

BELT CONVEYOR 설계 기준

2.1 벨트콘베어의 특성 및 운반물의 조건

2.1.1 벨트콘베어의 특성

1) 여러 종류의 분산물 운반에 적합하다,

벨트콘베어로 운반되는 분산물은 대단히 종류가 많다. 석탄, 광석, 깻돌, 자갈, 모래, 비료, 유안, 요소, 시멘트 등 헤아릴 수 없을 정도로 많다. 젖어 있거나 말라 있거나 혹은 300℃ 정도의 고온의 운반물도 운반할 수 있다.

2) 운반능력의 범위가 넓다.

시간당 수 kg 의 작은 capacity 에서 화력발전소나 제철소에서의 시간당 1,000~2,000 Ton 의 큰 Capacity 가 있다. 택지조성용에 사용되는 벨트콘베어는 시간당 5,000 t 이상의 것도 있다.

3) 운반거리가 길다.

벨트콘베어는 다른 콘베어에 비해 운반거리가 상당히 길다.총연장의 길이가 수 km 되는 것은 얼마든지 많으며 이것은 운반 cost 가 싸지며 운전유지비용도 절감된다.

4)설치 조건의 유리성

- ① 기초가 간단하다.
- ② 지형에 거의 좌우되지 않는다.
- ③ 설치폭이 좁다.
- ④ 경사각도가 20°이 내리면 자유롭게 이용된다.
- ⑤ 설비가 간단하다.
- ⑥ 임의의 장소에 분배된다.
- ⑦ 신뢰성이 높다

고장이 거의 없고 Maintenance 를 위해 많은 인력이 필요치 않다

표 1.1 각종 운반물의 최대 수송 허용 각도(°)

운반물의 종류	최대 수송각	운반물의 종류	최대 수송각	운반물의 종류	최대 수송각
석회석 덩어리	20	점토 마른 덩어리	15	하천 자갈	10
석회석 가루	23	점토 젖은 덩어리	18	균일 자갈	15
크링커	15	점토 가루	22	부순 자갈	20
시멘트	12	모래 마른 덩어리	15	괴 탄	16
코크스	18	모래 젖은 덩어리	20	부순 탄	18
		점토 가루	24	분 탄	20

* 시멘트는 실제 운전경험에 의해 8°이하로 해야 한다

표 1.2 각종 운반물의 최대 크기와 최소 벨트 폭

덩어리 최대크기	100	150	200	250	300	400	500
최소 벨트 폭	400	500	600	750	900	1,000	1,200

표 1.3 추정되는 벨트 속도와 최대 벨트 속도

운반물의 종류	추정되는 벨트 속도			최대 벨트 속도		
	벨트 폭 (mm)			벨트 폭 (mm)		
	400	400-750	900 이상	400	400-750	900 이상
원탄, 소금, 모래, 분탄	60-100	75-120	100-150	120	150-200	300-350
자갈, 광석, 쇠석	60-75	60-100	70-120	100	150	300-360
괴탄, 광석, 쇠석		60-100	60-120		150	250-300
코크스, 석탄, 목탄	60-75	60-100	75-100	100	150	200
가루, 회, 시멘트		50-60			100	
곡물류		120-240				

* 상기 운반물의 조건에 맞게 선정하여 설계시 우선적으로 적용해야 한다

2. 용량 계산

일반적으로 벨트콘베어 운반능력은 다음과 같이 계산한다

Q=60*A*V*r [t/h]		
Q	벨트 콘베어의 운반능력	t/h
A	벨트위 운반물의 단면적	m ³
V	벨트 속도	m/min
r	운반물의 겉보기 비중	t/m ³

상기식에서 A는 다음식에 의해 계산된다

$$A = K(0.9 \cdot B - 0.05)^2, \quad K: \text{정수(표 2.1)}, B: \text{벨트 폭}$$

A의 값은 벨트의 Trough 각이나 측각에 의해 변화되며 (표 2.2 참조) 정지 안식각을 알 때는 다음식에 의해 계산된다

$$\alpha = 1.11 \cdot \rho - (0.1 \cdot \beta + 18^\circ), \quad \alpha: \text{측각}, \rho: \text{정지 안식각}, \beta: \text{Trough 각}$$

표 2.1 정수 K

측 각(°)	10	20	30
Trough 각(°)			
0	0.0295	0.0591	0.0906
10	0.0649	0.0945	0.1253
15	0.0817	0.1106	0.1408
20	0.0963	0.1245	0.1537
25	0.1113	0.1381	0.1661
30	0.1232	0.1486	0.1752
35	0.1348	0.1588	0.1837
45	0.1500	0.1704	0.1916

표 2.2 Trough 형 벨트콘베어 적재 단면적 A

단위 : 0.01 m³

Trough 각(°)	20			25			30			45		
측 각(°)	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
벨트 폭												
400	0.93	1.20	1.48	1.07	1.24	1.60	1.20	1.43	1.69	1.43	1.63	1.84
450	1.21	1.57	1.94	1.40	1.62	2.09	1.57	1.83	2.22	1.87	2.14	2.41
500	1.54	1.99	2.46	1.78	2.06	2.66	2.16	2.50	2.96	2.50	2.86	3.22
600	2.31	2.99	3.69	2.67	3.08	3.99	3.00	3.57	4.22	3.57	4.08	4.60
750	3.76	4.87	6.01	4.34	5.02	6.48	4.88	5.81	6.87	5.80	6.64	7.48
900	5.56	7.19	8.83	6.42	7.42	9.59	7.21	8.60	10.14	8.58	9.81	11.06
1050	7.71	9.95	12.32	8.90	10.29	13.30	10.04	11.92	14.08	11.89	13.60	15.34
1200	10.22	13.21	16.31	11.80	13.63	17.62	13.24	15.79	14.64	15.75	18.01	20.33
1400	14.10	18.23	22.51	16.29	18.81	24.31	18.27	21.79	25.79	21.74	24.86	28.04
1600	18.61	24.05	29.71	21.48	24.82	32.08	24.11	28.75	33.94	28.86	32.72	37.00
1800	23.64	30.70	37.90	27.41	31.67	40.92	30.76	36.68	43.31	36.59	41.85	47.20
2000	29.49	38.14	47.09	34.02	39.34	50.84	38.22	45.57	53.81	45.46	52.00	58.64

