을 서로 연결하여야 하며, 연결철근 하나가 받을 수 있는 인장력은 $45{,}000N$ 이상이어야 한다.

③ 프리캐스트콘크리트 구조물의 횡방향, 종방향, 수직방향 및 구조물 둘레는 부재의 효과적인 결속을 위하여 압축연결철근으로 일체화하여야 한다.

④ 3층 이상의 프리캐스트콘크리트 내력벽구조의 경우, 각층 바닥 또는 지붕층 바닥 주위의 둘레 연결철근은 모서리에서 $1.5m$ 이내에 있어야 하며, $71{,}000N$ 이상의 공칭인장강도를 가져야 한다.

정답 1번

쟁점

콘크리트구조 설계기준의 프리캐스트콘크리트 구조물 일체성(구조적 결속) 접합부 규정에서, 연결철근의 공칭강도 수치·둘레철근의 배치 위치·결속에 쓰는 철근의 종류를 정확히 구분하는 문제이다. 각 선지에 등장하는 22,000 N/m, 45,000 N, 71,000 N, 1.5 m 같은 값과 '압축/인장', '한 개/두 개' 같은 표현이 규정과 일치하는지가 정답을 가른다.

용어 풀이

연결철근(tie): 프리캐스트 부재들을 하나의 구조체로 묶어 국부 파괴가 전체 붕괴로 번지지 않게 하는 일체성(structural integrity) 확보용 철근이다.
공칭강도: 재료의 규정 강도로 계산한 이론적 저항력으로, 안전율을 적용하기 전의 기준값이다.
내력벽구조: 벽체가 연직하중과 수평하중을 함께 부담하는 구조 형식으로, 3층 이상이면 일체성 요구가 더 엄격해진다.

핵심 구분

결속에 쓰는 철근은 '인장연결철근'이다(압축이 아니다) — 부재 이탈·붕괴를 막으려면 잡아당기는 힘, 즉 인장에 저항해야 하기 때문이다.
바닥·지붕 종·횡방향 연결철근 공칭강도 = 22,000 N/m(=22 kN/m).
둘레(주위) 연결철근 = 모서리에서 1.2 m 이내, 공칭인장강도 71,000 N(=71 kN) 이상.
벽판 연결 = 최소 두 개(2개 이상)의 연결철근, 하나당 약 45,000 N(≈44~45 kN) 이상.

NoteBase

선지별 해설

① O: 3층 이상 프리캐스트콘크리트 내력벽구조에서 바닥과 지붕의 종방향 또는 횡방향 연결철근을 폭 1 m당 22,000 N(22 kN/m)의 공칭강도를 갖도록 설계한다는 규정과 정확히 일치한다.
② X: '최소한 한 개의 연결철근' → '최소한 두 개(2개 이상)의 연결철근'이 옳다. 벽판은 두 개 이상의 연결철근으로 서로 연결하여야 하며, 연결철근 하나당 인장력 수치(약 45,000 N 이상)는 맞지만 개수 표현이 틀려 오답이다.
③ X: '압축연결철근' → '인장연결철근'이 옳다. 횡·종·수직방향 및 구조물 둘레는 인장연결철근으로 효과적으로 결속하여 일체화한다.
④ X: '모서리에서 1.5 m 이내' → '모서리에서 1.2 m 이내'가 옳다. 71,000 N 이상 공칭인장강도라는 값은 맞지만 배치 위치 수치가 틀려 오답이다.

오답 포인트

②와 ④는 뒤쪽 강도 수치(45,000 N, 71,000 N)를 맞게 적어 두고 앞쪽의 '한 개'와 '1.5 m'만 틀리게 바꿔 놓은 함정이다. 수치 하나가 맞다고 선지 전체를 옳다고 판정하면 안 되고, 개수·거리 같은 조건까지 모두 일치해야 옳은 선지다. ③은 '압축'이라는 한 단어만 바꿔 자연스럽게 읽히게 만든 함정으로, 일체성 철근은 인장에 저항하는 인장연결철근이라는 원리를 알면 걸러낼 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

