建築 計劃을 爲한 部材 斷面 仮定(3)

曺 鐵 鎬

(한국건축콤퓨터응용연구소 대표)

5. 기둥(高層部分)

地上 20層인 建物을 低層部分의 기둥 斷面仮定에 依한다면 스팬이 7.200m×7.200m 경우에 約1040.0 t의 柱軸力을 받게 되어 $F_c=180kg/cm^2$ 콘크리트를 쓸 경우 필요한 기둥의 단면적은

$a=1040000/60=17333.3cm^2$

정방형 기둥으로 設計한다면

$D=\sqrt{17333}.3=132cm\rightarrow 135cm$

따라서 1層 中央기둥을 1350×1350의 크기로 設計해야 한다.

地上 30層일 경우에는 約 1560.0t의 柱軸力을 받게 되어 1600×1600의 크기인 기둥을 設計해야 되므로 鐵骨 기둥으로 바꾸어야 된다고들 한다.

그러나 鐵筋콘크리트 기둥으로 設計한다 하드래도 콘크리트의 강도를 높이고 高强度 鐵筋을 使用하여 ACI, DIN, 또는 英國이나 호주 規準에 依하면 작은 단면의 鐵筋콘크리트 기둥으로 設計가 可能해 진다.

콘크리트 强度를 $Fc=210kg/cm^2$

鐵筋의 强度를 $f_y=3000kg/cm^2$

鐵筋比 $Pt=5\%$로 하여 英國 또는 호주 規準에 依하면

$$P=0.3F_c+0.5P_tA_g\cdot f_y \cdots\cdots (5-1)$$

이 되어

$P=0.3\times 210+0.5\times 5\times 3000/100$

$=63+75=138kg/cm^2 \cdots\cdots (5-2)$

을 얻을 수 있으므로

$\alpha=138/60=2.3 \cdots\cdots (5-3)$

($f_c=60kg/cm^2$에 比해)

$\alpha=138/70=1.97 \cdots\cdots (5-4)$

($f_c=70kg/cm^2$에 比해)

따라서 低層部分의 기둥 斷面 仮定에 比해 50%의 斷面으로 可能해 진다.

例 6) $f_c=70kg/cm^2$ $f_t=2000kg/cm^2$이고 『그림—14』와 같은 30層사무실 建物의 1層中央 기둥의 斷面을 英國 또는 호주 規準에 依하여 仮定하라.

但. $P_t=5\%$

解 6) 『그림—14』에서 中央 기둥이 받는 면적은 (4−1) 식에 의해,

$A=l_x\times l_y=7.200\times 7.200=51.84m^2$

$W=1.0t/m^2$ 정도로 仮定하면 1 個層에서 기둥이 받는 荷重은 (4−2) 식에 의해,

$P_1=1.0\times 51.84=51.84\rightarrow 52.0t$

30個層의 荷重을 1 層 기둥이 받아야 하므로(4−3) 식에 의해,

$\sum P=30\times 52.0=1560.0t-1560000kg$ (5−2) 식을 이용하여 필요한 기둥 단면적을 (4−4) 식으로 계산하면,

$a=1560000/138=11300.0cm^2$

정방형 기둥으로 設計한다면

$D=\sqrt{11300.0}=106.0cm\rightarrow 110cm$

따라서 1層 中央기둥을 1100×1.100의 斷面으로 仮定할 수 있다.

이때 中央 기둥에 곡모멘트를 받지 않을 때 위의 仮定에서 $P_t=5\%$ 이므로

$a_s=11300.0\times5/100=565\text{cm}^2$ 50－$HD38$의 鐵筋을 配筋해야 할 것이다.

低層部分의 기둥 仮定에서 얻은 斷面과 比較하면 $SEC-1600\times1600$이므로 최소 0.8% 철근만 배근할 때, 40－$D25$로 可能해 지게 되어 工事比로보면 기둥 斷面이 큰 편이 경제적이지만 그래도 鐵骨 기둥보다는 싸지게 된다.

鐵骨 기둥으로 設計한다면

$a=1560.0/2.2=710\text{cm}^2$

$SM50$ $H-498*432*45/70$ 로 可能해 진다.

例 7) $f_c=100\text{kg/cm}^2$ $f_t=2000\text{kg/cm}^2$이고 『그림－14』와 같은 30層사무실 建物의 1層中央 기둥의 斷面을 英國 또는 호주 規準에 依하여 仮定하라.