표 2.3 Trough 형 벨트콘베어 운반량 Qm

단위 : m³/h

Trough 각(°)	20			25			30			45		
측 각(°)	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
벨트 폭												
400	55.8	72.0	88.8	64.2	74.4	96.0	72.0	88.8	101.4	85.5	97.8	110.4
450	72.6	94.2	116.4	82.0	97.2	125.4	94.2	111.6	133.2	112.2	128.4	144.6
500	92.4	119.4	147.6	106.8	123.6	159.6	126.0	150.0	177.6	150.0	171.6	193.2

600	138.6	179.4	221.4	160.2	184.8	239.4	180.8	214.2	253.2	214.2	244.8	276.0
750	225.6	292.2	360.6	260.4	301.2	388.9	292.8	384.6	412.2	348.0	398.4	448.8
900	333.6	431.4	532.8	385.2	445.2	575.4	432.6	516.0	608.4	514.8	588.6	663.6
1050	462.6	598.8	739.2	534.6	617.4	798.0	602.4	715.2	844.8	714.4	816.0	920.4
1200	613.2	729.6	978.6	780.0	817.8	1057.2	794.4	947.4	1118.4	954.0	1080.6	1219.8
1400	846.0	1093.8	1350.6	977.4	1128.6	1458.6	1096.2	1307.4	1545.6	1304.4	1491.6	1682.4
1600	1116.6	1424.4	1782.6	1244.6	1489.2	1924.8	1446.6	1725.0	2036.4	1720.8	1963.2	2220.0
1800	1424.4	1843.6	2274.0	1688.8	1900.2	2455.2	1845.6	2200.8	2598.6	2195.4	2511.0	2832.0
2000	1769.4	2319.4	2825.4	2043.0	2360.4	3055.4	2293.2	2734.2	3228.6	2727.6	3120.0	3518.4

상기표는 벨트속도 100m/min 인 경우이며 900W 이고 Trough 각 45,측각 20, 벨트속도 70m/min, 비중 1.4 인 경우의 용량 계산은

$558.6 \times 0.7 \times 1.4 = 547 \text{ t/h}$ 가 된다

벨트 콘베어의 운반량이 수송각도 2 도 까지는 100% 운반효율을 기대할 수 있으나 수송각도가 커짐에 따라 운반효율이 아래의 표처럼 저하 된다

표 2.4 경사에 의한 운반능력 저하율

수송 각도	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
운반효율(%)	100	99	98	97	95	93	91	89	85	81	78	76	73	71	68	66	64	61	59	56

2.3 동 력 계 산

벨트콘베어의 동력계산에는 다음과 같이 여러 저항을 고려 하여야 한다.

1. Carrier 가 운반물을 지탱하면서 회전할 때의 회전저항
2. Carrier 가 Belt 만을 지탱하면서 회전할 때의 회전저항
3. Head, Tail, Bend, Take-up 의 각 Pulley 의 축과 BEARING 의 마찰저항
4. Belt 가 Bending 함으로써 생기는 저항

5. 벨트가 처지기 저항

6. Scraper 나 Skirt 의 마찰저항

2.3.1 단거리 벨트 콘베어의 동력계산 (100m 이하)

$HP = (K \cdot C1 \cdot V + C2 \cdot Q) \cdot L / 270 + Q \cdot H / 270 + HPt \cdot 1 / \eta \quad [HP]$	
HP	소요마력(HP)
C1	무부하 주행 저항 (KG)--표 3.1
C2	부하 주행 저항 (KG)--표 3.1
K	C1 의 수정계수 -- 표 3.2
V	벨트의 속도 (m/min)
Q	운반량 (t/h)
L	벨트의 길이 (m)
H	수직 운반 높이 (m)
HPt	트리퍼의 운전마력(HP) -- 표 3.3
η	효율(η)
$Q \cdot H / 270$	운반물을 수직적으로 들어올리는데 필요한 마력(HP)

표 3.1 무부하 주행저항 C1, 부하 주행 저항 C2(kg/cm)

벨트 폭	C1	C2	벨트 폭	C1	C2
300	0.95	0.02	800	4.11	0.02
350	1.1	0.02	850	4.62	0.02
400	1.54	0.02	900	5.21	0.02
450	1.98	0.02	950	5.50	0.02

500	2.48	0.02	1000	5.8	0.02
550	2.72	0.02	1100	6.39	0.02
600	2.94	0.02	1200	6.97	0.02
650	3.16	0.02	1350	8.19	0.02
700	3.38	0.02	1500	9.38	0.02
750	3.60	0.02			

*상기 수치는 Sliding Bearing 의 경우이며 Roller Bearing 사용시는 상기수치의 1/2 을 적용하면 된다.

표 3.2 C1 의 수정계수 K

벨트 길이	수정 계수
7.5 이하	1.8
15 이하	1.5
32 이하	1.3
50 이하	1.2
92 이하	1.1
150 이하	1.04

표 3.3 트립퍼 마력

벨트폭		200	350	400	450	500	600	700	750	800	900	1000	1200	1350	1500
HP	고정 트립퍼	0.4	0.7	0.9	1.0	1.35	1.75	2.2	2.5	2.8	3.25	4.0	6.0	7.5	9.0
	이동 트립퍼	0.44	0.77	1.0	1.1	1.50	1.90	2.4	2.75	3.1	3.55	4.4	7.0	8.0	10.0

