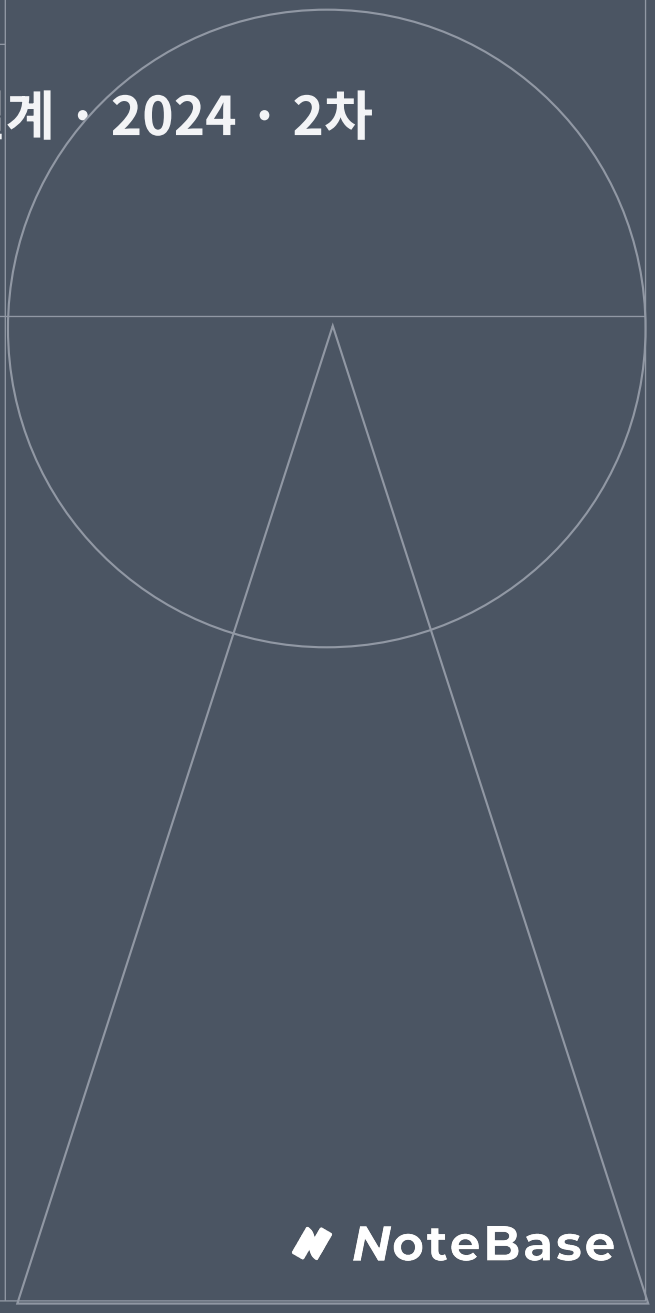
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2024 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 기계설계 · 2024 · 2차

문 1. 두께 2mm인 알루미늄판에서 지름 100mm의 원을 펀칭하는 데 필요한 최소 힘[kN]는? (단, 알루미늄의 전단강도는 200MPa이고, $\pi = 3$이다)

① 120

② 150

③ 120,000

④ 150,000

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 펀칭력 공식을 이용해 원형 구멍을 뚫는 데 필요한 최소 힘을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 판 두께 $2mm$, 원의 지름 $100mm$, 전단강도 $200MPa$, π=3이다.
구해야 할 값은 펀칭에 필요한 최소 힘이다.
주의할 조건은 전단면적이 원둘레 × 두께라는 점과, 최종 답이 kN 단위라는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 $F = \pi dt\tau$이다.
이 공식은 펀칭 시 전단되는 면적이 원둘레 πd에 판 두께 t를 곱한 값이고, 필요한 힘은 전단면적에 전단강도 τ를 곱해 구하기 때문이다.

계산 과정

전단강도 $200MPa$는 $200N/mm^2$와 같다.
따라서 필요한 힘은 $F = \pi dt\tau = 3 \times 100 \times 2 \times 200 = 120{,}000N$이다.
이를 kN으로 바꾸면 $120{,}000N = 120kN$이므로 정답값은 120이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 $120kN$이므로 옳다.
2번: X. $150kN$은 주어진 조건으로 계산한 값과 다르다. 틀린 표현은 힘을 150로 본 점이고, 올바르게는 $120kN$이어야 한다.
3번: X. 120,000은 계산 과정에서 나온 N 단위 값이다. 틀린 표현은 이를 그대로 kN 답으로 적은 점이고, 올바르게는 $120{,}000N = 120kN$로 변환해야 한다.
4번: X. 150,000은 값도 틀리고 단위 변환도 맞지 않는다. 틀린 표현은 최종 힘을 150,000으로 본 점이고, 올바르게는 $120{,}000N$, 즉 $120kN$이다.

오답 포인트

③처럼 계산 결과를 N에서 kN으로 바꾸지 않고 그대로 답으로 적기 쉽다. 또 전단면적을 원의 넓이로 착각하면 전혀 다른 값이 나오므로, 펀칭은 둘레 × 두께라는 점을 놓치면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

원형 펀칭 문제는 전단면적을 먼저 원둘레 × 두께로 잡고, $F = \pi dt\tau$를 적용한 뒤 마지막에 요구 단위가 N인지 kN인지 확인하면 된다.

암기 포인트

펀칭력은 원의 넓이가 아니라 전단둘레 × 두께 × 전단강도로 구한다.

NoteBase

문 2. 다음은 서로 연결되는 축과 구멍의 크기를 나타내고 있다. 같은 종류의 끼워맞춤으로만 묶은 것은?

ㄱ. 축 $\phi 48^{+0.3}_{+0.2}$, 구멍 $\phi 48^{0}_{-0.1}$
ㄴ. 축 $\phi 35^{0}_{-0.1}$, 구멍 $\phi 35^{+0.2}_{+0.1}$
ㄷ. 축 $\phi 45^{+0.15}_{-0.15}$, 구멍 $\phi 45^{+0.25}_{-0.05}$
ㄹ. 축 $\phi 20^{+0.15}_{-0.01}$, 구멍 $\phi 20^{-0.02}_{-0.05}$

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 축과 구멍의 최대·최소 치수를 비교하여 틈새끼워맞춤, 중간끼워맞춤, 억지끼워맞춤을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

틈새끼워맞춤은 가장 작은 구멍도 가장 큰 축보다 커서 항상 틈새가 생기는 경우이다. 억지끼워맞춤은 가장 큰 구멍도 가장 작은 축보다 작아 항상 겹침이 생기는 경우이다. 중간끼워맞춤은 치수 범위가 일부 겹쳐 틈새가 날 수도 있고 억지가 생길 수도 있는 경우이다.

선지별 해설

1번 X: ㄱ은 축 48.2~48.3, 구멍 47.9~48.0이므로 항상 축이 더 커서 억지끼워맞춤이다. 그러나 ㄷ은 축 44.85~45.15, 구멍 44.95~45.25이므로 틈새도 가능하고 억지도 가능해 중간끼워맞춤이다. 틀린 부분은 'ㄱ과 ㄷ이 같은 종류'라는 판단이다. 올바르게는 'ㄱ은 억지끼워맞춤, ㄷ은 중간끼워맞춤'이다.
2번 O: ㄱ은 항상 축이 구멍보다 커서 억지끼워맞춤이고, ㄹ도 축 19.99~20.15, 구멍 19.95~19.98이므로 항상 축이 더 커서 억지끼워맞춤이다. 따라서 ㄱ과 ㄹ은 같은 종류의 끼워맞춤만으로 묶인다.
3번 X: ㄴ은 축 34.9~35.0, 구멍 35.1~35.2이므로 항상 구멍이 더 커서 틈새끼워맞춤이다. ㄷ은 중간끼워맞춤이므로 같은 종류가 아니다. 틀린 부분은 'ㄴ과 ㄷ이 같은 종류'라는 판단이다. 올바르게는 'ㄴ은 틈새끼워맞춤, ㄷ은 중간끼워맞춤'이다.
4번 X: ㄴ은 틈새끼워맞춤이고 ㄹ은 억지끼워맞춤이므로 서로 반대 성격이다. 틀린 부분은 'ㄴ과 ㄹ이 같은 종류'라는 판단이다. 올바르게는 'ㄴ은 틈새끼워맞춤, ㄹ은 억지끼워맞춤'이다.

NoteBase

오답 포인트

중간끼워맞춤은 공차 범위가 일부 겹치는지만 보면 되는데, 대표 치수 45만 보고 ㄷ을 틈새나 억지 중 하나로 단정하면 틀리기 쉽다. 또 기준치가 같아 보여도 최대치와 최소치를 함께 비교하지 않으면 ㄱ과 ㄹ의 공통점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 항목마다 축의 최소·최대 치수와 구멍의 최소·최대 치수를 먼저 풀어 쓴다. 그다음 항상 구멍이 크면 틈새끼워맞춤, 항상 축이 크면 억지끼워맞춤, 범위가 겹치면 중간끼워맞춤으로 판정하면 된다.

암기 포인트

항상 구멍>축이면 틈새, 항상 축>구멍이면 억지, 둘이 겹치면 중간이다.

NoteBase

문 3. 축이음 기계요소 중 하나인 고정 커플링에 해당하는 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 유니버설 커플링(universal coupling)
ㄴ. 기어 커플링(gear coupling)
ㄷ. 플랜지 커플링(flange coupling)
ㄹ. 클램프 커플링(clamp coupling)

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 축이음 중 고정 커플링과 축의 각도나 위치 오차를 허용하는 커플링을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

고정 커플링: 두 축을 거의 일체로 연결해 동력을 전달하는 커플링이다. 축 사이의 상대 운동이나 큰 편심 보정을 허용하지 않는다. 키워드는 강체 연결이다.
유니버설 커플링: 두 축이 각을 이루는 상태에서도 동력을 전달하는 가동 커플링이다. 키워드는 각도 허용이다.
기어 커플링: 기어 이의 맞물림으로 약간의 편심과 각도 오차를 흡수하는 플렉시블 커플링이다. 키워드는 오차 흡수이다.
플랜지 커플링·클램프 커플링: 플랜지 체결이나 축 죔 방식으로 두 축을 단단히 고정하는 커플링이다. 키워드는 고정 연결이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: ㄱ, ㄴ의 조합이다. 유니버설 커플링은 두 축의 교차각을 허용하는 가동 커플링이고, 기어 커플링도 약간의 편심과 각도 오차를 허용하는 플렉시블 커플링이다. 틀린 표현은 둘 다 고정 커플링으로 본 점이다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ은 고정 커플링이 아니라 오차를 허용하는 커플링이다.'
2번 X: ㄱ, ㄷ의 조합이다. ㄷ 플랜지 커플링은 고정 커플링이 맞지만 ㄱ 유니버설 커플링이 고정 커플링이 아니므로 조합 전체는 틀리다. 틀린 부분은 ㄱ의 분류이다. 올바르게는 '고정 커플링은 ㄷ이고, ㄱ은 가동 커플링이다.'
3번 X: ㄴ, ㄹ의 조합이다. ㄹ 클램프 커플링은 축을 죄어 고정하는 고정 커플링이지만 ㄴ 기어 커플링은 오차를 흡수하는 플렉시블 커플링이다. 틀린 부분은 ㄴ의 분류이다. 올바르게는 '고정 커플링은 ㄹ이고, ㄴ은 플렉시블 커플링이다.'
4번 O: ㄷ 플랜지 커플링과 ㄹ 클램프 커플링의 조합이다. 둘 다 축을 강하게 결합해 상대적인 각도 변화나 편심 보정보다 확실한 고정 전달을 목적으로 하므로 고정 커플링에 해당한다.

오답 포인트

유니버설 커플링과 기어 커플링은 둘 다 동력 전달용 커플링이므로 이름만 보고 고정형으로 묶기 쉽다. 그러나 이 둘은 축의 각도나 위치 오차를 허용한다는 점에서 고정 커플링과 구별된다.

다시 나오면 이렇게 판단

커플링이 축의 각도 변화, 편심, 축방향 오차를 흡수하면 플렉시블 또는 가동 커플링으로 본다. 반대로 두 축을 단단히 묶어 상대 운동을 거의 허용하지 않으면 고정 커플링으로 판단한다.

암기 포인트

플랜지·클램프는 고정, 유니버설·기어는 오차 허용이라는 기준으로 정리된다.

NoteBase

문 4. 원뿔키(cone key)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 축과 보스의 편심이 크다.

② 축과 보스에 키홈을 내지 않는다.

③ 마찰력만으로 회전력을 전달한다.

④ 보스를 축의 임의의 위치에 고정할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원뿔키의 구조적 특징과 안장키·평키와의 차이를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

원뿔키는 축과 보스 사이에 축방향으로 쪼갠 원뿔형 키를 박아 마찰력으로 고정하는 키이다.
키홈을 가공하지 않거나 가공이 어려운 곳에 적용할 수 있고, 축과 보스의 편심이 적은 것이 특징이다.

선지별 해설

① X
- 틀린 부분은 "편심이 크다"이다.
- 원뿔키는 축과 보스를 원뿔면으로 밀착시켜 고정하므로 편심이 큰 키가 아니라 편심이 적은 키이다.
- 틀린 표현 → 올바르게는 "축과 보스의 편심이 적다"이다.