但. $P_t=8\%$

解 7) 30個層의 荷重은 例 6)에 依하여

$\sum P=1560.0\,t$

(5－1) 식에 依하여

$P=0.3F_c+0.5P_tA_g\cdot f_y$

$P=0.3\times300+0.5\times8\times3000/100$

$=90+120=210\text{kg/cm}^2$

$a=1560000/210=7420.0\text{cm}^2$

정방형 기둥으로 設計한다면

$D=\sqrt{7420.0}=86.2\text{cm}\rightarrow85\text{cm}$

따라서 1層 中央기둥을 850×850의 斷面으로 仮定할 수 있고

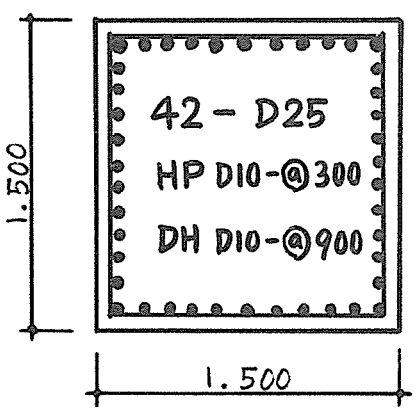
$a_s=7420.0\times8/100=592\text{cm}^2$ 52—$HD38$의 鐵筋을 配筋하면 되므로 거의 鉄骨 기둥의 斷面과 가까워 지게 된다.

이렇게 여러가지로 斷面 仮定한 기둥의 比較가 보다 合理的으로 되기 위해 ,

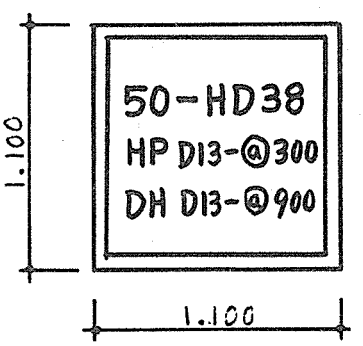
例 6) 의 기둥 斷面 仮定을 $f_c=70\text{kg/cm}^2$ $f_t=1600\text{kg/cm}^2$, 日本建築學會規準에 依하면 『그림－15』와 같게 된다.

참고로 위에서 조사한 기둥의 斷面들을 층고가 3.600m 일 경우 대략 資材에 依한 工事費만으로比較하면 『表－1』과 같게 된다.

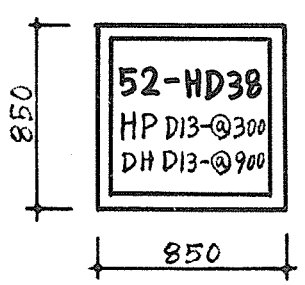
但. 鉄筋 價格을 54원/kg



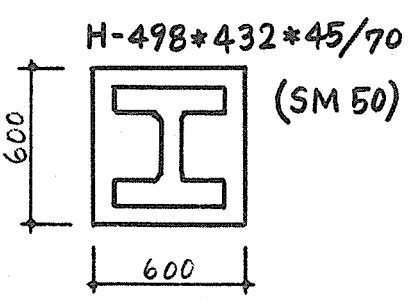
『그림－15』



『그림－16』



『그림－17』



『그림－18』

『表－1』 기둥 概略 工事費 比較表

구 분	1	2	3	4	비 고
단 면	1500×1500 42－D25 HP D10－ⓐ300 DH D10－ⓐ900	1100×1100 50－H D38 HP D13－ⓐ300 DH D13－ⓐ900	850×850 52－H D38 HP D13－ⓐ300 DH D13－ⓐ900	H -498*432*45/70 (SM50)	
그 림	그 림 － 15	그 림 － 16	그 림 － 17	그 림 － 18	
허 용 강 도	fc=70 ft=1600	fc=70 ft=2000	fc=100 ft=2000	ft=2200	
사 용 시 방 서	JIA	英國·호주	英國·호주		
주 철 근 량	600.0kg	1610.0kg	1670.0kg		
대 근 량	53.5kg	70.0kg	54.2kg		
합 계	653.5kg	1680.0kg	1724.2kg	2175.0kg	
철 근 가 격	38,900원	129,500원	133 000원	435,000원	
콘 크 리 트 량	8.1m³	4.36m³	2.60m³		
콘크리트가격	43,700원	23,500원	18,200원		
거 푸 집 량	21.6m²	15.85m²	12.25m²		
거 푸 집 가 격	18,400원	13,500원	10,400원		
공 사 비	101,000원	166,500원	161,600원	435,000원	
비 율	100 %	165 %	160 %	432 %	
증 가 금 액	0원	65,500원	60,600원	334,000원	
면적당증가액		1,270원/m²	1,180원/m²	6,400원/m²	51.84m²
유 효 면 적		2.25－1.21=1.04m²	2.25－0.7225=1.5275m²	2.25－0.36=1.89m²	
사무실대여료		104,000원	153,000원	189,000원	

但, 鐵骨기둥은 콘크리트량이나 거푸집량을 고려하지 않았음.