2.3.2 중거리 벨트콘베어의 동력계산 (100~500 m)

$$N = (N1+N2+N3+Nt) \cdot 1/\eta \quad [HP]$$

N	총소요마력(HP)	
N ₁	무부하 동력 (HP)	
N ₂	수평부하 동력 (HP)	
N ₃	수직부하 동력 (HP)	
f	마찰계수--표 3.4	
N _t	Tripper 마력 --표 3.3	$N_1=0.06*f*W*V(L+L_0)/270$
W	운반물 이외의 운동부분의 중량(kg/m)-- 표 3.5	$N_2 =f*Q(L+L_0)/270$
V	벨트의 속도 (m/min)	$N_3 =\pm Q*H/270$
Q	운반량 (t/h)	
L	벨트의 수평길이 (m)	
L ₀	벨트길이의 수정치 (m) --표 3.4	
H	수직 운반 높이 (m) : Tripper 높이 포함	
η	효율(η)	

표 3.4 Carrier 의 회전마찰계수 F 와 중심거리 수정치 L₀

f		장치의 구조상 특징
0.03	43	회전저항이 보통 Carrier 를 사용한 장치로서 설치 상태가 그다지 좋지 않은 경우
0.022	66	회전 저항이 특히 작은 Carrier 를 사용한 장치로 설치 상태가 좋은 경우
0.012	156	하강 Conveyor 의 제동력을 설계하는 경우

표 3.5 운반물 이외의 운동부의 중량

벨트폭	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

* W 의 값을 상세하게 계산할 경우는 다음 식으로 계산한다. (표 3.6 참조)

W=Carrier Roller 의 중량/Carrier Roller 의 설치간격(m) +Return Roller 의 중량/Return Roller 의 설치간격(m) + 2*벨트의 중량 (kg/m)

표 3.66

벨트폭 (mm)	SGP Roller (kg)			Roller (kg)		
	Roller 경 (mm)	Carrier (3 개)	Return(1 개)	Roller 경(mm)	Carrier(3 개)	Return(1 개)
400	89.1	6.6	5.0	93	9.9	7.8
450		7.1	5.4		10.8	8.6
500		7.5	5.9		11.4	9.3
600		8.3	6.8		12.6	10.7
750	114.3	13.2	11.6	118	20.4	17.8
900		15.1	13.4		23.7	20.6
1050	139.8	21.3	18.9	143	35.1	30.4
1200		23.6	21.1		38.4	33.9
1400	165.2	36.6	32.6			
1600		41.4	36.6			
1800		47.4	42.5			
2000		52.2	46.5			

3.3 장거리 벨트콘베어의 계산 방법 (500m 이상)

N = (N1+N2+N3+Nt)*1/η [HP]		
N	총소요마력(HP)	
N1	무부하 동력 (HP)	$N1=0.06 \cdot F \cdot W \cdot V \cdot L / 270 + e \cdot W \cdot V / 15$
N2	수평부하 동력 (HP)	$N2 = G \cdot Q \cdot L / 270 + 1.1 \cdot h \cdot Q$
N3	수직부하 동력 (HP)	$N3 = \pm Q \cdot H / 270N$

Nt	Tripper 마력 --표 3.3	
W	운반물 이외의 운동부분의 중량(kg/m)-- 표 3.5	
V	벨트의 속도 (m/min)	
Q	운반량 (t/h)	
L	벨트의 수평길이 (m)	
H	수직 운반 높이 (m) : Tripper 높이 포함, 상향 +, 하향 -	
F,e,G,h	계수--표 3.7	
η	효율(η)	

표 3.7

콘베어의 구조	F	e	G	H
Carrier Roller 및 모든 베어링에 미끄럼 베어링을 사용하고 보통의 관리상태에 있는 것	0.056	0.004	0.073	0.002
Carrier Roller 및 Return Roller 의 외경이 123-150mm 이고 구름베어링을 사용하고 다른 베어링은 사용한 보통의 관리상태에 있는 것	0.028	0.004	0.042	0.002
Carrier Roller 및 Return Roller 의 외경이 175-200mm 이고 고급 구름베어링을 사용하고 다른 베어링도 모두 구름베어링을 사용하며 양호한 관리상태에 있는 것 또한 벨트에 운반물을 고르게 보통보다도 다량으로 적재하는 경우	0.015	0.007	0.022	0.004
Carrier Roller 및 Return Roller 의 외경이 200mm 이상이고 최고급 구름베어링을 사용하고 다른 베어링도 모두 구름베어링을 사용하며 적재 및 적재 상태가 최상의 것 벨트의 적재는 가능한 최대량까지 항상 고르게 적재하고 사용후 2 - 3 년이 지난 최적의 운전 상태에 있다	0.012	0.007	0.013	0.004

기계 효율 (η)

전동장치의 종류	효 율	
Motor	0.85-0.95	* 감속기를 사용하고 chain 으로 연결할 경우 전동기출력(HP)=소요동력/(Motor 효율 * 감속기효율*chain 효율)
감속기	0.9	
Coupling	0.97	
Chain	0.94-0.96	

4. 벨트의 장력 계산

4.1 유효 장력

P : 유효장력 (kg)

$P=4,500*HP/V$ HP : 구동 마력 (HP)

V : 벨트의 속도 (m/min)

4.2 이완측 장력

e : 자연대수의 값 (2.718)

μ : pulley 의 belt 와의 마찰계수(표 4.1)

$T1=P/e^{(\mu\theta-1)}$

θ : 벨트의 접촉각 (radian)

$1/e^{(\mu\theta-1)}$: 표 4.3

표 4.1

pulley 의 상태	젖어있다	습하다	건조하다
외피를 하지 않은 상태	0.10	0.20	
목재로 외피한 상태	-	0.15	
벨트로 외피한 상태	0.25	0.25	
흠달린 고무로 외피한 상태	0.30	0.35	

표 4.2

벨트의 접촉각 (θ)	외피 안한 pulley ($\mu=0.25$)	고무외피 pulley ($\mu=0.35$)	벨트의 접촉각 (θ)	외피 안한 pulley ($\mu=0.25$)	고무외피 pulley ($\mu=0.35$)
170	2.10	2.83	215	2.56	3.72
175	2.15	2.91	220	2.61	3.83
180	2.19	3.00	225	2.67	3.95
185	2.24	3.10	230	2.73	4.08
190	2.29	3.19	235	2.79	4.20
195	2.34	3.29	240	2.85	4.33
200	2.39	3.39	245	2.91	4.47
205	2.45	3.50	250	2.98	4.61
210	2.50	3.61	255	3.04	4.75

