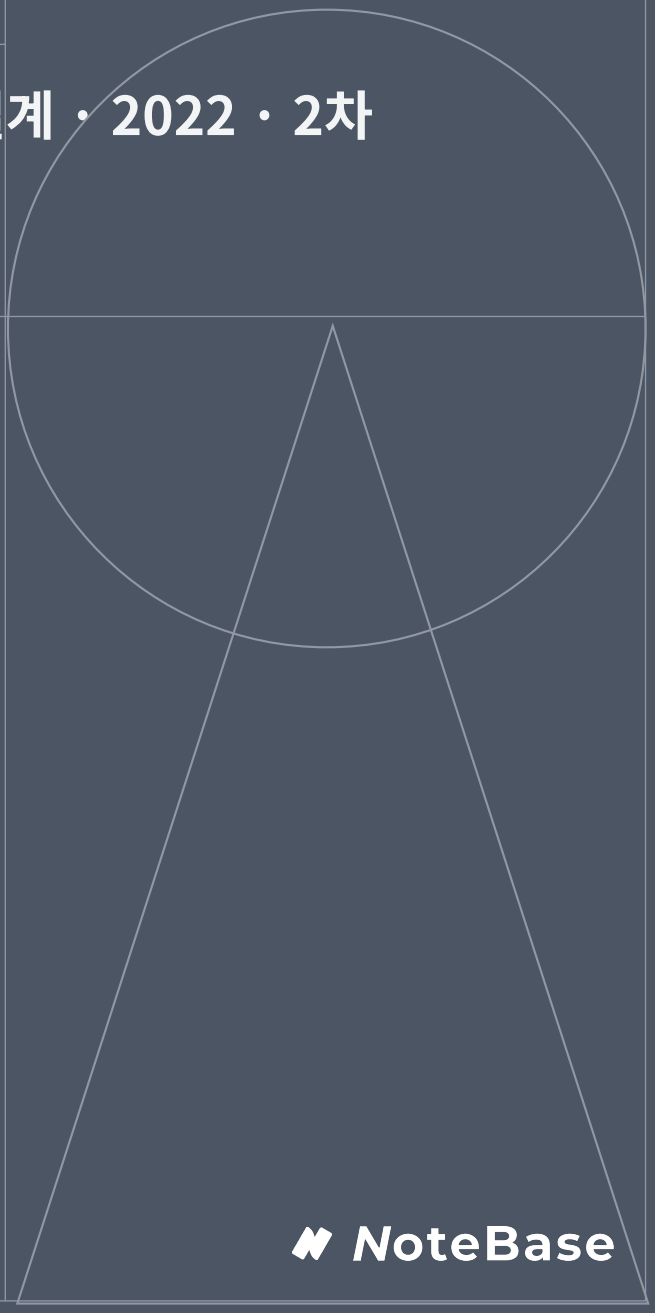
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2022 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2022 · 2차

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2022 · 2차

문 1. 기하공차를 표시한 것으로 옳지 않은 것은?

① 평면도 공차:

② 대칭도 공차: 

③ 위치도 공차: 

④ 선의 윤곽도 공차: 

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기하공차 기호의 시각적 모양과 명칭을 정확히 대응시키는지를 묻는다.

선지별 해설

1번: X. 그림의 한 줄 기호는 평면도가 아니라 직진도를 뜻한다. 틀린 표현은 '평면도 공차'이고, 올바르게는 '직진도 공차'이다. 평면도 공차의 기호는 한 줄이 아니라 평행사변형 모양이다.
2번: O. 대칭도 공차는 세 개의 평행선 모양 기호로 표시하므로 제시된 기호와 명칭의 대응이 맞다.
3번: O. 위치도 공차는 과녁처럼 보이는 원과 십자선 모양의 기호로 표시하므로 제시된 기호가 맞다.
4번: O. 선의 윤곽도 공차는 한 개의 호 모양 기호로 표시하므로 제시된 기호와 명칭의 대응이 맞다.

오답 포인트

직진도와 평면도는 모두 형체의 모양을 관리하는 공차라서 이름만 보고 섞기 쉽다. 이 문항은 1번의 한 줄 기호를 평면도로 착각하는지를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

기하공차 문제는 먼저 기호의 기본 형상을 본다. 한 줄이면 직진도, 평행사변형이면 평면도, 과녁 모양이면 위치도, 한 개의 호이면 선의 윤곽도로 대응시키면 된다.

NoteBase

암기 포인트

직진도는 한 줄, 평면도는 평행사변형, 위치도는 과녁, 선의 윤곽도는 한 개의 호이다.

NoteBase

문 2. 나사에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 리드각과 비틀림각의 합은 90°이다.

② 암나사에서 최대지름은 골지름과 같다.

③ 수나사에서 바깥지름은 호칭지름과 같다.

④ 두줄 나사에서 피치는 리드의 두 배이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 나사의 기본 용어인 리드각, 비틀림각, 암나사와 수나사의 지름 명칭, 피치와 리드의 관계를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

리드각은 나사선과 축에 직각인 평면이 이루는 각이다.
비틀림각은 나사선과 축이 이루는 각이다.
암나사에서는 큰 지름 쪽이 골이므로 최대지름이 골지름과 대응된다.
수나사에서는 바깥지름이 최대지름이며 보통 호칭지름으로 쓴다.
다줄 나사에서는 리드 = 피치 × 줄수의 관계가 성립한다.

선지별 해설

1번: O. 리드각은 축에 직각인 평면을 기준으로 한 각이고 비틀림각은 축을 기준으로 한 각이므로 두 각은 서로 여각 관계이다. 따라서 합이 90°라는 설명은 옳다.
2번: O. 암나사는 나사산이 내부에 형성되므로 가장 큰 지름 위치가 골에 해당한다. 따라서 최대지름은 골지름과 같다는 설명이 맞다.
3번: O. 수나사의 바깥지름은 수나사의 최대지름이며 일반적으로 호칭지름으로 사용된다. 따라서 바깥지름은 호칭지름과 같다는 설명이 옳다.
4번: X. 틀린 부분은 "피치는 리드의 두 배"라는 표현이다. 두줄 나사에서는 리드가 피치의 두 배이고, 피치는 리드의 절반이다.

오답 포인트

다줄 나사에서 피치와 리드의 방향을 거꾸로 외우면 4번에 쉽게 걸린다. 암나사의 최대지름이 산지름이 아니라 골지름과 대응된다는 점도 수나사와 뒤섞기 쉬운 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

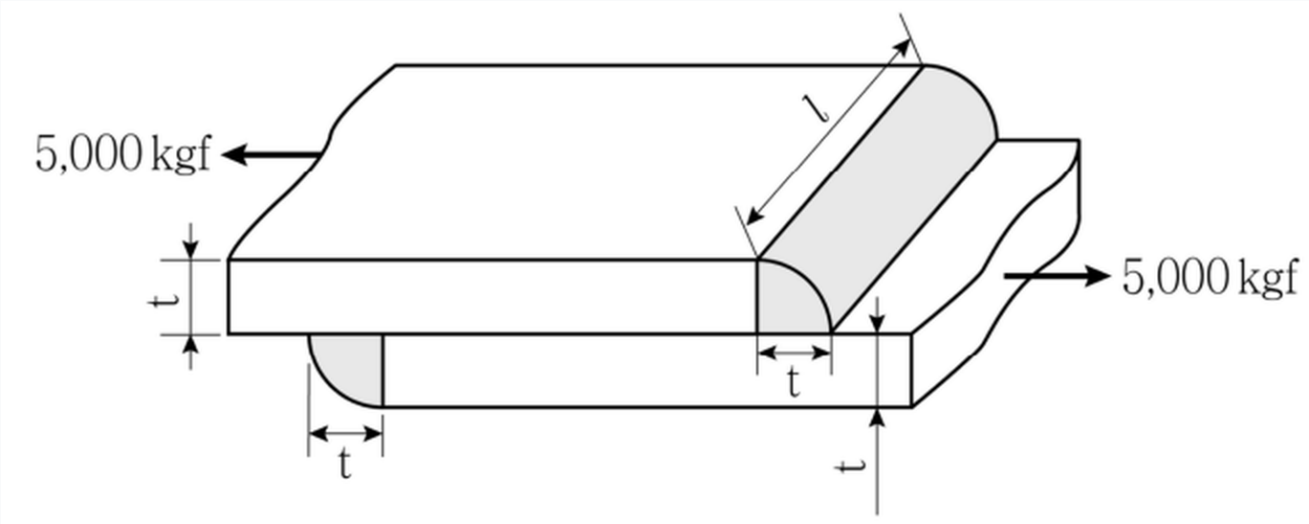
각도 문제는 축 기준 각과 축에 직각인 평면 기준 각을 먼저 나눈다. 지름 문제는 수나사와 암나사를 분리해서 최대지름이 산인지 골인지 확인한다. 다줄 나사는 항상 리드 = 피치 × 줄수로 판단한다.

암기 포인트

두줄 나사는 리드가 피치의 두 배이고, 수나사는 바깥지름이 호칭지름이며, 암나사는 최대지름이 골지름이다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 두께 $t = 10\text{mm}$인 두 강판을 겹치기 양면 이음으로 필릿 용접하려고 한다. 강판 양면에 작용하는 인장하중이 $5{,}000\text{kgf}$, 용접부의 전단강도는 15kgf/mm^2일 때, 용접부의 최소 길이 l[mm]에 가장 가까운 값은? (단, 안전계수는 1.5이며, $\sqrt{2} = 1.4$이다)



① 36

② 40

③ 44

④ 48

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 양면 필릿 용접의 유효목두께와 허용전단응력을 이용해 최소 용접 길이 l를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값
- 인장하중: $5{,}000kgf$
- 필릿 다리길이: $t = 10mm$
- 용접부 전단강도: $15kgf/mm^2$
- 안전계수: 1.5
- 양면 필릿 용접이므로 같은 길이의 용접부가 2개이다.

구해야 할 값
- 최소 용접 길이 l

주의할 조건
- 필릿 용접의 유효목두께는 $a = t/\sqrt{2}$이다.
- 계산에는 허용전단응력 $15/1.5 = 10kgf/mm^2$를 사용한다.

사용할 공식

유효목두께는 $a = \frac{t}{\sqrt{2}}$이다.
허용전단응력은 $\tau_{allow} = \frac{15}{1.5} = 10kgf/mm^2$이다.
양면 필릿 용접의 저항하중은 $P = \tau_{allow} \cdot 2al$이다.

이 공식을 쓰는 이유
문제의 이음은 양면 필릿 용접이므로 하중은 두 용접부의 유효목단면적 $2al$에서 전단으로 저항한다.

계산 과정

1. 유효목두께는 $a = \frac{10}{1.4} \approx 7.14mm$이다.
2. 허용전단응력은 $\tau_{allow} = \frac{15}{1.5} = 10kgf/mm^2$이다.
3. 하중평형식은 $5{,}000 = 10 \times 2 \times 7.14 \times l$이다.
4. 따라서 $l = \frac{5{,}000}{10 \times 2 \times 7.14} \approx 35mm$이다.
5. 보기 중 가장 가까운 값은 36이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 최소 용접 길이는 약 35mm이므로 가장 가까운 값인 36이 옳다.
2번 X: 최소 용접 길이는 40이 아니라 약 35mm이다. 40은 계산값보다 큰 값이어서 최소 길이에 가장 가까운 보기라는 조건에 맞지 않는다.
3번 X: 최소 용접 길이는 44가 아니라 약 35mm이다. 44는 필요 길이를 과대평가한 값이므로 정답이 될 수 없다.
4번 X: 최소 용접 길이는 48이 아니라 약 35mm이다. 양면 용접을 단면 용접처럼 보아 유효 전단면적을 작게 잡으면 이런 과대값이 나오기 쉽다.

오답 포인트

필릿 용접의 다리길이 t를 그대로 유효두께로 쓰거나, 양면 용접인데 용접부를 1개만 계산하면 길이를 크게 잘못 잡게 된다. 전단강도에 안전계수를 나누어 허용전단응력으로 바꾸는 단계도 자주 빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

필릿 용접 계산형 문제는 먼저 유효목두께 $t/\sqrt{2}$를 구하고, 그다음 허용응력으로 바꾼 뒤, 마지막에 용접부 개수까지 반영해 $P = \tau \times A$로 정리하면 된다.

암기 포인트

양면 필릿 용접의 최소 길이는 유효목두께 $t/\sqrt{2}$, 허용전단응력, 용접부 2개를 함께 반영해 계산한다.

