

clinker 運搬用 drag chain에 대한 小考

朴 魯 鉉

<大韓洋灰開慶工場工務擔當代理>

I. 序 言

clinker 運搬用 裝置로는 belt conveyor, bucket elevator, feeder table 및 chain conveyor 등이 있으나 當社에 설치된 chain conveyor 에 대해서 기술하려고 한다.

1957년 9월에 Unax kiln 2臺(240,000톤/年)를 설치하고 여기서 생산되는 clinker 를 kiln 에 붙어 있는 cooler tube 에서 冷却시켜 地下室 chain conveyor 에 보내고 다시 上端 chain conveyor 에서 輸送하여 crane store 를 통해 clinker 를 貯藏하게 된다.

1962년에 3호 kiln(120,000톤/年)이 增設되고 1968년엔 4호 kiln(140,000톤/年)의 준공을 보아 연간 500,000톤을 생산하게 되면서부터 既存 설비를 가지고, 증가된 clinker 운반의 機械問題, link 材質을 국산화하게 되면서부터 耐磨耗性 材質의 개발, 運轉上的 애로 타개책, chain link 의 改造 문제의 해결과 실시 등 현장에서의 실제 일들을 紹介하고자 한다.

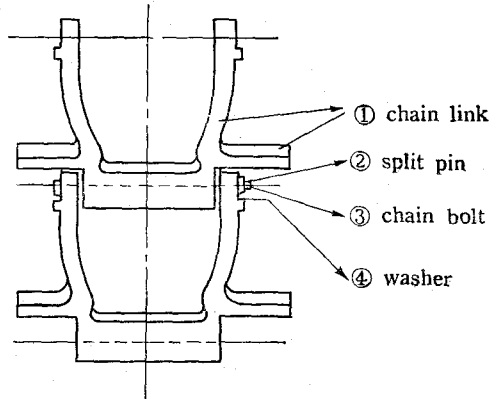
II. drag chain 에 대한 설명

운반용 chain 으로는 주로 detachable chain 을 사용하고 있으며, 이는 모래, 자갈, 시멘트, 石炭, clinker 등 여러 가지 荷物을 수평 방향 내지 傾斜진 방향으로 接合 chain 방법을 가지고 輸送을 용이하게 하며, 接合 chain 은 양쪽에 캐리어가 달려 있는 것, 또 중간에 캐리어가 달려 있어 接合 chain 이 서로 평행으로 붙어 있는 것도 있다.

<그림-1>에서 보는 바와 같이 接合 chain

은 머리 부분에 bolt 구멍이 있고 또 양 다리 밑에 똑 같은 크기의 bolt 구멍이 있어 상대적으로 머리 부분에 다른 接合 chain 의 양 다리가 올라 서게 되어 split pin 으로 연결 고정시키게 되며 수십개의 link 가 연결되므로 chain conveyor 를 만들게 된다.

회전 운동은 sprocket wheel 에 의하여 chain 선이 底面의 rail 을 따라 움직이게 되고 붙어 있는 캐리어가 물질을 항상 균일하게 종단까지 수송하게 된다.



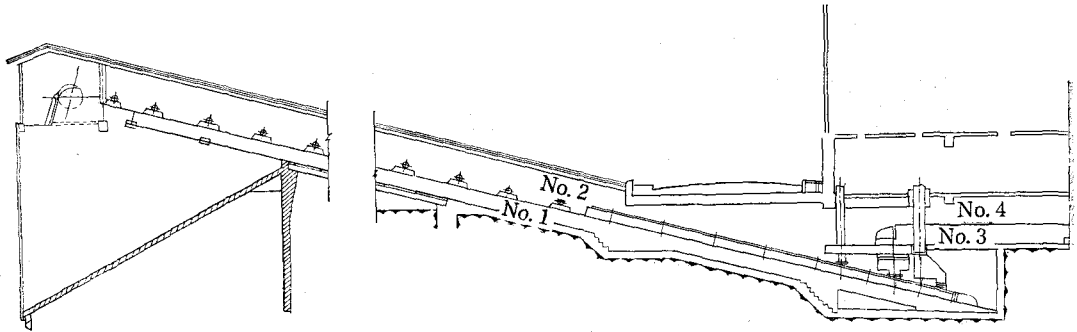
<그림-1>

이 chain conveyor 는 절단 및 고장이 발생했을 때 쉽게 분해되고 연결 작업이 아주 간편하여 작업상 편리하다고 보겠다.