표 4.3

벨트의 접촉각 (θ)		외피 안한 pulley ($\mu=0.25$)	고무외피 pulley ($\mu=0.35$)	외피 안한 pulley ($\mu=0.25$)	고무외피 pulley ($\mu=0.35$)
single 구동	180	1.60	1.00	0.84	0.50
	190	1.50	0.93	0.77	0.45
	200	1.40	0.87	0.72	0.42
	210	1.30	0.81	0.67	0.38
	220	1.23	0.76	0.62	0.35
	230	1.14	0.71	0.58	0.32
	240	1.09	0.66	0.54	0.30
tandem 구동	360			0.26	0.15
	380			0.23	0.19
	400			0.21	0.05
	420			0.19	0.04
	440			0.17	0.04
	460			0.15	0.04
	480			0.14	0.07
Screw Take-up				weight Take-up	

4.3 경사 장력

벨트 콘베어가 경사되어있을 때는 자중에 의한 장력이 생긴다

W : 벨트의 자중(kg/m) 표 4.4

L : 콘베어의 격사부 길이(m)

θ : 경사각도 (°)

f : roller 의 회전마찰계수 표 4.5

$$T_3 = W * L * (\sin\theta - f * \cos\theta)$$

표 4.4 벨트의 자중 W (kg/m)

벨트폭	400	450	500	600	750	900	1050	1200	1400	1600	1800	2000
자중	4.5	7	7.5	9	13	15.5	23	26	33	38	46	51
근사두께	9	12			13		17		18	19	20	

표 4.5 $(\sin\theta - f * \cos\theta)$ 의 값

경사각도	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
f=0.12	0.120	0.030	0.048	0.065	0.083	0.100	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.22
f=0.03	0.005	0.022	0.040	0.057	0.075	0.092	0.11	0.13	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21
경사각도	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
f=0.12	0.24	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32	0.34	0.36	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43
f=0.03	0.22	0.25	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.36	0.38	0.40	0.41	0.43

표 4.6 경사장력에 의한 벨트장력 증가율

경사각도	1	6	8	10	12	16	18	20	22	24	26
증가율(%)	4	7	11	14	17	24	28	31	34	38	41

4.4 최소 장력

W : 벨트의 자중 (kg/m) 표 4.4

$$T_4 = 50/8 * W * 8L \text{ (kg)}$$

L : Return Roller 의 간격 (m)

표 4.7 벨트의 최소 장력(kg)

벨트 폭	300	350	400	450	500	600	700	750
최소장력	50	60	70	90	100	130	180	190
벨트 폭	800	900	1000	1050	1200	1350	1500	
최소 장력	200	240	340	360	400	500	600	

4.5 최대 장력 (인장축 장력)

$$T_1 = P + T_2 = P * (e^{\mu\theta} / (e^{\mu\theta} - 1)) = T_2 * e^{\mu\theta}$$

여기서 $(e^{\mu\theta} / (e^{\mu\theta} - 1))$ 는 벨트의 유효장력 P 와 최대장력 T₁ 의 비이다

벨트의 접촉각 (θ)	외피 안한 pulley (μ=0.25)	고무외피 pulley (μ=0.35)	벨트의 접촉각 (θ)	외피 안한 pulley (μ=0.25)	고무외피 pulley (μ=0.35)
180	1.84	1.50	240	1.54	1.30
190	1.78	1.46	255	1.49	1.27
200	1.72	1.42	270	1.45	1.24
210	1.67	1.38	280	1.42	1.22
220	1.62	1.35			

4.6 하향경사 콘베어의 최대 장력

전부하시의 질주 Torque 를 M1 이라 하면

$$M_1 = [N_3 - e * (N_1 + N_2)] * 716 / n \text{ (kg.m)}$$

M₁ : 질주 Torque (kg.m)

N₁ : 무부하 마력 HP

N₂ : 수평부하 마력 HP

N₃ : 수직부하 마력 HP

e : Roller 의 저항저감률 (0.7)

n : 축의 회전수(rev/min)

여기서 기동마력은 $N=N_3+e*(N_1+N_2)$ 이므로 $M_1=N*716/n$

제동력 P_B kg.m 의 브레이크를 사용했을 때의 마력은 $N_B=P_B*n/716$ 이 되고 N 보다 약간 큰 값이 된다

그러므로 $N_B > 1.25N$ 이므로 벨트의 최대장력도 이 N_B 의 값을 기준으로 해서 계산해야 한다

5. 벨트의 곡률 반경과 장력계산

5.1 오목면의 곡률 반경과 장력

곡률 반경을 구하기위해 장력을 먼저 계산한다 수평부위에만 적재물을 실었을 때의 마력 N' 은

$$N' = N_1 + N_2 * L_1 / L \quad (\text{HP})$$

N_1 : 무부하 마력 HP
 N_2 : 수평 부하 마력 HP
 L : 수평 중심부 거리 m
 L_1 : 수평부 거리 m

수평부에만 적재물을 실었을 때의 N' 로 유효장력 P' 를 구하면

$$P' = 4500 * N' / V \quad V : \text{벨트속도(m/min)}$$

이때의 긴장측 장력 T_1' 를 구하면

$$T_1' = P' + T_2 \quad (\text{kg}) \quad T_2 : \text{이완측 장력 (kg)}$$

경사부분의 벨트 자중에 의한 Carrier 측 벨트의 경사 장력 T_3' 를 구하는 식은

$$T_3' = W * L * (\sin\theta + f * \cos\theta) \quad (\text{kg}) \quad W : \text{벨트의 자중 (kg/m)}, L : \text{경사부 길이 (m)}, \theta : \text{경사각}, f : \text{표 3.4}$$

