

Load Cell의 저울에의 應用

西 村 望

〈日本フイリップス(株)工業計劃課長〉

朴 奇 清 譯

〈東洋시멘트(株)光陽工場 次長〉

1. 序 言

반도체 기술과 Electronics 기술의 進歩에 따라서 공업용 저울의 Electronics 및 Micro Processor의 도입은 급속히 進行되고 있고 이미 하나의 기본으로 되는 중요한 素子로서 Load cell이 있다. Load Cell은 荷重 Transformer (변압기) Juicer라고도 불리어지고 예전부터 여러 가지 方式의 것이 개발 되었으나 최근에는 공업용 저울에 사용되는 것을 Strain Gage 型이 주류로 되어있다. 이것도 精度, 直線性, 信賴性 등에서 타의 方式에 비해 우수하고 실용적으로 만족되게 普及된 것으로 Electronic 기술이 잘 조화해서 産業界의 合理化, 省力化에 있어서 급속히 Load Cell化 Electronics 化가 進行되고 있다. 그것에서 최근 Load Cell의 공업용은 저울 應用의 話題를 중심으로 기술한다. 〈사진 1은 1948년에 Philips 사에서 제작한 Strain Gage 방식의 압력형 Load Cell 外觀이다.〉

2. LOAD CELL化의 背景

저울은 물체의 重量을 다는 기구이다. 아 주 옛날부터 존재했고 물체의 生産·가공·流通過程에서 쓰여져 여러가지의 저울이 사용되며 고

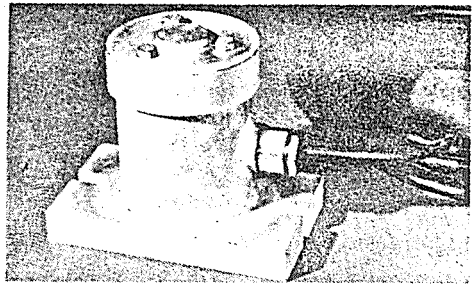


사진 1.

안 되었다. 저울에 대한 기본적인 要求로서는 (i)정도가 좋다. (再現性이 좋은) (ii)公正히 계량된다. (속이지 않는) (iii)取扱이 쉬운 (간단히 속히 계량된다)등이 있고 이상적인 것을 찾아서 여러가지 고안이나 改良이 되었다. 기타 공업용으로서 (a)生産性 向上 合理化 效果가 있는것 (b)省力化 效果가 있는것 (c)몇 년간 변화가 없는것 (d)壽命이 긴것 (e)補修의 시간이 걸리지 않는것 (f)故障이 없는것 (g)遠隔表示 및 制御가 되는것 (h)自動制御 機器 및 Computer 등과 접속해서 사용이 가능한것 등이 있고 이들의 조건은 Load Cell化 Electronics 化에 의해서 만족하게 되었으며 종래 機械式 저울에 대부분 취해서 교환하고 있는 큰 이유가 있는 것으로 생각된다.

3. 精度와 用途에 따라서 선정한다

저울에 있어서 정도가 중요하다는 것은 말할 나위는 없으나 필요 이상의 정도를 요구하는 것은 넌센스이다. 전체의 흐름을 考察해서 5,000분의 1로 관리할 필요가 있거나 1000분의 1로 좋은가 100분의 1로 좋은가를 檢討해서 所要精度를 결정해야 한다. 精度의 檢討때에 보다 중요한 것은 초기의 檢定精度가 아니고 實用精度이다. 즉 (i) 經年變化 (ii) 保守의 良否 (iii) 주위 온도의 변화 등 환경조건의 변화 (iv) 계량 속도 등을 고려해서 실제의 사용상태에 따라서 어느만큼 精度가 얻어지는가 또는 얻어지면 좋은가에 있다. 이 저울의 精度는 價格에도 크게 관계가 있으므로 시장의 요구에 따라서 어느 정도의 Grade로 나누어서 Load Cell이나 指示計가 시판되고 있으므로 精度에 따라서 사용을 분류하면 좋다.