② O
- 원뿔키는 일반적인 성크키처럼 축과 보스에 키홈을 깊게 가공하여 끼우는 방식이 아니라, 축과 보스 사이에 원뿔형 키를 박아 고정하는 방식이므로 이 설명은 맞다.

③ O
- 원뿔키는 축과 보스 사이의 마찰력으로 회전력을 전달하는 키이다.
- 형상 맞물림보다 마찰 고정이 핵심이므로 이 설명은 맞다.

④ O
- 원뿔키는 축의 특정 키홈 위치에만 제한되는 방식이 아니라 필요한 축 위치에서 보스를 고정할 수 있다.
- 따라서 보스를 축의 임의의 위치에 고정할 수 있다는 설명은 맞다.

NoteBase

오답 포인트

수험생은 원뿔키를 안장키나 평키와 섞어서 기억하기 쉽다. 특히 "마찰력으로 전달한다"는 특징만 보고 편심도 크다고 오해하기 쉬운데, 원뿔키는 오히려 편심이 적은 편에 속한다.

다시 나오면 이렇게 판단

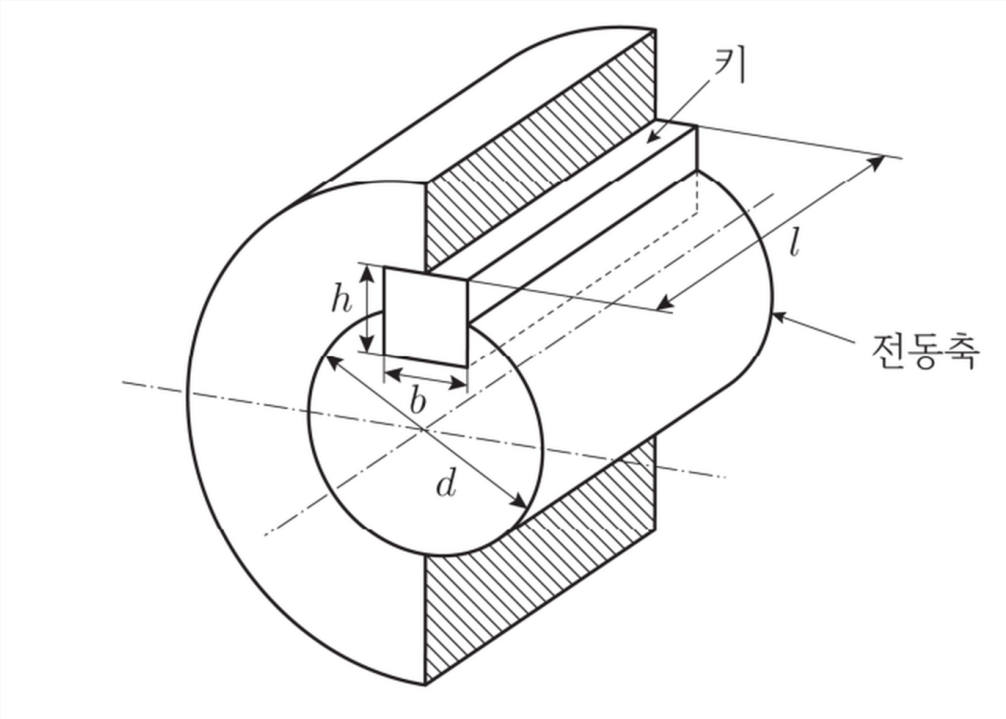
키 문제에서는 먼저 회전력 전달 방식이 마찰력인지, 키홈 가공이 필요한지, 편심이 큰지 작은지를 본다. 원뿔키는 마찰 고정, 임의 위치 고정 가능, 편심이 적음으로 판단하면 된다.

암기 포인트

원뿔키는 마찰 고정형, 편심은 적다.

NoteBase

문 5. 지름이 $d[mm]$인 중실축과 평행키(폭 $b[mm]$, 높이 $h[mm]$, 길이 $l[mm]$)가 있다. 축에 작용하는 허용 최대토크에서 압축응력에 의해 파손되지 않는 키의 최소 측면적 $(h \times l)[mm^2]$은? (단, 키의 전단은 고려하지 않고, 키 홈의 깊이는 키 높이의 $\frac{1}{2}$이며, 키의 허용압축응력을 $\sigma_c[MPa]$, 축의 허용전단응력을 $\tau[MPa]$라고 할 때, $\sigma_c = 2\tau$이고, 축이 받는 토크와 키가 받는 토크는 같다)



① $\frac{\pi d^2}{2}$
② $\frac{\pi d^2}{4}$
③ $\frac{\pi d^2}{8}$
④ $\frac{\pi d^2}{16}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 축의 허용전단응력으로 정해지는 허용토크와 키의 허용압축응력으로 정해지는 전달토크를 같게 두고 최소 측면적 $h \times l$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 축 지름은 d, 키 높이는 h, 키 길이는 l이다.
구해야 할 값: 키의 최소 측면적 $h \times l$이다.
주의할 조건: 키 홈 깊이는 키 높이의 1/2이므로 압축을 받는 유효면적은 $(h/2)l$이다. 또 $\sigma_c = 2\tau$이다.

NoteBase

사용할 공식

축의 허용토크는 $T = \pi\tau d^3/16$이다.
키의 압축조건은 $\sigma_c = F/\{(h/2)l\}$, 전달토크는 $T = F(d/2)$이므로 $T = \sigma_c dhl/4$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 축은 허용전단응력으로, 키는 허용압축응력으로 한계가 정해지고, 최대 허용토크에서 축이 받는 토크와 키가 받는 토크가 같다고 했기 때문이다.

계산 과정

1. 축의 허용최대토크는 $T = \pi\tau d^3/16$이다.
2. 키의 압축에 의한 전달토크는 $T = \sigma_c dhl/4$이다.
3. 최대 허용토크에서 두 토크를 같게 두면 $\pi\tau d^3/16 = \sigma_c dhl/4$이다.
4. $\sigma_c = 2\tau$를 대입하면 $\pi\tau d^3/16 = 2\tau dhl/4 = \tau dhl/2$이다.
5. τ와 d를 약분하면 $hl = \pi d^2/8$이다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 $\pi d^2/2$이다. 올바르게는 $h \times l = \pi d^2/8$이다. 축 허용토크식 $T = \pi\tau d^3/16$과 키 압축토크식 $T = \sigma_c dhl/4$를 정확히 적용하면 이 값은 나오지 않는다.
② X: 틀린 표현은 $\pi d^2/4$이다. 올바르게는 $h \times l = \pi d^2/8$이다. 이 값은 $\sigma_c = 2\tau$ 조건을 빼먹고 σ_c와 τ를 같은 크기로 처리할 때 나오는 오답값이다.
③ O: $T = \pi\tau d^3/16$과 $T = \sigma_c dhl/4$, 그리고 $\sigma_c = 2\tau$를 함께 쓰면 $hl = \pi d^2/8$이 된다. 따라서 ③이 옳다.
④ X: 틀린 표현은 $\pi d^2/16$이다. 올바르게는 $h \times l = \pi d^2/8$이다. 이 값은 압축 유효면적을 $(h/2)l$이 아니라 hl로 잘못 잡았을 때 나온다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 두 가지이다. 첫째, 키 홈 깊이가 키 높이의 1/2라는 조건을 놓치면 압축 유효면적을 hl로 잘못 써서 ④와 같은 값이 나온다. 둘째, $\sigma_c = 2\tau$ 조건을 빼먹으면 ②처럼 한 단계 큰 값으로 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

키 계산 문제는 먼저 축의 허용토크를 구하고, 다음에 키의 전단 또는 압축 유효면적을 정확히 잡아 키가 버티는 토크식을 세운 뒤, 두 토크를 같게 두어 미지 면적을 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

평행키 압축은 유효면적이 $(h/2)l$이므로 $T = \sigma_c dhl/4$이고, 중실축 허용토크는 $T = \pi\tau d^3/16$이다.

NoteBase

문 6. 원동차의 평균지름이 120 mm, 회전속도 1,000 rpm, 원동축에 대한 종동축의 회전속도비가 $\frac{2}{3}$인 서로 외접하는 한 쌍의 원추 마찰차로 1.2 kW의 동력을 전달할 때, 원동축에 작용하는 최소 축방향 하중 [N]은? (단, 축각은 90°, 마찰계수는 0.1, $\pi = 3$이고, 동력전달 시 손실이 없다고 가정한다)

① $\frac{1,000}{\sqrt{13}}$
② $\frac{2,000}{\sqrt{13}}$
③ $\frac{3,000}{\sqrt{13}}$
④ $\frac{4,000}{\sqrt{13}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직각축 원추 마찰차의 속도비로 원추각을 구한 뒤, 전달토크에서 접선력과 최소 수직반력을 계산하여 원동축의 축방향 하중을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 원동차 평균지름 $d_1 = 120mm = 0.12m$, 원동차 회전속도 $n_1 = 1000rpm$, 회전속도비 $n_2/n_1 = 2/3$, 전달동력 $P = 1.2kW$, 마찰계수 $\mu = 0.1$, 축각 90도, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값은 원동축에 작용하는 최소 축방향 하중이다.
주의할 조건은 속도비에서 종동차 지름을 먼저 구하고, 최소 하중이므로 미끄럼 직전 조건 $F_t = \mu N$을 적용해야 한다는 점이다.

사용할 공식

등속 접촉이므로 $\pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2$에서 $d_2 = d_1 \frac{n_1}{n_2} = 120 \times \frac{3}{2} = 180mm$이다.
직각축 원추 마찰차의 원동차 원추각을 δ라 하면 $\tan\delta = \frac{d_1}{d_2} = \frac{2}{3}$이므로 $\sin\delta = \frac{2}{\sqrt{13}}$이다.
전달토크는 $T = \frac{60P}{2\pi n}$, 접선력은 $F_t = \frac{2T}{d}$, 최소 수직반력은 $N = \frac{F_t}{\mu}$, 원동축 축방향 하중은 $F_a = N\sin\delta$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 축방향 하중이 접촉 수직반력의 축 성분으로 정해지고, 최소 하중은 마찰이 막 미끄러지지 않는 한계조건에서 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 전달토크를 구하면 $T = \frac{60 \times 1200}{2 \times 3 \times 1000} = 12N \cdot m$이다.
2. 원동차 둘레 접선력은 $F_t = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \times 12}{0.12} = 200N$이다.
3. 최소 수직반력은 $N = \frac{F_t}{\mu} = \frac{200}{0.1} = 2000N$이다.
4. $\tan\delta = 2/3$이므로 $\sin\delta = 2/\sqrt{13}$이고, 따라서 축방향 하중은 $F_a = 2000 \times \frac{2}{\sqrt{13}} = \frac{4000}{\sqrt{13}}N$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X. $\frac{1000}{\sqrt{13}}N$은 계산 결과보다 지나치게 작아 필요한 최소 축방향 하중이 될 수 없다. 올바르게는 $\frac{4000}{\sqrt{13}}N$이다.
② X. $\frac{2000}{\sqrt{13}}N$은 접선력 계산에서 $F_t = \frac{2T}{d}$의 2를 빠뜨릴 때 나오는 대표적인 과소계산값이다. 올바르게는 $\frac{4000}{\sqrt{13}}N$이다.
③ X. $\frac{3000}{\sqrt{13}}N$도 최소 수직반력 또는 축방향 성분을 잘못 잡은 값일 뿐 정답 계산과 일치하지 않는다. 올바르게는 $\frac{4000}{\sqrt{13}}N$이다.
④ O. 전달토크 $12N \cdot m$에서 접선력 $200N$, 최소 수직반력 $2000N$, 원추각 성분 $\sin\delta = 2/\sqrt{13}$을 적용하면 $F_a = \frac{4000}{\sqrt{13}}N$이 된다.

오답 포인트

속도비 $n_2/n_1 = 2/3$를 보고 지름비를 거꾸로 잡거나, 접선력 공식 $F_t = \frac{2T}{d}$에서 2를 빼먹으면 바로 오답이 된다. 또한 최소 축방향 하중은 접선력 자체가 아니라 수직반력의 축 성분이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

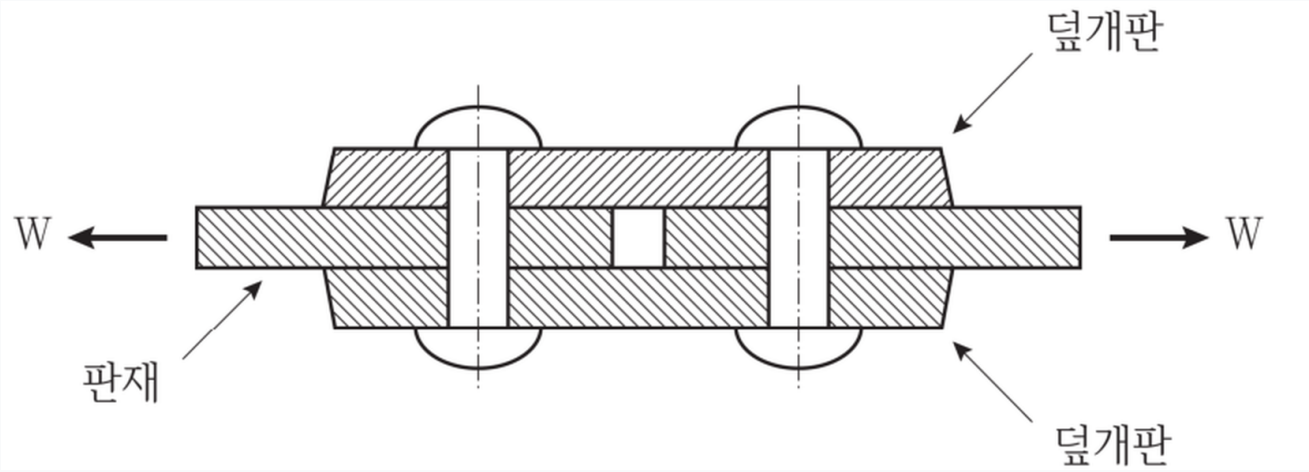
직각축 마찰차 계산형은 속도비로 지름비와 원추각을 정리한 뒤, 동력에서 토크를 구하고, 토크에서 접선력, 접선력에서 최소 수직반력, 마지막으로 축 성분 순서로 줄여 가면 된다.

