

BELT CONVEYOR 계산서

공사명		장비명	BELT CONVEYOR
작성자		작성일	2026. 10. 25.

1. 설계 조건

수송물	석탄	외관비중 ρ	0.80 t/m ³
필요 운반량 Q	200.00 t/h	벨트 속도 V	90.0 m/min
수평 기장 l	50.00 m	높이 H	5.00 m
경사각 $\delta = \text{atan}(H/l)$	5.71 ° (최대 허용 18.0°)	벨트 폭 B	750 mm (자동)
트러프 각 λ	30 °	동적 안식각 θ	20.0 °
롤러 마찰계수 f	0.030	보정 기장 l0	49.0 m
운동부 중량 W	53.0 kg/m	추가 동력	0.00 kW
동력 여유계수 K	1.20	구동부 효율 η	0.85
감김각 / 마찰계수 μ	210° / 0.35	벨트 안전율	10.0
구동 폴리 지름 D	500 mm	모터 회전수	1,750 rpm

2. 운반용량 (ISO 5048 / DIN 22101, 3롤 트러프 벨트)

벨트 폭 B = 750 mm = 0.750 m (자동 선택)

단면 유효 폭 b = 0.9 × B - 0.05 = 0.9 × 0.750 - 0.05 = 0.625 m

가운데 롤러 길이 l3 = 0.38 × B = 0.38 × 0.750 = 0.285 m (근사값)

$A1 = [l3 + (b - l3) \cdot \cos\lambda]^2 \cdot \tan\theta \div 6 = [0.285 + 0.340 \times \cos 30^\circ]^2 \times \tan 20.0^\circ \div 6 = 0.02037 \text{ m}^2$

$A2 = [l3 + (b - l3)/2 \cdot \cos\lambda] \cdot [(b - l3)/2 \cdot \sin\lambda] = [0.285 + 0.170 \times \cos 30^\circ] \times [0.170 \times \sin 30^\circ] = 0.03674 \text{ m}^2$

단면적 A = A1 + A2 = 0.02037 + 0.03674 = 0.05711 m²

경사각 $\delta = \text{atan}(5.00 \div 50.00) = 5.71^\circ$

$k1 = \sqrt{[(\cos^2\delta - \cos^2\theta) \div (1 - \cos^2\theta)]} = 0.9567$

경사 계수 k = 1 - (A1/A) · (1 - k1) = 1 - 0.3567 × (1 - 0.9567) = 0.9846

최대 운반량 Qmax = 60 × A × V × ρ × k = 60 × 0.05711 × 90.0 × 0.80 × 0.9846 = 242.9 t/h

적재율 = Q ÷ Qmax = 200.0 ÷ 242.9 = 82.3% → **적합 (OK)**

※ 가운데 롤러 길이 l3 = 0.38B 는 근사값입니다. 실제 롤러 치수(제조사 표)가 있으면 그 값으로 다시 확인하세요. 벨트 폭은 Qmax 가 필요 운반량 이상이 되는 가장 작은 표준 폭으로 골랐습니다.

표준 벨트 폭 (mm)	b (m)	l3 (m)	A (m ²)	k	Qmax (t/h) @ 90 m/min	적재율
400	0.310	0.152	0.0138	0.984	58.5	342%
450	0.355	0.171	0.0182	0.984	77.2	259%
500	0.400	0.190	0.0231	0.984	98.4	203%
600	0.490	0.228	0.0349	0.984	148.5	135%
750	0.625	0.285	0.0571	0.985	242.9	82%
900	0.760	0.342	0.0847	0.985	360.4	55%
1050	0.895	0.399	0.1178	0.985	500.9	40%
1200	1.030	0.456	0.1562	0.985	664.5	30%
1400	1.210	0.532	0.2159	0.985	918.6	22%
1600	1.390	0.608	0.2853	0.985	1,213.6	16%
1800	1.570	0.684	0.3643	0.985	1,549.7	13%
2000	1.750	0.760	0.4529	0.985	1,926.8	10%