(1) 秤量과 LOAD CELL 定格의 관계

計測의 상식으로는 精度는 Full Scale에 의해서 규정되고 읽은치에 의한 精度를 높게 하기 위해서는 가능한한 秤量은 Load Cell의 규정치에 가깝게 선택하는 것이 좋은 것으로 사료된다. 그러나 저울은 필히 빈주머니가 동반된다. 즉 저울 자체의 빈주머니 및 피계량물의 빈주머니가 있다. 이와같이 Load Cell 특성의 일부는 필히 빈주머니가 점유하고 Full Scale 範圍를 span으로서 使用되지 않는다.

예를들면 제 1 그림에 나타난 것과 같이 Load Cell 定格荷重의 合計가 10T인 경우 精度를 1000분의 1로 하면 오차는 10kg이고 秤量 2T 빈주머니 5T의 저울로 구성된 경우의 오차도 10kg이고 秤量 2T에 대해서는 200분의 1로 저하해서 끝내는 것이 보통이었다. 그러나 최근의 高性能 Load Cell 에서는 Load Cell의 Full Scale (定格荷重) 및 빈주머니에 관계없고 秤量에 대해서 1000분의 1급이면 1000분의 1의 정도가 보정되는 것으로 되었다. 즉 前記의 예에서는 秤量 2T에 대해서 1000분의 1의 2kg이 保

證되면 Load Cell 정격하중에 대해서는 실제로 5000분이 1이 된다. 이와같이 從來처럼 秤量 2T + 빈주머니 5 = 7T Load Cell을 特殊하는 必要도 없고 任意로 秤量을 定하는 것이 되고 精度도 Load Cell과 指示計를 組合한 System으로써 秤量에 대해서 規定되고 從來부터의 저울 精度 概念과 合致한다.

그러나 최근에는 Digital 표시가 보급되고 Digital 표시치의 分解能을 보는 필요이상으로 높은 것이 있으나 정도와 혼동하지 않도록 주의할 필요가 있다. 실제 秤量에 대한 Load Cell의 선정에 대해서는 衝擊的인 과부하등도 고려해서 安全係數가 되도록 크게 선정하고 또 소요의 정도가 얻어지는 것으로 선정한다. 따라서 System 精度에 따라 일반용, 高精度用, 低精度用으로 사용이 분류된다.

(2) 일반용 1000분의 1 급

일반적으로 산업계에서 사용되는 精度로서는 대부분의 경우 1000분의 1의 정도 (分解能 2000분의 1 정도)로 관리되면 충분히 실용적이다. 1000분의 1급의 精度를 얻기 위해 Load Cell 및 增幅器 指示計 등 System 부품의 정도로서는 0.05% 정도의 것을 사용하면 좋다. 사진 2는 System 精度 1000분의 1 ~ 2000분의 1급의 Load cell의 外觀이다. 大荷重의 경우에는 압축형의 Load Cell을 사용하고 kg Order의 小荷重의 경우에는 Load Cell Beam을 사용한다.

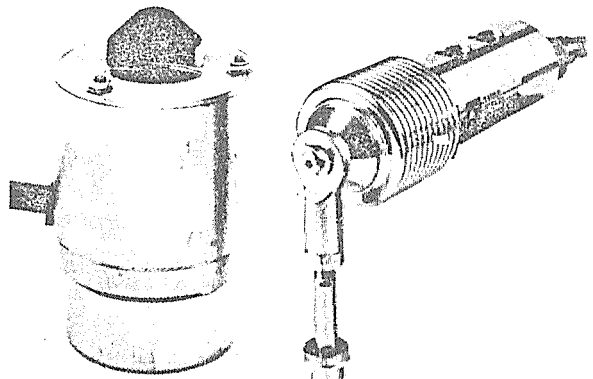


사진 2. 精度 1/1000級의 Load Cell PR 6200A(左)
1/2000級의 Load Beam 外觀(右)

(3) 高精度用 3000분의 1~6000분의 1
被計量物의 가격이 單位重量當 高價인 경우
나 計量配合 Plant에 따라서 첨가물의 계량 등
은 高精度 계량이 요구된다. 그러나 공장용 현
장에 따라서 제량조건이나 외부의 어지러움 등
을 고려하면 3000분의 1~6000분의 1이 실용한
계이다. 그이상의 高精度를 요구해서도 무리가
있다. 그러나 分解能이 있으면 Digital 기술의
진보 덕분에 몇만분의 일에서도 얻는것은 가
능하다. 또 絶對測定이 아니고 相對値로 좋은
경우에는 Load Cell의 眞線性이 좋고 System
으로서 비교적 안정되어 있는 경우에는 1000분
의 1정도에서도 어떻게든 사용될 수 있다.