$(\sin\theta + f * \cos\theta)$ 는 Return 측 벨트의 경사장력계산에 사용

이때 곡률 반경 R 은 다음식으로 구한다

$$R = T_m / (W * \cos\theta) \quad (\text{m})$$

5.2 볼록면의 곡률 반경과 장력

볼록면의 곡률 반경 R 는 벨트폭의 15 배 이상이 되게 설계하는 것이 바람직하며 이대의 Carrier Roller 의 간격은 표준의 1/2 가 좋다

$$R = 1 / (\pi * \theta / 360) * 1/2 \quad (\text{m})$$

$$l = 2R * \pi * \theta / 360 \quad (\text{m}) \quad R : \text{곡률 반경(m)}, L : \text{원호의 길이(m)}, \theta : \text{경사각 } (^\circ)$$

각도 변환점에서 장력을 구하면 다음과 같다

가도 변환점 까지 적재율이 실려있을 때의 마력 N'는

$$N' = N_1 + N_2 * (L_1 + L_2) / L + N_3 \text{ (HP)}$$

N₁ : 무부하 마력 (HP)

N₂ : 수평 부하 마력 (HP)

N₃ : 수직 부하 마력 (HP)

L : 수평 중심부 거리 (m)

L₁ : 수평부 거리 (m)

L₂ : 경사부 수평 거리 (m)

N'로 유효장력 P'를 구하면

$$P' = 4500 * N' / V \text{ (kg)}$$

유효장력 P'로 긴장측 장력 T₁' 를 구하면

$$T_1' = P' + T_2 \text{ (kg)} \quad T_2 : \text{이완측 장력}$$

이때의 최대장력 T_m 을 구하면

$$T_m = T_1' + T_3 \text{ (kg)} \quad T_3 : \text{경사 장력}$$

각도 변환점의 Carrier Roller 에 걸리는 운반물 이외의 벨트장력의 분력은 다음과 같다

$$2T_m * \sin\theta \text{ (kg)}$$

6. BELT 의 선정

6.1 Belt Ply

$$n = T_1 * S / (\delta * B) \quad n : \text{Ply 수}$$

표 6.0

T1 : 최대장력 (kg)	최대 장력(kg)	안전 계수
δ : 항장력 (kg/cm>ply)		
B : Belt 폭 (cm)	~ 2,000	12-15
S : 안전계수	2,000 - 5,000	15-20
	5,000 - 10,000	20-25
	10,000 ~	25-30

표 6.1 벨트의 최소 및 최대 Ply 수

표 6.2 벨트의 종류

종 류	벨트 명칭	항장력 (kg/cm.p)	비 고
면 범포	병-7(8*6)	45-55	
	후-9(9*7)	60-70	
	병-2(10*8)	70-85	
면나이후렉스	후 9 급	60-70	
	병 2 급	70-85	
강력인 면포	100R (# 50)	100-120	
	200R (#100)	250-290	
비닐론 나이후렉스범포	100VN	100-130	
	120VN	120-150	
	특 120VN	120-150	
	150VN	150-180	
	200VN	200-240	
	250VN	250-280	
	300VN	300-350	
	350VN	350-390	
	400VN	400-440	
450VN	450-500		
나이론범포	200NN	200-250	
	250NN	250-280	
	300NN	300-340	
	350NN	350-400	
	400NN	400-450	
	450NN	450-500	
	500NN	500-550	
	600NN	600-650	
코오드 콘베어	ST- 50	90-110	

	ST- 80	170-190	
	ST-120	240-270	
데트론범포	150TN	150-180	
	200TN	200-240	
	250TN	250-280	
	300TN	300-340	
	350TN	350-400	
	400TN	400-450	

6.2 벨트의 중량

Cover 고무의 중량 : "두께*폭*길이"로 표시된다

벨트 심체의 재질에 따라 중량이 다르다 , 표 6.3 참조

벨트전체의 계산 : $Bw \cdot Cn \cdot Pn \cdot bn(Rn + R'n) = W$ (g)

Bw :belt 폭(m), Cn :코오드심수, Pn: ply 수, bn :브레이카수

Rn :위카바고무(1.6mm 두께를 1 단위 포함), R'n :아래카바고무(1.6mm 두께를 1 단위로 함)

표 6.3 심체 범포의 중량 [Bando conveyor data]

명칭	두께(mm)	중량(kg/cm.p)	명칭	두께(mm)	중량(kg/cm.p)	명칭	두께(mm)	중량(kg/cm.p)
						PVN-		
						100		
CC-35	1.1	15.0	NN-330	1.55	16.5	PVN-		
CC-40	1.15	16.0	NN-400	1.7	17.5	120	1.0	11.0
CC-50	1.2	16.7	NN-450	1.9	19.0	PVN-	1.25	13.1
CC-60	1.33	17.3	NN-500	2.2	19.7	150	1.15	12.5
CC-70	1.38	18.8	NN-600	2.4	25.0	PVN-	1.25	13.0
CC-80	1.7	20.0	NN-700	2.6	27.0	200	1.4	15.0
						PVN-	1.55	16.0
						250		
						PVN-		
						300		
CN-50	1.15	16.0	TT-120	1.1	12.0	PVN-	1.7	17.5
CN-60	1.2	16.5	TT-150	1.13	13.0	350	2.0	20.5

CN-70	1.33	16.8	TT-200	1.25	13.5	PVN-	2.1	21.0
CN-90	1.6	18.5	TT-250	1.35	15.0	400	2.2	22.0
						PVN-		
						450		
						PVN-		
						500		
NN-120	1.0	11.0	TT-300	1.55	16.5	RR-100	1.3	16.5
NN-150	1.0	11.5	TT-350	1.7	18.0	RR-120	1.4	17.5
NN-200	1.1	12.5	TT-400	2.15	21.0	RR-150	1.5	19.5
NN-250	1.2	13.5	PV- 70	0.9	10.0	PP-100	1.25	11.0
NN-300	1.4	14.0				PP-120	1.35	12.0

* T=데프론, P=폴리프로피렌, N=나이론, PV=비닐론, R=레이론

6.3 벨트의 수명

"내용운반량 *운반물 내용율*하적개소의 내용율*상면 Cover 고무두께의 내용율*Cover 고무 인장강도의 내용율* 경사콘베어의 내용율* 설치장소의 내요율* 수동방식의 내용율* 긴장장치의 내용율* 실제내용 운반량"이 된다