高强度 鉄筋 價格 70원/kg
콘크리트 價格을 5400원/m³
高强度 콘크리트 價格7000원/m³
거푸집 價格 850원/m²
鉄筋 價格을 200원/kg
사무실 대여료· 10000원/m²로 가정한다.

『表－1』에서 比較해 보면 高强度 콘크리트를 쓰는 便이 工事費의 증가에 영향을 덜 미친다는 것을 알 수 있고, 과다한 鉄筋을 配筋한다 하더래도 鉄骨 기둥에 比하면 훨씬싸다는 것을 알게 된다. 鉄骨 기둥은 工事費의 증가는 당연하지만 工事에 있는 工期의 단축等 다른 여러가지 長點이 있으므로 正確히 比較하기란 쉬운 일이 아니다.

鉄骨의 價格이 100원/kg 程度만 된다 하드래도 『表－1』의 鉄骨기둥은 217,500원이 되어 차액은 106,500원으로 대여료 189,000원 보다 싸지게 되므로 鉄骨의 國産化로 價格이 조절되어 지기를 바라는 바이다.

高層 建物에서 기둥의 斷面을 작게 하기 위해과다한 鉄筋配筋으로 기둥工事費가 증가하기는 하지만 建物이 준공된후 볼 때 面積当 증가액이 2,000~3,000원 程度는 문제가 되지 않을 것이므로 작은 斷面의 기둥으로 建築 計劃하는 것이 좋으리라 본다.

지금까지 우리나라에 建設된 高層建物에서 기둥 斷面을 작게 하기 위해 ACI 나 DIN 規準에 依해 왔었으나, 英國이나 호주 規準에 依하면 콘크리트에 許容應力度 內에서 設計하던 기둥의 斷面과 잘 設計가 맞아져 經濟的인 斷面이 된다.

筆者 自信도 지금까지 ACI 나 DIN 規準에 依하여 高層建物의 기둥 斷面을 줄이려고 애써 왔었다. 앞으로 英國이나 호주 規準에 對하여 좀 더 研究를 한 후, 곧 제정될 『韓國 鉄筋 콘크리트 構造設計 規準案』에 依하여 적절한 設計 方案을 提示할 생각이다.

ACI, DIN, 英國이나 호주 規準의 比較에 對하여서는 다음으로 그 發表를 미루기로 한다.

이렇게 理論에 있어 기둥 斷面을 줄일 수 있는 方案이 생기드래도 施工面에서 鉄筋이나, 特히 콘크리트의 圧縮强度가 이 理論에 뒷받침을 못해 주면 소용이 없으므로 施工 管理面에 있어 相当한 노력을 아끼지 않아야 할 것이다.

기둥 斷面 仮定에서 側柱는 柱軸力과 曲모멘트를 동시에 받으므로 『그림－14』와 같은 建物인 경우 側柱도 中央柱와 斷面 仮定을 같이 하여 正確한 構造 計算에 依하여 配筋하면 될 것이다. 側柱의 斷面 仮定의 자세한 說明은 다음으로 미룬다.

6. 基 礎

基礎의 斷面 仮定은 主로 地盤의 許容長期地耐力度에 依하여 決定된다.

각종 地盤에 대한 地耐力은 다음과 같다.

表－2 地盤의 許容地耐力度

地 盤		長 期
硬 岩 盤	花崗岩, 片麻岩, 案山岩礫岩 等	400 t/m^2
軟岩盤*	板岩, 頁岩, 土丹盤 等	100～250
砂 利	密實한 것	60
	密實하지 않는 것	30
砂 利 와	密實한 것	50
砂混合物	密實하지 않는 것	20
砂	組粒 密實한 것	40
	細粒 密實하지 않는 것	10
砂交粘土	硬質 密實한 것	30
	軟質 密實하지 않는 것	15
粘 土	硬質	30
	軟質	10
泥 土		0
特殊土壤	埋土 盛土 및 特殊한 것은 實況에 따라 決定한다.	