(사진 3은 高精度용 Load Cell 外觀이고 사진
4는 0.1 M·L 3000분의 1급의 高精度인 Distal
指示計의 外觀이다.)

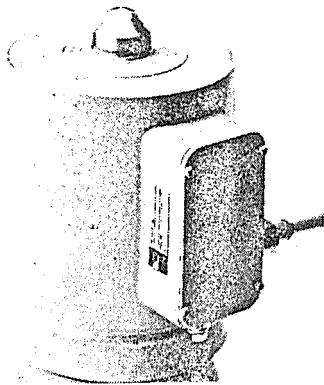


사진 3. 1/5000級 高精度用 Load Cell PR 6222의 外觀

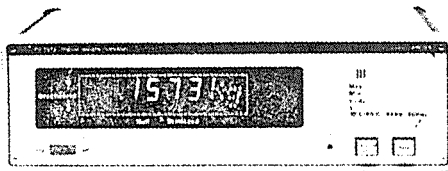


사진 4. O.I.M.L.의 1/1300級의 高精度計量用指示計
PR 1573의 外觀

(4) 低精度用

Level 監視등 너무 高精度를 필요로 하지 않

는 용도가 많다. 정도가 5000분의 1~100 분의
1 정도에서 좋은 경우에는 500분의 1급의 Load
Cell과 Strain Gage용 신호전송기 (Transformer
Meter)와 Digital Panel Meter를 짜 맞추
는 것이 좋다. 신호전송기와 Panel Meter간의
거리가 가까운 경우에는 0~20MA 출력의 편이
쓰기 쉽고 Load Cell과의 거리가 먼 경우에는
신호전송기를 현장에 설치해서 4~20MA 신호
로 전송하는 것이 좋다. 이 경우 계량 현장의
機測에 현장 지시가 필요한 경우에는 제 2그림
에 나타난 것과 같은 방법으로 한다. 제 2 a 그
림은 EW Transformer Meter을 현장에 설치
해서 출력에 20MA의 전류계로 직렬로 넣어서
현장지시를 하는 방법.

제 2 b 그림은 計器室의 指示計보다 Analog
출력을 현장에 반환하여 현장지시하는 방법.

제 2 c 그림은 b와 같은 것이나 指示計보다
Digital 출력을 얻어서 Digital 신호로서 현장에
전송해서 현장지시 하는 방법. 이 방법은 다소
Cost가 소요되나 계기실의 Digital 지시와 현장
지시의 숫자가 일치하는 큰 특징이 있다.

제 2 그림 d는 Load Cell출력신호를 분기해서
계기실의 Digital 지시계와는 독립해서 계기실
Transformer Meter와 지시계를 설치해서 현
장 지시를 얻도록 하는 방법이 있고 만일 計器
室의 計器가 故障되어도 現場指示가 살아있고
Back-up System의 하나로 되는 반면 계기실과
현장의 Digital 지시 숫자가 일치하지 않는다는
결점이 있다.

사진 5 a는 현장설치 가능한 계기용 신호 전송
기(EW Transformer Meter)의 외관이고 滿空
制御를 위해 設定接點을 준비한 것이다. 사진
5 b는 Panel 취부형의 신호전송기 SGT 750의
외관이고 本質安全(PTB)사양의 것도 있다.

(5) Level計

既設 Tank나 Hopper나 저장 Bin 등에서 별
로 精度를 필요로 하지 않는 경우에는 사진6에
나타난것과 같은 Strain Transformer를 Tank
교각부 또는 측면 토대에 제 3 그림에 나타난것