표 6.4 벨트의 내용 운반량 , 단위=만톤

벨트폭(mm)	Belt Conveyor 중심거리										
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	350
300	11	17	20.9	26.6	32	38					
350	16	24	29.7	37.8	45.9	54					
400	21	31	38.5	49	59.5	70					
450	26	39	48.4	61.6	74.5	88					
500	31	49	60.5	77	93.5	110	-	-	-		
600	43	72	91	117	143	169	195	-	-		
750	69	113	142	182	222	262	302	342	-		
900	98	180	200	256	310	367	423	478	534		
1050	134	217	273	349	425	501	577	653	730	810	940
1200	174	290	368	473	578	683	788	893	998	1100	1279
1350	220	263	460	590	720	850	980	1110	1240	1400	1670
1500	275	465	594	760	938	1110	1282	1454	1627	1800	2090

표 6.5 Cover 고무 인장강도		표 6.6 상면 Cover 고무두께	
인장강도(kg/cm ²)	내용율(%)	두께 (mm)	내용율(%)
100-140	100	2.2	100
180-215	120	4.8	120
250-285	140	6.4	140

표 6.7 운반물 종류에 따른 내용율

운반물의 종류	내용율 (%)	운반물의 종류	내용율 (%)
석탄 큰 덩어리	100	돌 작은 덩어리	80
석탄 작은 덩어리	120	크링카 식은것	70
석탄 가루	130	크링카 열 있는 상태	20
코우크스 큰 덩어리	50	광 입방	80
코우크스 작은 덩어리	60	아연광 입방	50
코우크스 열 있는 상태	10	자갈	90
광석 200mm 이하	60	시멘트 열 있는 상태	40
광석 50mm 이하	80	시멘트 식은 것	100
광석 분광	90	곡류	200
돌덩어리	70	염류	80

표 6.8 각종 조건에 따른 내용율

운전 조건	내용율(%)	운전 조건	내용율(%)	운전 조건	내용율(%)
하역장소 1 개소	100	옥외 실	100	탄뎀 구동	80
하역장소 2 개소	80	Cover 부(옥외)	110	나사식 긴장장치	100
트리퍼 1 대	80	단독헤드 구동	100	중추식 긴장장치	120
경사 별	90	테일/중간 구동	90	옥내 설치	120

6.4 커버고무의 두께

커버고무의 두께는 운반물의 종류와 사용조건에 따라서 정해져야 하며 벨트의 강도에는 별로 관계가 없다

내유성, 내열성,내화학 약품성이 요구되는 경우도 있다

표 6.9 각종 운반물에 대한 커버고무의 두께와 품질

운반물의 종류	커버고무두께(mm) 품 질			
	표면	이면	인장강도(kg/cm ²)	박리강도(kg/cm ²)
곡류, 칩, 미분탄	1.5-3	1.5	100~	5
모래, 주물사, 시멘트작은 덩어리	3-5	1.5	140~	5-7
석회석, 목재, 쇠석, 암석	4-6	1.5-2	180~	8-10
석탄, 쇠석, 크링카	5-7	2-3	180~	8-10
망간광석, 갈철광	6-8	3-4	180~	8-10

7. 긴장장치의 계산

7.1 구동방법

구동방법	벨트접촉각(θ)	비 고
Single	180	Snub Pulley 가 없는 경우
Single	190-240	Snub Pulley 가 있는 경우
Tandem Type Single	190-240	2 개의 pulley 를 사용하면서 구동은 1 개의 pulley 만 한다
Tandem	360-420	2 개의 pulley 를 인접하게 설치하여 구동은 개의 pulley 에 직결하고 다른 1 개는 Gear, Chain/V-belt 로 연결하여 구동한다
Dual		2 개의 구동 pulley 가 설치되어 각각에 독립적으로 Motor 를 설치하여 구동한다
Multiple		두 개 혹은 그 이상의 pulley 로 구동하는 방법으로 장거리벨트에 적합하다. 이것은 Conveyor 의 최대 Tension 의 감소와 Motor 의 Over-starting 을 방지할 수 있다

7.2 Take-up 장치

-Screw Take-up : 벨트길이가 30~50m 이하인 경우에 사용하며

Take-up 길이는 벨트길이(중심거리)의 1~2%로 한다

- Vertical Gravity Type

- Horizontal Gravity Type

- Power Take-up Type

7.3 수평 벨트 콘베이어

수평 벨트콘베어의 중추(Weight Box)는 구동 pulley 의 직후에 만드는 것이 일반적이고 150m 이상의 콘베어는 반드시 구동 pulley 직후에 만들어야 한다

1) Head 부에 Weight Box 를 설치하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$$W=2T_2 \text{ (kg)}, T_2 = P / (e^{\mu\theta}) - 1 \text{ (kg)}, T_2: \text{이완측 장력(kg)}, P : \text{유효장력(kg)}, W : \text{중추의 중량(kg)}$$

② Tail 부에서 구동할 때

$$W=2*(T_1 - T_s), T_s = 4500 * N_1 / (V * L) * 0.4 * l$$

T_s : Return 측의 무부하저항(kg), N_1 : 무부하마력(HP), L : 콘베어의 중심거리(m)

l : 구동부에서 중추까지의 거리 (m)

2) Tail 부에 Weight Box 를 설치 하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$$W=2*(T_2 + T_5) = 2*T_1 - 4500 * N_1 * (V * L) * l$$

② Tail 부에서 구동할 때

$$W=2*T_1$$

7.4 상행 경사 벨트 콘베어의 계산식

1) Head 부에 Weight Box 를 설치하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$$W=2*T_2 \text{ 혹은 } W=2*(T_3 + T_4) \text{ 두식 중 큰 값을 택한다}$$

② Tail 부에서 구동할 때

$$W=2*T_m = 2*(T_1 + T_5), \quad T_m : \text{최대 장력 (kg)}$$

2) Tail 부에 Weight Box 를 설치 하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_4$ 혹은 $W=2 \cdot (T_2 - T_3)$ 두식 중 큰 값을 택한다