암기 포인트

마찰차 최소하중은 토크 → 접선력 $\frac{2T}{d}$ → 수직반력 $\frac{F_t}{\mu}$ → 축성분의 순서로 연결된다.

NoteBase

문 7. 양쪽 덮개판 1줄 맞대기 리벳이음에서 리벳 효율은? (단, 피치는 p[mm], 리벳 지름은 d[mm], 리벳의 허용전단응력은 τ[MPa], 판재의 허용인장응력은 σ[MPa], 판재의 두께는 t[mm], 전단면계수(f_s)는 단일 전단면인 경우 $f_s = 1$, 복전단면인 경우 $f_s = 1.8$이다)



① $\frac{p-d}{p}$
② $\frac{\pi d^2 \tau}{4pt\sigma}$
③ $\frac{1.8\pi d^2 \sigma}{4pt\tau}$
④ $\frac{1.8\pi d^2 \tau}{4pt\sigma}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 양쪽 덮개판 1줄 맞대기 리벳이음에서 리벳의 전단강도 기준 효율을 구할 때 복전단 계수 $f_s = 1.8$을 반영하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 피치 p, 리벳 지름 d, 리벳의 허용전단응력 τ, 판재 두께 t, 판재의 허용인장응력 σ이다.
구해야 할 값은 리벳 효율이다.
양쪽 덮개판 맞대기 이음이므로 리벳은 복전단 상태이고 전단면 계수는 $f_s = 1.8$이다.
기준이 되는 모재의 강도는 피치 1개 구간의 판재 인장강도 $pt\sigma$이다.

NoteBase

사용할 공식

리벳 효율은 리벳 전단강도를 무구멍 판의 강도로 나눈 값이므로
$\eta_r = \frac{f_s \cdot (\pi d^2/4)\tau}{pt\sigma}$
이다.
이 문제는 리벳 자체의 효율을 묻고 있으므로 판의 인장효율식 $\frac{p-d}{p}$가 아니라 리벳 전단강도식을 써야 한다. 또한 양쪽 덮개판 맞대기 이음은 복전단이므로 $f_s = 1.8$을 대입한다.

계산 과정

1. 리벳 1개의 전단면적은 $\pi d^2/4$이다.
2. 복전단이므로 리벳이 버티는 전단강도는 $1.8 \cdot (\pi d^2/4)\tau$이다.
3. 피치 1개 구간의 판재 강도는 $pt\sigma$이다.
4. 따라서 리벳 효율은
$\eta_r = \frac{1.8\pi d^2\tau}{4pt\sigma}$
가 된다.

선지별 해설

① X: $\frac{p-d}{p}$는 리벳 효율이 아니라 판의 인장효율식이다. 틀린 표현은 리벳 효율을 판 효율로 본 점이며, 올바르게는 리벳 효율은 리벳 전단강도를 $pt\sigma$로 나눈 식으로 써야 한다.
② X: $\frac{\pi d^2\tau}{4pt\sigma}$는 단일 전단면일 때의 리벳 효율식이다. 틀린 표현은 복전단 계수 1.8이 빠진 점이며, 올바르게는 양쪽 덮개판 맞대기 이음이므로 1.8을 곱한 $\frac{1.8\pi d^2\tau}{4pt\sigma}$가 된다.
③ X: $\frac{1.8\pi d^2\sigma}{4pt\tau}$는 응력의 종류가 뒤바뀐 식이다. 틀린 표현은 분자에 허용인장응력 σ를 두고 분모에 허용전단응력 τ를 둔 점이며, 올바르게는 리벳 전단강도에 τ, 판재 기준강도에 σ가 들어가야 한다.
④ O: 양쪽 덮개판 맞대기 이음은 복전단이므로 $f_s = 1.8$을 적용하여 $\frac{1.8\pi d^2\tau}{4pt\sigma}$로 쓴다. 식의 물리적 의미도 리벳 전단강도 대 판재 기준강도의 비와 일치한다.

오답 포인트

①처럼 판 효율식과 리벳 효율식을 혼동하기 쉽다. ②처럼 복전단임에도 단전단 식을 그대로 쓰는 실수도 자주 나온다. ③처럼 σ와 τ의 역할을 바꾸면 식의 형태는 비슷해 보여도 의미가 완전히 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

리벳이음 효율 문제는 먼저 무엇의 효율인지부터 구분한다. 판 효율인지, 리벳 효율인지, 압괴 효율인지 구분한 뒤 해당 저항식을 세우고, 맞대기 이음의 덮개판 수로 단전단·복전단 여부를 판단하면 된다.

암기 포인트

양쪽 덮개판 맞대기 리벳이음의 리벳 효율은 복전단이므로 $f_s = 1.8$, 즉 $\eta_r = \frac{1.8\pi d^2\tau}{4pt\sigma}$이다.

NoteBase

문 8. 유효지름이 40 mm인 사각나사로 이루어진 너트가 있다. 이 너트로 15 kN의 축방향 하중을 지탱하고자 할 때, 나사산의 허용접촉면압력 10 MPa을 고려하여 구한 너트의 최소 높이[mm]는? (단, 나사산의 높이는 2.5 mm, 피치는 5 mm, $\pi = 3$이고, 축방향 하중은 각 나사산에 균일하게 분포하는 것으로 가정한다)

① 12.5

② 25

③ 50

④ 75

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 사각나사 너트의 허용접촉면압력 조건으로부터 필요한 전체 접촉면적을 구하고, 이를 너트 높이로 바꾸는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 축방향 하중 $W = 15{,}000N$, 유효지름 $d = 40mm$, 허용접촉면압력 $p_b = 10N/mm^2$, 피치 $p = 5mm$, 나사산 높이 $h = 2.5mm$이다.
구해야 할 값은 너트의 최소 높이 H이다.
사각나사는 한쪽 나사면만 축방향 하중을 받으므로 한 나사산의 접촉폭은 $p/2 = h = 2.5mm$이다.

사용할 공식

한 나사산의 접촉면적은 $A_1 = \pi dh$이고, 물리는 나사산 수는 $n = H/p$이다. 따라서 전체 접촉면적은 $A = A_1 n = \pi dh(H/p)$이다.
사각나사에서는 $h = p/2$이므로 $A = \pi dH/2$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 나사산의 한쪽 면만 실제로 하중을 받고, 문제에서 축방향 하중이 각 나사산에 균일하게 분포한다고 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 한 나사산의 접촉면적은 $A_1 = \pi dh = 3 \times 40 \times 2.5 = 300mm^2$이다.
2. 물리는 나사산 수는 $n = H/p = H/5$이다.
3. 전체 접촉면적은 $A = 300 \times (H/5) = 60Hmm^2$이다.
4. 허용접촉면압력 조건 $p_b = W/A$를 적용하면 $10 = 15{,}000/(60H)$이므로 $60H = 1{,}500$, $H = 25mm$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 12.5mm이면 전체 접촉면적이 750mm^2에 불과하여 접촉면압력이 20N/mm^2가 된다. 틀린 표현은 '최소 높이가 12.5mm이다'이고, 올바르게는 '최소 높이는 25mm이다'이다. 이 값은 양쪽 나사면이 모두 하중을 받는다고 잘못 볼 때 나오기 쉽다.
2번 O: 계산 결과 $H = 25mm$이므로 정답이다. 피치 5mm 기준으로 5개의 나사산이 균일하게 하중을 분담하면 허용접촉면압력 10N/mm^2를 만족한다.
3번 X: 50mm이면 필요한 높이의 두 배이다. 틀린 표현은 '최소 높이가 50mm이다'이고, 올바르게는 '최소 높이는 25mm이다'이다. 이 값은 유효지름 40mm 대신 반지름처럼 20mm를 대입할 때 생기기 쉽다.
4번 X: 75mm이면 필요한 높이의 세 배로, 문제의 허용면압 조건을 만족하는 최소치가 아니다. 틀린 표현은 '최소 높이가 75mm이다'이고, 올바르게는 '최소 높이는 25mm이다'이다. 균일분포 조건을 무시하고 접촉면적을 불필요하게 크게 잡은 값이다.

오답 포인트

사각나사는 양쪽 면이 아니라 하중을 받는 한쪽 면만 접촉면적으로 잡아야 한다는 점이 핵심 함정이다. 또 유효지름은 지름 40mm이지 반지름 20mm가 아니므로 원주 계산에서 값을 반으로 넣으면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

나사 접촉면압 문제는 먼저 한 나사산의 실제 하중면적을 정하고, 다음에 물리는 나사산 수를 곱해 전체 접촉면적을 만든 뒤, 마지막에 $p = W/A$로 높이를 역산하면 된다.

암기 포인트

사각나사 너트의 면압 계산은 '한쪽 면 접촉, 전체 면적 $A = \pi dH/2$'로 정리하면 빠르게 풀린다.

NoteBase

문 9. 균일한 원형 단면을 갖는 축의 양쪽 끝이 단순지지되어 있고 축의 중앙에 벨트 풀리가 설치되어 회전하고 있을 때, 축 자중만에 의한 최대 처짐양이 0.1 mm, 중앙의 풀리만에 의한 최대 처짐양이 0.4 mm이다. 던커레이(Dunkerley) 실험식에 따른 축 전체의 위험 속도[rpm]는? (단, $\pi = 3$, 중력가속도 g = 9 m/s^2 이다)

① 600

② 600 $\sqrt{5}$

③ 1,000

④ 1,000 $\sqrt{5}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 던커레이 식과 정적 처짐식을 이용해 축 전체의 위험속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 축 자중에 의한 처짐 $\delta_s = 0.1mm$, 중앙 풀리에 의한 처짐 $\delta_p = 0.4mm$이다.
구해야 할 값: 축 전체의 위험속도 N이다.
주의할 조건: 던커레이 식에서는 각 하중이 만드는 임계속도를 제곱의 역수 형태로 합성하며, 정적 처짐으로 바꾸면 전체 처짐은 $\delta_s + \delta_p$가 된다.

사용할 공식

$\frac{1}{N^2} = \frac{1}{N_s^2} + \frac{1}{N_p^2}, \qquad N = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{\delta}}$
이 문제는 축 자중과 중앙 풀리가 각각 처짐을 만들고 있으므로, 각 성분의 효과를 던커레이 식으로 합성해야 한다. 이 식은 정적 처짐으로 보면 전체 처짐 δ가 $\delta_s + \delta_p$가 되는 경우와 같다.

계산 과정

1. 전체 정적 처짐은 $\delta = \delta_s + \delta_p = 0.1 + 0.4 = 0.5mm = 5 \times 10^{-4}m$이다.
2. 위험속도는
$N = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{\delta}} = \frac{30}{3}\sqrt{\frac{9}{5 \times 10^{-4}}} = 10\sqrt{18000} = 10 \cdot 60\sqrt{5} = 600\sqrt{5}\,rpm$
이다.
3. 수치로는 약 $1341.6rpm$이므로 정답 선택지와 일치한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $600\sqrt{5}\,rpm$이므로 $600rpm$과 일치하지 않는다. $600rpm$은 이 문항의 합성 처짐 조건에서 나올 수 있는 값이 아니다. 올바르게는 $600\sqrt{5}\,rpm$이다.
② O: 전체 처짐 $0.5mm$를 써서 계산하면 $N = 600\sqrt{5}\,rpm$이 된다. 계산값과 정확히 일치한다.
③ X: $1000rpm$은 던커레이 식의 제곱을 빼고 $1/N = 1/N_s + 1/N_p$처럼 잘못 합성하면 나오는 값이다. 올바른 식은 $1/N^2 = 1/N_s^2 + 1/N_p^2$이다. 올바르게는 $600\sqrt{5}\,rpm$이다.
④ X: $1000\sqrt{5}\,rpm$은 주어진 합성 처짐 $0.5mm$보다 더 작은 처짐에 대응하는 값이어서 조건과 맞지 않는다. 주어진 조건으로 계산한 값은 $600\sqrt{5}\,rpm$이다.

오답 포인트

던커레이 식에서 역수만 더하는 것이 아니라 제곱의 역수를 더한다는 점이 함정이다. 또한 축 자중 처짐과 풀리 처짐을 따로 주었으면 전체 처짐을 $0.5mm$로 합쳐야 한다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

위험속도 문제에서 각 원인별 처짐이나 임계속도가 따로 주어지면 먼저 던커레이 식 적용 대상인지 확인한다. 그다음 전체 정적 처짐을 정리하고 $N = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{\delta}}$에 대입해 수치를 검산하면 된다.