과 같은 나사로 체결하던가 Nut를 용접해서 취부한다. 제 3그림 a는 Strain Transformer 자체의 치수 그림에 있는 (b)는 측면부 (c)는 교각부에 취부용령을 나타낸 것이고 (d)는 그 측면도이다. (e)는 Nut를 용접해서 취부하는 방법이고 (f)는 직접 Tank에 세우는 취부법이다. 사진 7은 그 취부 장식물의 예이다. 어느것의 취부법 경우도 내용물 중량의 변화에 의한 구조물의 微小歪의 變化 ($0 \sim 300 \mu m/m$ 즉 $0 \sim 15 \mu m/50mm$)을 검출해서 전기출력신호를 얻어 Load Cell의 경우와 같은 要領으로 增幅해서 사용한다. 偏荷重이 예상되는 경우에는 2개 이상의 Strain Transformer를 사용, 각 교각부에 더해지는 하중을 가산해서 사용한다. 취부에 있어서 제일 중요한 것은 취부시에 Strain Transformer에 바르지 못한 것이 가해지지 않는 것과 사용중에 미끄럼이 생기지 않도록 고찰하는 것이다. 온도의 高低에 의한 對稱物의 新縮에 관해서는 Strain Transformer 자체의 온도膨脹계수는 $11 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 로 철재의 팽창계수와 맞추어져 있기 때문에 그 영향은 적다.

4. 橫荷重의 문제

저울은 기본적으로 地球의 引力에 의한 수직 하중을 측정하는 것이므로 저울에 바르게 수직 하중이 가해지지 않으면 어느精度的 높은 저울은 사용해도 高精度의 계량은 되지 않는다. 이 精度를 나쁘게 하는 원인으로서는 (i) 水平分으로서 하중이 회피하는 경우 (ii) 摩擦이 있고 전하중이 저울에 가해지지 않는 경우 (iii) 橫荷重이 가해지는 경우 (iv) (i)~(iii)의 두가지 이상의 원인이 있는 경우가 있다. 그 위에 제 4그림에 나타난 것과 같이 1점에 걸린 Tank 등의 被計量物에 흔들리는 힘을 고찰하면 (1) Load Cell을 축으로한 回轉力(비틀림) (2) X방향의 흔들림 (3) Z방향의 흔들림의 힘이 작용, 그림중 A, B 점에서 2점에 걸린 경우에는 비틀림과 2방향의 흔들림이 문제로 되고 C, D, E점에서 3점에 걸린

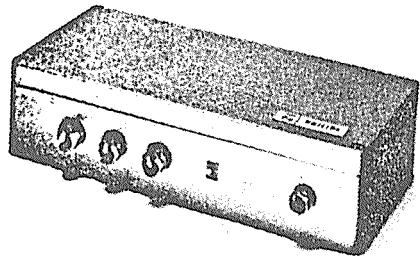


사진 5 a. 計量用信号伝送器의 外觀
現場設置用 PR 1551

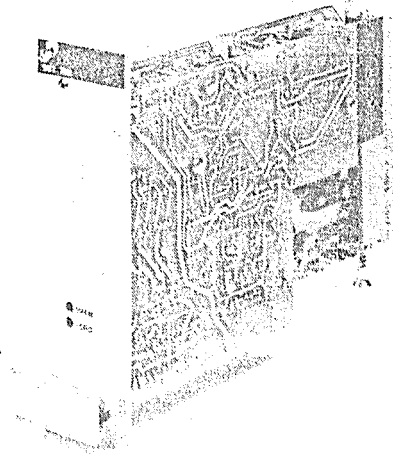


사진 5 b. Panel 取付用 SGT 750

경우에도 기본적으로는 동일한 힘이 작용한다. 이들의 비틀림과 흔들림을 방지하기 위해 1점에 걸린 경우에는 “1”~“5”의 점에서 Check Lot 또는 흔들림을 멈추는 기구를 사용해서 고정한다. 압축형 Load Cell을 사용하는 경우에는 제 5그림에 나타난 것과 같이 Load Cell 취부용 장식물을 결합 파티플렉스 PO 6143 형을 사용하나 사진 8에 나타난 것과 같은 수평 콘스트레너 PR 6152/02형을 사용한다.

제 6그림은 Tank의 취부용령을 나타낸 것이고 그림중 (a)는 원형 Tank 3점 지지의 경우 (b)는 원형 Tank 4점 지지의 경우 (c)는 각형 Tank 3점 지지의 경우 (d)는 橫長 Tank 1점 Load Cell의 경우가 있다.