NoteBase

문 4. 같은 재질로 만들어진 축 A, B에 동일한 크기의 비틀림 모멘트가 가해질 때, 축 A, B에 저장되는 탄성에너지의 비 ($\frac{U_A}{U_B}$)는? (단, 축 A의 길이 및 지름은 각각 l_A, D_A, 축 B의 길이 및 지름은 각각 l_B, D_B이다)

① $\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^4\frac{l_B}{l_A}$
② $\left(\frac{D_A}{D_B}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$
③ $\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_B}{l_A}$
④ $\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원형 축의 비틀림 탄성에너지 식과 극관성모멘트의 지름 의존성 $J \propto D^4$를 이용해 에너지 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 두 축이 같은 재료라는 점과 같은 크기의 비틀림 모멘트가 작용한다는 점이다.
구해야 할 값은 $\frac{U_A}{U_B}$이다.
주의할 조건은 저장 에너지 U가 길이 l에 비례하고 지름의 네제곱 D^4에 반비례한다는 점이다.

사용할 공식

비틀림 탄성에너지는 $U = \frac{T^2 l}{2GJ}$이다.
원형 실축의 극관성모멘트는 $J = \frac{\pi D^4}{32}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 축에 작용하는 비틀림 모멘트 T가 같고 재료가 같아 전단탄성계수 G도 같으므로, 에너지 비가 l과 J의 비로 바로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 같은 재료, 같은 비틀림 모멘트 조건에서 $U \propto \frac{l}{J}$로 본다.
2. 원형 실축은 $J = \frac{\pi D^4}{32}$이므로 $U \propto \frac{l}{D^4}$가 된다.
3. 따라서
$\frac{U_A}{U_B} = \frac{l_A/D_A^4}{l_B/D_B^4} = \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$
가 된다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 지름비와 길이비가 모두 반대로 들어갔다. 올바르게는 $\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$이다.
2번: X. 길이비는 맞지만 지름비가 반대이다. 올바르게는 $\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$이다.
3번: X. 지름비는 맞지만 길이비가 반대이다. 올바르게는 $\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$이다.
4번: O. $\frac{U_A}{U_B}=\left(\frac{D_B}{D_A}\right)^4\frac{l_A}{l_B}$와 일치하므로 맞다.

오답 포인트

비틀림 탄성에너지를 J에 비례한다고 착각하거나, J가 지름의 제곱이 아니라 네제곱에 비례한다는 점을 놓치면 지름비가 뒤집힌다. 또한 비를 세울 때 $\frac{U_A}{U_B}$와 $\frac{U_B}{U_A}$를 혼동하면 길이비가 반대로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 재료와 같은 토크 조건이 보이면 먼저 $U=\frac{T^2l}{2GJ}$에서 공통인 T, G를 약분한다. 그다음 원형 축은 $J\propto D^4$를 대입해 $U\propto\frac{l}{D^4}$만 기억하면 비 문제를 바로 정리할 수 있다.

암기 포인트

같은 토크의 원형 축 비틀림 에너지는 길이에 비례하고 지름의 네제곱에 반비례한다.

NoteBase

문 5. 미끄럼 베어링의 페트로프(Petroff) 식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 유체윤활 영역으로 가정한다)

① 전단응력은 축의 회전수에 비례한다.

② 전단응력은 반경 방향의 틈새에 반비례한다.

③ 마찰력에 의한 토크는 축의 지름에 비례한다.

④ 마찰력에 의한 토크는 베어링 평균압력에 비례한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 페트로프식에서 전단응력과 마찰토크가 회전수, 틈새, 축 지름과 어떤 관계를 가지는지 판별하는 문제이다.

조건 정리

유체윤활 영역의 페트로프 가정에서는 윤활유의 점성 전단이 마찰의 원인이다.
전단응력은 유막 속도구배로 결정되고, 마찰토크는 전단응력에 접촉면적과 반지름이 함께 작용해 정해진다.

사용할 공식

전단응력은 $\tau = \mu\frac{U}{c} = \mu\frac{\pi dn}{c}$ 이다.
따라서 마찰토크는 전단응력에 원통 접촉면적과 반지름을 곱한 꼴이므로 $T \propto \tau \cdot (\pi dl) \cdot \frac{d}{2} \propto \mu n l \frac{d^3}{c}$ 로 본다.

선지별 해설

1번 O: 전단응력 식 $\tau = \mu\pi dn/c$ 에서 회전수 n 이 분자에 있으므로 전단응력은 축의 회전수에 비례한다.
2번 O: 같은 식에서 틈새 c 가 분모에 있으므로 반경 방향의 틈새가 커질수록 전단응력은 작아진다. 즉 전단응력은 틈새에 반비례한다.
3번 X: 마찰토크는 $T \propto \mu n l d^3/c$ 이므로 축 지름에 단순히 1차로 비례한다고 볼 수 없다. 틀린 표현은 "축의 지름에 비례한다"이고, 올바르게는 "마찰력에 의한 토크는 다른 조건이 같으면 축 지름의 세제곱에 비례하는 경향을 가진다"이다.
4번 O: 페트로프식은 베어링의 하중 상태를 평균압력 p 로 나타내어 마찰 거동을 설명하는 식으로 다룬다. 이 문항에서 오답으로 잡아야 할 핵심은 토크의 지름 의존성을 1차 비례로 단순화한 3번이다.

오답 포인트

3번은 전단응력 식에 들어 있는 d 하나만 보고 토크도 지름에 비례한다고 착각하게 만든 선택지이다. 실제 토크는 전단응력뿐 아니라 접촉면적과 작용반지름이 함께 곱해지므로 지름 항이 더 크게 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

베어링 마찰 관계 문제는 먼저 전단응력 식을 쓰고, 그다음 토크를 전단응력 × 면적 × 반지름으로 확장해 각 변수의 차수를 판단하면 된다.

암기 포인트

페트로프식에서 전단응력은 속도에 비례하고 틈새에 반비례하며, 토크는 여기에 면적과 반지름이 더해져 지름 효과가 더 크게 나타난다.

NoteBase

문 6. 인장강도가 150MPa이고 압축강도는 200MPa이며, 지름 20mm의 취성재료 축이 정적 토크 112.5N · m를 받고 있다. 쿨롱-모어(Coulomb-Mohr) 이론을 적용할 때, 축의 안전계수는? (단, $\pi = 3$이다)

① 1.01

② 1.1

③ 1.14

④ 1.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 순수 비틀림을 받는 취성재료 축에 대해 쿨롱-모어 이론을 적용하여 안전계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 인장강도 $S_{ut} = 150MPa$, 압축강도 $S_{uc} = 200MPa$, 축 지름 $d = 20mm$, 정적 토크 $T = 112.5N \cdot m = 112{,}500N \cdot mm$이다.
구해야 할 값은 축의 안전계수 n이다.
순수 비틀림 상태이므로 주응력은 $\sigma_1 = +\tau$, $\sigma_3 = -\tau$가 된다.

사용할 공식

전단응력은 $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$ 이다.
취성재료에 대한 쿨롱-모어 이론은 주응력의 부호가 반대일 때 $\frac{1}{n} = \frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}}$ 를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 축이 취성재료이고, 순수 비틀림에서 한쪽 주응력은 인장, 다른 한쪽 주응력은 압축이 되어 인장강도와 압축강도를 함께 반영해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 원형축의 최대 전단응력을 구하면 $\tau = \frac{16 \times 112{,}500}{3 \times 20^3} = \frac{1{,}800{,}000}{24{,}000} = 75MPa$ 이다.
2. 순수 비틀림이므로 주응력은 $\sigma_1 = +75MPa$, $\sigma_3 = -75MPa$ 이다.
3. 쿨롱-모어 식에 대입하면 $\frac{1}{n} = \frac{75}{150} - \frac{-75}{200} = 0.5 + 0.375 = 0.875$ 이다.
4. 따라서 $n = \frac{1}{0.875} = 1.142857 \approx 1.14$ 이다.

선지 판단

1번 X: 계산된 안전계수는 1.14이므로 1.01은 맞지 않는다. 올바르게는 1.14이다.
2번 X: 쿨롱-모어 식에 따르면 $n = 1.14$이므로 1.1은 틀리다. 올바르게는 1.14이다.
3번 O: 전단응력 $75MPa$를 구한 뒤 쿨롱-모어 식 $\frac{1}{n} = \frac{75}{150} + \frac{75}{200} = 0.875$를 적용하면 $n \approx 1.14$가 된다.
4번 X: 1.2는 계산값보다 크므로 안전계수를 과대평가한 값이다. 올바르게는 1.14이다.

NoteBase

오답 포인트

취성재료 문제인데 연성재료 기준을 섞거나, 순수 비틀림에서 생기는 인장 주응력과 압축 주응력을 함께 넣지 않으면 오답이 된다. 특히 $\sigma_3 = -75MPa$의 음수 부호를 빼먹으면 안전계수가 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

취성축의 비틀림 문제는 먼저 $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$로 전단응력을 구하고, 순수 비틀림이면 $\sigma_1 = +\tau$, $\sigma_3 = -\tau$로 바꾼 뒤 인장강도와 압축강도를 함께 쓰는 쿨롱-모어 식에 대입하면 된다.

암기 포인트

순수 비틀림을 받는 취성재료 축은 $\sigma_1 = +\tau$, $\sigma_3 = -\tau$이고, 쿨롱-모어는 $\frac{1}{n} = \frac{\tau}{S_{ut}} + \frac{\tau}{S_{uc}}$ 꼴로 정리된다.

NoteBase

문 7. 허용인장응력이 10kgf/mm^2이고 지름 10 mm인 볼트 1개로 지지할 수 있는 최대 하중을 허용인장응력이 2.5kgf/mm^2이고 지름 5 mm인 볼트로 지지하려고 할 때, 필요한 지름 5 mm 볼트의 최소 개수는? (단, 볼트의 인장응력만 고려한다)

① 4

② 8

③ 16

④ 64

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 허용인장응력과 볼트 단면적의 곱이 볼트 1개의 허용 인장하중에 비례한다는 점을 이용해 필요한 볼트 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
기준 볼트 1개는 허용인장응력 $10kgf/mm^2$, 지름 $10mm$이다.
새 볼트 1개는 허용인장응력 $2.5kgf/mm^2$, 지름 $5mm$이다.
구해야 할 값: 같은 최대 하중을 지지하기 위한 지름 $5mm$ 볼트의 최소 개수이다.
주의할 조건: 볼트의 인장응력만 고려하므로 허용 인장하중은 허용인장응력과 단면적의 곱으로 비교한다.

사용할 공식

볼트 1개의 허용 인장하중은 $P = \sigma_{allow}A = \sigma_{allow} \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 볼트의 인장응력만 고려한다고 했으므로 볼트가 버틸 수 있는 하중은 허용인장응력과 단면적만으로 결정된다.

계산 과정

1. 기준 볼트 1개의 허용 하중은 $10 \times \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 250\pi$ 에 비례한다.
2. 새 볼트 1개의 허용 하중은 $2.5 \times \frac{\pi \cdot 5^2}{4} = 15.625\pi$ 에 비례한다.
3. 비율로 보면 허용인장응력은 $\frac{2.5}{10} = \frac{1}{4}$, 단면적은 $\frac{5^2}{10^2} = \frac{1}{4}$ 이므로 새 볼트 1개의 허용 하중은 기준 볼트의 $\frac{1}{16}$ 이다.
4. 따라서 같은 하중을 지지하려면 16개가 필요하다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 4개이면 새 볼트 전체 허용 하중은 기준 볼트의 $\frac{4}{16}=\frac{1}{4}$ 에 불과하다. 필요한 개수를 응력비 4만 보고 단면적 감소를 빼먹은 값이라는 점이 틀렸다. 올바르게는 16개가 필요하다.
2번 X: 8개이면 새 볼트 전체 허용 하중은 기준 볼트의 $\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$ 에 그친다. 지름이 절반이므로 단면적이 절반이 아니라 $\frac{1}{4}$ 로 줄어든다는 점을 놓친 값이라는 점이 틀렸다. 올바르게는 16개가 필요하다.
3번 O: 새 볼트 1개 용량이 기준 볼트 1개의 $\frac{1}{16}$ 이므로 같은 최대 하중을 지지하려면 16개가 필요하다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
4번 X: 64개는 응력비 4와 단면적비 4를 곱한 뒤 다시 한 번 중복해서 배수 처리한 값에 해당한다. 감소 비율 $\frac{1}{16}$ 를 역수로 한 번만 취하면 되므로 올바르게는 16개가 필요하다.

오답 포인트

지름이 절반이면 단면적도 절반이라고 착각하기 쉽다. 이 문제의 함정은 단면적이 d^2 에 비례하므로 지름이 절반이면 단면적은 $\frac{1}{4}$ 이 된다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

볼트 수를 비교하는 계산형 문제는 먼저 허용 하중이 σA 에 비례하는지 확인하고, 다음에 응력비와 단면적비를 각각 구한 뒤 마지막에 전체 비율의 역수로 필요한 개수를 판단한다.

암기 포인트

볼트 인장하중 비교는 $P \propto \sigma d^2$ 이므로 응력비와 지름비의 제곱을 함께 본다.