* 軟岩盤(水成岩等) 250

* 軟岩盤(風化岩等) 100

地盤의 許容地耐力度는 地質 檢査를 行한 후 얻는 資料에 依하여 決定하는 것이 原則이다. 간혹 땅을 판 후 構造技術者에게 現場에 와서 許容地耐力度를 추정해 달라는 要求가 있게 되지만 構造技術者가 육안으로 許容地耐力度를 추정하기란 어려운 일이며 파헤 흙의 밑부분의 地質 狀態를 알 도리가 없어 무리한 結果를 초래하기 까지 함으로 地質 檢査의 費用을 아끼기 보다는 地質 檢査를 正確히 行하는 便이 安心하고 構造物을 設計할 수 있으므로 보다 安全하고도 經濟的인 構造設計를 하게 되어 工事費의 낭비도 막을 수 있게 까지 된다.

地質 檢査의 結果에 依해 얻어진 許容地耐力度를 f_e라 한다면 基礎 自重은 柱軸力의 約 10%가 必要한 基礎 低面의 面積은

$$a=\sum P\times 1.1/f_e \cdots\cdots (6-1)$$

식에 의해 얻을 수 있게 되고,

따라서 基礎低面의 크기는

$$a=l_x\times l_y \cdots\cdots (6-2)$$

正方形으로 基礎低面을 仮定하려면

$$l=\sqrt{a} \cdots\cdots (6-3)$$

에 依한다. 기둥 폭이 D 일때基礎의 두께는 대개 $t=(l-D)/\alpha \cdots\cdots (6-4)$ 로 하면 된다.

실제 例를 들어 說明하면 다음과 같다. 『그림－14』와 같다.

例 8) 『그림－14』와 같은 地上 30層인 建物의 中央 기둥의 基礎를 說計하라. 但 許容地耐力度는地質 檢査에 依하여 $fe=50\,t/m^2$ 로 하고, 1層 기둥의 크기는 1000×1000으로 한다.

解 8) 例 6) 에 依해서 30層의 사무실 建物의 1層 中央기둥에 오는荷重은 $\sum P=1560.0\,t$

$f_e=50.0\,t/m^2$ (6－1) 식에 依해

$$a=\sum P\times 1.1/f_e$$
$$=1560.0\times 1.1/50.0$$
$$=34.4\,m^2$$

基礎 低面의 크기를 正方形으로 한다면 (6－3) 식에 依해

$$l=\sqrt{a}=\sqrt{34.4}\fallingdotseq 5.9m$$

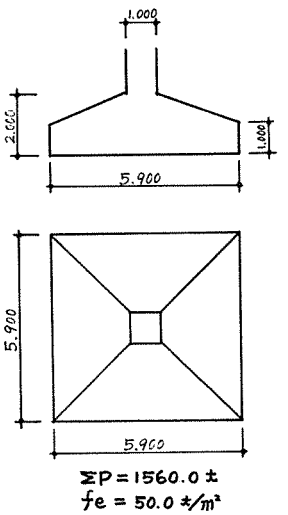
基礎의 두께는 (6－4) 식에 依하면

$$t=(l-D)/a=(5.9-1.0)/a$$
$$=2.45m$$

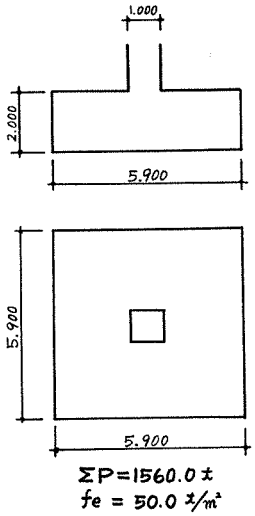
許容地耐力度가 $50\,t/m^2$程度이므로 아주 큰 基礎로 設計해야 한다.

基礎의 두께 t는 위의 계산에서 너무 크게 仮定되면 1.50 m～2.00 m程度로 줄일 수 있다. 물론 構造 設計에서 鐵筋이 더 配筋되어야 할 것이다.