실제의 설치요령으로서 (i) Tank 본체의 설치 공사중에는 제 7그림에 나타난 것과 같이 높

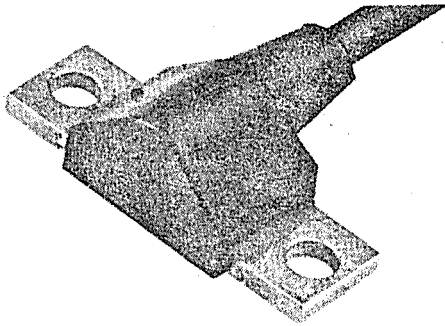
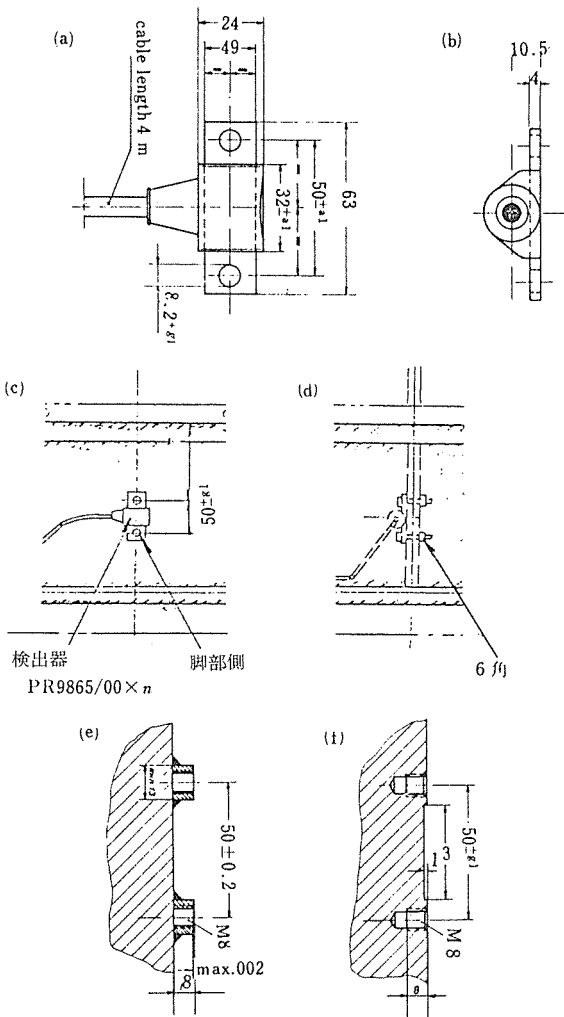


사진 6. Strain trans former PR 9865의 外觀



이의 Dummy을 넣어두고 공사종료 후에 Jack-up 해서 Load Cell 맞춤이 끝날때 PO 6143으로 치환한다. (ii)그 준비로서 PO6143에 소정의 Load Cell을 맞추고 Load Cell의 위치 결정은 下中央部の 3본의 Bolt Nut를 풀어 偏心 Washer을 조정해서 위치 결정을 한다. (iii)Jack-up해서 소정의 위치에 PO6143을 설치하고 기초 Bolt (예 M16)으로 고정시킨다. 그때 수평에 주의할것 (iv) Load Bouton 및 상부 미끄럼판 (Grap Bit)로서 미끄럼이 쉽게되어 있다.)을 소정의 위치에 취부하고 Jack-down한다. Tank의 열팽창에 의한 이동(미끄럼)방향을 考慮해서 들것 (v) 他의 支持點도 동요형으로 설치한다. Tank Bracket의 판에 Seam을 넣어서 조정한다. 그후 상부 미끄럼판을 數個所 용접해서 Bracket에 고정한다. 이때 용접전류가 Load Cell에 흐르지 않도록 주의할것 (vi)부식을 막기 위해 塗裝 하는 등 마무리를 한다. Truck Scale 등 대형의 台秤이나 대형의 Tank의 경우에는 수평 콘스트러너 PR6152의 편이 좋다. PR6152는 2개 1조의 것을 3~4조를 제 8 그림에 나타난것과 같은 Load Cell과 Load Cell간에 설치한다.