3. 소요동력 (JIS B 8805)

$$P1 \text{ (무부하)} = 0.06 \times f \times W \times V \times (1 + 10) \div 367 = 0.06 \times 0.030 \times 53.0 \times 90.0 \times (50.0 + 49.0) \div 367 = 2.316 \text{ kW}$$

$$P2 \text{ (수평 부하)} = f \times Q \times (1 + 10) \div 367 = 0.030 \times 200.0 \times (50.0 + 49.0) \div 367 = 1.619 \text{ kW}$$

$$P3 \text{ (올림)} = Q \times H \div 367 = 200.0 \times 5.00 \div 367 = 2.725 \text{ kW}$$

$$\text{추가 동력 (스커트·트리퍼 등)} = 0.00 \text{ kW}$$

$$\text{축 동력 } P = 2.316 + 1.619 + 2.725 + 0.00 = 6.66 \text{ kW}$$

$$\text{빈 벨트 동력} = P1 + \text{추가} = 2.316 + 0.00 = 2.32 \text{ kW} \rightarrow \text{모터 기준 동력} = \text{큰 값 } 6.66 \text{ kW}$$

$$\text{모터 필요 동력} = 6.66 \times 1.20 \div 0.85 = 9.40 \text{ kW} \rightarrow \text{표준 모터 } 11 \text{ kW}$$

※ 운동부 중량 W 는 벨트 폭별 표 값 (부록 ①) 입니다. 367 = 3600 ÷ 9.81 (Q 는 t/h, V 는 m/min).

4. 벨트 장력과 벨트 등급

유효 장력 $T_e = P \times 6120 \div V = 6.66 \times 6120 \div 90.0 = 452.8 \text{ kgf}$ (짐 실은 P 의 크기와 빈 벨트 P 중 큰 값 - 내리막 음수는 브레이크로 잡을 때의 크기)

$$e^{\mu\theta} = e^{0.35 \times 3.665} \text{ (감김각 } 210^\circ = 3.665 \text{ rad)} = 3.607$$

$$T1 \text{ (긴장측)} = T_e \times e^{\mu\theta} \div (e^{\mu\theta} - 1) = 452.8 \times 3.607 \div (3.607 - 1) = 626.6 \text{ kgf}$$

$$T2 \text{ (이완측)} = T1 - T_e = 626.6 - 452.8 = 173.7 \text{ kgf}$$

$$\text{필요 벨트 강도} = T1 \times 9.80665 \times \text{안전율} \div B = 626.6 \times 9.80665 \times 10.0 \div 750 = 81.9 \text{ N/mm}$$

→ EP250/2 이상 (전체 강도 250 N/mm, 2플라이 - 예시, 벨트 제조사 표로 확인)

5. 역전방지 장치

정지했을 때 마찰력은 믿지 않습니다. 올림 구간(H > 0)에 짐이 실려 있으면 역전방지 장치가 필요합니다.

$$\text{벨트 1 m 당 짐} = Q \times 1000 \div (60 \times V) = 200.0 \times 1000 \div (60 \times 90.0) = 37.04 \text{ kg/m}$$

$$\text{올림 힘 } F = 37.04 \times 5.00 = 185 \text{ kgf}$$

$$\text{구동 폴리 축의 역전방지 토크} = F \times D \div 2 = 185 \times 0.500 \div 2 = 46.3 \text{ kgf}\cdot\text{m} \text{ (454 N}\cdot\text{m)}$$

역전방지 판정: 설치 필요

※ 벨트 자중과 롤러 저항은 안전 쪽으로 빠지 않았습니다. 역전방지 장치는 위 토크 이상의 용량으로 고르고, 제조사 사용계수를 확인하세요.

6. 구동 (폴리 회전수·감속기·드라이브 체인)

$$\text{폴리 목표 회전수} = V \div (\pi \times D) = 90.0 \div (\pi \times 0.500) = 57.30 \text{ rpm}$$

$$\text{필요한 전체 감속비} = \text{모터 } 1,750 \text{ rpm} \div 57.30 \text{ rpm} = 1 / 30.5 \text{ (감속기 } \times \text{ 드라이브 체인)}$$

$$\text{모터 } 11 \text{ kW, } 1,750 \text{ rpm} \rightarrow \text{감속기 } 1/15.0 \rightarrow \text{출력 } 116.67 \text{ rpm} \rightarrow \text{드라이브 체인 } 25T / 51T \rightarrow \text{폴리 } 57.19 \text{ rpm}$$

$$\text{실제 벨트 속도 } V' = n \times \pi \times D = 57.19 \times \pi \times 0.500 = 89.8 \text{ m/min} \text{ (목표 } 90.0 \text{ m/min, 차이 } -0.19\%)$$

$$\text{그 속도의 } Q_{\max} = 242.4 \text{ t/h} \text{ (필요 } 200.0 \text{ t/h)} \rightarrow \text{적합 (OK)}$$

$$\text{폴리축 토크 (모터 정격)} = 974 \times 11 \div 57.19 = 187.3 \text{ kgf}\cdot\text{m} \text{ (1,837 N}\cdot\text{m)}$$

※ 감속비와 체인기어 잇수는 폴리 회전수가 목표에 가장 가까운 조합을 자동으로 고른 것입니다 (목표보다 1% 넘게 느리면 제외 쪽으로 벌점, 작은 기어 13~25T, 체인 감속비 7 이하).