② Tail 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_m = 2 \cdot (T_1 + T_3)$

이상으로 다음과 같은 것을 알 수 있다

i) Head 부 Weight Box Type 에서 Tail 구동일 때 최대장력이 4 가지 중 최대가 되므로 비경제적이다

ii) Tail 부 Weight Box Type 에서 Tail 구동일 때 T_1 으로는 안정하지 못해 T_m 으로 하므로 비경제적이다

iii) Tail 부 Weight Box Type 에서 Head 구동일 때 다른 3 가지보다 최대장력이 작으므로 경제적이다.
Head 부 Weight Box Type 에서 Tail 구동일 때는 정지시 중추가 올라갔다 다시 내려와 Tail 의 벨트가 당겨지므로 주의를 요한다

7.5 하향경사 벨트 콘베어의 계산

1) Head 부에 Weight Box 를 설치하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_m = 2 \cdot (T_1 + T_3)$

② Tail 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_4$ 혹은 $W=2 \cdot (T_2 - T_3)$ 두식중 큰값을 택한다

2) Tail 부에 Weight Box 를 설치 하는 경우

① Head 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_m = 2 \cdot (T_1 + T_3)$

② Tail 부에서 구동할 때

$W=2 \cdot T_2$ 혹은 $W=2 \cdot (T_4 + T_4)$ 두식중 큰값을 택한다

하향경사 벨트콘베어에서는 구동부가 Tail 에 있을 때는 Weight Box 의 무게가 작으므로 경제적이다

7.6 Reversible 벨트 콘베어의 계산식

$$W=2*T_m \text{ (kg)}$$

	T_m : 최대장력
	P : 유효장력
$T_m = P \frac{e^{(\mu\theta)}}{\{e^{(\mu\theta)} - 1\} + 1}$	T_1 : 최대장력 = $P \frac{e^{(\mu\theta)}}{\{e^{(\mu\theta)} - 1\}}$
$= T_1 (2 - 1/e^{(\mu\theta)}) \text{ (kg)}$	e : 자연대수의 밑 (2.7183)
	μ : pulley 와 벨트의 마찰계수 = 0.3
	θ : 접촉각 (Radian)

7.7 Weight Box 의 유효이동거리

일반 Rubber Belt	1.5-2.0 %
Super (Less ply)	0.5 -0.7 %
Steel Code	0.3- 0.5%

7.8 와이어 로우프의 계산

로우프의 선정은 절단 하중을 구하여 표에서 와이어 로우프의 지름을 선정한다

	T : 절단하중 (kg)
$T = Q*S \text{ (kg)}$	Q : 중추의 무게 (kg)
	S : 안전율 =6

8. 역전 방지장치 및 제동장치의 계산

8.1 역전방지장치의 계산

역전은 상향경사 콘베어에서 생기는 것이다. 즉 아래 조건이 되면 역전 방지장치를 설치해야 한다

$$(N_1 + N_2) * 2/3 < N_3$$

벨트 콘베어에 전부하가 걸려 있을 때의 역전 Torque 는 다음식에 의해 구할 수 있다

$$M_1 = \{N_3 - e(N_1 + N_2)\} * 716/n \text{ (kg.m)} \quad M_1 : \text{역전 Torque (kg.m)}$$

- N1 : 무부하 마력 (HP)
- N2 : 수평 부하 마력 (HP)
- N3 : 수직 부하 마력 (HP)
- e : Roller 의 저항저감율 (0.7 혹은 2/3)
- n : 브레이크를 다는 축의 회전수 (rev/min)

상기 계산식의 Torque 의 값이 1,000kg.m 이하면 Ratch Type 이나 Roller Type 를 사용하고 4,000 kg.m 이상의 큰 Torque 이면 Band Break Type 를 사용하는 것이 경제적이다

8.2 질주방지 및 제동장치의 계산

1) 질주 방지장치

하향경사 벨트 콘베어에서 구동력이 - 로 되면 계산하여야 한다

$$NB = M1' * n/716 \quad (HP), \quad M1=(N3+e(N1+N2)) \quad (kg.m)$$

M1' =M1 의 값보다 큰 실제 소요 브레이크의 용량을 선정해야 한다

2) 제동장치

전부하 운전중 브레이크의 정지시간

$$t=[W*L'*V/(g*60) +Q*L'*1,000/(g*3,600) +\sum(15/(g*V)*GD^2(2*\pi*n)^2)/(P+Pb) \quad (sec)$$

$Pb = 2*M'/D$, W : 운반물 이외의 운동부분의 중량 (kg), L' : 수평운반 길이 (m), V : 벨트의 속도 (m/min)

g : 가속도 =9.8m/sec, Q : 운반량 (t/h), P : 구동마력에 의한 유효 장력 (kg), GD^2 : 플라이휠일 효과 (kg.㎡)

n : 회전수 (rpm) , Pb : 브레이크에 의한 벨트의 유효장력 (kg), D : 구동 pulley 직경 (m)

2.9 Roller 의 배치

Roller Type	Spacing (mm)														
	Belt Width (mm)														
	300	350	400	450	500	600	700	750	800	900	1000	1100	1200	1250	1500
30°Trough															
Flat Type															

Return Roller															
Self-align Roller															

10 Belt Pulley 의 선정

10.1 최소 직경과 폭

구동 pulley	$D1 = n \cdot 125 \sim 200$ (mm)	
Head pully	$D2 = n \cdot 125 \sim 175$	
Take-up pulley	$D3 = n \cdot 125 \sim 150$	
Tail pulley	$D4 = n \cdot 100 \sim 125$	n : ply 수
Bend/ Snub pulley	$D5 = n \cdot 75 \sim 100$	

표 10.1 Pulley 의 폭

벨트 폭 (mm)	Pulley 폭 (mm)
400~600	벨트 폭 + 50
600~800	벨트 폭 + 75
800~1,200	벨트 폭 + 100
1,200~1,500	벨트 폭 + 150

10.2 고무외피

고무성능

인장강도	150 kg/cm ² 이상
신율	450 % 이상
경도	HC 60-70
접착력	30 kg/cm ² 이상

11. Pulley 축 계산

11.1 구동 pulley 축

1) chain 전동에 의한 구동 pulley

축경을 구하기 위해 먼저 pulley 축에 작용하는 장력들의 합성을 구한다. 그림 11-1(a)와 같이 장력이 작용하면 그림(b)와 같이 합성을 구할 수 있다. 일반적으로 각 장력의 크기를 도시하여 T1의 시작점과 W의 끝점을 연결하면 힘의 합성이 된다. 그 크기는 Scale 하여 나타내면 된다.