NoteBase

문 8. 지름 D이고 허용전단응력이 τ_s인 원형 중심축에 묻힘키(평행키)가 결합되어 최대 토크를 전달한다. 길이 $\frac{\pi}{2}D$인 키의 허용전단응력이 $2\tau_s$가 되는 키의 최소 폭은? (단, 전단응력만 고려한다)

① $\frac{D}{8}$
② $\frac{D}{6}$
③ $\frac{D}{4}$
④ $\frac{D}{3}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원형 축의 최대 전달토크와 평행키의 전단강도를 연결하여 키의 최소 폭 b를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 축 지름은 D, 축의 허용전단응력은 τ_s, 키 길이는 $l = \frac{\pi}{2}D$, 키의 허용전단응력은 $2\tau_s$이다.
구해야 할 값: 전단만 고려했을 때 키의 최소 폭 b이다.
주의할 조건: 축은 최대 토크를 전달하므로 먼저 축이 허용하는 토크를 구한 뒤, 그 토크를 키가 전단으로 버틸 수 있어야 한다.

사용할 공식

원형 실축의 최대 전달토크는 $T = \frac{\pi}{16}\tau_s D^3$이다.
키의 전단응력은 접선력 $F = \frac{2T}{D}$, 전단면적 $A = bl$에서 $\tau_k = \frac{F}{A} = \frac{2T}{Dbl}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 축과 키의 허용전단응력이 함께 주어졌고, 전단응력만 고려한다고 했으므로 축의 허용토크와 키의 전단강도를 직접 같게 두면 최소 폭을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 축이 허용하는 최대 토크는 $T = \frac{\pi}{16}\tau_s D^3$이다.
2. 키의 전단응력은 $\tau_k = \frac{2T}{Dbl}$이고, $l = \frac{\pi}{2}D$를 대입하면 $\tau_k = \frac{2T}{Db(\frac{\pi}{2}D)}$이다.
3. 여기에 $T = \frac{\pi}{16}\tau_s D^3$를 넣으면 $\tau_k = \frac{\tau_s D}{4b}$가 된다.
4. 키의 허용전단응력이 $2\tau_s$이므로 최소 폭 조건은 $\frac{\tau_s D}{4b} = 2\tau_s$이다.
5. 정리하면 $\frac{D}{4b} = 2$, 따라서 $b = \frac{D}{8}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 최소 폭은 $\frac{D}{8}$이므로 옳다.
2번 X: $\frac{D}{6}$이면 키가 버티는 전단강도는 더 커져서 사용은 가능하지만 최소 폭이라는 조건에 맞지 않는다. 틀린 표현은 최소 폭이라는 판단이고, 올바르게는 최소 폭은 $\frac{D}{8}$이다.
3번 X: $\frac{D}{4}$는 필요한 값보다 두 배 큰 폭이다. 전단 안전에는 문제가 없지만 최소 폭을 묻는 문제의 정답은 아니다. 올바르게는 최소 폭은 $\frac{D}{8}$이다.
4번 X: $\frac{D}{3}$도 충분히 큰 폭이어서 전단응력은 더 작아지지만 최소 조건을 만족하는 한계값이 아니다. 올바르게는 최소 폭은 $\frac{D}{8}$이다.

오답 포인트

키의 허용전단응력 $2\tau_s$를 보고 폭도 단순히 두 배나 절반으로 비례시켜 판단하면 틀린다. 먼저 축의 최대 토크 $T = \frac{\pi}{16}\tau_s D^3$를 구하고, 그 토크를 키 전단식 $\tau_k = \frac{2T}{Dbl}$에 넣어 한계조건으로 풀어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

축과 키가 함께 나오면 축의 허용토크를 먼저 구하고, 그 토크를 키의 전단식이나 면압식에 대입해 최소 치수를 정한다. 최소값을 묻는 문제는 허용응력과 실제응력을 같게 두는 한계조건으로 계산한다.

암기 포인트

평행키 전단은 $\tau_k = \frac{2T}{Dbl}$, 원형 실축 최대 전단토크는 $T = \frac{\pi}{16}\tau D^3$이다.

NoteBase

문 9. 양쪽 덮개판 한줄 맞대기 이음에서 허용전단응력이 6kgf/mm^{2}이고 지름이 12 mm인 리벳으로 10,000 kgf의 인장하중을 견디고자 할 때, 리벳이 전단응력에 의해 파괴되지 않는 최소 리벳 개수는?

① 7

② 9

③ 11

④ 13

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양쪽 덮개판 맞대기 이음에서 리벳 1개의 이중전단 강도를 구한 뒤 전체 하중을 견디는 최소 리벳 수를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 허용전단응력: 6 kgf/mm^2
- 리벳 지름: 12 mm
- 인장하중: 10,000 kgf

구해야 할 값:
- 리벳이 전단으로 파괴되지 않기 위한 최소 리벳 개수

주의할 조건:
- 양쪽 덮개판 맞대기 이음이므로 리벳 1개는 이중전단을 받는다.
- 한줄 맞대기 이음은 배치가 좌우 대칭이 되도록 잡으므로 채택 개수는 홀수로 정한다.

사용할 공식

리벳 1개의 전단저항은 $F = i\tau \cdot \frac{\pi d^2}{4}$이다.
여기서 $i = 2$는 이중전단, τ는 허용전단응력, d는 리벳 지름이다.
이 공식을 쓰는 이유:
이 문제는 리벳이 전단응력에 의해 파괴되지 않는 조건을 묻고 있으므로, 리벳 1개가 버틸 수 있는 전단하중을 먼저 구한 뒤 전체 하중을 그 값으로 나누어 필요한 개수를 정해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 리벳 1개의 단면적은 $\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 12^2}{4} = 36\pi \approx 113.1 mm^2$이다.
2. 이중전단이므로 리벳 1개의 허용전단하중은 $F = 2 \times 6 \times 113.1 \approx 1357 kgf$이다.
3. 필요한 리벳 수는 $n = \frac{10000}{1357} \approx 7.37$이므로 강도상 최소 8개 이상이 필요하다.
4. 다만 한줄 양쪽 덮개판 맞대기 이음은 좌우 대칭 배치를 위해 홀수 개로 채택하므로, 8개를 그대로 쓸 수 없고 가장 가까운 홀수의 최소값은 9개이다.

선지 판단

1번 7: X. 계산값 7.37보다 작아 전단강도가 부족하다. 틀린 표현은 최소 개수를 7개로 본 점이다. 올바르게는 강도상 8개 이상이 필요하고, 배치 조건까지 고려한 채택 최소치는 9개이다.
2번 9: O. 리벳 1개의 이중전단 강도를 반영하면 8개 이상이 필요하고, 한줄 맞대기 이음의 대칭 배치를 만족하는 최소 홀수 개수가 9개이므로 옳다.
3번 11: X. 11개면 하중을 견딜 수는 있지만 최소 개수는 아니다. 틀린 표현은 필요 개수를 과대하게 잡은 점이다. 올바르게는 최소 채택 개수는 9개이다.
4번 13: X. 13개도 안전 측면에서는 가능하지만 문제는 최소 리벳 개수를 묻는다. 틀린 표현은 최소 조건을 넘긴 값을 정답으로 본 점이다. 올바르게는 9개가 최소이다.

오답 포인트

이 문제는 리벳을 단순전단으로 보고 $i = 1$로 계산하거나, 강도상 8개가 나오자마자 끝내는 경우에 틀리기 쉽다. 양쪽 덮개판 맞대기 이음은 이중전단이라는 점과, 한줄 배치에서는 실제 채택 개수를 대칭 조건에 맞게 홀수로 잡는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

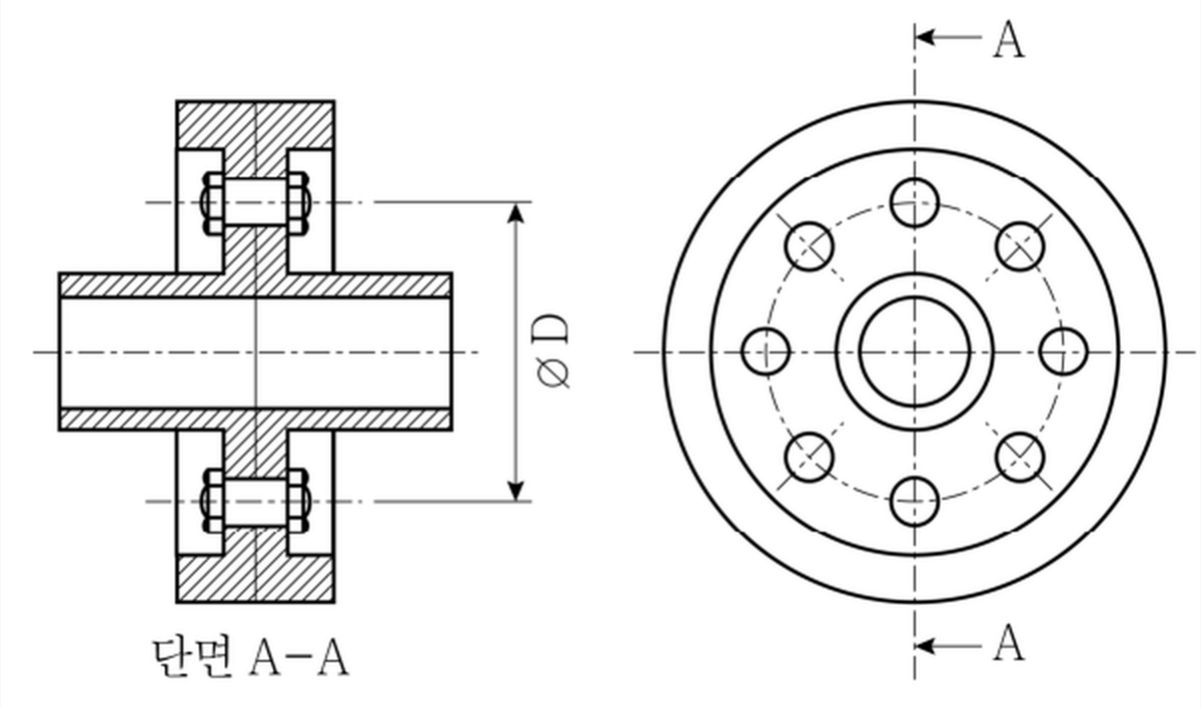
리벳 개수 문제는 먼저 전단면 수를 확인해 단순전단인지 이중전단인지 정하고, 다음으로 리벳 1개의 허용하중을 계산한 뒤 전체 하중을 나누어 최소 개수를 구한다. 마지막에는 이음 형식의 실제 배치 조건까지 반영해 채택 가능한 최소 정수를 결정한다.

암기 포인트

양쪽 덮개판 맞대기 이음은 리벳 1개가 이중전단을 받고, 한줄 배치의 최소 채택 개수는 대칭 조건까지 함께 본다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 골지름이 5 mm인 리머볼트 8개가 결합된 플랜지 커플링에 $15\text{kgf}\cdot\text{m}$의 토크를 가했을 때, 각 리머볼트에 발생하는 전단응력$[\text{kgf/mm}^2]$은? (단, 전단응력만 고려하며, $D=100\text{mm}$, $\pi=3$이다.)



① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 플랜지 커플링의 리머볼트가 전달 토크를 분담할 때 각 볼트에 작용하는 전단력과 전단응력을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 토크 $15kgf\cdot m$, 리머볼트 수 8개, 볼트 지름 $5mm$, 볼트 중심원 지름 $D=100mm$, π=3이다.
구해야 할 값은 각 리머볼트의 전단응력 kgf/mm^2이다.
주의할 조건은 토크를 8개 볼트가 균등 분담하고, 반지름은 $D/2$를 사용한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

$T = nFr$
$\tau = \frac{F}{A}, \quad A = \frac{\pi d^2}{4}$
이 공식을 쓰는 이유는 플랜지 커플링의 전달 토크가 볼트 중심원 반지름 r에서 작용하는 8개의 전단력 합으로 평형을 이루기 때문이다.

계산 과정

1. 토크를 $kgf \cdot mm$로 바꾸면 $T = 15 \times 1000 = 15000 kgf \cdot mm$ 이다.
2. 볼트 작용 반지름은 $r = \frac{D}{2} = \frac{100}{2} = 50mm$ 이다.
3. 각 볼트의 전단력은 $F = \frac{T}{nr} = \frac{15000}{8 \times 50} = 37.5kgf$ 이다.
4. 볼트 한 개의 전단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3 \times 5^2}{4} = 18.75mm^2$ 이다.
5. 전단응력은 $\tau = \frac{F}{A} = \frac{37.5}{18.75} = 2kgf/mm^2$ 이다.