III. 既存 chain conveyor

1. 地下室<그림-2>

No. 3, No. 4 chain conveyor 가 있으며 크기는 20 mm × 35 mm × 17 m 이다.



<그림-2>

2. 上端

No. 1, No. 2 chain conveyor가 있으며 크기는 20 mm × 353 mm × 66.05 m 이다.

IV. clinker 생산의 증가 및 link 제작 maker 변경에 따른 機械問題(No.4 kiln 增設 후까지)

1. 計算에 필요한 要素

1) chain conveyor의 chain 선은 2 개의 sprocket 사이를 연속적으로 움직이며 chain의 上下部는 움직이는 방향이 서로 반대이다.

2) conveyor의 力動 소모는 chain의 幅, 速度, 물질의 充填度에 따라 좌우되며 充填度는 내부 磨耗係數 μ_m 및 물질의 安息角에 따라 좌우된다.

3) drag chain의 규격

- ① chain의 幅(B)=0.313 m(0.353-0.040)
- ② 終端 中心間의 거리(A)=66.05 m
- ③ chain conveyor의 傾斜角(α)=15°
- ④ 原料의 見掛 比重(r)=1.45(clinker)

(1972년 1월 16일 試驗值)

- # 1 kiln=1.42
- # 2 kiln=1.45
- # 3 kiln=1.47
- # 4 kiln=1.43

- ⑤ link 1 개의 무게=7.25 kg
- ⑥ pin 1 개의 무게=0.8 kg
- ⑦ 鋼鐵과 鋼鐵의 磨耗係數(μ_e)=0.5
- ⑧ 輸送物間의 磨耗係數(μ_m)=0.8 (clinker의 경우)

4) chain conveyor의 길이(l)

$$l=2A+1.57(D+D_2)+\frac{1}{4A}(D_1-D_2)^2$$

$$=2 \times 66.05 + 1.57 \times (0.53 + 0.51)$$

$$+ \frac{1}{4 \times 66.05} \times (0.53 - 0.51)^2 = 133.63 \text{ m}$$

5) capacity factor(k)

Otto Rabahn Cement Engineer Hand Book <그림-42>에서 $l=133.63$ m 일 때 $k=0.621$ 이다.

6) chain conveyor 1 m 당 무게(G_k)

$$G_k=8.05 \text{ kg} \times \frac{1}{0.202} = 39.5 \text{ kg}$$

(pitch=0.202m)

7) chain conveyor의 速度(V)

gear reduction; 1715/95 rpm
teeth of main gear; 132 개
teeth of pinion gear; 17 개

$$V=r \cdot w = \frac{0.206}{60} \times \frac{1715}{95} \times \frac{132}{17}$$

$$= 0.47 \text{ m/sec}$$

8) conveyor 原料層의 높이(F_m)

이것은 clinker의 生産量에 따라 변화된다.

2. 1957년 9월 kiln 2臺 설치 후의 機械 상태

1) 生産品

No. 1 kiln=13.76 t/hr

No. 2 kiln=13.76 t/hr

2) drag chain 1臺當 運搬량을 15 t/hr 잡고

① $Q=15$ t/hr (chain conveyor 1臺 運搬量)

② conveyor 原料層의 높이(F_m)를 계산

$$Q=L \cdot r = B \times F \times V \times 3,600 \times k \times r$$

$$F_m = \frac{Q}{B \times V \times 3,600 \times k \times r}$$

$$= \frac{15}{0.313 \times 0.47 \times 3600 \times 0.621 \times 1.45}$$

$$= 0.310 \text{ m}$$

③ chain 1 m 당 걸리는 clinker 의 무게 (Q_m)

$$Q_m = B \times F \times r \times 1 \text{ m}$$

$$= 0.313 \times 0.0310 \times 1.45 \times 1$$

$$= 14.0 \text{ kg}$$

3) 所要動力(N)

$$N = (A+5) \times \left\{ \frac{(2 \cdot G_r \cdot M_m + Q_m \cdot \mu_m \cdot k) V}{75 \times 0.8} + \frac{Q \cdot \sin \alpha}{270} \right\} \times \text{hp} = (66.05 + 5)$$