상기에서 합성한 pulley의 힘을 $2P_1$ 이라 하면 그림(c)에서 A, B 지점에서의 굽힘 모멘트 M_1 은 $M_1 = P_1 \cdot l_1$ (kg.cm)이 된다

Chain 장력 P_2 은 $P_2 = 71,620 \cdot N / (R \cdot n)$ (kg), N : 소요동력 (HP), R : Sprocket wheel의 P.C.D (cm), n : 회전수(rpm)

P_2 에 의한 굽힘모멘트 M_2, M_3, M_4 를 구하는 식은 다음과 같다

$$A \text{ 점의 } M_2 = P_2 \cdot l_2 \cdot (l - l_1) / l$$

$$B \text{ 점의 } M_3 = P_2 \cdot l_2 \cdot l_1 / l$$

$$C \text{ 점의 } M_4 = P_2 \cdot l_2$$

이상에서 모멘트 M_1 과 M_2, M_1 과 M_3 를 합성한 모멘트와 M_4 중에서 최대치를 M 으로 하여 축경을 계산한다

축경은 다음의 식에 의해 구한다

$$d = \sqrt[3]{16 / (\pi \cdot \tau) \cdot \sqrt{(k_m M)^2 + (k_t T)^2}} \quad (\text{cm})$$

τ : 축재료의 비틀림 응력 (kg/cm²), k_m, k_t : 회전축의 동적효과 계수

M : 모멘트의 최대값 (kg.cm), T : 비틀림 모멘트 (kg.cm)

여기서 T 는 $T = 71,620 \cdot N / n$ (kg.cm) N :소요동력 (HP), n : 회전수 (rpm)

표 11.1 축재료의 최대응력			표 11.2 회전축의 동적효과계수		
축의 종류	단순 굽힘응력 σ (kg/mm ²)	비틀림 응력 τ (kg/mm ²)	하중의 종류	k_{dyn}	k_{st}
key 홈이 없다	11.2	5.6	정 하중	1.5	1.0
			변동하중/완만한 충격	1.5-2.0	1.0-1.5
key 홈이 있다	8.4	4.2	급격한 충격	2-3	1.5-3.0

상기표는 S35C 를 기준으로하였음

2) 직결 구동방식에 의한 구동 pulley 축

그림 11-1 의 힘의 합성 합성방법 따라 장력을 합성하여 A, B 점에서의 모멘트를 구한다

$$M=P \cdot l_1 \text{ (kg.cm)}$$

비틀림모멘트 T 와 축경 d 를 구하는 공식은 chain 전동에 의한 pulley 축의 계산 공식과 같다

또한 베어링부의 축경은 보스경보다 1cm 정도 작게 하여 주는게 좋다

11.2 구동 pulley 이외의 pulley 축

구동 pulley 이외의 pulley 축을 계산하기 위하여 pulley 축에 미치는 힘의 크기와 정확한 방향을 파악하여 합성한 다음 그 힘의 합성력을 가지고 축경의 계산에 사용한다

구동 pulley 이외의 pulley 는 굽힘모멘트만을 받으므로 합성한 힘에 의한 굽힘모멘트 M 과 축경 d 를 다음식에 의하여 구한다

$$M=P \cdot l_1 \text{ (kg.cm)}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma} \cdot k_{dyn} \cdot M} \text{ (cm)}$$

12. 운반물의 방출 곡선

$$\sin \alpha = V^2 / (g \cdot R)$$

V : 벨트의 속도 (m/sec)

$$N_2 = h \cdot Q' / 270$$

h : 운반 높이 (m)
 Q' : 트리퍼의 압상량 = $Q \cdot V_t / V$ (t/h)
 Q : 운반량 (t/h)
 V_t : 트리퍼의 주행 속도 (m/min)
 V : 벨트의 속도 (m/min)

$$\text{소요마력 } N = N_1 + N_2 \quad (\text{HP})$$

13.2 주행 속도

자주식 트리퍼의 주행속도는 벨트속도의 1/10 ~ 1/15 정도이고 전동 주행식은 15 ~ 20 m/min 정도이다

전동주행식 트리퍼의 주행속도 : $V_t = n + D\pi$ (m.min), n : 차륜의 회전수 (rpm), $D\pi$: 차륜의 원주길이 (m)

자주식 트리퍼의 주행속도 : 전진할 경우 $V_t = V/x$ (m/min), 후진할 경우 $V_t = V/(x-2)$ (m/min), $1/x$: 벨트의 속도와 트리퍼속도의 비, V : 벨트속도(m/min)

13.3 트리퍼의 안정

벨트장력에 의해 머리부가 올라가는 경향이 있으므로 다음과 같은 관계가 성립되지 않으면 안된다.

$$W \cdot L_1 > T(r_1 - r_2)$$

W = 슈트를 포함한 자중 (kg)
 L_1 = 전도단에서 무게중심까지의 거리 (m)
 T = 벨트의 최대 장력 (kg)
 r_1, r_2 = 전도단에서 벨트장력 적용선까지의 거리 (m)

14. 기준 DATA

14.1 각종 수송물의 chute 각도

수송물의 종류	chute 각도(°)	수송물의 종류	chute 각도(°)
코크스	35	점토	60
석탄(큰덩어리)	40	광석	45
석탄(작은 덩어리)	45	석회석	45
석탄(가루)	50	시멘트	50
석탄(미분)	60		
토사	45	곡류	60

쇄석	45	목재 chip	40
건조한 모래	50		
젖은 모래	60		