선지별 해설

① X: $1kgf/mm^2$는 토크팔을 반지름 $50mm$가 아니라 지름 $100mm$로 잘못 넣어 $F = \frac{15000}{8 \times 100}$으로 계산할 때 나오는 값이다. 잘못된 부분은 토크식의 거리 사용이고, 올바르게는 반지름 $50mm$를 써서 전단응력은 $2kgf/mm^2$가 된다.
② O: 8개 볼트가 반지름 $50mm$ 위치에서 토크를 균등 분담하면 각 볼트 전단력은 $37.5kgf$이고, 단면적 $18.75mm^2$로 나누면 전단응력은 $2kgf/mm^2$가 된다.
③ X: $4kgf/mm^2$는 8개 볼트를 4개로 잘못 보고 $F = \frac{15000}{4 \times 50}$으로 계산할 때 나오는 값이다. 잘못된 부분은 하중 분담 볼트 수이고, 올바르게는 8개 전부가 토크를 분담하므로 $2kgf/mm^2$가 된다.
④ X: $8kgf/mm^2$는 토크를 실제보다 적은 2개 볼트만 받는다고 잘못 가정할 때 나오는 값이다. 잘못된 부분은 전단력 분담 개수이고, 올바르게는 8개 볼트가 균등하게 전단을 받아 $2kgf/mm^2$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $D = 100mm$를 그대로 토크팔로 넣는 실수와, 눈에 보이는 일부 볼트만 힘을 받는다고 오해하는 실수이다. 토크 문제에서는 반지름 사용 여부와 하중 분담 개수를 먼저 정리해야 오답값 1, 4, 8이 걸러진다.

다시 나오면 이렇게 판단

커플링 볼트 전단 계산은 주어진 토크를 $kgf \cdot mm$로 통일하고, 볼트 수 n, 반지름 $r = D/2$, 단면적 $A = \frac{\pi d^2}{4}$를 순서대로 넣어 $T = nFr$, $\tau = F/A$로 판단하면 된다.

암기 포인트

볼트 전단 토크 문제는 $T = nFr$, 전단응력은 $\tau = F/A$, 거리 값은 지름이 아니라 반지름이다.

NoteBase

문 11. 한 쌍의 스퍼 기어가 맞물려 회전할 때, 이의 간섭을 방지하기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?

① 압력각을 줄인다.

② 치형 수정을 한다.

③ 기어의 이높이를 줄인다.

④ 피니언의 잇수를 최소 치수 이상으로 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스퍼 기어의 간섭을 줄이는 방법과 간섭을 오히려 불리하게 만드는 조건을 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

간섭은 기어 이의 작용선 바깥에서 비정상 접촉이 생겨 원활한 물림이 깨지는 현상이다.
압력각을 크게 하면 간섭이 줄어드는 방향이고, 치형 수정, 이높이 감소, 피니언 잇수 확보도 간섭 방지에 쓰이는 방법이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 표현은 '압력각을 줄인다'이다. 실제로는 압력각을 크게 하는 쪽이 간섭 방지에 유리하다. 압력각을 줄이면 간섭 한계가 더 불리해질 수 있다.
2번: O. 치형 수정은 물림 시작과 끝의 접촉 상태를 조정하여 간섭을 줄이는 대표적 방법이다.
3번: O. 기어의 이높이를 줄이면 이끝이 상대 기어 치근 쪽으로 깊게 파고드는 정도가 작아져 간섭 가능성이 감소한다.
4번: O. 피니언의 잇수를 간섭이 생기지 않는 최소 잇수 이상으로 확보하면 간섭을 방지할 수 있다.

오답 포인트

압력각과 간섭의 관계를 반대로 외우면 1번을 맞는 선택지처럼 보기 쉽다. 간섭 방지 방향은 보통 압력각 증가, 잇수 증가, 치형 수정, 이높이 감소로 정리된다.

다시 나오면 이렇게 판단

간섭 방지 대책을 묻는 문제에서는 '더 깊게 물리게 만드는가, 간섭 여유를 키우는가'를 먼저 본다. 압력각 증가, 피니언 잇수 증가, 치형 수정, 이높이 감소는 간섭 여유를 키우는 방향이다.

암기 포인트

간섭 방지는 압력각 증가, 잇수 증가, 치형 수정, 이높이 감소이다.

NoteBase

문 12. 비틀림각이 25°, 압력각이 20°, 잇수가 36개, 치직각 모듈이 4 mm이고 보통이를 갖는 표준 헬리컬 기어의 이끝원 지름[mm]은? (단, $\cos 25^\circ = 0.9$이다)

① 116

② 128

③ 137.6

④ 168

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 치직각 모듈이 주어진 표준 헬리컬 기어에서 피치원 지름을 구한 뒤 보통이 조건을 반영하여 이끝원 지름을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 잇수 36, 비틀림각 $\beta = 25^\circ$, 치직각 모듈 $m_n = 4mm$, $\cos 25^\circ = 0.9$이다.
구해야 할 값: 이끝원 지름 d_a이다.
주의할 조건: 치직각 모듈이 주어졌으므로 피치원 지름은 $m_n/\cos\beta$로 보정한 뒤 계산하고, 보통이 표준 기어이므로 이높이 덧붙임은 한쪽당 m_n이다.

사용할 공식

피치원 지름은 $d = \frac{m_n Z}{\cos\beta}$이다.
이끝원 지름은 $d_a = d + 2m_n$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 준 모듈은 치직각 모듈이므로 먼저 헬리컬 기어의 피치원 지름을 비틀림각으로 보정해야 하고, 표준 보통이 기어는 덧붙임이 양쪽 합쳐 $2m_n$이기 때문이다.

계산 과정

1. 피치원 지름은 $d = \frac{4 \times 36}{0.9} = 160mm$이다.
2. 표준 보통이 기어의 이끝원 지름은 $d_a = d + 2m_n$이므로 $d_a = 160 + 2 \times 4$이다.
3. 따라서 $d_a = 168mm$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 116mm는 계산된 이끝원 지름 168mm와 일치하지 않는다. 치직각 모듈을 이용한 비틀림각 보정과 보통이 덧붙임이 모두 반영되지 않은 값이다. 올바르게는 168mm이다.
2번 X: 128mm는 계산된 값보다 40mm 작다. 피치원 지름을 구하는 단계에서 $\cos\beta$ 보정을 누락하거나 덧붙임을 잘못 처리하면 이런 오차가 난다. 올바르게는 168mm이다.
3번 X: 137.6mm도 계산된 이끝원 지름과 다르다. 헬리컬 기어를 평기어처럼 처리하거나 모듈 방향을 혼동하면 나올 수 있는 오답값이다. 올바르게는 168mm이다.
4번 O: 피치원 지름 160mm에 표준 보통이의 덧붙임 $2m_n = 8mm$를 더하면 168mm가 된다. 따라서 정답이다.

오답 포인트

헬리컬 기어에서 치직각 모듈이 주어졌는데 이를 그대로 평기어 모듈처럼 쓰면 피치원 지름이 작아진다. 또 표준 보통이 조건의 덧붙임 $2m_n$를 빼먹으면 최종 이끝원 지름을 틀리게 된다. 압력각 20 °는 이 문항의 이끝원 지름 계산에는 직접 쓰이지 않는 값이라는 점도 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

헬리컬 기어 치수 문제는 먼저 모듈이 어느 평면 기준인지 확인하고, 치직각 모듈이면 $d = \frac{m_n z}{\cos\beta}$로 피치원 지름을 만든 뒤, 구하는 원이 이끝원인지 루트원인지에 따라 덧붙임이나 이뿌리높이를 마지막에 반영하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

치직각 모듈이 주어진 표준 헬리컬 기어는 피치원 $d = \frac{m_n z}{\cos\beta}$, 이끝원 $d_a = d + 2m_n$으로 정리된다.

NoteBase

문 13. 안지름 100 mm, 바깥지름 140 mm, 마찰계수 0.2인 단판 마찰 클러치에 축방향 하중 100 kgf가 작용할 때, 전달할 수 있는 최대 토크 [kgf · mm]는? (단, 접촉면 압력 분포는 균일마모 조건이다)

① 1,000

② 1,200

③ 1,400

④ 1,600

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 균일압력 조건의 단판 마찰 클러치에서 평균마찰반지름을 구한 뒤 최대 전달 토크를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 안지름 $100mm$, 바깥지름 $140mm$, 마찰계수 $\mu = 0.2$, 축방향 하중 $W = 100kgf$이다.
반지름으로 바꾸면 $r_i = 50mm$, $r_o = 70mm$이다.
구해야 할 값은 최대 토크 T이다.
주의할 조건은 접촉면 압력 분포가 균일하므로 균일마모식이 아니라 균일압력식의 평균반지름을 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

균일압력 조건의 평균마찰반지름은 $r_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2}$이다.
최대 전달 토크는 $T = \mu W r_m$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 접촉면 압력 분포가 균일하다고 조건을 명시했기 때문이다.

계산 과정

1. 평균마찰반지름을 구하면 $r_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{70^3 - 50^3}{70^2 - 50^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{343000 - 125000}{4900 - 2500} \approx 60.56mm$이다.
2. 최대 토크는 $T = \mu W r_m = 0.2 \times 100 \times 60.56 \approx 1211kgf \cdot mm$이다.
3. 보기 중 $1211kgf \cdot mm$에 가장 가까운 값은 1200이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $1000 kgf \cdot mm$은 계산값 $1211 kgf \cdot mm$보다 작다. 올바르게는 최대 토크가 약 $1211 kgf \cdot mm$이므로 보기에서는 1200이 해당한다.
2번 O: 계산값이 약 $1211 kgf \cdot mm$이므로 보기 중 가장 가까운 값인 1200이 맞다.
3번 X: $1400 kgf \cdot mm$은 계산값보다 크다. 올바르게는 약 $1211 kgf \cdot mm$이며, 보기에서는 1200으로 판단한다.
4번 X: $1600 kgf \cdot mm$은 계산값과 차이가 더 크다. 올바르게는 약 $1211 kgf \cdot mm$이므로 해당하지 않는다.

오답 포인트

균일압력 조건인데 균일마모 공식을 섞어 쓰거나, 지름을 반지름으로 바꾸지 않고 바로 대입하면 오답이 된다. 이 문항은 균일마모식을 써도 수치가 1200에 가깝게 나와 개념 혼동이 숨을 수 있으므로, 조건에 맞는 공식을 구분하는 습관이 중요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

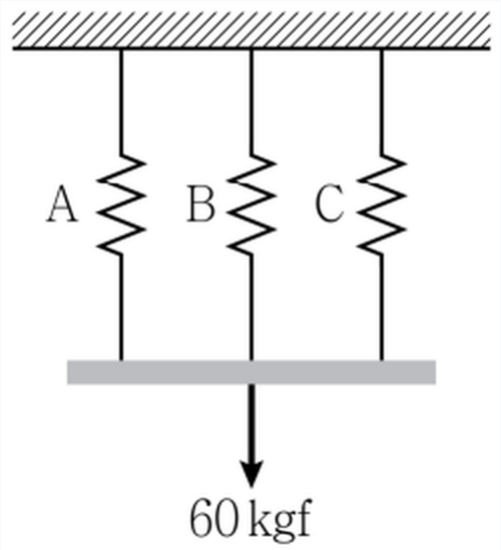
클러치 토크 문제는 먼저 조건이 균일압력인지 균일마모인지 확인하고, 다음에 지름을 반지름으로 바꾼 뒤 평균반지름을 구해 $T = \mu W r_m$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

균일압력은 $r_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2}$, 균일마모는 $r_m = \frac{r_o + r_i}{2}$로 구분한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 스프링 상수가 각각 5, 10, 15 *kgf/cm*인 코일 스프링 A, B, C가 병렬로 연결된 스프링 장치에 하중 60 kgf을 가할 때, 하중방향의 처짐량[cm]은? (단, 스프링 장치는 수평을 유지하며 자중은 무시한다)



① 1.6

② 1.8

③ 2.0

④ 2.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 연결된 코일 스프링의 합성 스프링 상수를 구한 뒤 하중방향 처짐량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 스프링 상수 A는 $5kgf/cm$, B는 $10kgf/cm$, C는 $15kgf/cm$이다.
구해야 할 값: 하중 $60kgf$를 가할 때의 처짐량이다.
주의할 조건: 세 스프링은 병렬 연결이므로 처짐량은 같고 스프링 상수는 합으로 계산된다.

사용할 공식

병렬 연결의 합성 스프링 상수는 $k_{eq} = k_1 + k_2 + k_3$이다.
처짐량은 $\delta = \frac{W}{k_{eq}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 병렬 스프링은 각 스프링의 하중 분담이 더해지므로 전체 강성은 각 스프링 상수의 합으로 계산된다.

NoteBase

계산 과정

1. 합성 스프링 상수를 구하면 $k_{eq} = 5 + 10 + 15 = 30 kgf/cm$이다.
2. 처짐량을 구하면 $\delta = \frac{60}{30} = 2.0 cm$이다.
3. 계산 결과가 $2.0 cm$이므로 정답은 ③이다.