$$\times \left\{ \frac{(2 \times 39.5 \times 0.5 + 14.0 \times 0.621 \times 0.8) \times 0.47}{75 \times 0.8} + \frac{15 \times \sin 15^\circ}{270} \right\} \times \text{hp}$$

$$\approx 23.5 \text{ hp (사용 motor 動力은 30 hp 임)}$$

4) chain link 의 許容引張力(P)

$$N = \frac{P \cdot N}{75} \text{ 에서}$$

$$P = \frac{75 \cdot N}{V} = \frac{75 \times 23.5}{0.47} = 3,750 \text{ kg}$$

Mn steel ($M_n = 11.8\%$, 1000°C 에서 空冷材質) 의 引張強度

$$\sigma = 73.4 \text{ kg/mm}^2$$

5) 破損이 가장 많은 pin hole 部分에 받는 引張強度(σ_t)

$$\text{斷面積} = 20 \times (50 - 24) = 520 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{3,750 \text{ kg}}{320} = 7.2 \text{ kg}$$

6) pin hole 部分의 安全率(S)

$$s = \frac{73.4}{7.2} = 10.2$$

따라서 材質面으로 充分한 것이다.

3. 1968 년에 No. 4 kiln 增設 後의 機械 狀態

1) 生産量

No. 3 kiln = 13.76 t/hr

No. 4 kiln = 15.8 t/hr

計 29.56 t/hr

따라서 total 生産量은 47.08 t/hr 가 된다.

2) drag chain 1 臺當 運搬量이 28 t/hr

① $Q = 28 \text{ t/hr}$ (運搬해야 할 量)

② conveyor 原料層의 높이 (F_m) 는

$$F_m = \frac{28}{0.313 \times 0.47 \times 3600 \times 0.621 \times 1.45}$$

$$= 0.0590 \text{ m (現 link 캐리어의 높이는 0.065 m 임)}$$

③ chain 1 m 당 걸리는 clinker 의 무게 (Q_m)

$$Q_m = B \times F \times r \times 1 = 0.313 \text{ m} \times 0.0590$$

$$\times 1.45 \times 1 = 26.8 \text{ kg}$$

3) 所要動力(N)

$$N = 71.05 \times \left\{ \frac{(2 \times 39.5 \times 0.5 + 0.8 \times 0.621 \times 26.8) \times 0.49}{75 \times 0.8} + \frac{28 \sin 15^\circ}{270} \right\}$$

$$\approx 28.3 \text{ hp}$$

따라서 動力은 4.8 hp 증가된다.

4) chain link 許容引張力(P)

(단 30 hp 으로 계산)

$$P = \frac{7.5 N}{V} = \frac{75 \times 30}{0.47} = 4,780 \text{ kg}$$

5) pin hole 의 安全率(S)

$$S = \frac{73.4}{9.2} = 8$$

상기 검토로 보아 金屬材質이 확실하면 機械的인 애로는 없다.

4. 機械 문제의 要因

1) 1966 年 F. L. Smidth 製 link 在庫가 없어 지고 국산화가 되면서부터 문제가 생겼다.

2) 결함의 要素

① 材質上의 결

함에서부터

㉠ 결함 狀態

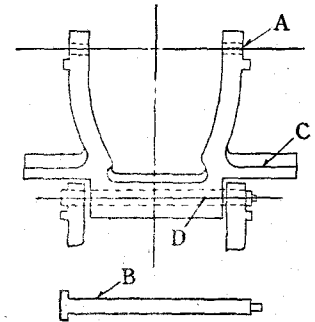
㉡ pin hole 部分의 切斷

㉢ split pin 의 bending

㉣ 캐리어의 破損

㉤ 머리 部分의 均열 및 심한 磨耗로 인한 壽命의 단축

㉦ 壽命의 비교



<그림-3>

<表-1>

製作會社	壽命(平均)	使用年度
F. L. Smidth	2 年 4 개월	1957~1967
國 產	3 개월	1967~1969

② clinker 생산 증가로부터의 損失

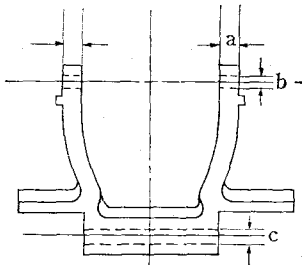
- ㉠ idle roller 壽命 단축
- ㉡ pinion gear 軸 破損率 증가
- ㉢ main gear bearing 交換作業
- ㉣ main 및 pinion 交換作業 증가

V. 문제의 해결과 실시

1. chain link의 改造(1969년 11월 20일)

1) 改造說明

<그림-4>에서와 같이 다리 부분의 폭을 20 mm에서 22 mm로 넓히고 2 mm씩 살을 붙여 턱을 지게 하였으며 bolt hole을 24 mmφ에서 27 mm φ로 하고 머리 부분의 pin hole도 25 mmφ에서 28 mmφ로 키웠다.