암기 포인트

던커레이는 $1/N^2$의 합, 정적 처짐은 δ의 합으로 정리된다.

NoteBase

문 10. 길이가 $2m$이고 지름이 $20mm$인 원형 중실축의 비틀림각을 2° 이하로 제한하고자 한다. 축 재료의 가로탄성계수가 $180GPa$일 때 최대 전달토크[$\mathrm{N \cdot mm}$]는?

① $1{,}250\pi^2$

② $2{,}500\pi^2$

③ $5{,}000\pi^2$

④ $7{,}250\pi^2$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원형 중실축의 비틀림각 식 $\theta = TL/(JG)$을 이용해 허용 비틀림각으로부터 최대 전달토크를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 길이 $L = 2m = 2000mm$, 지름 $d = 20mm$, 가로탄성계수 $G = 180GPa = 180000N/mm^2$, 허용 비틀림각 $\theta = 2^\circ = \pi/90rad$
구해야 할 값: 최대 전달토크 T
주의할 조건: 길이는 mm, 가로탄성계수는 N/mm^2로 통일해야 하며, 비틀림각은 도가 아니라 라디안으로 넣어야 한다.

사용할 공식

비틀림각 식은 $\theta = TL/(JG)$이다.
원형 중실축의 극관성모멘트는 $J = \pi d^4/32$이다.
이 문제는 허용 비틀림각이 주어져 있으므로 $T = \theta JG/L$로 최대 전달토크를 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 극관성모멘트는 $J = \pi d^4/32 = \pi(20)^4/32 = 5000\pi mm^4$이다.
2. 비틀림각은 $\theta = 2^\circ = 2\pi/180 = \pi/90rad$이다.
3. 따라서 $T = \theta JG/L = (\pi/90) \times (5000\pi) \times (180000)/2000 = 5000\pi^2 N \cdot mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 $1,250\pi^2 N\cdot mm$이다. 극관성모멘트 J 대신 굽힘용 단면2차모멘트 $I=\pi d^4/64$ 또는 그에 준하는 잘못된 값을 넣으면 정답의 4분의 1 수준이 나온다. 올바르게는 최대 전달토크가 $5,000\pi^2 N\cdot mm$이다.

② X
틀린 표현은 $2,500\pi^2 N\cdot mm$이다. 허용 비틀림각 2°를 절반만 반영하거나 계산 중 2를 누락하면 나오는 값이다. 올바르게는 최대 전달토크가 $5,000\pi^2 N\cdot mm$이다.

③ O
계산 결과가 정확히 $5,000\pi^2 N\cdot mm$이므로 옳다.

④ X
틀린 표현은 $7,250\pi^2 N\cdot mm$이다. 주어진 길이, 지름, 가로탄성계수, 허용 비틀림각을 정확히 대입하면 이 값은 나오지 않으며 단위 변환이나 산술 정리의 오산 값에 해당한다. 올바르게는 최대 전달토크가 $5,000\pi^2 N\cdot mm$이다.

오답 포인트

원형 중실축의 J와 굽힘용 I를 혼동하면 값이 크게 틀어진다. 또한 2°를 그대로 2로 넣거나 $m\rightarrow mm$, $GPa\rightarrow N/mm^2$ 변환을 빼먹으면 오답 선지로 쉽게 끌려간다.

다시 나오면 이렇게 판단

비틀림각 제한 문제는 먼저 $\theta=TL/(JG)$를 떠올리고, 다음에 $J=\pi d^4/32$인지 확인한 뒤, 길이와 탄성계수 단위를 맞추고 라디안으로 변환해서 $T=\theta JG/L$를 계산하면 된다.

암기 포인트

원형 중실축은 $J=\pi d^4/32$이고, 비틀림각 제한은 $T=\theta JG/L$로 역산한다.

NoteBase

문 11. 서로 외접하는 한 쌍의 표준 평기어의 중심거리가 180 mm이고, 기어와 피니언의 회전속도가 각각 300 rpm, 1,500 rpm이다. 기어가 45 kW의 동력을 전달할 때, 기어의 회전력[kN]은? (단, $\pi = 3$이다)

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기어의 회전수비와 중심거리로 피치원지름을 구한 뒤, 동력과 원주속도의 관계로 회전력(접선력)을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 중심거리 $180mm$, 기어 회전속도 $300rpm$, 피니언 회전속도 $1{,}500rpm$, 전달동력 $45kW$이다.
구해야 할 값은 기어의 회전력(접선력)이다.
서로 외접하는 표준 평기어이므로 두 피치원지름의 합은 $360mm$가 된다.

사용할 공식

회전수와 피치원지름은 반비례하므로 $\frac{n_g}{n_p} = \frac{d_p}{d_g}$이다.
또한 전달동력은 $P = F_t v$, 원주속도는 $v = \frac{\pi dn}{60}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 기어의 회전력은 피치원에서의 접선력이고, 동력은 접선력과 피치선속도의 곱으로 표현되기 때문이다.

계산 과정

회전수비에서 $n_p : n_g = 1500 : 300 = 5 : 1$이므로 피치원지름비는 $d_g : d_p = 5 : 1$이다.
또한 $d_g + d_p = 360mm$이므로 $5x + x = 360$, $x = 60$이다. 따라서 피니언 지름은 $60mm$, 기어 지름은 $300mm = 0.3m$이다.
기어의 원주속도는 $v = \frac{\pi dn}{60} = \frac{3 \times 0.3 \times 300}{60} = 4.5m/s$이다.
전달동력은 $P = 45kW = 45{,}000W$이므로 회전력은 $F_t = \frac{P}{v} = \frac{45{,}000}{4.5} = 10{,}000N = 10kN$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 회전력은 $10kN$이므로 옳다.
2번 X: $15kN$이 되려면 원주속도를 $3m/s$로 잘못 두어야 한다. 이 문항에서 올바른 회전력은 $15kN$이 아니라 $10kN$이다.
3번 X: $20kN$은 계산값의 2배로, 동력을 잘못 환산하거나 속도를 절반으로 오산한 경우의 값이다. 올바른 회전력은 $20kN$이 아니라 $10kN$이다.
4번 X: $25kN$은 회전수비나 지름비를 잘못 적용해 기어 지름을 틀리게 잡았을 때 나올 수 있는 값이다. 올바른 회전력은 $25kN$이 아니라 $10kN$이다.

오답 포인트

회전수비와 지름비가 반비례라는 점을 거꾸로 쓰거나, 중심거리 $180mm$에서 피치원지름의 합이 $360mm$라는 점을 놓치면 지름이 틀어진다. 또 kW를 W로 바꾸지 않거나 mm를 m로 바꾸지 않으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

기어 계산형 문항은 회전수비로 지름비를 먼저 정하고, 중심거리로 실제 지름을 구한 다음, 피치선속도 v를 계산하여 $P = F_t v$에 대입하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

외접 기어는 회전수비와 지름비가 반비례하고, 회전력은 $F_t = P/v$로 구한다.

NoteBase

문 12. 폭경비 $\left(\frac{l}{d}\right)$가 1.5인 엔드 저널 베어링(end journal bearing)이 $100kg_f$의 하중을 받고 있다. 축의 허용굽힘응력이 $2kg_f/mm^2$일 때, 베어링 내의 최대 평균압력 $[kg_f/mm^2]$은? (단, $\pi = 3$, l은 폭, d는 지름이고, 하중은 베어링 폭의 중앙에 집중된다고 가정한다)

① $\frac{1}{6}$
② $\frac{1}{5}$
③ $\frac{1}{4}$
④ $\frac{1}{3}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 엔드 저널 베어링에서 축의 허용굽힘응력으로 축지름을 구한 뒤 평균압력 $p = W/(ld)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 하중 $W = 100kg_f$, 폭경비 $l/d = 1.5$, 축의 허용굽힘응력 $\sigma_b = 2kg_f/mm^2$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값은 베어링 내 최대 평균압력 p이다.
엔드 저널 베어링이므로 하중 작용점은 베어링 폭 중앙에 있고, 축 단면의 굽힘모멘트는 $M = Wl/2$로 본다.

사용할 공식

사용 공식은 $\sigma_b = M/Z$, $M = Wl/2$, $Z = \pi d^3/32$, $p = W/(ld)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 축의 허용굽힘응력이 주어졌으므로 먼저 굽힘조건으로 d를 정해야 하고, 그다음 베어링 평균압력 정의식으로 p를 구해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 축의 굽힘응력식에 $M = Wl/2$를 대입하면
$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{Wl/2}{\pi d^3/32} = \frac{16Wl}{\pi d^3}$
2. $l = 1.5d$, $\pi = 3$을 대입하면
$2 = \frac{16 \cdot 100 \cdot 1.5d}{3d^3} = \frac{800}{d^2}$
따라서 $d^2 = 400$, $d = 20mm$이다.
3. $l = 1.5d = 30mm$이므로 평균압력은
$p = \frac{W}{ld} = \frac{100}{30 \cdot 20} = \frac{1}{6} kg_f/mm^2$
계산 결과 평균압력은 $1/6 kg_f/mm^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O : 계산 결과 평균압력은 $p = 1/6 kg_f/mm^2$이므로 옳다.
② X : 평균압력을 1/5로 본 점이 틀렸다. 올바른 값은 $1/6 kg_f/mm^2$이다.
③ X : 평균압력을 1/4로 본 점이 틀렸다. 올바른 값은 $1/6 kg_f/mm^2$이다.
④ X : 평균압력을 1/3으로 본 점이 틀렸다. 올바른 값은 $1/6 kg_f/mm^2$이다.

오답 포인트

엔드 저널 베어링에서 하중 작용점을 베어링 중앙으로 보지 않고 $M = Wl$처럼 처리하면 축지름이 잘못 계산된다. 또 폭경비 $l/d = 1.5$를 끝까지 반영하지 않거나, 평균압력 정의식 $p = W/(ld)$에서 투영면적 ld를 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

베어링 계산형 문제는 먼저 하중 작용위치로 굽힘모멘트를 정하고, 허용응력으로 d를 구한 뒤, 마지막에 $p = W/(ld)$로 평균압력을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

엔드 저널 베어링은 하중이 폭 중앙에 작용하므로 $M = Wl/2$, 평균압력은 항상 $p = W/(ld)$이다.

NoteBase

문 13. $6m/s$의 속도로 $6kW$를 전달하는 평벨트 전동장치에서 긴장측 장력 (T_t)이 $2kN$일 때, 이완측 장력 (T_s)에 대한 긴장측 장력의 비 $\left(\frac{T_t}{T_s}\right)$는? (단, 벨트의 원심력과 미끄럼은 무시한다)

① 1.5

② 1.6

③ 1.8

④ 2.0

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 평벨트의 전달동력식 $P = (T_t - T_s)v$를 이용해 이완측 장력 T_s와 장력비 T_t/T_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 속도 $v = 6m/s$, 전달동력 $P = 6kW = 6000W$, 긴장측 장력 $T_t = 2kN = 2000N$이다.
구해야 할 값: 장력비 T_t/T_s이다.
주의할 조건: 벨트의 원심력과 미끄럼을 무시하므로 전달동력은 유효장력 $(T_t - T_s)$만으로 계산한다.

사용할 공식

사용 공식은 $P = (T_t - T_s)v$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 벨트 전동에서 전달동력은 벨트 속도와 긴장측·이완측 장력 차의 곱으로 표현되기 때문이다.

계산 과정

1. 유효장력을 구하면 $T_t - T_s = P/v = 6000/6 = 1000N$이다.
2. 따라서 $T_s = T_t - (T_t - T_s) = 2000 - 1000 = 1000N$이다.
3. 장력비는 $T_t/T_s = 2000/1000 = 2.0$이다.

선지별 해설

① X: 계산된 장력비는 2.0이므로 1.5는 틀리다. 올바르게는 긴장측 장력의 비가 1.5가 아니라 2.0이다.
② X: 계산된 장력비는 2.0이므로 1.6은 틀리다. 올바르게는 긴장측 장력의 비가 1.6이 아니라 2.0이다.
③ X: 계산된 장력비는 2.0이므로 1.8은 틀리다. 올바르게는 긴장측 장력의 비가 1.8이 아니라 2.0이다.
④ O: $T_t - T_s = 1000N$, $T_t = 2000N$이므로 $T_s = 1000N$이고, 따라서 $T_t/T_s = 2.0$이 되어 옳다.

NoteBase

오답 포인트

전달동력식을 쓸 때 $P = T_t v$처럼 긴장측 장력 자체를 넣거나, kW와 W, kN과 N의 단위를 섞으면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 먼저 유효장력 $(T_t - T_s)$를 구한 뒤 그 차이로 T_s를 역산하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

벨트 전동 계산형 문제는 조건에서 원심력과 미끄럼 무시 여부를 먼저 확인하고, $P = (T_t - T_s)v$로 장력차를 구한 다음, 주어진 한쪽 장력으로 다른 쪽 장력을 역산한 뒤 마지막에 비를 계산하면 된다.

암기 포인트

벨트 전달동력은 장력 자체가 아니라 장력차 $(T_t - T_s)$와 속도의 곱으로 결정된다.