선지별 해설

① X: $1.6 cm$는 계산 결과와 다르다. 병렬 연결에서는 스프링 상수를 더해야 하므로 처짐량은 $2.0 cm$가 되어야 한다. 틀린 값 1.6 *cm* → 올바르게는 2.0 *cm*이다.
② X: $1.8 cm$도 계산 결과와 다르다. 하중 $60 kgf$와 합성 스프링 상수 $30 kgf/cm$를 적용하면 정확한 처짐량은 $2.0 cm$이다. 틀린 값 1.8 *cm* → 올바르게는 2.0 *cm*이다.
③ O: 병렬 연결의 합성 스프링 상수는 $30 kgf/cm$이고, 처짐량은 $\delta = 60/30 = 2.0 cm$이므로 옳다.
④ X: $2.2 cm$는 합성 스프링 상수를 과소평가했을 때 나오는 오답이다. 병렬 연결에서는 강성이 커지므로 처짐량은 이보다 작은 $2.0 cm$가 된다. 틀린 값 2.2 *cm* → 올바르게는 2.0 *cm*이다.

오답 포인트

직렬 연결과 병렬 연결을 혼동하면 스프링 상수 처리 방식이 뒤바뀐다. 이 문항의 함정은 각 스프링 상수를 역수 합으로 처리하거나, 병렬인데도 강성이 커진다는 점을 놓쳐 처짐량을 크게 잡는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

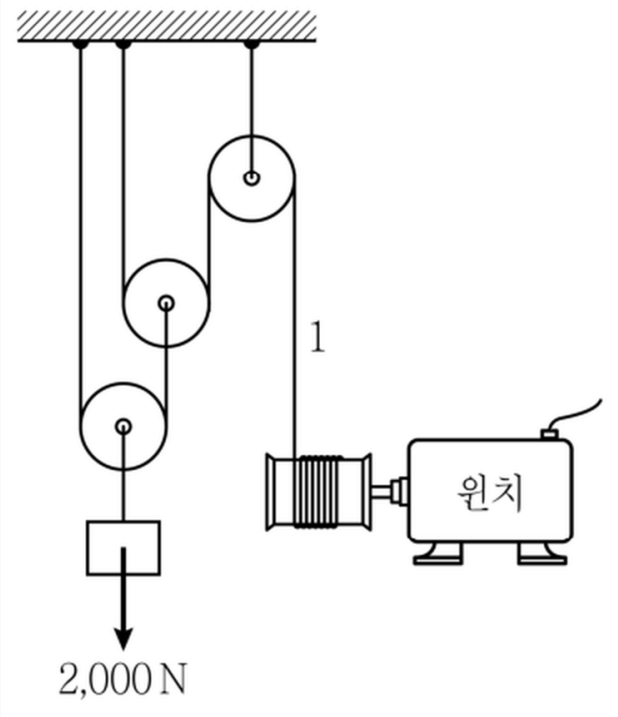
스프링 계산 문제는 먼저 연결 형태를 본다. 병렬이면 스프링 상수를 직접 더해 합성 강성을 만든 뒤 $\delta = \frac{W}{k}$로 처짐량을 계산하면 된다.

암기 포인트

병렬 스프링은 강성 합, 처짐량은 하중 나누기 합성 강성이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 윈치가 케이블을 일정한 속도로 감아서 2,000 N의 물체를 들어올릴 때, 윈치와 연결된 케이블 1번에 걸리는 장력[N]은? (단, 케이블과 도르래의 마찰과 무게는 무시한다)



① 200
② 250
③ 500
④ 750

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 복합 도르래에서 각 단계의 장력 평형을 이용해 케이블 1의 장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 하중은 $2{,}000N$이다.
구해야 할 값: 윈치와 연결된 케이블 1의 장력이다.
주의할 조건: 케이블과 도르래의 마찰, 케이블 무게를 무시하므로 같은 케이블 구간의 장력은 모두 같고 각 이동도르래는 양쪽 케이블 장력의 합으로 지지된다.

NoteBase

사용할 공식

아래 도르래에 걸린 보조 케이블 장력을 T_2, 케이블 1의 장력을 T_1이라 두면 $2T_2 = 2{,}000N$, $2T_1 = T_2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 아래 이동도르래는 보조 케이블 두 가닥이 하중을 지지하고, 위 이동도르래는 케이블 1의 두 가닥이 보조 케이블 끝단의 힘을 지지하는 구조이기 때문이다.

계산 과정

1. 아래 이동도르래에는 같은 장력 T_2의 케이블 두 가닥이 걸리므로 $2T_2 = 2{,}000N$이다.
2. 따라서 $T_2 = 1{,}000N$이다.
3. 위 이동도르래에는 케이블 1의 장력 T_1이 양쪽에서 작용하므로 $2T_1 = T_2 = 1{,}000N$이다.
4. 따라서 $T_1 = 500N$이다.

선지 판단

1번 X: 200은 계산 결과 $500N$과 다르다. 하중을 지지하는 케이블 가닥 수를 구조와 다르게 세었을 때 나오는 값이다. 올바르게는 케이블 1의 장력은 $500N$이다.
2번 X: 250은 계산 결과 $500N$과 다르다. 아래 도르래의 2배 관계와 위 도르래의 2배 관계를 한꺼번에 8등분으로 처리하면 생기기 쉬운 오답이다. 올바르게는 단계별 평형을 적용해 $500N$이 된다.
3번 O: 아래 도르래에서 $T_2 = 1{,}000N$, 위 도르래에서 $2T_1 = 1{,}000N$이므로 $T_1 = 500N$이다.
4번 X: 750은 계산 결과 $500N$과 다르다. 한 단계만 2등분하고 다른 단계의 장력 전달을 빠뜨리면 이런 값으로 흐르기 쉽다. 올바르게는 케이블 1의 장력은 $500N$이다.

오답 포인트

복합 도르래에서는 보이는 줄 수를 한 번에 세기보다 이동도르래마다 평형식을 따로 세워야 한다. 이 문제에서는 아래 도르래의 장력 T_2와 케이블 1의 장력 T_1을 같은 값으로 두면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

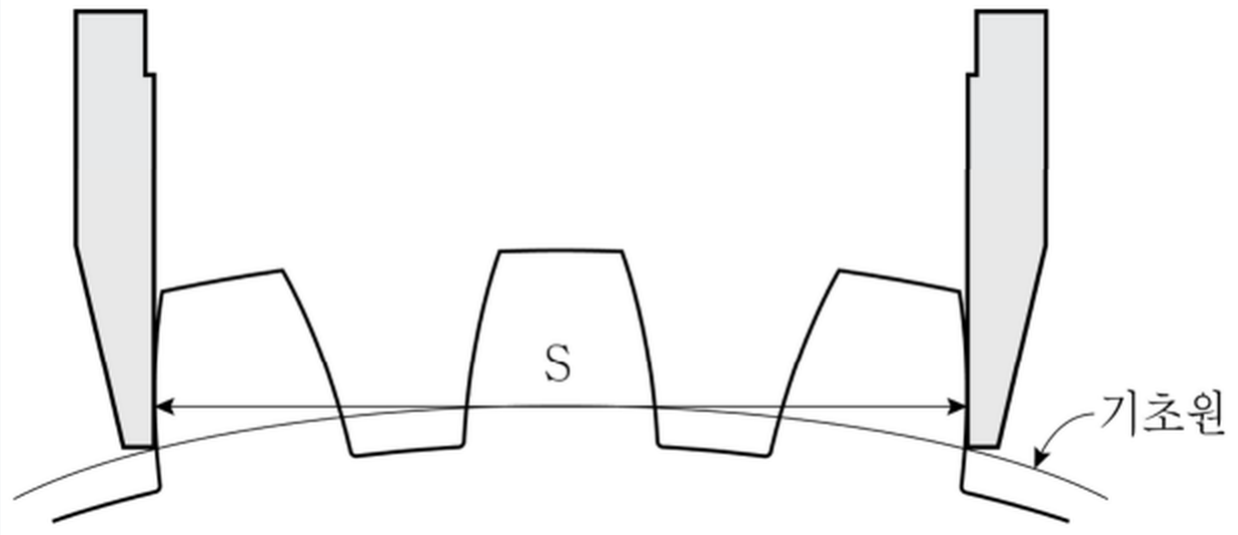
복합 도르래 문제는 케이블 종류를 먼저 구분한 뒤 이동도르래마다 '양쪽 장력의 합 = 지지 하중'을 순서대로 적용하면 된다. 마지막에 구한 장력이 어떤 케이블의 값인지 확인하면 된다.

암기 포인트

같은 케이블의 장력은 일정하고, 이동도르래 하나는 양쪽 장력 두 개로 하중을 지지한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 걸치기 이두께법을 사용하여 인벌류트 치형인 3개의 이를 측정한 이두께가 S이고 법선피치가 p_n일 때, 기초원주상의 이두께는?



① $S-2p_n$

② $S-3p_n$

③ $2S-p_n$

④ $3S-p_n$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 걸치기 이두께법에서 측정 이두께와 기초원주상의 이두께의 관계를 이용해 값을 정리하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 3개의 이를 걸쳐 측정한 이두께가 S이고, 법선피치가 p_n이다.
구해야 할 값: 기초원주상의 이두께이다.
주의할 조건: 3개의 이를 걸치면 이 사이에 들어가는 피치 수는 3개가 아니라 2개이다.

사용할 공식

$S = s_b + (z-1)p_n$
여기서 s_b는 기초원주상의 이두께이고, z는 걸쳐 측정한 이 수이다.
이 공식을 쓰는 이유: 걸치기 이두께 S는 기준이 되는 기초원주상의 이두께에, 걸친 이들 사이에 포함된 법선피치들을 더한 전체 길이이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 기초원주상의 이두께를 s_b라 두면 3개의 이를 걸친 경우 $z = 3$이다.
2. 공식에 대입하면 $S = s_b + (3 - 1)p_n = s_b + 2p_n$이다.
3. 이를 s_b에 대하여 정리하면 $s_b = S - 2p_n$이다.

선지별 해설

① O: 3개의 이를 걸친 측정 이두께 S는 기초원주상의 이두께 s_b와 그 사이의 법선피치 2개를 더한 값이다. 따라서 $s_b = S - 2p_n$이므로 옳다.
② X: "3개의 이를 측정했으니 피치도 3개를 뺀다"는 해석이 틀렸다. 3개의 이 사이 간격은 2개뿐이므로 올바르게는 기초원주상의 이두께가 $S - 2p_n$이다.
③ X: "측정값 S를 두께의 두 배처럼 처리한다"는 해석이 틀렸다. S는 이미 걸친 전체 길이이므로 두 배를 할 이유가 없고, 올바르게는 $S - 2p_n$이다.
④ X: "S를 3배로 확장한 뒤 피치를 뺀다"는 해석이 틀렸다. 걸치기 이두께는 배수 확장이 아니라 포함된 피치 수만큼을 빼서 구하므로 올바르게는 $S - 2p_n$이다.

오답 포인트

걸친 이 수와 그 사이의 피치 수를 같은 개수로 보는 실수가 가장 흔하다. 3개의 이를 걸치면 피치는 2개, 4개의 이를 걸치면 피치는 3개라는 관계를 놓치면 ②처럼 한 피치를 더 빼는 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

걸치기 이두께법은 먼저 걸친 이 수를 z로 두고, 사이에 포함되는 피치 수를 항상 $z - 1$로 판단한다. 그다음 $S = s_b + (z - 1)p_n$을 세운 뒤 구하려는 두께만 남기도록 정리하면 된다.

암기 포인트

걸친 이가 3개이면 피치는 2개이므로 $S = s_b + 2p_n$이다.

NoteBase

문 17. 동력전달 장치인 타이밍 벨트에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① V벨트에 비해 속도의 범위가 넓다.

② 유연성(굴곡성)이 좋지 않아 작은 풀리에는 사용할 수 없다.

③ 초기장력이 작으므로 베어링에 작용하는 하중을 작게 할 수 있다.

④ 벨트와 풀리 간의 미끄럼이 없어 정확한 회전 각속도비가 유지된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 타이밍 벨트의 동기전동 특성과 V벨트 대비 장단점을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

타이밍 벨트는 벨트 이빨과 풀리 이빨이 맞물려 동력을 전달하는 동기전동 벨트이다. 핵심 키워드는 무미끄럼, 정확한 속도비 유지, 작은 초기장력, 작은 풀리 적용 가능이다.

선지별 해설

1번: O. 타이밍 벨트는 치형 맞물림으로 동력을 전달하므로 미끄럼 보정이 필요 없는 동기전동이 가능하다. 그래서 V벨트보다 속도비를 정확하게 유지할 수 있고 적용 속도 범위도 넓은 편이다.
2번: X. 틀린 부분은 "유연성(굴곡성)이 좋지 않아 작은 풀리에는 사용할 수 없다"이다. 타이밍 벨트는 비교적 작은 풀리에도 적용할 수 있고, 소형·정밀 전동에 많이 쓰인다. 올바르게는 "굴곡성이 비교적 좋아 작은 풀리에도 사용할 수 있다"이다.
3번: O. 타이밍 벨트는 마찰력보다 치형 맞물림에 의존하므로 V벨트보다 큰 초기장력이 필요하지 않다. 따라서 축과 베어링에 작용하는 하중을 작게 할 수 있다.
4번: O. 타이밍 벨트는 벨트와 풀리 사이가 이빨로 맞물리므로 운전 중 미끄럼이 거의 없고 정확한 회전 각속도비를 유지한다. 정밀한 위치 결정이나 동기 회전에 적합한 이유가 여기에 있다.