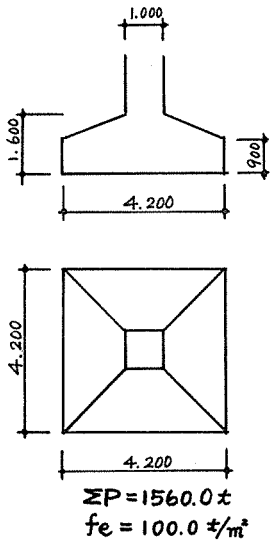
『그림－19』와 같은 基礎로 設計가 되는데, 基礎의 끝부분의 두께 t'는 보통 t의 2/3정도로 가정한다. t가 클 경우 콘크리트 量이 상당히 많아지므로 1/2정도로 가정할 수 있지만 콘크리트를 칠 때 흘러 내리지 않도록 해야 할 것이다. 여기서 t'는 1,000 m로 가정했다. 흔히 日本에서 이러한 方



『그림-19』



『그림-20』



『그림-21』

法으로 基礎를 設計하고 있기 때문에, 우리나라도 그 영향을 받아 대부분의 建物에서 基礎가 『그림-19』와 같이 경사가 지게 하여, 콘크리트 量을 줄이도록 하지만, 美國 等地의 나라에서는 『그림-20』과 같이 경사를 지우지 않기도 한다.

許容地耐力度가 30 t/m^2 程度로 작아질 때에는 正方形 基礎인 경우 $\ell=7.6$ m가 된다.

7.6 m은 7.2 m보다 크므로 이 建物의 基礎는 겨의 붙게 된다.

따라서 基礎의 設計를 변경하거나 콘크리트 파일, 또는 鐵製파일을 쓰는 基礎로 設計해야 할 것이다.

만일 許容地耐力度 $f_e=100\,t/m^2$로 된다면 基礎의 크기가 작아지므로 基礎의 工事費는 許容地耐力度에도 많은 영향을 받음을 알 수 있게 된다.

(6－1)식에 依해

$$a=\Sigma P\times 1.1/fe$$
$$=1560.0\times 1.1/100.0$$
$$=17.2\,m^2$$

基礎 低面의 크기를 正方形으로 한다면 (6－3)식에 依해

$$\ell=\sqrt{a}=\sqrt{17.2}\fallingdotseq 4.2\,m$$

基礎의 두께는 (6－4)식에 依하면

$$t=(\ell-D)/2=(4.2-1.0)/2$$
$$=1.60\,m$$

로 許容地耐力度 50 t/m^2에 比해 작은 基礎로 設計할 수 있게 된다.

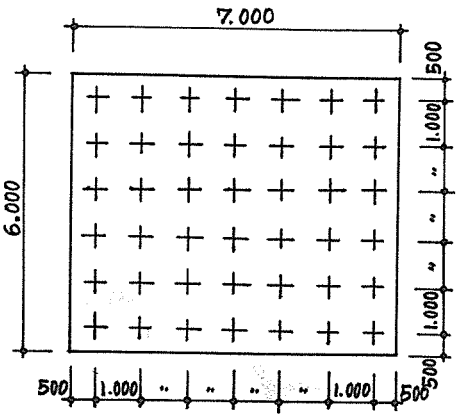
許容地耐力度가 15 t/m^2 미만이라면 基礎 低面의 크기는 기둥 간격을 훨씬 넘게 되어, 獨立 基礎로 設計할 수 없게 됨으로 부득이 파일 基礎로 設計해야 할 것이다.

鐵筋 콘크리트 파일을 쓰게 될 경우 콘크리트 파일의 지름에 따라 許容耐力을 알면 設計가 可能해 진다.

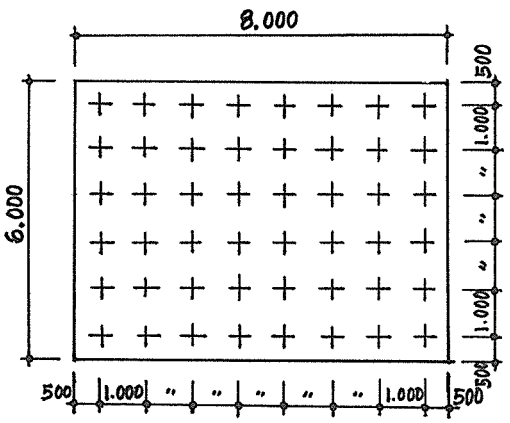
例를 들어 파일의 지름이 400㎜이고 許容耐力이 40.0 t이라면 파일을 박는 간격은 $P=2.5D$로서

$P=2.5\times 400=1{,}000$㎜로 設計하면 되므로 例 8)과 같은 基礎의 所要 파일 數는 $n=1560.0\times 1.1/40.0=43.0$個의 파일을 써야 된다.