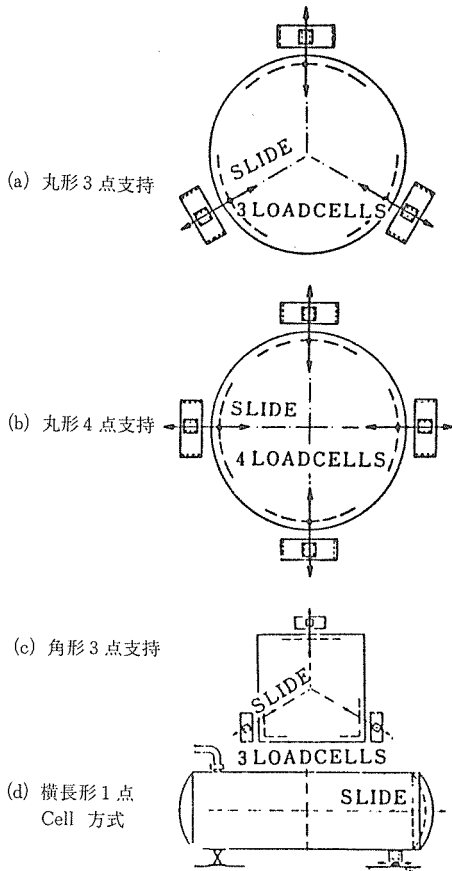
PR6152/02는 1조로서 20T까지의 水平力에 견디는 PO6143/24는 10T, 20T Load Cell에 적합하고 2000kg까지의 수평력에 견딘다.

◎非常時 멈춤

地震이나 예기하지 않은 사고에 대비해서 수평동요를 막는 기구외에 Cap을 열린 비상시 멈춤 구조를 설치해 두는 편이 좋다. 이구조는 정상시 Cap에 의해서 分離되어 있으나 비상시가 발생하면 그 구조에 접촉되고 그 이상 變位하지 않도록 설치한다. 예를들면 단순한 접촉 또는 구멍으로 통한 Bolt Nut 등으로도 좋다.

5. 보조배관의 영향

Tank나 Hopper Scale에서는 제 9 그림에 나타난것과 같은 내용물을 공급 및 배출하기 위해 Pipe가 접촉되어 있고 이 Pipe가 제량치에 영향을 주는것이 있다. 이 영향을 적게 하기 위해

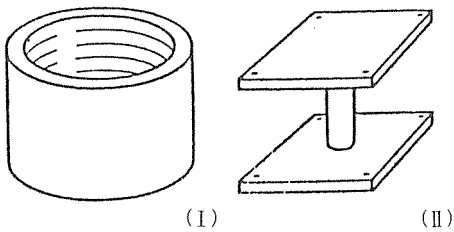


(a) 丸形 3点支持

(b) 丸形 4点支持

(c) 角形 3点支持

(d) 横長形 1点 Cell 方式



(I)

(II)

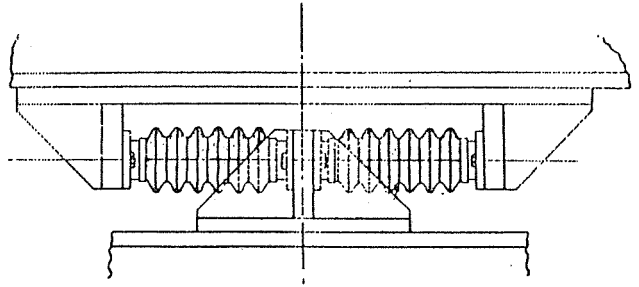
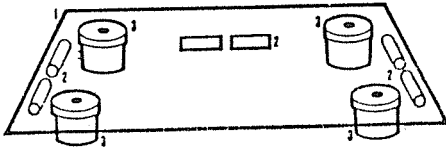
Pipe의 結合彈性率(變位cm접속kg로서)은 Load Cell 定格×Cell의 수)의 0.2배 이하일 필요가 있다. 즉 $c_{max} \leq 0.2N \times n$ C = 總結合彈性率 (= $C_1 + C_2 + C_3 \dots C_n$) $N = 1$ 개의 Load Cell의 定格 荷重 $n =$ Load Cell의 수이다. Load Cell 정격하중 합계에 비해서 Span이 적은 경우에는 더욱