NoteBase

문 14. 롤러체인을 사용하여 동력을 전달하고자 한다. 구동스프로킷 휠의 잇수는 20개이고, 회전속도가 600 rpm이다. 피동축의 회전속도가 200 rpm일 때 피동스프로킷 휠의 이뿌리원 지름[mm]은? (단, 체인의 피치는 19 mm, 롤러체인의 롤러 바깥지름은 12 mm, $\sin 3^\circ = 0.05$**이다)**

① 368

② 374

③ 380

④ 392

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 체인 스프로킷의 잇수비와 피치원 지름 공식을 이용해 피동 스프로킷의 이뿌리원 지름을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 구동 스프로킷 잇수: 20개
- 구동축 회전속도: 600 rpm
- 피동축 회전속도: 200 rpm
- 체인 피치: $19mm$
- 롤러 바깥지름: $12mm$

구해야 할 값:
- 피동 스프로킷의 이뿌리원 지름

주의할 조건:
- 먼저 속도비로 피동 스프로킷의 잇수를 구한다.
- 이뿌리원 지름은 피치원 지름에서 롤러 바깥지름을 뺀 값이다.

NoteBase

사용할 공식

1. 체인 전동의 속도비

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$

2. 스프로킷 피치원 지름

$d = \frac{p}{\sin(180^\circ/z)}$

3. 이뿌리원 지름

$d_f = d - d_r$

여기서 d_r은 롤러 바깥지름이다.

이 공식을 쓰는 이유:
체인 전동에서는 회전속도비가 잇수비와 같고, 스프로킷의 피치원 지름은 체인 피치와 잇수로 정해진다. 문제는 마지막에 이뿌리원을 묻고 있으므로 피치원 지름을 구한 뒤 롤러 바깥지름을 반영해야 한다.

계산 과정

1. 속도비로 피동 스프로킷의 잇수를 구한다.

$z_2 = z_1 \times \frac{n_1}{n_2} = 20 \times \frac{600}{200} = 60$

2. 피동 스프로킷의 피치원 지름을 구한다.

$d = \frac{p}{\sin(180^\circ/z)} = \frac{19}{\sin 3^\circ} = \frac{19}{0.05} = 380mm$

3. 이뿌리원 지름을 구한다.

$d_f = d - d_r = 380 - 12 = 368mm$

따라서 피동 스프로킷의 이뿌리원 지름은 $368mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 피동 스프로킷의 잇수는 60개이고, 그때 피치원 지름은 380*mm*이다. 여기서 롤러 바깥지름 12*mm*를 빼면 이뿌리원 지름은 368*mm*가 되므로 옳다.

② X

- 374*mm*는 피치원 지름 380*mm*에서 롤러 바깥지름의 절반인 6*mm*만 뺀 값이다. 이뿌리원은 반지름 보정이 아니라 롤러 바깥지름 전체를 반영해야 하므로 틀리다.
- 틀린 표현은 '롤러 지름의 절반만 빼면 된다'이다. 올바르게는 '피치원 지름에서 롤러 바깥지름 전체 12*mm*를 뺀다'이다.

③ X

- 380*mm*는 피동 스프로킷의 피치원 지름이다. 문제는 이뿌리원을 묻고 있으므로 피치원 지름을 그대로 답으로 쓰면 틀리다.
- 틀린 표현은 '피치원 지름이 곧 이뿌리원 지름이다'이다. 올바르게는 '이뿌리원 지름은 피치원 지름보다 롤러 바깥지름만큼 작다'이다.

④ X

- 392*mm*는 피치원 지름 380*mm*에 롤러 바깥지름 12*mm*를 더한 값으로 보인다. 이뿌리원은 피치원 바깥이 아니라 안쪽 원이므로 더하면 계산 방향이 반대가 되어 틀리다.
- 틀린 표현은 '이뿌리원은 피치원보다 크다'이다. 올바르게는 '이뿌리원은 피치원보다 작다'이다.

오답 포인트

출제자는 속도비로 피동 잇수를 먼저 구해야 한다는 점과, 피치원 지름과 이뿌리원 지름을 구분해야 한다는 점을 함께 묻는다. ③은 피치원까지만 구하고 멈춘 경우, ②는 롤러 지름이 아니라 반만 보정한 경우, ④는 이뿌리원이 피치원보다 작다는 방향을 반대로 잡은 경우에 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

체인 스프로킷 계산은 회전속도비에서 잇수를 구하고, 그 잇수로 피치원 지름을 구한 뒤, 마지막에 문제에서 묻는 원이 피치원인지 이뿌리원인지 확인해 보정한다. 이 문제처럼 이뿌리원을 묻는 경우에는 피치원 지름에서 롤러 바깥지름을 뺀다.

암기 포인트

체인 스프로킷은 n과 z가 반비례하고, 이뿌리원 지름은 피치원 지름에서 롤러 바깥지름을 뺀 값이다.

NoteBase

문 15. 허용인장응력이 0.2kgf/mm^2인 평벨트의 이완측 장력이 100kgf이고 벨트의 장력비가 1.5일 때, 필요한 벨트의 최소 단면적$[\text{mm}^2]$은? (단, 벨트의 원심력과 굽힘응력은 무시하고, 이음효율은 50 %이다)

① 375
② 1,000
③ 1,500
④ 2,500

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평벨트의 장력비로 긴장측 장력을 구한 뒤, 이음효율을 반영하여 필요한 최소 단면적을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 허용인장응력: $0.2kgf/mm^2$
- 이완측 장력 T_2: $100kgf$
- 장력비 T_1/T_2: 1.5
- 이음효율 η: 50%

구해야 할 값:
- 필요한 벨트의 최소 단면적 A

주의할 조건:
- 최소 단면적은 가장 큰 장력인 긴장측 장력 T_1을 기준으로 판단한다.
- 이음효율 50%이므로 실제 허용 장력은 σA의 절반만 사용한다.

사용할 공식

장력비에서 $T_1 = 1.5T_2$이다.
이음효율을 고려한 허용 장력은 $T_{allow} = \sigma A \eta$이다.
이 문제에서는 긴장측 장력 T_1이 허용 장력을 넘지 않아야 하므로 $T_1 = \sigma A \eta$로 둔다.
이 공식을 쓰는 이유는 벨트 단면적이 최대 인장상태인 긴장측에서 안전해야 하고, 이음부가 50% 효율만 가지므로 허용 강도가 그대로 쓰이지 않기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 장력비로 긴장측 장력을 구하면 $T_1 = 1.5 \times 100 = 150kgf$이다.
2. 이음효율을 반영한 허용 장력 식은 $150 = 0.2 \times A \times 0.5$이다.
3. 따라서 $150 = 0.1A$이므로 $A = 1500mm^2$이다.

선지별 해설

① X: $375mm^2$이면 허용 장력은 $0.2 \times 375 \times 0.5 = 37.5kgf$에 불과하다. 긴장측 장력 $150kgf$를 견디지 못하므로 틀리다. 올바르게는 최소 단면적이 $1500mm^2$이어야 한다.
② X: $1000mm^2$이면 허용 장력은 $0.2 \times 1000 \times 0.5 = 100kgf$이다. 이는 이완측 장력과 같은 수준일 뿐 긴장측 장력 $150kgf$보다 작다. 올바르게는 최대장력 T_1을 기준으로 계산해야 한다.
③ O: $1500mm^2$이면 허용 장력은 $0.2 \times 1500 \times 0.5 = 150kgf$가 된다. 긴장측 장력과 정확히 같아지는 최소 단면적이므로 옳다.
④ X: $2500mm^2$이면 허용 장력은 $250kgf$가 되어 안전하기는 하지만 최소 단면적이 아니다. 문제는 필요한 최소 단면적을 묻고 있으므로 과대 설계값은 정답이 아니다.

오답 포인트

이완측 장력 $T_2 = 100kgf$를 바로 허용 장력과 비교하거나, 이음효율 50%를 빼먹으면 오답이 나온다. 이 문제의 함정은 전달장력 $T_1 - T_2$나 이완측 장력이 아니라 최대장력 T_1으로 단면적을 정해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

벨트 단면적 문제는 먼저 장력비로 긴장측 장력 T_1을 구하고, 그다음 허용응력에 이음효율을 곱한 허용 장력과 같게 두어 A를 계산하면 된다. 마지막에는 구한 값이 최소 단면적인지도 함께 확인한다.

암기 포인트

평벨트 최소 단면적은 최대장력 기준으로 잡으며, 이음효율이 있으면 $T_{allow} = \sigma A \eta$로 반영한다.

NoteBase

문 16. 원추 클러치에서 원추 접촉면의 평균지름이 200 mm, 마찰면의 폭이 25 mm, 허용접촉면압력이 $1kg_f/cm^2$, 마찰계수가 0.4일 때, 원추 클러치가 전달할 수 있는 최대 토크$[kg_f \cdot mm]$는? (단, 접촉면 압력 분포는 균일마모 조건이고, $\pi = 3$이다)

① 3,000

② 4,000

③ 5,000

④ 6,000

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원추 클러치의 접촉면적과 허용접촉면압력으로 허용하중을 구한 뒤, 평균반지름에서 마찰토크를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 평균지름 $D_m = 200mm$, 마찰면 폭 $b = 25mm$, 허용접촉면압력 $p = 1kgf/cm^2 = 0.01kgf/mm^2$, 마찰계수 $\mu = 0.4$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값은 최대 토크 T이다.
균일마모 조건이므로 문제에서 준 평균지름을 그대로 사용하면 된다.

사용할 공식

접촉면적은 $A = \pi D_m b$이다.
허용하중은 $W = pA$이다.
최대 토크는 $T = \mu W \cdot \frac{D_m}{2}$이다.
허용압력이 접촉면에 작용하므로 먼저 접촉면적으로 하중을 구하고, 그 하중이 평균반지름 $D_m/2$에서 마찰토크를 만든다고 보면 된다.

계산 과정

1. 접촉면적은 $A = 3 \times 200 \times 25 = 15{,}000mm^2$이다.
2. 허용하중은 $W = 0.01 \times 15{,}000 = 150kgf$이다.
3. 평균반지름은 $D_m/2 = 100mm$이다.
4. 최대 토크는 $T = 0.4 \times 150 \times 100 = 6{,}000kgf \cdot mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '3,000'이다. 계산 결과는 $6{,}000 kgf \cdot mm$이므로 올바르게는 '6,000'이어야 한다. 접촉면적, 허용하중, 평균반지름을 순서대로 대입하면 3,000은 나오지 않는다.

② X
틀린 표현은 '4,000'이다. 계산 결과는 $6{,}000 kgf \cdot mm$이므로 올바르게는 '6,000'이어야 한다. 4,000은 접촉면적이나 허용하중 계산에서 산술오차가 있을 때 나오는 값이다.

③ X
틀린 표현은 '5,000'이다. 계산 결과는 $6{,}000 kgf \cdot mm$이므로 올바르게는 '6,000'이어야 한다. 5,000은 평균반지름 대입이나 곱셈 과정이 정확하지 않을 때 생기는 오답이다.

④ O
$T = 0.4 \times 150 \times 100 = 6{,}000 kgf \cdot mm$이므로 보기의 수치와 일치한다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $1 kgf/cm^2$를 바로 곱하지 않고 반드시 $0.01 kgf/mm^2$로 바꿔야 한다는 점과, 평균지름을 그대로 토크에 넣지 않고 평균반지름 $100 mm$를 써야 한다는 점이다. 단위 변환과 지름·반지름 구분이 흔한 실수 지점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

클러치 토크 계산 문제는 접촉면적 계산, 압력으로 하중 계산, 평균반지름 대입의 순서로 판단하면 된다. 특히 압력 단위를 먼저 통일한 뒤 마지막에 지름이 아니라 반지름을 넣었는지 점검하면 된다.

암기 포인트

원추 클러치 최대 토크는 접촉면적에서 하중을 구한 뒤 $T = \mu W R_m$로 정리하며, 평균지름이 주어지면 $R_m = D_m/2$이다.

NoteBase

문 17. 피니언의 잇수가 35개, 기어의 잇수가 105개인 한 쌍의 외접 헬리컬 기어에서 비틀림각이 30°, 치직각 모듈이 3 mm일 때, 두 기어의 중심거리[mm]는?

① 140

② $140\sqrt{3}$

③ 280

④ $280\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 외접 헬리컬 기어에서 치직각 모듈을 축직각 모듈로 바꾼 뒤 중심거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 피니언 잇수 35, 기어 잇수 105, 비틀림각 30 °, 치직각 모듈 $3mm$이다.
구해야 할 값: 두 기어의 중심거리이다.
주의할 조건: 헬리컬 기어는 치직각 모듈 m_n을 그대로 쓰지 않고 축직각 모듈 m_t로 바꿔서 피치원지름을 구한다.