오답 포인트

타이밍 벨트를 일반 마찰식 벨트와 같은 감각으로 보면 2번에 속기 쉽다. 이 문항의 함정은 "작은 풀리에 사용할 수 없다"라는 절대적 표현이며, 실제 특징은 작은 풀리 적용과 낮은 초기장력 쪽에 가깝다.

다시 나오면 이렇게 판단

벨트에 이빨이 있어 풀리와 맞물리면 먼저 동기전동 여부를 판단한다. 동기전동이면 무미끄럼, 정확한 속도비 유지, 초기장력 감소, 소형 풀리 적용 가능성을 우선 연결하면 정답을 빠르게 고를 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

타이밍 벨트는 치형 맞물림이므로 무미끄럼, 저초기장력, 소풀리 적용이 핵심이다.

NoteBase

문 18. 평벨트가 풀리 부분에서 인장응력과 굽힘응력을 동시에 받을 때, 벨트에 발생하는 최대 응력은? (단, b는 벨트의 폭, t는 벨트의 두께, D_1은 큰 풀리 지름, D_2는 작은 풀리 지름, T_s는 벨트의 이완측 장력, T_t는 벨트의 긴장측 장력, E는 벨트의 탄성계수이다)

① $\frac{T_s}{bt} + E\frac{t}{D_1 + t}$
② $\frac{T_t}{bt} + E\frac{t}{D_1 + t}$
③ $\frac{T_s}{bt} + E\frac{t}{D_2 + t}$
④ $\frac{T_t}{bt} + E\frac{t}{D_2 + t}$

정답 4번

출제 포인트

벨트의 최대 응력은 긴장측 인장응력과 벨트를 더 많이 굽히는 작은 풀리에서의 굽힘응력을 합해 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: b는 벨트의 폭, t는 벨트의 두께, D_1은 큰 풀리 지름, D_2는 작은 풀리 지름, T_s는 이완측 장력, T_t는 긴장측 장력이다.
구해야 할 값: 벨트에 발생하는 최대 응력이다.
주의할 조건: 최대 응력은 장력이 큰 쪽과 곡률이 큰 쪽이 동시에 겹치는 위치에서 생기므로 긴장측과 작은 풀리를 함께 본다.

사용할 공식

$\sigma_{\max} = \sigma_t + \sigma_b = \frac{T_t}{bt} + E\frac{t}{D_2 + t}$
이 공식을 쓰는 이유: 인장응력은 벨트 장력이 가장 큰 긴장측에서 최대가 되고, 굽힘응력은 지름이 더 작은 풀리에서 더 크게 발생하기 때문이다.

계산 과정

1. 인장응력의 최대값은 긴장측 장력 T_t를 써서 $\frac{T_t}{bt}$로 잡는다.
2. 굽힘응력의 최대값은 곡률이 가장 큰 작은 풀리에서 생기므로 $E\frac{t}{D_2 + t}$를 쓴다.
3. 두 응력이 동시에 작용하는 위치의 합응력이 최대이므로 $\sigma_{\max} = \frac{T_t}{bt} + E\frac{t}{D_2 + t}$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{T_s}{bt} + E\frac{t}{D_1 + t}$는 이완측 장력과 큰 풀리를 쓴 식이어서 둘 다 최대 응력 조건과 맞지 않는다. 틀린 부분은 T_s와 D_1이며, 올바르게는 $\frac{T_t}{bt} + E\frac{t}{D_2 + t}$이다.
② X: 긴장측 장력 T_t는 맞지만 굽힘응력에 큰 풀리 지름 D_1을 쓴 점이 틀리다. 굽힘응력은 더 많이 휘는 작은 풀리 기준이므로 올바르게는 $E\frac{t}{D_2 + t}$이다.
③ X: 작은 풀리 D_2를 쓴 점은 맞지만 인장응력에 이완측 장력 T_s를 넣은 점이 틀리다. 최대 인장응력은 긴장측에서 생기므로 올바르게는 $\frac{T_t}{bt}$이다.
④ O: 긴장측 장력 T_t와 작은 풀리 지름 D_2를 함께 써서 인장응력과 굽힘응력이 모두 최대가 되는 조건을 반영한 식이므로 옳다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 최대 응력을 만드는 두 조건을 따로 보지 않고 한쪽만 맞추는 데 있다. 긴장측과 이완측을 바꾸거나, 큰 풀리와 작은 풀리를 바꾸면 각각 ③번이나 ②번 같은 오답으로 흐르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

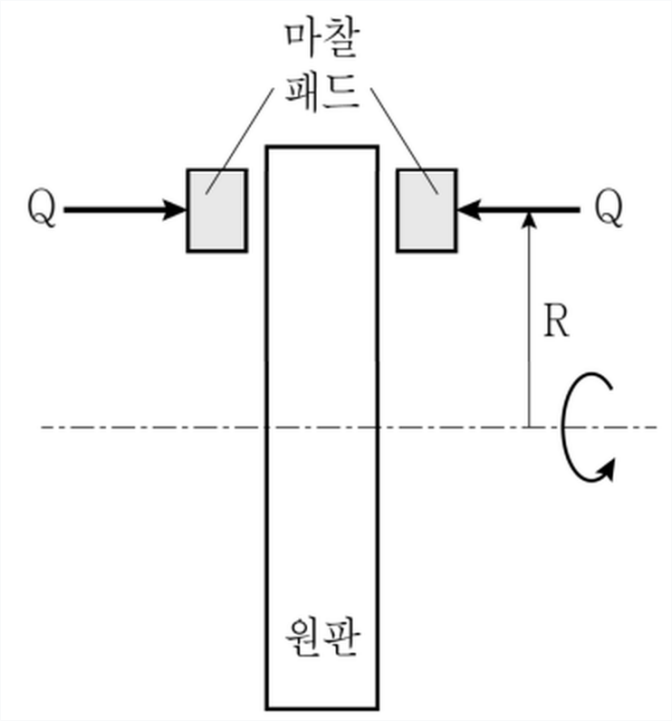
벨트 응력 문제는 먼저 어느 쪽 장력이 큰지 확인하고, 다음으로 어느 풀리가 더 작은지 확인한 뒤 인장응력과 굽힘응력을 합해 판단한다.

암기 포인트

최대 벨트응력은 긴장측 T_t와 작은 풀리 D_2의 조합이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 양쪽에 원형 마찰 패드를 가진 캘리퍼형 원판 브레이크에서 제동 토크가 $100\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}$, 한 쪽의 마찰 패드가 원판을 수직으로 미는 힘 $Q=1{,}000\mathrm{N}$, 패드와 원판 사이의 마찰계수가 0.2일 때, 원판의 중심으로부터 마찰 패드의 중심까지의 거리 $R[mm]$은?



① 500

② 250

③ 125

④ 62.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 양쪽 마찰 패드가 작용하는 캘리퍼형 원판 브레이크의 제동 토크 식으로부터 마찰 패드 중심 반지름을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 제동 토크 $T=100N\cdot m$, 한쪽 패드의 누름힘 $Q=1000N$, 마찰계수 $\mu=0.2$이다.
구해야 할 값은 원판 중심부터 패드 중심까지의 거리 R이다.
주의할 조건은 캘리퍼형이므로 양쪽 패드가 각각 마찰 토크를 만든다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

원판 브레이크의 전체 제동 토크는 두 패드가 만드는 마찰 토크의 합이다.
$T = 2\mu QR$
이 공식을 쓰는 이유는 한쪽 패드의 마찰력은 μQ이고, 같은 조건의 패드가 반대쪽에도 하나 있으므로 토크가 두 배가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 한쪽 패드의 마찰력은 $F = \mu Q = 0.2 \times 1000 = 200N$이다.
2. 양쪽 두 패드가 작용하므로 전체 토크는 $T = 2FR = 2 \times 200 \times R = 400R$이다.
3. $100 = 400R$이므로 $R = 0.25m$이다.
4. $0.25m = 250mm$이므로 보기 ②와 일치한다.

선지별 해설

① X: $500mm$는 한쪽 패드만 작용한다고 보고 $T = \mu QR$로 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 양쪽 패드의 토크를 합쳐 $T = 2\mu QR$로 계산하므로 $R = 250mm$이다.
② O: 양쪽 패드의 마찰력이 각각 μQ씩 작용하므로 전체 제동 토크는 $T = 2\mu QR$이다. 따라서 $R = \frac{100}{2 \times 0.2 \times 1000} = 0.25m = 250mm$가 되어 정답과 일치한다.
③ X: $125mm$는 작용면 수를 실제보다 더 많이 잡아 토크를 과대평가할 때 나오는 오답값이다. 올바르게는 양쪽 두 패드만 반영하여 $R = 250mm$로 계산한다.
④ X: $62.5mm$는 작용면 수나 힘을 중복 반영해 반지름을 지나치게 작게 계산한 값이다. 올바르게는 두 패드 기준으로 한 번만 합산한 $T = 2\mu QR$를 써서 $R = 250mm$로 본다.

오답 포인트

문장에 제시된 \"한쪽의 마찰 패드가 원판을 수직으로 미는 힘 Q\"라는 표현 때문에 한쪽 패드만 식에 넣기 쉽다. 그러나 캘리퍼형 원판 브레이크는 좌우 두 패드가 동시에 작용하므로 토크 식에 2가 반드시 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

원판 브레이크 계산 문제는 먼저 마찰력이 몇 면에서 작용하는지 확인하고, 그다음 한 면의 마찰력 μQ를 구한 뒤 전체 토크를 합산하는 순서로 판단한다. 마지막에는 m와 mm 단위를 다시 맞춰 본다.

암기 포인트

양쪽 패드가 있는 캘리퍼형 원판 브레이크는 $T = 2\mu QR$이고, 2를 빠뜨리면 반지름이 두 배로 잘못 나온다.

NoteBase

문 20. 원추 접촉면의 평균 지름이 500mm**, 마찰면의 폭이** 50mm**, 허용 접촉면 압력이** 0.1N/mm^2**, 마찰계수가 0.2, 회전 속도가** 1,000rpm**인 원추 클러치가 전달할 수 있는 최대동력**[kW]**은? (단, 접촉면 압력 분포는 균일마모 조건이고,** $\pi = 3$**이다)**

① 32.5

② 37.5

③ 42.5

④ 47.5

정답 2번

출제 포인트

균일마모 조건의 원추 클러치에서 허용 접촉압력으로 최대토크를 구한 뒤, 회전속도로 최대전달동력을 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 평균지름 $D_m = 500mm$, 평균반지름 $R_m = 250mm$, 마찰면 폭 $b = 50mm$, 허용 접촉압력 $p = 0.1N/mm^2$, 마찰계수 $\mu = 0.2$, 회전속도 $N = 1000rpm$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값은 최대전달동력 P이다.
균일마모 조건의 원추 클러치이므로 평균지름과 허용압력을 이용해 최대토크를 계산할 수 있다.

사용할 공식

$T = \mu\pi D_m b p R_m$
$P = \frac{2\pi NT}{60}$
이 공식을 쓰는 이유는 균일마모 조건의 원추 클러치에서는 허용 접촉압력으로 최대토크를 구한 뒤, 회전속도를 이용해 동력으로 바로 환산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 최대토크를 계산하면
$T = 0.2 \times 3 \times 500 \times 50 \times 0.1 \times 250 = 375000N \cdot mm = 375N \cdot m$
2. 이를 동력식에 대입하면
$P = \frac{2 \times 3 \times 1000 \times 375}{60} = 37500W = 37.5kW$
3. 따라서 원추 클러치가 전달할 수 있는 최대동력은 $37.5kW$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과가 $37.5kW$이므로 $32.5kW$는 틀린 수치이다. 올바르게는 $37.5kW$이다.
② O: 계산된 최대전달동력이 $37.5kW$이므로 옳다.
③ X: $42.5kW$는 계산된 최대전달동력보다 큰 오답 수치이다. 올바르게는 $37.5kW$이다.
④ X: $47.5kW$는 계산 결과와 일치하지 않는 과대값이다. 올바르게는 $37.5kW$이다.