더 c_{max} 을 적게 할 필요가 있고 적을수록 좋다. 이 C의 산출은 제10그림을 써서 하면 좋다. 앞에 나타난 그림의 예에 대해서 求하면 $0.2N \times n = 0.2 \times 10000 \text{kg} \times 3 = 6000 \text{kg/cm}$ 각 Pipe의 彈性率을 求하면 4"-2m (C_1) = 700kg/cm 5"-1.5m (C_2) = 400kg/cm 2.5"-1.5m (C_3) = 400kg/cm 6"-1m (C_4) = 0 C_4 는 Flexible Coupling 으로 사용되어서 0으로 무시해도 좋다. Flexible Coupling을 사용하지 않으므로 Pipe의 탄력성 허용치를 훨씬 넘어서 20000kg/cm에 달한다. 정도가 요구되는 경우에는 C_2 도 Flexible Coupling을 사용하는 편이 좋다. 실제적인 주의사항으로서 (i)전체의 Pipe는 3°이내로 수평으로 유지하거나 Flexible Coupling을 사용할것 (ii) 적당한 계량을 하기위해 계량시 Pipe에는 항상 일정량의 液으로 채워져 있던가 비워져 있을것, (iii) Tank가 Gas 등으로서 加壓되어 있을 경우에는 Flexible Coupling도 수평으로 取付할 필요가 아닌 경우에는 압력의 변화에 따라서 계량치도 변동한다. (iv) Pipe 또는 외부 分力이 작용하고 있는 경우에는 완전히 설치가 전부 종료한 후에 하중검정을 한다.

6. 온도변화의 문제

아침, 낮, 밤 및 春, 夏, 秋, 冬에 의한 주위 온도의 변화는 Load Cell의 特性에 영향을 준다. 통상의 Load Cell은 내부에서 온도 補償되어 있던가 주위온도가 급속히 변화하면 온도補償이 追從되지 않아 오차가 증가한다. 특히 Load Cell 내부에 온도가 공평한 내분이 생긴 경우에도 온도보상이 정확히 작동하지 않는 경우도 있으므로 주의를 요한다. 구체적으로는 여름에 直射日光을 받고있는 경우나 계량물이 고온일 경우에는 한쪽편이 가열되므로서 주의를 요한다.

그 대책으로서 직사광선에 대해서는 간단한 햇빛을 가리우는 것으로도 충분히 효과가 있다. 계량물이 고온인 경우에는 제11그림에는 열의 흐름을 考察해서 斷熱材를 넣어서 Load Cell에

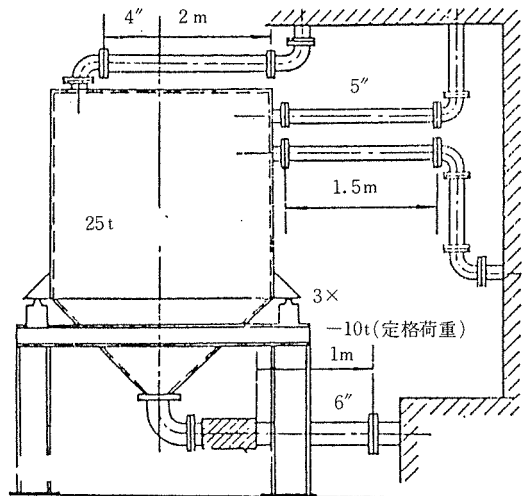


열이 흐르지 않도록 대책을 세운다.

단열재로서는 Asbest Glass Fiber나 強化 Polyester 등이 좋다. Load Cell 자체를 水冷등으로 하는것은 Load Cell 내부에 溫度勾配가 생기므로 적당치않다. 低周波誘導爐의 計重裝置로서 溶鋼을 계량하는 경우에도 단열재만으로 Load Cell을 爐의 架台 밑에 취부하는 방법으로 실용되고 있다. 어느것으로 해도 주위온도는 Load Cell의 仕様범위내에서 여분의 변화가 없는것이 바람직하다. 그래서 통상은 1시간당 5°C 이하로 규정되어 있다. 어느것으로 해도 설치장소 취부방법, 환경조건을 잘 吟味해서 행하는것이 바람직하다.