사용할 공식

헬리컬 기어의 축직각 모듈은 $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$이다.
중심거리는 $a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m_t}{2} = \frac{(z_1 + z_2)m_n}{2\cos\beta}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 준 모듈이 치직각 모듈이므로, 먼저 비틀림각을 반영해 축직각 모듈로 환산해야 피치원지름과 중심거리를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 축직각 모듈을 구한다.
$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{3}{\cos 30^\circ} = \frac{3}{\sqrt{3}/2} = 2\sqrt{3}mm$
2. 중심거리를 구한다.
$a = \frac{(z_1 + z_2)m_t}{2} = \frac{(35 + 105) \cdot 2\sqrt{3}}{2} = 140\sqrt{3}mm$
3. 따라서 계산 결과는 $140\sqrt{3}mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $140mm$는 계산값과 다르다. 헬리컬 기어는 비틀림각을 반영해 $m_t = 2\sqrt{3}mm$로 바꿔야 하므로, 올바르게는 중심거리가 $140\sqrt{3}mm$이다.
② O: $140\sqrt{3}mm$는 $a = \frac{(35+105)\cdot 3}{2\cos 30^\circ}$의 계산 결과와 일치한다.
③ X: $280mm$는 문제의 조건으로부터 나오지 않는 값이다. 치직각 모듈과 비틀림각을 반영하면 중심거리는 $280mm$가 아니라 $140\sqrt{3}mm$이다.
④ X: $280\sqrt{3}mm$는 중심거리를 두 배로 본 값에 해당한다. 중심거리는 두 피치원지름의 합이 아니라 그 절반이므로, 올바르게는 $140\sqrt{3}mm$이다.

오답 포인트

치직각 모듈을 그대로 피치원지름 공식에 넣거나, $d_1 + d_2$를 구한 뒤 마지막에 2로 나누지 않는 실수가 자주 나온다. 이 문항은 비틀림각 보정과 중심거리의 정의를 동시에 확인하는 함정형 계산 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

헬리컬 기어 중심거리 문제는 먼저 주어진 모듈이 치직각인지 축직각인지 확인하고, 치직각 모듈이면 $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$로 바꾼 다음 $a = \frac{(z_1+z_2)m_t}{2}$를 적용하면 된다.

암기 포인트

헬리컬 기어는 $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$, 중심거리는 $a = \frac{(z_1+z_2)m_n}{2\cos\beta}$로 바로 연결된다.

NoteBase

문 18. 스프링에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Wahl의 응력 수정계수는 스프링 지수가 커질수록 작아진다.

② 지름이 d이고 길이가 l인 토션바의 비틀림 스프링상수는 d^4에 비례하고 l에 반비례한다.

③ 스프링의 평균지름이 D이고 소선의 지름이 d인 원통형 압축 코일스프링에서 압축하중에 대한 처짐은 D^3에 비례하고 d^4에 반비례한다.

④ 폭(b)×두께(h)의 사각 단면을 갖는 길이 l인 외팔보형 단일판 스프링에서 자유단에서의 수직하중에 대한 처짐은 l^2에 비례하고 bh^2에 반비례한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문항은 각 스프링의 응력 보정계수, 스프링상수, 처짐식에서 어떤 치수가 분자에 들어가고 어떤 치수가 분모에 들어가는지를 정확히 구별하는 문제이다.

핵심 개념

코일스프링과 판스프링은 형식이 달라서 비례식도 다르다. 원통형 압축 코일스프링의 처짐은 $\delta \propto D^3/d^4$이고, 토션바의 비틀림 스프링상수는 $k \propto d^4/l$이다. 외팔보형 단일판스프링의 자유단 처짐은 $\delta = 4Wl^3/(Ebh^3)$ 이므로 l^3에 비례하고 bh^3에 반비례한다.

선지별 해설

① O
Wahl의 응력 수정계수는 스프링 지수 C가 커질수록 1에 가까워지며 작아진다. 스프링 지수가 크면 곡률 영향이 줄어 응력집중 보정이 완화된다.

② O
토션바의 비틀림 스프링상수는 $k = GJ/l$이고, 원형단면의 극관성모멘트는 $J \propto d^4$이다. 따라서 $k \propto d^4/l$가 되어 선지의 비례관계가 맞다.

③ O
원통형 압축 코일스프링의 처짐은 $\delta = 8WD^3n/(Gd^4)$이다. 따라서 하중이 같으면 처짐은 평균지름 D^3에 비례하고 소선지름 d^4에 반비례한다.

④ X
외팔보형 단일판스프링의 자유단 처짐은 $\delta = 4Wl^3/(Ebh^3)$이다. 틀린 부분은 "l^2에 비례하고 bh^2에 반비례한다"는 표현이다. 올바르게는 "l^3에 비례하고 bh^3에 반비례한다"이다.

NoteBase

오답 포인트

판스프링 처짐식에서 길이와 두께의 지수를 하나씩 낮춰 기억하는 실수가 잦다. 특히 보의 처짐식은 길이가 l^3, 두께가 h^3으로 들어간다는 점을 놓치면 4번처럼 그럴듯한 오답에 걸리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

스프링 비례식 문제는 형식을 먼저 구분한 뒤 대표식을 바로 떠올리면 판단이 빨라진다. 토션바는 $k \propto d^4/l$, 압축 코일스프링은 $\delta \propto D^3/d^4$, 외팔보형 판스프링은 $\delta \propto l^3/(bh^3)$의 구조로 비교하면 된다.

암기 포인트

원형축 강성은 d^4, 코일스프링 처짐은 D^3/d^4, 외팔보형 판스프링 처짐은 $l^3/(bh^3)$으로 정리된다.

NoteBase

문 19. 굽힘 모멘트 M[N · mm]과 비틀림 모멘트 T[N · mm]가 동시에 작용하는 원형 중실축이 있다. 최대주응력설에 따른 상당 굽힘 모멘트로 구한 축의 최소 지름을 d_1[mm], 최대전단응력설에 따른 상당 비틀림 모멘트로 구한 축의 최소 지름을 d_2[mm]라고 할 때, $d_1^3 - d_2^3$[mm^3]은? (단, 축 재료의 허용굽힘응력 σ_a[MPa]와 허용전단응력 τ_a[MPa]는 같다)

① $\frac{16T}{\pi\tau_a}$
② $\frac{32T}{\pi\tau_a}$
③ $\frac{16M}{\pi\sigma_a}$
④ $\frac{32M}{\pi\sigma_a}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 굽힘과 비틀림이 동시에 작용하는 원형 축에서 최대주응력설의 상당 굽힘 모멘트와 최대전단응력설의 상당 비틀림 모멘트를 각각 적용해 $d_1^3 - d_2^3$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 굽힘 모멘트 M, 비틀림 모멘트 T, 허용굽힘응력 σ_a, 허용전단응력 τ_a이다.
구해야 할 값은 $d_1^3 - d_2^3$이다.
주의할 조건은 $\sigma_a = \tau_a$라는 점과, d_1은 최대주응력설, d_2는 최대전단응력설에서 얻는 상당모멘트로 계산한다는 점이다.

사용할 공식

원형 실축의 굽힘응력과 전단응력은 각각 $\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$, $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$이다.
최대주응력은 $\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$이고, 이에 대응하는 상당 굽힘 모멘트는 $M_e = \frac{1}{2}\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)$이다.
최대전단응력은 $\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$이고, 이에 대응하는 상당 비틀림 모멘트는 $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 같은 축에 굽힘과 비틀림이 동시에 작용하고, 각 직경이 서로 다른 강도설로 정의되어 있기 때문이다.

계산 과정

1. 최대주응력설에서 상당 굽힘 모멘트는 $M_e = \frac{1}{2}\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)$이다.
2. 따라서 $d_1^3 = \frac{32M_e}{\pi\sigma_a} = \frac{16\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)}{\pi\sigma_a}$이다.
3. 최대전단응력설에서 상당 비틀림 모멘트는 $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$이므로 $d_2^3 = \frac{16T_e}{\pi\tau_a} = \frac{16\sqrt{M^2 + T^2}}{\pi\sigma_a}$이다.
4. 따라서 $d_1^3 - d_2^3 = \frac{16\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right) - 16\sqrt{M^2 + T^2}}{\pi\sigma_a} = \frac{16M}{\pi\sigma_a}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$\frac{16T}{\pi\tau_a}$는 비틀림만 단독으로 작용할 때의 d^3 형태이다. 이 문제는 굽힘과 비틀림이 동시에 작용하므로 $d_1^3 - d_2^3$가 T만으로 남지 않는다. 틀린 표현은 분자가 T만 남는 부분이고, 올바르게는 $\frac{16M}{\pi\sigma_a}$이다.

② X
$\frac{32T}{\pi\tau_a}$는 원형 축의 비틀림식 계수를 16이 아니라 32로 잘못 쓴 값이다. 비틀림 전단응력식은 $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$이므로 이 식은 계수부터 맞지 않는다. 틀린 표현은 분자 계수 32이고, 올바르게는 비틀림 단독이라도 $\frac{16T}{\pi\tau_a}$ 꼴이다.

③ O
위 계산대로 $d_1^3 = \frac{16\left(M + \sqrt{M^2+T^2}\right)}{\pi\sigma_a}$, $d_2^3 = \frac{16\sqrt{M^2+T^2}}{\pi\sigma_a}$이므로 차는 $\frac{16M}{\pi\sigma_a}$가 된다. 허용응력이 같다는 조건 때문에 최종식도 σ_a 하나로 정리된다.

④ X
$\frac{32M}{\pi\sigma_a}$는 굽힘만 단독으로 작용할 때의 d^3 형태이다. 여기서는 d_1 자체가 아니라 $d_1^3 - d_2^3$를 묻고 있으므로 상당 굽힘 모멘트와 상당 비틀림 모멘트를 각각 뺀 결과가 되어야 한다. 틀린 표현은 분자 계수 32와 비틀림 영향이 빠진 점이고, 올바르게는 $\frac{16M}{\pi\sigma_a}$이다.

오답 포인트

최대주응력설의 상당 굽힘 모멘트 M_e와 최대전단응력설의 상당 비틀림 모멘트 T_e를 같은 것으로 보고 바로 대입하면 오답이 된다. 또한 굽힘식의 계수 32와 비틀림식의 계수 16을 뒤바꾸기 쉽고, d_1^3 자체와 $d_1^3 - d_2^3$를 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합응력 축 문제는 먼저 어떤 강도설로 정의된 직경인지 구분한 뒤, 그 강도설에 맞는 상당모멘트 M_e 또는 T_e를 정한다. 그다음 원형 실축의 기본식 $\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$, $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$에 넣고, 마지막에 문제에서 요구한 값이 d^3 자체인지 두 식의 차인지 확인하면 된다.

암기 포인트

원형 실축은 굽힘 32, 비틀림 16을 기본으로 두고, 최대주응력설은 M_e, 최대전단응력설은 T_e로 바꿔 계산한다.

NoteBase

문 20. 다음 글에서 설명하고 있는 축은?

◯ 공작기계의 주축, 터빈 축 등에 사용한다.
◯ 주로 비틀림 하중을 받지만 굽힘 하중도 받는다.
◯ 높은 정밀도가 요구되므로 강도가 충분하고 변형이 적어야 한다.

① 차축
② 유연축
③ 스핀들
④ 크랭크축

정답 3번

출제 포인트

공작기계 주축·터빈축처럼 고정밀 회전에 쓰이는 스핀들과 차축·유연축·크랭크축의 용도와 하중 특성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

차축은 바퀴나 풀리 등을 지지하면서 주로 굽힘하중을 받는 축이다 / 결정 차이축: 동력 전달보다 지지 기능 / 키워드: 지지, 굽힘
유연축은 휘어질 수 있어 굽은 경로로 회전을 전달하는 축이다 / 결정 차이축: 유연성 / 키워드: 원격 전달, 휨 가능
스핀들은 공작기계 주축처럼 고속·고정밀 회전에 쓰이며 비틀림하중을 주로 받고 굽힘하중도 함께 받는 정밀 축이다 / 결정 차이축: 정밀도와 사용처 / 키워드: 주축, 터빈축, 고정밀
크랭크축은 왕복운동과 회전운동을 바꾸기 위해 크랭크가 형성된 축이다 / 결정 차이축: 운동 변환 / 키워드: 엔진, 크랭크

NoteBase

선지별 해설

① X: 차축은 바퀴나 회전체를 지지하는 축으로 주된 하중이 굽힘이다. 틀린 부분은 공작기계의 주축, 터빈축, 높은 정밀도 요구라는 설명에 차축을 대응시키는 점이다. 올바르게는 차축은 차량 바퀴축처럼 지지 기능이 중심인 축이다.
② X: 유연축은 휘어지는 상태에서도 회전을 전달하는 축이므로 핵심 특징이 유연성이다. 틀린 부분은 공작기계 주축·터빈축과 같은 고정밀 축의 설명에 유연축을 대응시키는 점이다. 올바르게는 유연축은 속도계 케이블처럼 굽은 경로의 동력 전달에 쓰인다.
③ O: 스핀들은 공작기계의 주축, 터빈축 등에 사용되고 주로 비틀림하중을 받으면서 굽힘하중도 함께 받는다. 또한 정밀도가 매우 중요하므로 강성이 충분하고 변형이 작아야 한다.
④ X: 크랭크축도 비틀림과 굽힘을 받을 수 있으나 대표 용도는 피스톤의 왕복운동을 회전운동으로 바꾸는 것이다. 틀린 부분은 주축·터빈축·고정밀 정렬 요구라는 설명에 크랭크축을 대응시키는 점이다. 올바르게는 크랭크축은 엔진이나 압축기에서 운동 변환을 담당하는 축이다.