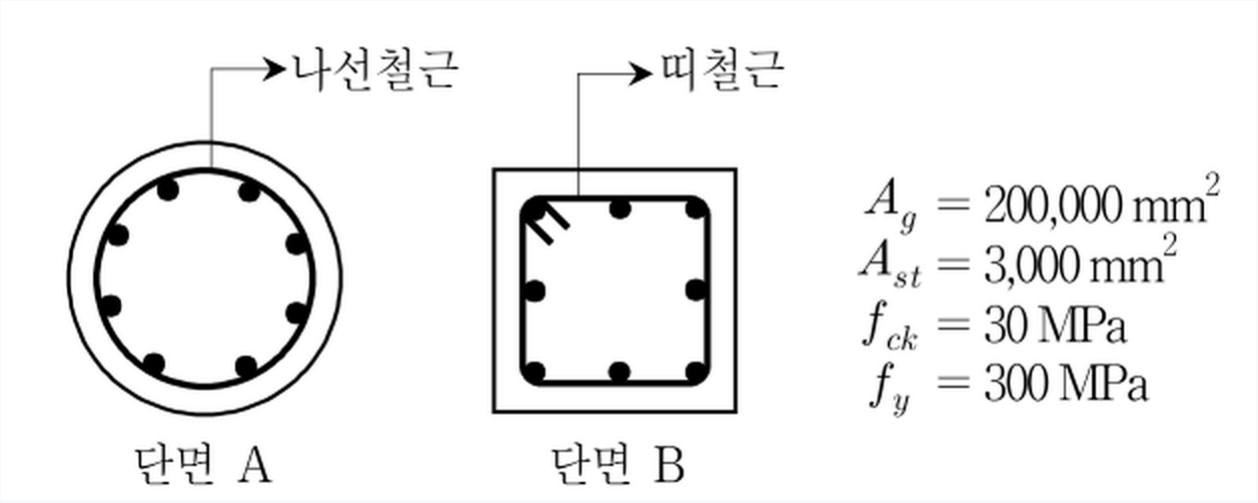
프리캐스트 일체성 규정 문제는 네 개의 핵심 숫자·표현을 세트로 외워 대조한다: 바닥·지붕 22 kN/m, 둘레철근 모서리 1.2 m 이내·71 kN 이상, 벽판 2개 이상·1개당 약 45 kN 이상, 결속은 인장연결철근. 선지에서 이 값 중 하나라도 다르게(1.5 m, 한 개, 압축 등) 바뀌어 있으면 그 선지가 오답이다.

암기 포인트

일체성 연결철근 숫자: 바닥·지붕 22 kN/m → 둘레 1.2 m·71 kN → 벽판 2개·각 45 kN. 철근은 '인장'으로 묶는다(압축 아님). 22·71·45와 1.2 m, 그리고 '인장·두 개'만 기억하면 이 유형은 해결된다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 프리스트레스를 가하지 않은 압축부재 단면 A와 B에 대하여 최대 설계축강도($\phi P_{n(\max)}$)의 비를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 단면 A 및 B는 모두 관련 횡철근 상세규정을 만족하고 있으며, 두 단면의 전체단면적 A_g, 종방향 철근의 전체단면적 A_{st}, 콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck}, 철근의 설계기준항복강도 f_y는 전부 서로 동일하다)



① A:B = 135:104

② A:B = 119:104

③ A:B = 135:100

④ A:B = 119:100

정답 2번

출제 포인트

프리스트레스를 가하지 않은 압축부재(기둥)의 최대 설계축강도 $\phi P_{n(\max)}$를 구하는 공식에서, 나선철근 기둥(단면 A)과 띠철근 기둥(단면 B)이 서로 다른 강도감소계수 ϕ와 저감계수(0.85 또는 0.80)를 적용받는다는 점을 알고 있는지 확인하는 문제이다. 두 단면의 A_g, A_{st}, f_{ck}, f_y가 모두 같으므로, 결국 계수 차이만으로 두 값의 비가 결정된다.

조건 정리

단면 A는 원형 단면에 나선철근이 배근된 나선철근 기둥이고, 단면 B는 정사각형 단면에 띠철근이 배근된 띠철근 기둥이다. 두 단면 모두 관련 횡철근 상세규정을 만족하므로 최대 설계축강도 공식을 그대로 적용할 수 있다. 공통 조건은 $A_g = 200{,}000\ \text{mm}^2$, $A_{st} = 3{,}000\ \text{mm}^2$, $f_{ck} = 30\ \text{MPa}$, $f_y = 300\ \text{MPa}$로 A와 B가 동일하다.