7. System 展開

Load Cell이 공업용 저울로 사용되는 경우의 指示計로서는 Digital 방식으로 되었다. 최근은 거래 증명용으로도 사용되어 국제적으로도 O. I. M. L. (國際計量檢定機關)에 규정되었고 간단한 AMP+Digital지시계로 말하는 까닭은 어떻게 되었든 여러가지 機能이 요구되었다. 사진 9는 Micon化한 計量制御용으로 外部 機器 (Computer나 Printer 등)와 ASCII電流 Loop 또는 BCD신호로서 Data出力 및 制御 人力되는 計量制御器의 外觀이고 O. I. M. L의 IV級規準을 만족한 것이다.



供排管 영향

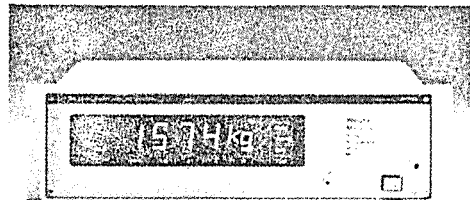
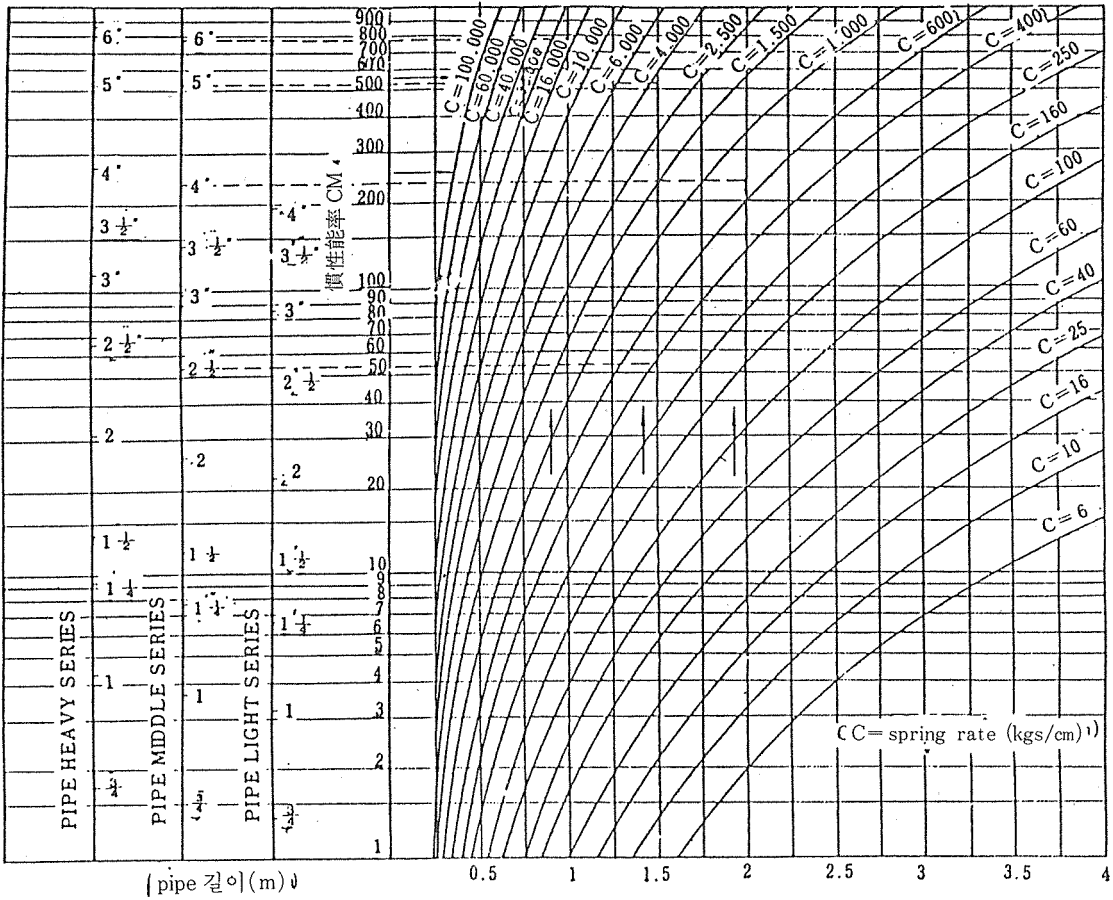


사진 9. O. I. M. L. IV級의 計量制御器 PR1574의 外觀

pipe 굽기 (인치)



Pipe 굽기와 길이에서 結合彈性率 C를 求하는 manograph