오답 포인트

주로 비틀림하중을 받지만 굽힘하중도 받는다는 문장만 보면 크랭크축도 떠올리기 쉽다. 그러나 이 문항의 결정 단서는 공작기계의 주축, 터빈축, 높은 정밀도 요구라는 표현이며, 이 조합은 스핀들을 가리킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

축 문제는 먼저 용도를 본다. 주축·터빈축·고정밀이면 스핀들, 지지 중심이면 차축, 휘어져 전달하면 유연축, 운동 변환이면 크랭크축으로 판단하면 된다.

암기 포인트

스핀들은 주축·터빈축·고정밀, 차축은 지지, 유연축은 휨 전달, 크랭크축은 운동 변환이다.

NoteBase

문 21. 볼트에 축방향의 인장응력 30 MPa과 비틀림에 의한 전단응력 20 MPa이 동시에 발생할 때, 최대주응력설에 따른 안전계수는? (단, 볼트의 인장 극한강도는 100 MPa이고, 압축 극한강도는 고려하지 않는다)

① 2.5

② 3.0

③ 3.5

④ 4.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 축방향 인장응력과 전단응력이 동시에 작용할 때 주응력을 구하고 최대주응력설로 안전계수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 축방향 인장응력 $30MPa$, 전단응력 $20MPa$, 인장 극한강도 $100MPa$이다.
구해야 할 값: 최대주응력설에 따른 안전계수이다.
주의할 조건: 압축 극한강도는 고려하지 않으므로 최대 주인장응력만 비교하면 된다.

사용할 공식

주응력은 $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{(\frac{\sigma}{2})^2 + \tau^2}$ 이다.
안전계수는 $n = \frac{\sigma_u}{\sigma_1}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 축응력과 전단응력이 동시에 작용하는 평면응력 상태이므로 먼저 최대주응력 σ_1을 구한 뒤, 최대주응력설에 따라 인장 극한강도와 비교해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 평균응력은 $\frac{30}{2} = 15MPa$이다.
2. 반경항은 $\sqrt{(\frac{30}{2})^2 + 20^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} = \sqrt{625} = 25MPa$ 이다.
3. 주응력은 $\sigma_1 = 15 + 25 = 40MPa$, $\sigma_2 = 15 - 25 = -10MPa$이다.
4. 최대주응력설에 따른 안전계수는 $n = \frac{100}{40} = 2.5$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산된 최대주응력은 $40MPa$이므로 안전계수는 $100/40 = 2.5$이다.
② X: 3.0은 최대주응력을 잘못 계산했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 안전계수가 3.0이라는 점이고, 올바르게는 주응력을 $40MPa$로 계산하여 안전계수는 2.5가 된다.
③ X: 3.5는 전단응력의 영향을 충분히 반영하지 않거나 주응력 공식을 잘못 적용했을 때 생기는 오답이다. 틀린 표현은 안전계수가 3.5라는 점이고, 올바르게는 최대주응력설에서 $\sigma_1 = 40MPa$이므로 2.5가 된다.
④ X: 4.0은 축방향 인장응력 $30MPa$만으로 단순 계산하여 $100/30$에 가깝게 판단한 오답이다. 틀린 표현은 안전계수가 4.0이라는 점이고, 올바르게는 전단응력까지 포함한 최대주응력 $40MPa$를 써야 하므로 2.5가 된다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 축응력만 보고 바로 안전계수를 구하는 실수와, 전단응력이 있으면 먼저 주응력으로 변환해야 한다는 점을 놓치는 데 있다. 최대주응력설은 원래 응력성분이 아니라 최대 주인장응력을 기준으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합응력 상태의 안전계수 문제는 주어진 σ, τ를 바로 강도와 비교하지 않고, 먼저 주응력을 계산한 뒤 해당 파손설에 맞는 대표응력으로 안전계수를 구하면 된다.

암기 포인트

최대주응력설은 \"복합응력 → 주응력 계산 → 최대 주인장응력으로 강도 비교\"의 순서로 정리된다.

NoteBase

문 22. 원통 평마찰차와 V홈 마찰차(홈의 각도 30°)의 마찰계수가 0.3이다. 평마찰차의 원동차와 종동차가 서로 밀어붙이는 힘과 V홈 마찰차의 원동차와 종동차가 서로 밀어붙이는 힘이 같을 때, 평마찰차의 최대 전달력(F_a)에 대한 V홈 마찰차의 최대 전달력(F_b)의 비$\left(\frac{F_b}{F_a}\right)$는?

① $\frac{0.3}{\sin 15^\circ + 0.3 \times \cos 15^\circ}$
② $\frac{0.3}{\sin 30^\circ + 0.3 \times \cos 30^\circ}$
③ $\frac{1}{\sin 15^\circ + 0.3 \times \cos 15^\circ}$
④ $\frac{1}{\sin 30^\circ + 0.3 \times \cos 30^\circ}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평마찰차와 V홈 마찰차의 접촉기하를 비교하여 같은 밀어붙이는 힘에서 최대 전달력의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 마찰계수 $\mu = 0.3$, V홈의 포함각 30°
구해야 할 값: $\frac{F_b}{F_a}$
주의할 조건: V홈의 계산에는 포함각 30°가 아니라 반각 15°를 써야 한다.

사용할 공식

평마찰차의 최대 전달력은 $F_a = \mu P$이다.
V홈 마찰차는 양쪽 면의 반력과 마찰력을 합치면
$P = 2R\sin 15^\circ + 2\mu R\cos 15^\circ$
$F_b = 2\mu R$
이므로
$\frac{F_b}{F_a} = \frac{2\mu R}{\mu P} = \frac{1}{\sin 15^\circ + \mu\cos 15^\circ}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 V홈 마찰차가 쐐기작용으로 같은 압입력 P에서도 접촉면 반력 R이 커지기 때문이다.

계산 과정

1. 평마찰차는 최대 전달력이 $F_a = \mu P$이다.
2. V홈 마찰차는 홈의 반각이 15°이므로 압입력 평형식이 $P = 2R(\sin 15^\circ + \mu\cos 15^\circ)$가 된다.
3. 따라서 $R = \frac{P}{2(\sin 15^\circ + \mu\cos 15^\circ)}$이다.
4. 최대 전달력은 $F_b = 2\mu R = \frac{\mu P}{\sin 15^\circ + \mu\cos 15^\circ}$이다.
5. 비를 취하면 $\frac{F_b}{F_a} = \frac{\mu P/(\sin 15^\circ + \mu\cos 15^\circ)}{\mu P} = \frac{1}{\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{0.3}{\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ}$는 F_b를 압입력 P와 직접 비교한 값이다. 문제는 $\frac{F_b}{F_a}$를 묻고 있으므로 평마찰차의 $F_a = 0.3P$로 한 번 더 나누어야 한다. 틀린 표현은 분자 0.3이고, 올바르게는 $\frac{1}{\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ}$이다.

② X: 분자에 0.3을 남긴 점도 틀리고, V홈 각도 30 °를 그대로 넣은 점도 틀리다. 계산에는 포함각이 아니라 반각 15 °를 써야 한다. 올바르게는 $\frac{1}{\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ}$이다.

③ O: V홈의 반각 15 °를 사용하고, 평마찰차 대비 비를 취하면 $\frac{F_b}{F_a} = \frac{1}{\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ}$가 된다. 식의 형태와 각도 처리가 모두 맞다.

④ X: 분자 1은 맞지만 각도를 30 °로 넣은 것이 틀리다. V홈의 포함각이 30 °이면 각 면은 중심선과 15 °를 이룬다. 틀린 표현은 $\sin 30^\circ + 0.3\cos 30^\circ$이고, 올바르게는 $\sin 15^\circ + 0.3\cos 15^\circ$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 V홈 각도 30 °를 그대로 대입하는 실수이고, 다른 하나는 F_b 자체와 $\frac{F_b}{F_a}$를 혼동하여 분자에 μ를 남기는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

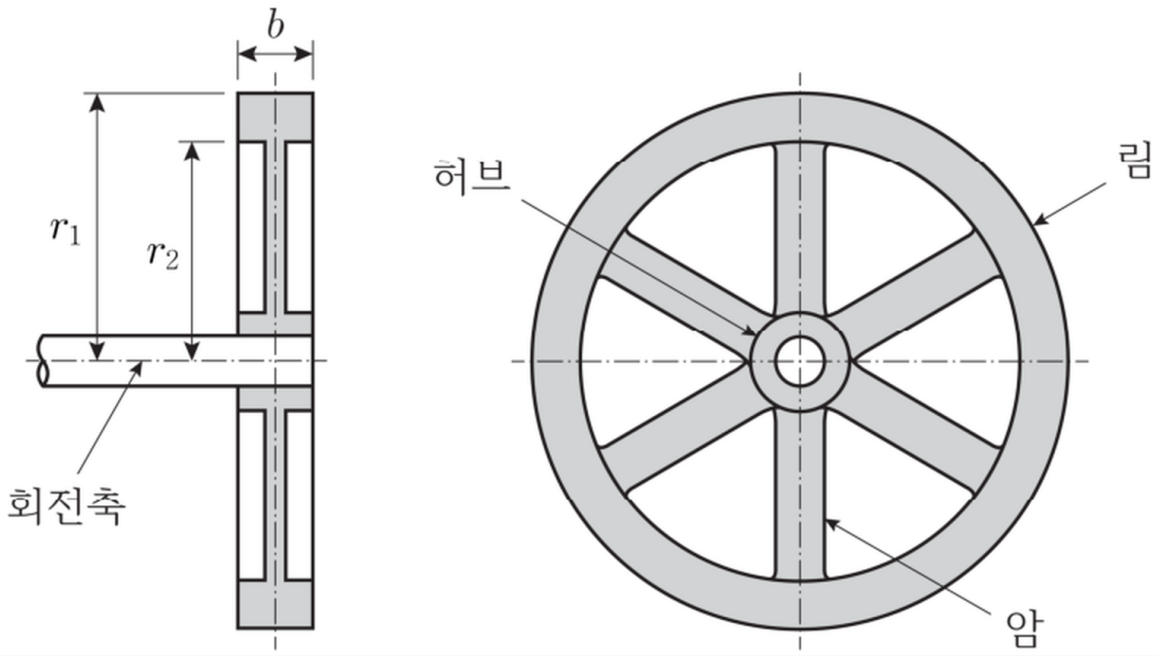
마찰차 비교 문제는 먼저 평마찰차의 기준식 $F = \mu P$를 세우고, V홈은 포함각을 반각으로 바꾼 뒤 힘평형식으로 R을 구해 비로 정리하면 된다.

암기 포인트

V홈 마찰차는 같은 압입력에서도 쐐기작용 때문에 반력이 커지며, 각도는 항상 포함각이 아니라 반각으로 넣는다.

NoteBase

문 23. 그림과 같은 단면 형상을 갖는 관성차(flywheel)의 회전축에 대한 림(rim) 부분의 관성모멘트(moment of inertia) $[\mathrm{kgf \cdot m \cdot s^2}]$**는? (단, 림 재료의 비중량은** $\gamma[\mathrm{kgf/m^3}]$**, 중력가속도는** $g[\mathrm{m/s^2}]$**, 림의 폭은** $b[\mathrm{m}]$**, 림의 바깥쪽 반지름은** $r_1[\mathrm{m}]$**, 림의 안쪽 반지름은** $r_2[\mathrm{m}]$**이다)**



① $\frac{\pi b\gamma}{2g}(r_1^3 - r_2^3)$
② $\frac{\pi b\gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$
③ $\frac{\pi b\gamma}{3g}(r_1^3 - r_2^3)$
④ $\frac{\pi b\gamma}{3g}(r_1^4 - r_2^4)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 림을 폭 b인 환형체로 보고, 미소 환요소를 적분하여 회전축에 대한 림 부분의 관성모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 비중량 γ, 중력가속도 g, 림의 폭 b, 바깥 반지름 r_1, 안쪽 반지름 r_2이다.
- 구해야 할 값: 림 부분의 회전축에 대한 관성모멘트 I이다.
- 주의할 조건: 비중량이 주어졌으므로 질량밀도는 $\rho = \gamma/g$로 바꾸어야 하며, 허브와 암은 제외하고 림만 계산한다.

NoteBase

사용할 공식

$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad dV = 2\pi r b dr, \quad dm = \rho dV = \frac{\gamma}{g} 2\pi r b dr$
$dI = r^2 dm, \quad I = \int_{r_2}^{r_1} r^2 dm$
이 공식을 쓰는 이유는 림이 반지름 r_2부터 r_1까지 연속해서 분포한 환형 질량체이고, 각 미소 질량요소는 회전축에서 거리 r만큼 떨어져 있기 때문이다.

계산 과정

1. 비중량을 질량밀도로 바꾸면 $\rho = \gamma/g$이다.
2. 반지름 r, 두께 dr인 미소 환의 체적은 $dV = 2\pi r b dr$이므로 질량은 $dm = (\gamma/g)2\pi r b dr$이다.
3. 관성모멘트는 $dI = r^2 dm$이므로
$I = \int_{r_2}^{r_1} r^2 \left(\frac{\gamma}{g} 2\pi r b dr\right) = 2\pi b \frac{\gamma}{g} \int_{r_2}^{r_1} r^3 dr$
4. 적분하면
$I = 2\pi b \frac{\gamma}{g} \left[\frac{r^4}{4}\right]_{r_2}^{r_1} = \frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$
이므로 정답식은 $\frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$이다.