(單位 : mm)

	a	b	c	d
改造前	20	24	25	22
改造後	22	27	28	25

<그림-4>

2) 改造 후의 成果

① split pin (mild steel) bending 및 切斷率이 없어지고

② pin hole 부분의 破損 방지 등 다소 效果는 있

었으나 큰 成果는 보지 못했다.

3) 重量 변화에서의 效果

① 改造 前의 link 1개당 무게

- ㉠ link의 무게=7.025 kg
- ㉡ split pin의 무게=0.8 kg
- ② 改造 후의 link 1개당 무게
- ㉠ link의 무게=8.00 kg
- ㉡ split pin의 무게=1.0 kg
- ③ 따라서 무게가 0.85 kg 증가

④ 改造 후의 chain conveyor 1m當 무게(G_k)

$$G_k = 9 \text{ kg} \times \frac{1}{0.202} = 44.8 \text{ kg}$$

⑤ 所要動力 증가

$$N = 71.05$$

$$\times \left\{ \frac{(2 \times 44.8 \times 0.5 + 26.8 \times 0.621) \times 0.47}{75 \times 0.8} \right.$$

$$\left. + \frac{28 \sin 15^\circ}{270} \right\} \approx 33.5 \text{ hp} \text{ 으로서 } 5.2 \text{ hp}$$

증가되었다.

⑥ 따라서 30 hp의 motor를 40 hp 짜리로 交替하였다.

⑦ pin hole 부분에 받는 引張力의 감소(σ_t)

$$\text{斷面積} = 22 \times (52.5 - 27) = 561 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{4,780}{561} = 8.5 \text{ kg/mm}^2 \text{ 로서 } 0.7 \text{ kg/mm}^2 \text{ 를 감소시켰다.}$$

⑧ 安全率의 증가

$$s = \frac{73.4}{8.5} = 8.7 \text{ 로서 } 0.7 \text{ 을 증가시켰다.}$$

2. 材質의 改善

1) F.L. Smidth 製 link 材質分析(1967년)

2) alloy steel casting for structural purpose 構造用 合金鋼 鑄鋼品(SCA 23)을 選擇

① 化學性分

<表-2>

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.35 ~0.45	0.50 이하	1.20 ~1.60	0.030 ~이하	0.030 ~이하	0.40 ~0.80

(M_n -C, 鋼 鑄鋼品)

② 機械的 性질(構造用 耐磨耗用)

<表-3>

tension				hardness test
降伏點 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸率 (%)	수축 (%)	brinell hardness
50 이상	75 이상	15 이상	30 이상	2/2 이상

③ 1967년부터 1969년까지는 江原産業 및 부평제강에서 납품.

④ 壽命이 3개월 정도로 그쳐 성공을 보지 못하였다.

3) 信一金屬에서 開發(1969년 6월 20일)

① 材質: $M_n + \alpha$ (여기서 α 는 미지수)

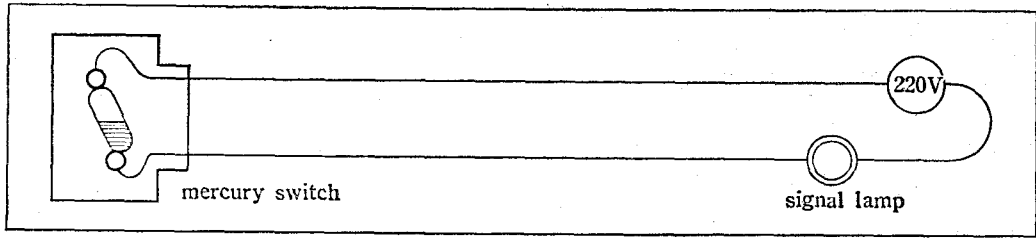
② 壽命: 8개월 정도

4) 江源産業에서 개발(1971년 1월 21일)

① 材質: SCMNH₂(high Mn)로 제작

② 壽命: 아직 사용 중이므로 3개월 후에 결과가 나타나게 된다.