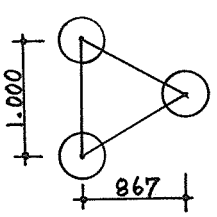
파일 배치는 처음 42個의 파일을 6×7의 배치로 『그림-22』와 같이 잡은 후 『그림-23』과 같이 48個의 파일을 6～8개의 배치로 잡아 여기서 5個의 파일을 빼도록 하는데, 가급적 파일 배치가 대칭이 되어야 하므로 『그림-25』와 같이 44個의 파일을 배치하는 것이 좋은 것이다. 파일 배치가 지그자그(Zigzag)로 될 경우 파일 간격은 1,000 m를 유지해야 하므로 『그림-24』와 같이 정삼각형의 파일 배치로 높이가 $\sqrt{3}/2=0.867$로 되지만 900으로 하여 『그림-25』와 같이 基礎의 크기가 自然히 定해지게 되어 許容地耐力度 40 t/m^2인 경우



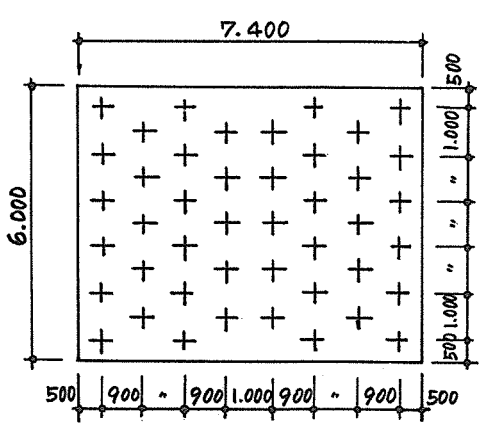
『그림-22』



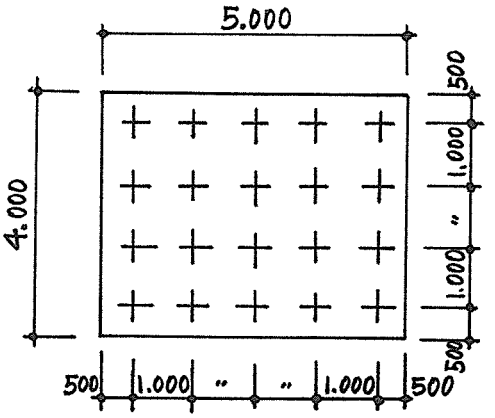
『그림-23』



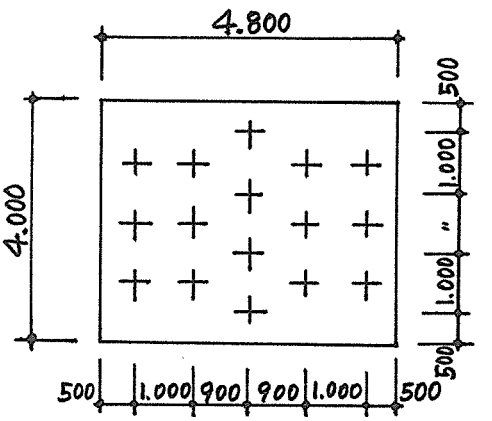
『그림-24』



『그림-25』



『그림-26』



『그림-27』

와 비슷한 基礎 크기가 된다.

許容耐力이 100.0t인 鐵製 파일을 使用한다면 所要 파일 數는

n=1560.0×1.1/100.0=17.2→18個

이 때의 파일 배치도 그 간격이 1,000 m라면 『그림-26』과 같이 4×5로 배치한 후 2個의 파일을 빼면 되니까 『그림-27』과 같이 定해지고 許容地耐度 100.0t/m²인 獨立 基礎와 비슷한 크기로 設計됨을 알 수 있게 된다.

『그림-28』과 같이 3×6으로 배치할 수도 있지만 가급적 正方形에 가깝도록 배치 하는 것이 經濟的이다.

그리고 파일은 柱軸力에 따라 위의 例와 같이 큰 荷重을 받을 경우 許容耐力이 큰 파일을 쓰는 便이 파일 價格의 合은 같다 하더라도 박기 공임이 거의 비슷하므로 배치 個數가 적어져 經濟的이다. 柱軸力이 작아 파일이 4個로 충분할 경우에는 파일의 지름이 작은 것을 쓰는 것이 좋다.

〈끝〉