드라이브 체인 선정 (감속기 출력축 → 폴리축)

$$\text{감속기 출력축 토크 (모터 } 11 \text{ kW 정격)} = 974 \times 11 \div 116.67 = 91.83 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$\text{작은 기어 PCD} = 38.1 \div \sin(180^\circ/25) = 304.0 \text{ mm} \quad \text{큰 기어 PCD} = 38.1 \div \sin(180^\circ/51) = 618.9 \text{ mm}$$

$$\text{체인 장력 } F = 2000 \times 91.83 \div 304.0 = 604.2 \text{ kgf} \rightarrow \text{사용계수 } 1.3 \text{ 적용 } 785.5 \text{ kgf}$$

$$\text{RS120 1열 최소 파단강도 } 12,746 \times 1 = 12,746 \text{ kgf} \rightarrow \text{안전율 } 16.23 \geq 7 \rightarrow \text{적합 (OK)}$$

$$\text{체인 속도} = 25 \times 38.1 \times 116.67 \div 1000 = 111.1 \text{ m/min} \rightarrow \text{전동능력 } 22.62 \text{ kW} \geq 14.30 \text{ kW} \rightarrow \text{적합 (OK)}$$

$$\text{축간 거리 } 600 \text{ mm} \rightarrow \text{링크 수} = 2C/p + (z_1 + z_2)/2 + ((z_2 - z_1)/2\pi)^2 \cdot p/C = 70.6 \rightarrow 72 \text{ 링크 (짝수)}$$

→ 드라이브 체인 RS120 × 1열, 체인기어 25T / 51T, 72 링크

7. 결과 요약

벨트 폭·속도	B 750 mm, V 90.0 m/min (폭 자동)
수송물	석탄 (ρ 0.80 t/m ³), 수평 50.0 m, 높이 5.0 m (경사 5.7°)
운반량·적재율	필요 200.0 t/h / Qmax 242.9 t/h → 적재율 82.3% OK
소요동력	P1 2.32 + P2 1.62 + P3 2.72 = 축 동력 6.66 kW → 모터 필요 9.40 kW
모터 (참고)	11 kW
벨트 등급	EP250/2 이상 (필요 81.9 N/mm, 예시 — 제조사 표로 확인)
벨트 장력	Te 453 kgf, T1 627 kgf, T2 174 kgf
역전방지·브레이크	역전방지 설치 필요 (토크 46.3 kgf·m 이상)
모터·감속기	11 kW 1,750 rpm, 감속기 1/15.0
드라이브 체인	RS120 × 1열, 25T / 51T, 72 링크 (안전율 16.2)
구동 폴리	Ø500 mm, 57.19 rpm, 실제 벨트 속도 89.8 m/min (목표 90.0)
폴리축 토크	187.3 kgf·m (1,837 N·m, 모터 정격 기준)

⚠ 올림 구간이 있으므로 역전방지 장치를 꼭 설치하세요.

부록. 적용 근거표

노란 칸 = 이번 계산에 쓴 값. 아래는 일반 표준 값 (JIS B 8805, ISO 5048, DIN 22101 계열) 입니다. 회사·제조사 값이 있으면 그 값을 쓰세요.

① 운동부 중량 W (벨트 + 롤러 회전부, kg/m)

벨트 폭 (mm)	400	450	500	600	750	900	1050	1200	1400	1600	1800	2000
W (kg/m)	22.4	28	30	35.5	53	63	80	90	112	125	150	160

※ 이번 W = 53.0 kg/m.

② 트러프 각·안식각과 단면적 식

항목	이번 값	설명
트러프 각 λ	30°	양쪽 옆 롤러가 올라간 각도 (보통 20-30-35-45°). 0° = 평벨트 (평 롤러): $A2 = 0$, $A1 = b^2 \cdot \tan\theta \div 6$
동적 안식각 θ	20.0°	벨트 위 수송물이 쌓이는 각도 (서차지각)
b, l3	0.625 m, 0.285 m	$b = 0.9 \cdot B - 0.05$, $l3 = 0.38 \cdot B$ (근사)

$$A1 = [l3 + (b - l3) \cdot \cos\lambda]^2 \cdot \tan\theta \div 6 \quad (\text{윗부분 쌓인 삼각형 단면})$$

$$A2 = [l3 + (b - l3)/2 \cdot \cos\lambda] \cdot [(b - l3)/2 \cdot \sin\lambda] \quad (\text{트러프 단면})$$

$$k1 = \sqrt{[(\cos^2\delta - \cos^2\theta) \div (1 - \cos^2\theta)]} \quad (\delta < \theta), \quad k = 1 - (A1/A)(1 - k1), \quad Q_{\max} = 60 \cdot A \cdot V \cdot \rho \cdot k$$