5) 아직 材質上의 문제점은 개발 도상에 있다고



<그림-5>

보졌다.

V. 運轉上의 문제와 해결

1. 1957년 9월에 signal lamp 설치

1) chain link 切斷 혹은 split pin이 切斷되었을 때 signal lamp에 빨강 불이 켜지므로 운전공에게 故障 상태를 즉시 알려 준다.

2) signal lamp 系統圖

mercury switch에서 水銀의 이동 변화에 따라 電源이 연결되거나 끊어지게 되어 signal lamp에 電源이 가게 되고 끊어지게 된다.

2. 과부하로 인한 運轉上의 문제

1) signal lamp에 의한 조치 작업이 시간적으로 늦어지고 運轉工이 lamp를 병견하지 못했을 때에는 signal lamp는 무의미하다.

2) 이로써 drag chain이 비비꼬이고 두껍으로 감겨진다.

3) 갑작스런 과부하로 main gear 및 pinion gear, bearing housing 등에 損失이 온다.

3. drag chain link 切斷과 동시 motor switch 차단 장치

1) <그림-6>에서와 같이 roller 26개 중 밑

에서 10 번째와 11 번째 사이의 한 곳에 idle roller 설치

2) link가 切斷되거나 tension이 늘어지게 되어 10 cm 이하로 떨어지게 되면 link의 回轉 방향으로 idle roller를 회전시키게 된다.

3) 동시에 차단 switch를 稼動시켜 main gear에 붙은 동력 motor의 電源을 차단시키게 되어 motor를 정지시키게 하였다.

4) 설치 후에 작업 능력의 향상을 보게 되었다.

VII. drag chain system 設計 變更 계획

1. 66.05 m의 drag chain을 31.5 m와 42.5 m의 軸間 거리를 가진 two step으로 개조하려고 한다<그림-7> 참조.

2. two step drag chain 改造 후의 機械效率 豫상

1) 軸間 거리 31.5 m(1段 chain link에서)

① 動力(N₁)

$$N_1 = (31.5 + 5) \times \left\{ \frac{(2 \times 39.5 \times 0.5 + 26.8)}{75 \times 0.8} \times 0.8 \times 0.621 \right\} \times 0.47 + \frac{28 \sin 15^\circ}{270}$$

$$\times \text{hp} = 14.2 \text{ hp}$$

② 引張力(P₁)

$$P_1 = \frac{75 \times N}{V} = \frac{75 \times 14.2}{0.47} = 2,250 \text{ kg}$$

③ pin hole 부분에 받는 引張強度(σ_{t1})

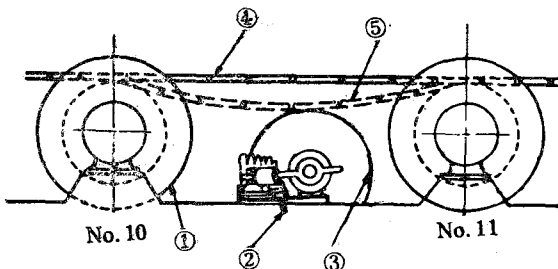
$$\sigma_{t1} = \frac{P_1}{A} = \frac{2,250}{561} = 4 \text{ kg/mm}^2$$

④ 安全率(S₁)