오답 포인트

토크를 $N \cdot mm$로 구한 뒤 $N \cdot m$로 환산하지 않거나, 평균지름에서 평균반지름 $250mm$를 만들지 않으면 전혀 다른 수치가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

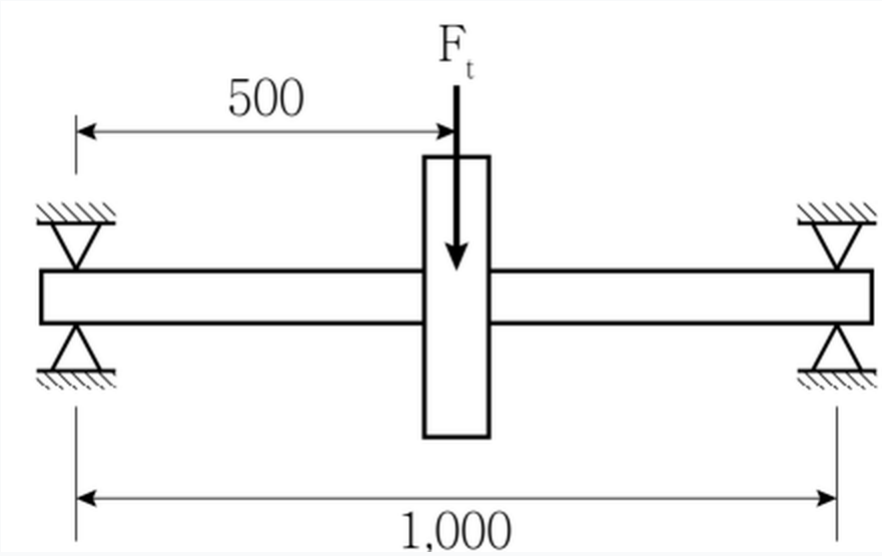
균일마모 클러치 문제는 평균지름으로 평균반지름을 구하고, 허용압력으로 최대토크를 계산한 다음, 마지막에 $P = \frac{2\pi NT}{60}$로 동력을 환산하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

균일마모 원추 클러치는 허용압력으로 T를 구하고, 회전수로 P를 환산하는 구조이다.

NoteBase

문 21. 그림과 같이 회전 속도 500 rpm, 동력 10 PS를 전달하는 길이 1,000 mm인 축의 중앙에 피치원지름이 200 mm인 기어가 연결되어 있을 때, 축에 발생하는 최대굽힘모멘트[kgf·mm]는? (단, 외력은 피치원에 수직인 접선력 F_t만 고려하고, 축은 양단 단순지지보로 가정하며, 축과 기어의 무게는 무시한다)



① 24,710

② 35,810

③ 44,750

④ 59,120

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전달동력과 회전속도로 접선력 F_t를 구한 뒤, 중앙집중하중을 받는 단순지지보의 최대굽힘모멘트 M_{max}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 동력 $P = 10PS$, 회전속도 $n = 500rpm$, 기어 피치원지름 $d = 200mm$, 축 길이 $L = 1{,}000mm$ 이다.
구해야 할 값: 축에 발생하는 최대굽힘모멘트이다.
주의할 조건: 외력은 피치원 접선력 F_t만 고려하고, 기어가 중앙에 있으므로 중앙집중하중으로 본다.

NoteBase

사용할 공식

전달토크는 $T = \frac{71620P}{n}(kgf \cdot cm)$ 이다. 접선력은 $F_t = \frac{2T}{d}$ 이고, 중앙집중하중을 받는 단순지지보의 최대굽힘모멘트는 $M_{max} = \frac{F_t L}{4}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 동력과 회전속도에서 먼저 토크를 구할 수 있고, 그 토크를 기어 피치원에서의 접선력으로 바꾸면 축은 중앙에서 하중을 받는 보와 같아지기 때문이다.

계산 과정

1. 전달토크는 $T = \frac{71620 \times 10}{500} = 1432.4(kgf \cdot cm) = 14{,}324(kgf \cdot mm)$ 이다.
2. 접선력은 $F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \times 14{,}324}{200} = 143.24(kgf)$ 이다.
3. 최대굽힘모멘트는 $M_{max} = \frac{F_t L}{4} = \frac{143.24 \times 1{,}000}{4} = 35{,}810(kgf \cdot mm)$ 이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 최대굽힘모멘트는 $35{,}810(kgf \cdot mm)$이므로 24,710은 맞지 않는다. 접선력 산정이나 $M_{max} = \frac{WL}{4}$ 적용이 잘못된 값이며, 올바르게는 최대굽힘모멘트가 $35{,}810(kgf \cdot mm)$이다.
② O: 접선력 $143.24(kgf)$를 중앙집중하중으로 보면 최대굽힘모멘트는 $35{,}810(kgf \cdot mm)$이 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
③ X: 44,750은 계산 결과 35,810보다 크므로 틀리다. 보의 최대굽힘모멘트 식이나 토크를 힘으로 바꾸는 단계가 어긋난 값이며, 올바르게는 $35{,}810(kgf \cdot mm)$이다.
④ X: 59,120은 중앙에 작용하는 접선력을 단순지지보로 처리한 결과와 맞지 않는다. 하중 위치나 보 공식 적용을 잘못한 값이고, 올바르게는 최대굽힘모멘트가 $35{,}810(kgf \cdot mm)$이다.

오답 포인트

토크를 구한 뒤 바로 굽힘모멘트로 넘기거나, 피치원지름 d를 써야 하는데 반지름과의 관계를 놓치면 오답이 된다. 또 중앙집중하중을 받는 단순지지보의 최대굽힘모멘트를 $\frac{WL}{4}$가 아니라 다른 식으로 적용하면 값이 크게 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

동력 전달 축 문제는 동력과 회전속도로 토크를 구하고, 토크를 접선력으로 바꾼 뒤, 마지막에 그 힘이 축에 어떻게 작용하는지만 보 문제로 연결해서 판단하면 된다.

암기 포인트

기어가 축 중앙에 있으면 $T \rightarrow F_t \rightarrow \frac{WL}{4}$ 순서로 최대굽힘모멘트를 구한다.

NoteBase

문 22. 단열 앵귤러 볼베어링에 축방향 하중 (F_a) 3 kN, 반경방향 하중 (F_r) 4 kN이 동시에 작용할 때, 이 베어링의 정격수명[회전수]은? (단, 기본 동정격하중은 30 kN, 반경방향 및 축방향 하중계수는 각각 X, Y로 아래 표를 참고하고, 이 외의 다른 계수는 고려하지 않는다)

베어링 형식	접촉각	e	단열 베어링			
			$\frac{F_a}{F_r} \le e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
			X	Y	X	Y
앵귤러 볼베어링	30°	0.8	1	0	0.39	0.76

① $\left(\frac{30,000}{3,000}\right)^3 \times 10^6$
② $\left(\frac{30,000}{3,840}\right)^3 \times 10^6$
③ $\left(\frac{30,000}{4,000}\right)^3 \times 10^6$
④ $\left(\frac{30,000}{5,000}\right)^3 \times 10^6$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단열 앵귤러 볼베어링의 등가동하중 P를 판정한 뒤 정격수명 L_{10}을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 $F_a = 3kN$, $F_r = 4kN$, 기본 동정격하중 $C = 30kN$이다.
비교값은 $F_a/F_r = 3/4 = 0.75$이고, 표의 경계값은 $e = 0.8$이다.
$0.75 \le 0.8$이므로 이 경우의 계수는 $X = 1$, $Y = 0$이다.
구해야 할 값은 정격수명 L_{10}의 회전수이다.

사용할 공식

등가동하중은 $P = XF_r + YF_a$이다.
정격수명은 $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 10^6$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 축방향 하중과 반경방향 하중이 동시에 작용하는 단열 앵귤러 볼베어링에서 먼저 표의 조건으로 X, Y를 정한 뒤, 그 결과로 등가동하중 P를 구해 수명식을 적용해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $F_a/F_r = 3/4 = 0.75$이므로 $F_a/F_r \le e$ 구간을 적용한다.
2. 따라서 $P = XF_r + YF_a = 1 \times 4 + 0 \times 3 = 4kN$이다.
3. $C = 30kN$, $P = 4kN$이므로 $L_{10} = \left(\frac{30}{4}\right)^3 \times 10^6 = \left(\frac{30{,}000}{4{,}000}\right)^3 \times 10^6$이다.

선지 판단

1번 X: 이 값은 등가동하중을 $P = 3{,}000N$으로 놓은 계산이다. 이 문항에서는 $F_a/F_r = 0.75 \le 0.8$이므로 $X = 1$, $Y = 0$이어서 P는 축하중이 아니라 반경방향 하중인 $4{,}000N$이 된다. 올바르게는 $(30{,}000/4{,}000)^3 \times 10^6$이다.
2번 X: 이 값은 $F_a/F_r > e$일 때의 계수 $X = 0.39$, $Y = 0.76$을 잘못 적용하여 $P = 0.39 \times 4{,}000 + 0.76 \times 3{,}000 = 3{,}840N$으로 계산한 결과이다. 이 문항은 $F_a/F_r \le e$ 구간이므로 올바르게는 $X = 1$, $Y = 0$을 적용한다.
3번 O: $F_a/F_r = 0.75 \le 0.8$이므로 $P = 4{,}000N$이고, 따라서 정격수명은 $(30{,}000/4{,}000)^3 \times 10^6$이 된다.
4번 X: 이 값은 등가동하중을 단순히 $F_r + F_a = 5{,}000N$으로 합산한 계산이다. 베어링 등가동하중은 표의 계수 X, Y를 사용해 구해야 하므로 단순합은 틀리다. 올바르게는 $P = 4{,}000N$이다.

오답 포인트

표에서 먼저 F_a/F_r와 e를 비교하지 않으면 ②처럼 다른 구간의 X, Y를 가져오거나 ④처럼 하중을 단순합하는 실수를 한다. ①은 축하중이 함께 작용한다는 이유만으로 P를 F_a로 오인한 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

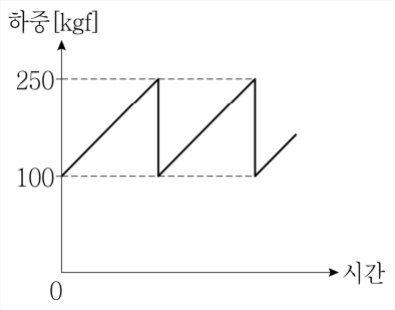
복합하중 베어링 수명 문제는 F_a/F_r와 e를 먼저 비교하고, 그 구간의 X, Y로 $P = XF_r + YF_a$를 구한 뒤, 마지막에 $L_{10} = (C/P)^3 \times 10^6$을 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

단열 앵귤러 볼베어링 수명은 비교식 F_a/F_r로 X, Y를 먼저 정하고, 수명식에는 그 결과인 등가동하중 P를 넣는다.

NoteBase

문 23. 그림과 같이 베어링 하중이 일정한 방향으로 최대 250 kgf, 최소 100 kgf로 선형 파동형으로 반복 변화하고 각속도 500 rpm으로 회전하는 단열 깊은 홈 볼베어링에서 수명시간이 100,000시간일 때, 최소 동정격하중[kgf]은? (단, 하중계수는 1.5이다)



① 1,000 $\sqrt[3]{3}$

② 1,500 $\sqrt[3]{3}$

③ 2,000 $\sqrt[3]{3}$

④ 3,000 $\sqrt[3]{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 선형 파동형으로 변하는 볼베어링 하중의 평균등가하중을 구한 뒤, 수명식으로 최소 동정격하중을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 최소 하중은 $100kgf$, 최대 하중은 $250kgf$, 회전수는 $500rpm$, 수명시간은 100,000시간, 하중계수는 1.5이다.
구해야 할 값: 최소 동정격하중 C이다.
주의할 조건: 단열 깊은 홈 볼베어링이므로 수명지수는 3이고, 선형 파동형 하중은 $F_m \approx \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$의 근사식을 적용한다.

사용할 공식

평균등가하중은 $F_m \approx \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$이다.
설계하중은 하중계수를 반영하여 $P = 1.5F_m$이다.
볼베어링의 수명식은 $L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$이고, 따라서 $C = PL^{1/3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 하중이 일정한 방향으로 선형 파동형 반복변화한다고 주어져 있어 평균등가하중의 근사식을 먼저 적용한 뒤, 그 하중으로 기본정격수명을 만족하는 C를 역산해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 평균등가하중은
$F_m \approx \frac{100 + 2 \times 250}{3} = 200kgf$
이다.
2. 하중계수를 반영한 설계하중은
$P = 1.5 \times 200 = 300kgf$
이다.
3. 총수명 회전수는 $60 \times 500 \times 100{,}000 = 3.0 \times 10^9$회이므로, 백만 회전 기준 수명은
$L = \frac{3.0 \times 10^9}{10^6} = 3000$
이다.
4. 따라서 최소 동정격하중은
$C = PL^{1/3} = 300 \times 3000^{1/3} = 300 \times 10\sqrt[3]{3} = 3000\sqrt[3]{3}kgf$
이다.