③ 마찰계수 f 와 보정 기장 l0 (JIS B 8805)

기호	뜻	보통 값	이번 값
f	롤러 회전부 마찰계수 (롤러 베어링·벨트 굴곡 저항을 한 값으로 묶음)	0.03	0.030
l0	보정 기장 — 기장 l 에 더해 롤러·벨트 저항을 환산 (m)	49	49.0

※ 동력 식에서 (l + l0) 로 씁니다. 환경이 나쁘거나 롤러 간격이 넓으면 큰 값을 쓰세요.

④ $e^{\mu\theta}$ 표 (구동 풀리)

μ / 감김각	180°	210°	240°
맨 풀리 0.25	2.193	2.500	2.850
고무 라깁 0.35	3.003	3.607	4.332

$$\text{※ } T1 = Te \cdot e^{\mu\theta} \div (e^{\mu\theta} - 1), \quad T2 = T1 - Te.$$

⑤ EP 벨트 전체 강도 (N/mm) 와 예시 플라이 수

강도 (N/mm)	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
예시 플라이	EP250/2	EP315/3	EP400/3	EP500/4	EP630/4	EP800/4	EP1000/5	EP1250/5	EP1600/5	EP2000/5

※ 플라이 수는 예시입니다. 벨트 제조사 표 (커버 고무 두께·최대 폭 등) 로 확인하세요.

⑥ 드라이브 롤러 체인 최소 파단강도 (KS B 1407 / ANSI B29.1, 1열)

체인	RS40	RS50	RS60	RS80	RS100	RS120	RS140	RS160	RS200	RS240
피치 (mm)	12.7	15.875	19.05	25.4	31.75	38.1	44.45	50.8	63.5	76.2
파단강도 (kgf)	1,417	2,223	3,192	5,670	8,872	12,746	17,335	22,740	35,385	50,986

2열 ×2, 3열 ×3 (강도). 저속(50 m/min 미만)은 파단강도 ÷ (체인 장력 × 사용계수) ≥ 안전율, 그 이상은 ANSI 전동능력식 (2열 ×1.7, 3열 ×2.5).

⑦ 쓴 식

운반량	$Q_{\max} = 60 \times A \times V \times \rho \times k \text{ (t/h, } V \text{ 는 m/min)} \text{ — ISO 5048 / DIN 22101}$
무부하 동력	$P_1 = 0.06 \times f \times W \times V \times (l + l_0) \div 367 \text{ (kW)}$
수평 부하 동력	$P_2 = f \times Q \times (l + l_0) \div 367 \text{ (kW)}$
올림 동력	$P_3 = Q \times H \div 367 \text{ (kW)} \text{ — } 367 = 3600 \div 9.81$
모터	$P \times \text{여유계수 } K \div \text{구동부 효율 } \eta \text{ 이상의 표준 모터}$
유효 장력	$T_e = P \times 6120 \div V \text{ (kgf, } P \text{ 는 kW, } V \text{ 는 m/min)}$
벨트 장력	$T_1 = T_e \cdot e^{\mu\theta} \div (e^{\mu\theta} - 1), T_2 = T_1 - T_e$
벨트 강도	필요 강도 (N/mm) = $T_1 \times 9.80665 \times \text{안전율} \div B \text{ (mm)}$
역전방지	$F = (Q \times 1000 \div (60 \cdot V)) \times H \text{ (kgf)}, \text{ 토크} = F \times D \div 2 \text{ (kgf}\cdot\text{m)}$
폴리 회전수	$n = V \div (\pi \times D) \text{ (rpm, } D \text{ 는 m)}$
토크	$T = 974 \times \text{kW} \div \text{rpm (kgf}\cdot\text{m)}$
체인기어	$PCD = p \div \sin(180^\circ/z), \text{ 링크 수} = 2C/p + (z_1+z_2)/2 + ((z_2-z_1)/2\pi)^2 \cdot p/C \text{ (짝수로 올림)}$

※ 이 계산서의 표 값은 일반 표준 (JIS B 8805, ISO 5048, DIN 22101) 값입니다. 회사·제조사 값이 있으면 그 값을 쓰세요.