NoteBase

사용할 공식

압축지배단면의 강도감소계수와 축강도 저감계수를 반영한 최대 설계축강도 공식은 다음과 같다.
나선철근 기둥(단면 A): $\phi P_{n(\max)} = 0.85\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}], \quad \phi = 0.70$
띠철근 기둥(단면 B): $\phi P_{n(\max)} = 0.80\phi[0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}], \quad \phi = 0.65$
여기서 나선철근 기둥은 저감계수 0.85·강도감소계수 0.70을, 띠철근 기둥은 저감계수 0.80·강도감소계수 0.65를 적용한다.

계산 과정

먼저 두 단면에 공통으로 들어가는 대괄호 항을 구한다.
$0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} = 0.85 \times 30 \times (200{,}000 - 3{,}000) + 300 \times 3{,}000$
$= 25.5 \times 197{,}000 + 900{,}000 = 5{,}023{,}500 + 900{,}000 = 5{,}923{,}500$ N
이 값은 A와 B에서 동일하므로, 결국 두 단면의 $\phi P_{n(\max)}$ 비는 앞의 계수(저감계수×강도감소계수)의 비로 결정된다.
단면 A(나선철근): $0.85 \times 0.70 = 0.595$
단면 B(띠철근): $0.80 \times 0.65 = 0.520$
따라서 비는 $A : B = 0.595 : 0.520 = 595 : 520 = 119 : 104$
(양변을 5로 나누면 595/5=119, 520/5=104가 된다.)

선지 판단

① A:B=135:104 → 오답. 135라는 값은 나선철근 기둥의 계수(0.595)에 대응하지 않는 값이며, 계수비를 잘못 계산한 결과이다.
② A:B=119:104 → 정답. 나선철근 기둥의 저감계수·강도감소계수 곱(0.85×0.70=0.595)과 띠철근 기둥의 곱(0.80×0.65=0.520)의 비를 그대로 약분한 값과 일치한다.
③ A:B=135:100 → 오답. 두 계수 모두 잘못 대입된 값으로, 100이라는 분모는 띠철근 기둥의 정확한 계수비(104)와 다르다.
④ A:B=119:100 → 오답. 단면 A의 계수비(119)는 맞지만 단면 B 쪽이 104가 아닌 100으로 되어 있어, 띠철근 기둥의 강도감소계수(0.65)를 반영하지 않은 값이다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔히 하는 실수는 나선철근 기둥과 띠철근 기둥에 서로 다른 강도감소계수(나선 0.70, 띠철근 0.65)가 적용된다는 사실을 놓치고 같은 ϕ를 쓰는 것이다. 저감계수(0.85 또는 0.80)만 반영하고 강도감소계수 차이를 빠뜨리면 ④번(119:100)처럼 분모가 틀리게 나온다. 반대로 두 계수를 모두 잘못 곱하면 ①, ③번처럼 분자·분모가 어긋난다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

A_g, A_{st}, f_{ck}, f_y가 동일한 두 단면의 $\phi P_{n(\max)}$ 비를 묻는 문제는, 대괄호 안의 공통항을 굳이 끝까지 계산하지 않고 앞에 곱해지는 계수(저감계수×강도감소계수)의 비만 비교해도 답을 구할 수 있다. 나선철근 기둥은 $0.85 \times 0.70 = 0.595$, 띠철근 기둥은 $0.80 \times 0.65 = 0.520$이므로 그 비는 항상 119:104가 된다.

암기 포인트

나선철근 기둥: 저감계수 0.85, 강도감소계수 0.70 → 곱 0.595
띠철근 기둥: 저감계수 0.80, 강도감소계수 0.65 → 곱 0.520
두 값의 비를 약분하면 119:104가 되며, 이는 나선철근 기둥이 띠철근 기둥보다 최대 설계축강도가 더 크다는 사실(나선철근 기둥의 연성·구속 효과가 우수함)과도 일치한다.

NoteBase

문 18. 프리캐스트콘크리트 벽판을 사용한 구조물의 지압부에서 해석이나 실험을 통해 성능이 규명되지 않을 경우, 받침부재의 모서리면으로부터 경간방향 프리캐스트 부재 끝까지의 거리에 대한 최소 규정에 해당하지 않는 것은? (단, 경간의 $\frac{1}{180}$ 이상인 조건은 만족한다)

① 속찬슬래브의 경우 최소 50 mm 이상

② 속빈슬래브의 경우 최소 50 mm 이상

③ 보 부재의 경우 최소 75 mm 이상

④ 복부를 가진 부재의 경우 최소 50 mm 이상

정답 4번

출제 포인트

프리캐스트콘크리트 부재(슬래브·보·복부를 가진 부재)에 대해 해석이나 실험으로 지압부 성능이 확인되지 않을 때, 받침부재 모서리면에서 경간방향으로 프리캐스트 부재 끝까지 확보해야 하는 최소 거리(최소 지지길이) 규정값을 부재 종류별로 구분해 알고 있는지를 묻는다.