$$S_1 = \frac{73.4}{4} = 18.2$$

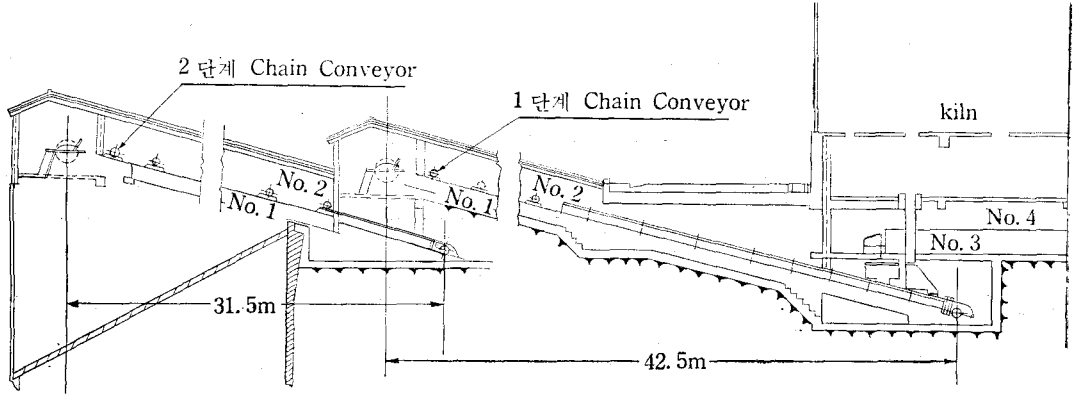
2) 軸間 距離 42.5 m(2段 chain link에서)

① 動力(N₂)



- ① idle roller ② 차단 스위치
- ③ 신설 idle roller ④ chain link
- ⑤ 절단시의 chain link 상태

<그림-6>



<그림-7>

$$N_2 = (42.5 + 5) \times \left\{ \frac{(2 \times 39.5 \times 0.5 + 26.8)}{75 \times 0.8} \times 0.8 \times 0.621 \right\} \times 0.47 + \frac{28 \sin 15^\circ}{270}$$

$$\times \text{hp} = 18.3 \text{ hp}$$

② 引張力(P_2)

$$P_2 = \frac{75 \times N}{V} = \frac{75 \times 18.3}{0.47} = 2,930 \text{ kg}$$

③ pin hole 부분에 받는 引張強度(σ_2)

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{A} = \frac{2,930}{561} = 5.4 \text{ kg/mm}^2$$

④ 安全率(S_2)

$$S_2 = \frac{73.4}{5.4} = 13.4$$

3) 安全率을 1段 chain link 에서 9.5를 증가시키고 2段 chain link 에서 4.7로 증가시키게 될 것이다.

4) 현 link 의 수명을 50% 연장시키게 된다.

註: 上記의 검토로 보아 引張力을 감소시켜 안전율을 증가시키므로써 각종 부품의 壽命을 연장시키게 된다.

3. 設計 변경에 따른 소요 資材 比較(改造 設置 비용은 제외한 것임)

1) 規格

規格 및 크기는 改造 전이나 改造 후나 동일하다.

2) 設計 變更 전

① 1 set 分の link 수

$$l = 2A + 1.57(D_1 + D_2) + \frac{1}{4A}(D_1 - D_2)^2$$

$$= 2 \times 66.05 + 1.57(0.53 + 0.51)$$

$$+ \frac{1}{4 \times 66.05}(0.53 - 0.51)^2$$

conveyor 총 길이(l)는 133.63 m

$$\text{link 수} = \frac{133.63}{0.202} = 663 \text{ 개 (pitch} = 0.202)$$

3) 設計 변경 후

① 1段 chain conveyor link 수

$$l = 2 \times 31.5 + 1.57(0.53 + 0.51)$$

$$+ \frac{1}{4 \times 31.5}(0.53 - 0.51)^2 = 64.64$$

$$\text{link 수} = \frac{64.64}{0.202} = 320 \text{ 개}$$

② 2段 chain conveyor link 수

$$l = 2 \times 42.5 + 1.57(0.53 + 0.51)$$

$$+ \frac{1}{4 \times 42.5}(0.53 - 0.51)^2 = 86.64 \text{ m}$$

$$\text{link 수} = \frac{86.64}{0.202} = 425 \text{ 개}$$

③ 1set 分은 total 745개로 82개가 증가된다.

4. 設計 변경의 목적

1) 上記 검토에서 보는 바와 같이 機械能率의 증가(50% 증가)

2) 勞動生産性 및 作業能率의 향상

3) 한번 改造設置 후 所要 증가 資材는 12.3%에 불과하다.

4) 현 chain conveyor의 持續 이유는

① 作業員이 현 補修 작업에 익숙한 점

② link 切斷 및 고장시 쉽게 분해되고 連結 작업이 아주 간편하여 作業上 편리

③ 他 運搬法의 변경이 어려운 점

註: 모든 계산은 計算尺에 의해 풀었고 Otto Rabahn Cement Engineer Hand Book 을 참조하였다.