선지별 해설

① X: $1{,}000\sqrt[3]{3}kgf$는 약 $1442kgf$로 필요한 $3000\sqrt[3]{3}kgf$보다 작다. 틀린 표현은 \"$1{,}000\sqrt[3]{3}kgf$\"이고, 올바르게는 \"$3000\sqrt[3]{3}kgf$\"이다. 이는 최소하중 쪽만 지나치게 작게 반영한 과소평가이다.
② X: $1{,}500\sqrt[3]{3}kgf$는 약 $2163kgf$로 역시 부족하다. 틀린 표현은 \"$1{,}500\sqrt[3]{3}kgf$\"이고, 올바르게는 \"$3000\sqrt[3]{3}kgf$\"이다. 이는 $\frac{2F_{min} + F_{max}}{3}$처럼 최대하중보다 최소하중을 더 크게 반영한 잘못에서 나올 수 있다.
③ X: $2{,}000\sqrt[3]{3}kgf$는 약 $2884kgf$로 정답보다 작다. 틀린 표현은 \"$2{,}000\sqrt[3]{3}kgf$\"이고, 올바르게는 \"$3000\sqrt[3]{3}kgf$\"이다. 이 값은 평균등가하중 $200kgf$까지만 구하고 하중계수 1.5를 빠뜨리면 나온다.
④ O: 평균등가하중 $200kgf$에 하중계수 1.5를 곱해 설계하중 $300kgf$를 만든 뒤, $L = 3000$을 적용하면 $C = 3000\sqrt[3]{3}kgf$가 된다. 보기 ④가 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 선형 파동형 하중의 평균등가하중을 단순평균이나 최소하중 중심으로 잘못 잡는 경우와, 마지막에 하중계수 1.5를 누락하는 경우이다. 특히 ③은 평균등가하중까지는 맞고 하중계수만 빠뜨린 전형적인 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

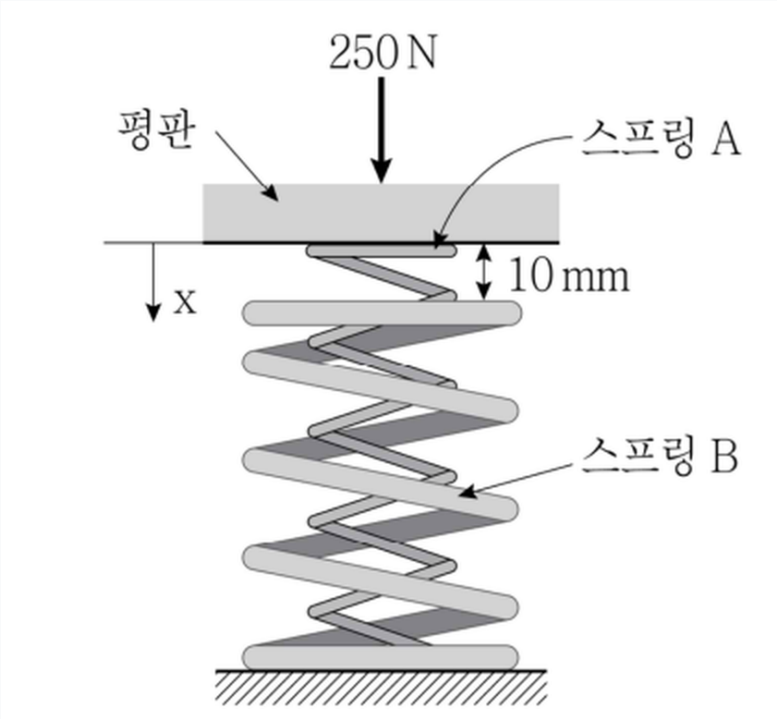
베어링 계산형 문제는 하중 파형에 맞는 평균등가하중 식을 먼저 정하고, 그 값에 하중계수를 곱해 설계하중을 만든 뒤, 수명을 백만 회전 단위로 바꾸어 $L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

선형 파동형 볼베어링 하중은 $F_m \approx \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$, 최종 정격하중은 $C = PL^{1/3}$로 연결된다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 스프링 A가 스프링 B보다 위쪽으로 $10mm$ 더 길게 나와 있고 $250N$의 힘을 수직으로 평판에 가하는 경우 평판의 이동거리 $x[mm]$는? (단, 스프링 A, B의 스프링 상수는 각각 $5N/mm$, $15N/mm$ 이고, 평판과 스프링의 무게는 무시하며, 스프링은 탄성변형만 한다고 가정한다)



① 18

② 20

③ 22

④ 24

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 초기 간격이 있는 병렬 스프링에서 접촉 전후의 유효 스프링 상수를 나누어 평판의 총 이동거리 x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 스프링 A의 스프링 상수는 $5N/mm$, 스프링 B의 스프링 상수는 $15N/mm$, 스프링 A는 스프링 B보다 위로 $10mm$ 더 돌출되어 있다.
구해야 할 값: 평판의 이동거리 x.
주의할 조건: 처음 $10mm$ 구간에서는 스프링 A만 작용하고, 그 이후에는 A와 B가 함께 작용한다.

NoteBase

사용할 공식

접촉 전에는 $F = k_A\delta$, 접촉 후 추가 변위 y에 대해서는 $F_{add} = (k_A + k_B)y$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 스프링 B는 처음부터 닿아 있지 않으므로 처음부터 병렬합성 $(k_A + k_B)$를 적용하면 안 되고, 접촉 시점을 기준으로 하중 분담을 나누어야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 평판이 $10mm$ 내려가 스프링 B에 닿기 전까지는 스프링 A만 압축된다. 이때 필요한 힘은 $F_1 = 5 \times 10 = 50N$이다.
2. 전체 하중은 $250N$이므로, 스프링 B가 닿은 뒤 추가로 부담할 하중은 $250 - 50 = 200N$이다.
3. 그 이후에는 두 스프링이 함께 작용하므로 유효 스프링 상수는 $5 + 15 = 20N/mm$이다.
4. 추가 변위를 y라 두면 $20y = 200$이므로 $y = 10mm$이다.
5. 따라서 총 이동거리는 $x = 10 + 10 = 20mm$이다.

선지별 해설

① X: $18mm$는 초기 $10mm$ 단독 압축 구간과 접촉 후 병렬 작용 구간을 정확히 나누지 못한 값이다. 올바른 이동거리는 $20mm$이다.
② O: 처음 $10mm$에서는 스프링 A만 작용해 $50N$을 부담하고, 남은 $200N$은 병렬 강성 $20N/mm$으로 $10mm$ 더 내려가므로 총 $20mm$가 된다.
③ X: $22mm$는 스프링 B가 닿은 뒤에도 이미 스프링 A가 부담한 $50N$을 빼지 않고 $x = 10 + 250/20$처럼 계산할 때 나오는 오답이다. 접촉 후 추가 하중은 $200N$이므로 올바르게는 $20mm$이다.
④ X: $24mm$는 스프링 B가 닿기 전부터 하중을 분담한다고 잘못 보고 접촉 조건을 무시한 값이다. 스프링 B는 평판이 $10mm$ 이동하기 전에는 힘을 받지 않으므로 올바른 이동거리는 $20mm$이다.

오답 포인트

함정은 두 스프링을 처음부터 병렬로 보는 데 있다. 이 문제의 핵심은 스프링 B가 처음에는 떠 있어서 하중을 전혀 받지 않는다는 점이며, 돌출 높이 차이 $10mm$를 먼저 처리하지 않으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

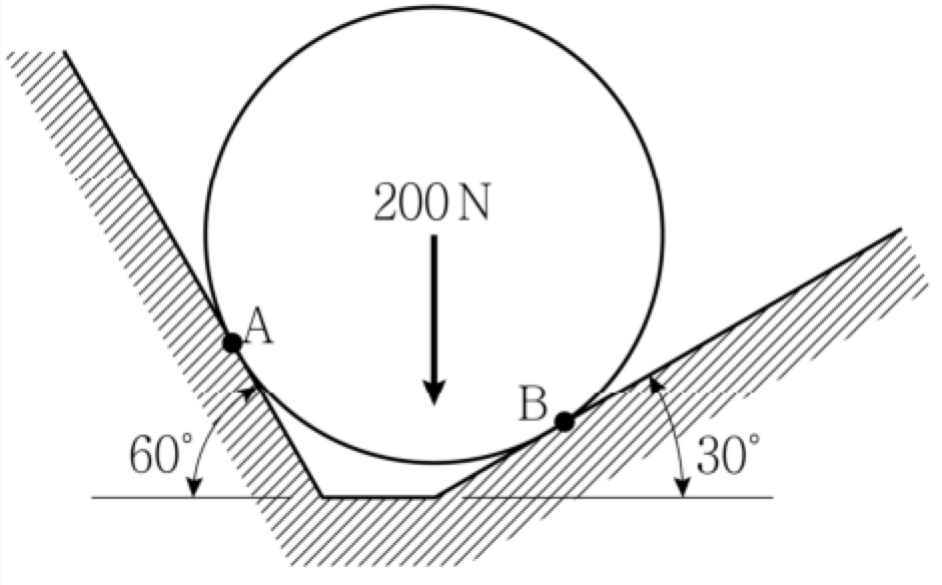
초기 틈이나 높이 차가 있는 스프링 문제는 먼저 어느 스프링이 언제 접촉하는지를 확인한 뒤, 접촉 전과 접촉 후를 나누어 각 구간의 스프링 상수와 하중을 따로 계산하면 된다.

암기 포인트

초기 간격이 있으면 처음부터 합성 강성을 쓰지 않으며, 접촉 전 단독 작용 후 접촉 뒤 병렬 합성으로 계산한다.

NoteBase

문 25. 그림과 같이 자중이 200 N인 구가 두 경사면 위에 놓여 있을 때, 접촉점 B에서의 반력[N]은? (단, 구와 경사는 강체 점접촉이며, 마찰은 무시한다)



① 80

② 100

③ $100\sqrt{3}$

④ $120\sqrt{3}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 마찰이 없는 두 경사면에 접한 구의 평형에서 각 접점 반력이 경사면의 법선방향으로 작용한다는 점을 이용해 접점 B의 반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 구의 자중은 $200N$이다.
구해야 할 값: 접촉점 B에서의 반력 R_B이다.
주의할 조건: 마찰이 없으므로 반력은 각 경사면의 법선방향으로만 작용한다. 왼쪽 경사면은 수평과 60 °, 오른쪽 경사면은 수평과 30 °를 이룬다.

NoteBase

사용할 공식

평형조건은 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$이다.
이 문제에서는 세 힘인 R_A, R_B, 자중 $200N$이 모두 구의 중심을 지나므로, 각 반력을 수평·수직 성분으로 나누어 평형식을 세우면 된다.

계산 과정

1. 왼쪽 접점 반력 R_A는 왼쪽 경사면의 법선방향이므로 수평선에서 30° 방향이다. 오른쪽 접점 반력 R_B는 오른쪽 경사면의 법선방향이므로 수평선에서 120° 방향이다.
2. 수평방향 평형에서 $R_A\cos 30^\circ = R_B\cos 60^\circ$이므로 $R_B = \sqrt{3}R_A$가 된다.
3. 수직방향 평형에서 $R_A\sin 30^\circ + R_B\sin 120^\circ = 200$이다.
4. $R_B = \sqrt{3}R_A$, $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$, $\sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 대입하면 $\frac{1}{2}R_A + \frac{\sqrt{3}}{2}(\sqrt{3}R_A) = 200$이다.
5. 따라서 $\frac{1}{2}R_A + \frac{3}{2}R_A = 200$, 즉 $2R_A = 200$이므로 $R_A = 100N$이다.
6. 그러면 $R_B = \sqrt{3}R_A = 100\sqrt{3}N$이다.

선지별 해설

1번 X: $80N$은 수평·수직 평형을 동시에 만족하지 못하는 값이다. 접촉점 B의 반력은 $80N$이 아니라 $100\sqrt{3}N$이다.
2번 X: $100N$은 계산 과정에서 나온 왼쪽 접점 A의 반력 R_A 값이다. 접촉점 B의 반력을 묻고 있으므로 올바른 값은 $100\sqrt{3}N$이다.
3번 O: 평형식으로 구한 접촉점 B의 반력은 $R_B = 100\sqrt{3}N$이므로 옳다.
4번 X: $120\sqrt{3}N$은 반력의 방향과 두 축 평형식을 정확히 함께 적용하지 못하면 나올 수 있는 과대값이다. 접촉점 B의 반력은 $120\sqrt{3}N$이 아니라 $100\sqrt{3}N$이다.

오답 포인트

반력의 크기만 보지 말고 작용방향을 먼저 잡아야 한다. 특히 2번처럼 R_A와 R_B를 구분하지 못하거나, 한쪽 평형식만 보고 값을 확정하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

원형 물체의 접촉 반력 문제는 먼저 각 반력이 경사면의 법선방향이라는 점을 정하고, 다음에 수평평형식과 수직평형식을 동시에 세워 미지수를 푼다.

암기 포인트

마찰이 없으면 접촉 반력은 항상 법선방향이며, 두 반력 문제는 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$의 연립평형으로 정리된다.

NoteBase