핵심 개념

프리캐스트콘크리트 구조에서 별도의 검토 없이 적용하는 최소 지지길이는 부재 형식에 따라 두 그룹으로 나뉜다. 슬래브류(속찬슬래브, 속빈슬래브)는 최소 50mm 이상을 확보한다. 보 부재와 복부를 가진 부재(스템이 있는 부재, 예: T형보·더블티 등)는 같은 그룹으로 묶여 최소 75mm 이상을 확보한다. 즉 슬래브류=50mm, 보 및 복부를 가진 부재=75mm로 짝을 이룬다.

선지별 해설

① 속찬슬래브의 경우 최소 50mm 이상 → O. 슬래브류에 속하므로 규정값 50mm와 일치한다.
② 속빈슬래브의 경우 최소 50mm 이상 → O. 속빈슬래브도 슬래브류로 분류되어 규정값 50mm와 일치한다.
③ 보 부재의 경우 최소 75mm 이상 → O. 보 부재는 복부를 가진 부재와 같은 그룹으로 규정값 75mm와 일치한다.
④ 복부를 가진 부재의 경우 최소 50mm 이상 → X. 복부를 가진 부재는 보 부재와 같은 그룹으로 분류되어 최소 75mm 이상이 규정값이다. 50mm는 슬래브류(속찬·속빈슬래브)에 적용되는 값이므로 잘못 짝지어졌다. 틀린 표현 → 올바른 표현: "최소 50mm 이상" → "최소 75mm 이상".

오답 포인트

이 문항의 함정은 '복부를 가진 부재'를 슬래브류처럼 취급해 50mm로 착각하는 것이다. 복부(스템)를 가진 부재는 형태상 슬래브가 아니라 보에 가까운 거동을 하므로 보 부재와 동일하게 75mm 그룹에 속한다. 부재를 형태별로 나열하지 말고 '슬래브류(50mm) vs 보·복부부재(75mm)'라는 두 그룹으로 묶어서 암기해야 혼동이 없다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 제시된 부재명이 슬래브 계열(속찬·속빈)인지, 보 또는 복부(스템)를 가진 부재 계열인지부터 구분한다. 슬래브 계열이면 50mm, 보·복부부재 계열이면 75mm가 맞는지 짝을 확인하면 오답 선지를 바로 찾아낼 수 있다.

암기 포인트

슬래브류(속찬슬래브·속빈슬래브)는 최소 50mm, 보·복부를 가진 부재는 최소 75mm로 두 그룹씩 짝지어 암기한다.

NoteBase

문 19. 목구조에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 건축용으로 사용되는 구조용OSB는 건축시공 중에 외기에 노출되어 비나 눈의 영향을 받는 환경에서 사용되기 때문에 내수성 접착제로 제조되는 노출 1등급에 적합하여야 한다.

② 구조용목재의 재종은 육안등급구조재와 기계등급구조재의 2가지로 구분되는데, 육안등급구조재는 다시 1종구조재(규격재), 2종구조재(보재) 및 3종구조재(기둥재)로 구분된다.

③ 육안등급구조재와 기계등급구조재에 대한 기준허용응력은 건조사용조건 이하의 사용함수율에서 기준하중기간일 때 적용한다.

④ 단판적층재는 단판의 섬유방향이 서로 직각이 되도록 배열하여 접착한 구조용목질재료이다.

정답 4번

출제 포인트

목구조에 사용되는 구조용 목질재료(OSB, 제재목, 단판적층재 등)의 등급 구분과 제조 방식에 관한 기본 개념을 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다. 특히 단판적층재(LVL)와 합판의 제조 방식 차이를 혼동하지 않는지가 핵심이다.