선지별 해설

① X
- 틀린 표현은 반지름 항이 $r_1^3 - r_2^3$인 점이다. 관성모멘트는 $dI = r^2 dm$이므로 적분 대상이 r^3가 되고, 최종 결과는 세제곱 차가 아니라 네제곱 차가 되어야 한다. 올바르게는 $\frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$이다.

② O
- $\rho = \gamma/g$, $dm = (\gamma/g)2\pi r b dr$, $I = \int r^2 dm$를 적용하면 $I = \frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$가 된다. 식의 계수와 반지름 차수가 모두 맞다.

③ X
- 틀린 표현은 계수 $\frac{1}{3g}$와 반지름 항 $r_1^3 - r_2^3$이다. 이는 $dI = r^2 dm$의 거리제곱을 반영하지 못하고 적분 차수도 잘못 잡은 식이다. 올바르게는 $\frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$이다.

④ X
- 틀린 표현은 계수 $\frac{1}{3g}$인 점이다. 반지름 항의 차수는 맞지만, 실제 적분은 $\int r^3 dr = r^4/4$이므로 앞의 2π와 결합한 최종 계수는 $\frac{\pi}{2}$가 되어야 한다. 올바르게는 $\frac{\pi b \gamma}{2g}(r_1^4 - r_2^4)$이다.

오답 포인트

비중량 γ를 그대로 질량처럼 쓰거나 $dI = r^2 dm$의 r^2를 빠뜨리면 $r_1^3 - r_2^3$ 꼴 오답이 나온다. 또 $\int r^3 dr$를 잘못 적분하면 계수 $\frac{1}{3}$ 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

환형체 관성모멘트 문제는 먼저 $\rho = \gamma/g$로 바꾸고, 다음에 $dm = \rho 2\pi r b dr$를 세운 뒤, 마지막으로 반드시 $dI = r^2 dm$을 곱해 반지름 차수가 네제곱까지 올라가는지 검산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

환형 림의 관성모멘트는 비중량을 g로 나누어 질량밀도로 바꾸고, 관성모멘트이므로 거리제곱 r^2를 한 번 더 곱해 최종식이 $r_1^4 - r_2^4$ 꼴이 된다고 정리된다.

NoteBase

문 24. 지름 50mm, 길이 100mm의 레이디얼 저널 베어링(radial journal bearing)을 500 rpm으로 회전하는 전동축에 사용했을 때, 지지할 수 있는 최대 하중[kN]은? (단, 발열계수 $pv = 1\text{N/mm}^2 \cdot \text{m/s}$, $\pi = 3$이다)

① 0.002

② 0.004

③ 2

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 레이디얼 저널 베어링의 허용 발열계수 pV에서 주면압 p를 구한 뒤, 투영면적 Ld를 곱해 최대 하중을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지름 $d = 50mm$, 길이 $L = 100mm$, 회전수 $n = 500rpm$, 허용 $pV = 1N/mm^2 \cdot m/s$, $\pi = 3$이다.
구해야 할 값: 지지 가능한 최대 하중 W이다.
주의할 조건: 저널 베어링의 압력 면적은 원주면적이 아니라 투영면적 Ld이며, 속도는 $V = \pi dn/60$으로 구한다.

사용할 공식

$V = \frac{\pi dn}{60}$
$p = \frac{pV}{V}$
$W = pLd$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 허용 발열계수 pV가 주어졌으므로 먼저 축의 미끄럼속도 V를 구해 허용 주면압 p를 계산해야 하며, 레이디얼 저널 베어링의 하중은 그 주면압에 투영면적 Ld를 곱해 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 축의 주속도는
$V = \frac{\pi dn}{60} = \frac{3 \times 0.05 \times 500}{60} = 1.25 m/s$
이다.
2. 허용 주면압은
$p = \frac{pV}{V} = \frac{1}{1.25} = 0.8 N/mm^2$
이다.
3. 최대 하중은
$W = pLd = 0.8 \times 100 \times 50 = 4000 N = 4 kN$
이다.

선지별 해설

① X: 틀린 수치는 $0.002 kN$이다. 계산 결과는 $4000 N = 4 kN$이므로, 올바르게는 최대 하중이 $4 kN$이다. 이 값은 투영면적과 단위 환산을 심하게 잘못 처리할 때 나오는 지나치게 작은 수치이다.
② X: 틀린 수치는 $0.004 kN$이다. $0.004 kN$는 $4 N$에 불과하므로 베어링 치수와 허용압력에 비해 비정상적으로 작다. 올바르게는 $W = 4000 N = 4 kN$이다.
③ X: 틀린 수치는 $2 kN$이다. 이 값은 투영면적을 Ld 대신 반으로 잘못 잡거나 지름 대신 반지름을 넣을 때 나올 수 있다. 레이디얼 저널 베어링의 압력 면적은 $L \times d = 100 \times 50 = 5000 mm^2$이므로, 올바르게는 $4 kN$이다.
④ O: $V = 1.25 m/s$, $p = 0.8 N/mm^2$이므로 $W = pLd = 0.8 \times 100 \times 50 = 4000 N = 4 kN$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, pV가 주어졌다고 바로 하중을 구하지 않고 먼저 속도 V를 계산해 주면압 p로 바꿔야 한다는 점이다. 둘째, 압력 면적을 원주면적이 아니라 투영면적 Ld로 써야 하며, 속도 계산에는 지름을 m 단위로 넣고 압력 면적 계산에는 mm 단위를 유지해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

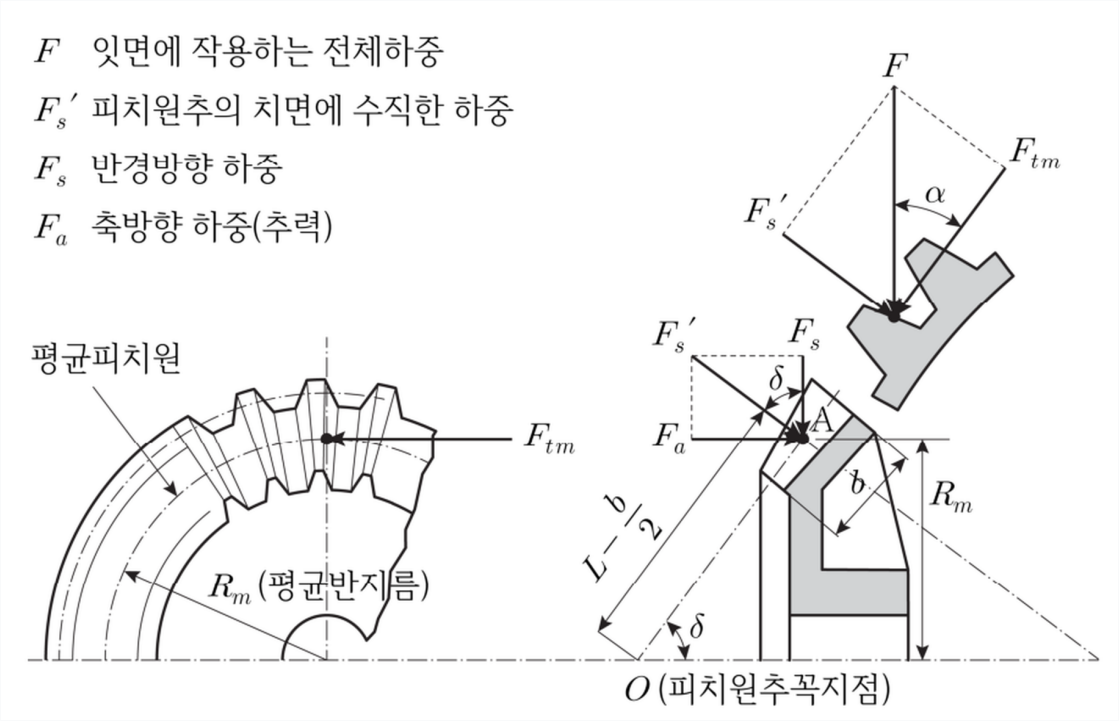
저널 베어링에서 pV 한계가 나오면 먼저 $V = \pi dn/60$으로 주속도를 구하고, 다음에 $p = (pV)/V$로 허용압력을 구한 뒤, 마지막에 $W = pLd$로 최대 하중을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

pV가 주어지면 V부터 계산하고, 저널 베어링 하중은 항상 투영면적 Ld에 허용압력 p를 곱해 구한다.

NoteBase

문 25. 그림과 같이 평균피치원주상에서 2m/s의 원주속도로 회전력(F_{tm})에 의해 2kW의 동력을 전달하는 직선베벨기어가 있다. 기어의 압력각(α)과 피치원추각(δ)이 θ로 같을 때, 기어에 의해 축에 전달되는 반경방향 전체하중 $\sqrt{F_{tm}^2+F_s^2}\,[N]$은? (단, 축각은 90°, $\tan\theta=\frac{1}{3}$, L은 피치원추거리며, F_{tm}은 치폭(b)의 중앙에 작용한다고 가정한다)



① $\frac{1000}{9}\sqrt{10}$
② $\frac{1000}{9}\sqrt{11}$
③ $1000\sqrt{\frac{11}{10}}$
④ $1000\sqrt{\frac{91}{10}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직선베벨기어의 접선하중 F_{tm}에서 반경방향 하중 F_s를 구한 뒤, $\sqrt{F_{tm}^2+F_s^2}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 동력은 $P=2kW=2000W$이다.
평균피치원주상의 원주속도는 $v=2m/s$이다.
압력각과 피치원추각은 $\alpha=\delta=\theta$이고 $\tan\theta=1/3$이다.
구해야 할 값은 반경방향 전체하중 $\sqrt{F_{tm}^2+F_s^2}$이다.

NoteBase

사용할 공식

$F_{tm} = \frac{P}{v}, \quad F_s' = F_{tm}\tan\alpha, \quad F_s = F_s'\cos\delta$
따라서 $\alpha = \delta = \theta$이면
$F_s = F_{tm}\tan\theta\cos\theta = F_{tm}\sin\theta$
이 공식을 쓰는 이유는 그림에서 전체하중 F가 먼저 압력각 α에 의해 F_{tm}과 F_s'로 나뉘고, 다시 F_s'가 피치원추각 δ에 의해 F_s와 F_a로 분해되기 때문이다.

계산 과정

1. 전달동력과 원주속도에서 접선하중을 구하면
$F_{tm} = \frac{P}{v} = \frac{2000}{2} = 1000$
이므로 $F_{tm} = 1000N$이다.
2. $\tan\theta = 1/3$이므로 직각삼각형 비는 $1 : 3 : \sqrt{10}$이고, $\sin\theta = 1/\sqrt{10}$, $\cos\theta = 3/\sqrt{10}$이다.
3. 반경방향 하중은
$F_s = F_{tm}\sin\theta = 1000 \cdot \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1000}{\sqrt{10}}$
이므로 $F_s = \frac{1000}{\sqrt{10}}N$이다.
4. 따라서 반경방향 전체하중은
$\sqrt{F_{tm}^2 + F_s^2} = \sqrt{1000^2 + \left(\frac{1000}{\sqrt{10}}\right)^2} = 1000\sqrt{\frac{11}{10}}$
이다.

선지 판단

1번: X. $\frac{1000}{9}\sqrt{10}$는 약 $351N$으로, $\sqrt{F_{tm}^2 + F_s^2}$가 반드시 $F_{tm} = 1000N$보다 커야 한다는 조건을 만족하지 못한다. 올바르게는 $1000\sqrt{\frac{11}{10}}$이다.
2번: X. $\frac{1000}{9}\sqrt{11}$도 약 $369N$이므로 전체하중이 접선하중보다 작아지는 모순이 생긴다. 중간 분해식에 불필요한 $1/9$가 남은 오답이며, 올바르게는 $1000\sqrt{\frac{11}{10}}$이다.
3번: O. $F_{tm} = 1000N$, $F_s = \frac{1000}{\sqrt{10}}N$이므로 $\sqrt{F_{tm}^2 + F_s^2} = 1000\sqrt{\frac{11}{10}}$가 되어 정확하다.
4번: X. $1000\sqrt{\frac{91}{10}}$은 약 $3017N$으로, $\tan\theta = 1/3$을 거꾸로 읽어 하중을 과대평가한 값에 가깝다. 이 문제에서는 $F_s = F_{tm}\sin\theta$이므로 $F_s < F_{tm}$이고, 올바르게는 $1000\sqrt{\frac{11}{10}}$이다.

오답 포인트

F_s'와 F_s를 같은 힘으로 보면 틀린다. 그림에서 F_s'는 피치원추 치면에 수직한 하중이고, 실제로 축에 전달되는 반경방향 하중 F_s는 여기에 $\cos\delta$가 한 번 더 곱해진 값이다. 또한 마지막에 묻는 값은 F_s 자체가 아니라 $\sqrt{F_{tm}^2 + F_s^2}$라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

베벨기어 하중 문제는 먼저 P/v로 접선하중을 구하고, 그림의 분해 순서대로 $F_{tm} \to F_s' \to F_s$를 따라간 뒤, 마지막에 문제에서 요구한 값이 합성하중인지 단일 성분하중인지 다시 확인하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

직선베벨기어에서 이 문제 조건처럼 $\alpha = \delta = \theta$이면 $F_s = F_{tm}\tan\theta\cos\theta = F_{tm}\sin\theta$가 된다.

NoteBase