핵심 개념

단판적층재(LVL, Laminated Veneer Lumber)는 목재를 얇게 벗겨낸 단판(veneer) 여러 장을 섬유방향이 서로 평행하도록 겹쳐 접착한 구조용 목질재료이다. 단판의 섬유방향을 서로 직각(교차)이 되도록 배열하여 접착하는 것은 합판(plywood)의 제조 방식이다. 즉 단판적층재는 '평행 적층', 합판은 '직교 적층'으로 구분된다. 구조용 OSB는 시공 중 외기에 노출되어 비나 눈에 노출될 수 있으므로 내수성 접착제로 제조되는 노출 1등급을 사용해야 하고, 구조용목재는 재종에 따라 육안등급구조재(1종 규격재, 2종 보재, 3종 기둥재)와 기계등급구조재로 구분되며, 기준허용응력은 건조사용조건 이하의 사용함수율 및 기준하중기간을 기준으로 정해진다.

선지별 해설

① O - 구조용 OSB는 건축시공 중 외기에 노출되어 비나 눈의 영향을 받을 수 있으므로 내수성 접착제로 제조되는 노출 1등급에 적합해야 한다는 설명은 옳다.
② O - 구조용목재의 재종은 육안등급구조재와 기계등급구조재로 구분되고, 육안등급구조재는 다시 1종구조재(규격재), 2종구조재(보재), 3종구조재(기둥재)로 구분된다는 설명은 옳다.
③ O - 육안등급구조재와 기계등급구조재의 기준허용응력은 건조사용조건 이하의 사용함수율에서 기준하중기간을 기준으로 적용한다는 설명은 옳다.
④ X - 단판적층재는 단판의 섬유방향이 서로 평행하게 배열되도록 겹쳐 접착한 구조용 목질재료이다. → '섬유방향이 서로 직각이 되도록 배열'은 합판의 제조 방식에 대한 설명이며, 단판적층재의 설명으로는 옳지 않다.

NoteBase

오답 포인트

단판적층재(LVL)와 합판(플라이우드)을 혼동하기 쉽다. 두 재료 모두 얇은 단판을 접착하여 만드는 목질재료라는 점은 같지만, 적층 방식이 반대이다. 단판적층재는 섬유방향을 평행하게 맞춰 쌓아 한 방향의 휨강도와 인장강도를 극대화한 재료이고, 합판은 섬유방향을 직교시켜 쌓아 면 방향의 치수안정성과 등방성을 확보한 재료이다. '직각으로 배열'이라는 표현이 나오면 합판을 떠올리고, 단판적층재에는 이 표현이 맞지 않음을 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에서 목질재료의 제조 방식(단판의 섬유방향 배열)을 설명하는 문장이 나오면, 그 재료가 단판적층재(LVL)인지 합판인지부터 구분한다. '평행 배열'이면 단판적층재, '직교(직각) 배열'이면 합판이다. 재료명과 배열 방식이 서로 바뀌어 제시되면 틀린 선지로 판단한다.

암기 포인트

단판적층재(LVL) = 섬유방향 평행 적층 / 합판(plywood) = 섬유방향 직교 적층. 육안등급구조재 = 1종(규격재)·2종(보재)·3종(기둥재). 구조용 OSB의 외기 노출 조건 = 노출 1등급(내수성 접착제).

NoteBase

문 20. 철근콘크리트 보 부재의 순간처짐을 계산하기 위한 유효단면2차모멘트(I_e)를 산정하는 식으로 옳은 것은? (단, $I_e \le I_g$, M_{cr} = 외력에 의해 단면에서 휨균열을 일으키는 모멘트, M_a = 처짐을 계산할 때 부재의 최대 휨모멘트, I_g = 철근을 무시한 콘크리트 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트, I_{cr} = 균열단면의 단면2차모멘트이다)

① $I_e = \left(\frac{M_a}{M_{cr}}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_a}{M_{cr}}\right)^3\right] I_{cr}$
② $I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$
③ $I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_{cr} + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_g$
④ $I_e = \left(\frac{M_a}{M_{cr}}\right)^3 I_{cr} + \left[1 - \left(\frac{M_a}{M_{cr}}\right)^3\right] I_g$

정답 2번

출제 포인트

철근콘크리트 보의 순간처짐 계산에 쓰이는 유효단면2차모멘트 I_e의 산정식을 정확히 기억하는지 묻는 문항이다. I_e는 균열 전 상태인 전단면2차모멘트 I_g와 균열 후 상태인 균열단면2차모멘트 I_{cr}를 균열모멘트 M_{cr}과 최대 휨모멘트 M_a의 비로 가중평균한 값이며, 이 비를 어느 항에 곱하는지와 지수 3의 위치, 분자·분모의 순서를 헷갈리지 않는 것이 핵심이다.

조건 정리

문제에서 $I_e \le I_g$라는 조건을 제시했으므로, I_e는 항상 I_g보다 작거나 같아야 한다. 또한 균열이 발생하려면 실제 작용모멘트가 균열모멘트보다 커야 하므로 $M_a \ge M_{cr}$인 상황을 전제로 한다. 이때 M_{cr}/M_a는 1 이하의 값이 된다.

사용할 공식

$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$
이 식은 균열모멘트 대비 실제 모멘트의 비 M_{cr}/M_a를 세제곱하여 균열 진행 정도에 따른 강성 저감을 반영하는 유효단면2차모멘트 산정식이다.

계산 과정

위 공식에서 $M_a \ge M_{cr}$이므로 $M_{cr}/M_a \le 1$이고, 따라서 $\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \le 1$이 성립한다. 이 값을 I_g에 곱하는 가중치로 사용하고, 나머지 $1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3$을 균열단면2차모멘트 I_{cr}에 곱하는 가중치로 사용하면, 두 가중치의 합이 항상 1이 되어 I_e가 I_g와 I_{cr} 사이의 가중평균값으로 산정되고, 균열 전 강성인 I_g를 넘지 않는다는 조건도 만족한다.
모멘트가 커질수록(균열이 더 진행될수록) M_{cr}/M_a는 작아지므로 I_g의 가중치는 줄고 I_{cr}의 가중치는 늘어나 실제 거동과 부합한다.

NoteBase

선지 판단

① Ie = (Ma/Mcr)^3 Ig + [1-(Ma/Mcr)^3] Icr → X. 분수의 분자·분모가 뒤바뀌었다. $M_a \geq M_{cr}$이므로 $M_a/M_{cr} \geq 1$이 되어 그 세제곱값이 1보다 커지고, $1-(M_a/M_{cr})^3$이 음수가 되어 I_e가 I_g보다 커질 수 있으므로 $I_e \leq I_g$ 조건에 어긋난다.
② Ie = (Mcr/Ma)^3 Ig + [1-(Mcr/Ma)^3] Icr → O. M_{cr}/M_a를 세제곱한 값을 I_g의 가중치로, 그 나머지를 I_{cr}의 가중치로 사용하여 $I_e \leq I_g$를 만족하는 올바른 유효단면2차모멘트 산정식이다.
③ Ie = (Mcr/Ma)^3 Icr + [1-(Mcr/Ma)^3] Ig → X. 비율은 올바르게 M_{cr}/M_a로 두었으나 I_g와 I_{cr}에 곱하는 가중치가 서로 바뀌었다. 이렇게 두면 균열이 거의 없을 때(M_a가 M_{cr}에 가까울 때) I_{cr}의 가중치가 커져 실제 거동과 반대로 산정된다.
④ Ie = (Ma/Mcr)^3 Icr + [1-(Ma/Mcr)^3] Ig → X. 분수의 분자·분모가 뒤바뀐 데다 가중치도 I_g와 I_{cr}이 서로 바뀌어 이중으로 틀린 식이다.

오답 포인트

이 식을 틀리는 경우는 대부분 두 가지 실수에서 비롯된다. 첫째는 비율을 M_a/M_{cr}로 뒤집어 쓰는 경우(①, ④)이고, 둘째는 비율은 맞게 썼지만 I_g와 I_{cr}에 곱하는 가중치를 서로 바꿔 쓰는 경우(③)이다. 항상 분자에는 균열모멘트 M_{cr}, 분모에는 실제 최대모멘트 M_a가 오고, 이 비의 세제곱은 균열 전 상태인 I_g의 가중치라는 점을 짝지어 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 분수가 M_{cr}/M_a인지 M_a/M_{cr}인지부터 확인한다. $M_a \geq M_{cr}$이므로 균열모멘트가 분자에 와야 그 비가 1 이하가 되어 $I_e \leq I_g$ 조건을 만족할 수 있다는 논리로 소거하면 ①, ④를 먼저 제외할 수 있다. 그다음 남은 두 선지에서 세제곱된 비율이 곱해지는 대상이 I_g인지 I_{cr}인지를 확인하여, 균열 전 단면인 I_g에 곱해지는 식을 고른다.

암기 포인트

유효단면2차모멘트 공식은 $I_e = (M_{cr}/M_a)^3 I_g + [1-(M_{cr}/M_a)^3] I_{cr}$로, '균열모멘트 나누기 최대모멘트의 세제곱은 전단면(Ig)의 몫'이라는 어구로 기억해 둔다.

NoteBase