

鉄筋コンクリートシェル構造による建物の軽量化

岡本建築設計事務所

岡 本 剛

1. 序

鉄筋コンクリート建物の重量に於て最も大きな部分を占めるのは床（屋根）及び壁であるから鉄筋コンクリート建物の重量を軽くするには床及屋根自重を軽くすればよい。床、屋根重量を軽くするには軽量の材料、例えば軽量コンクリートを用いるのと、床の厚さを少なくする二方法が考えられる。普通のラーメン式骨組に平らなスラブをはつたRC構造ではスパンが大きくなる程梁が大となり床重量は大となる傾向がある。之に反し大スパンのRC薄シェル屋根構造は屋根重量を著しく軽減することができる。本論文では筆者の設計した種々のシェル構造（円筒シェル、H.P.シェル 折板屋根）の実例についてその重量を調べそれらの間の比較を行う。

2. 円筒シェル

説明のため円筒シェルを次の如く分類する。

- (A) 単独円筒シェル
- (B) 水平底付単独円筒シェル
- (C) 並列円筒シェル
- (D) リブ付異方性円筒シェル
- (E) プレストレスト円筒シェル

シリンドーシェルは円弧方向に必ず曲げモーメントが存在し裾から曲げ変形が頂上に向つて減衰しながら波及する。従つて単独シェルより並列シェルの方が曲げが小さい。特に水平底を有する単独シェル（Fig.1 (2)）では、底による曲げモーメントはシェルの頂上まで余り減衰しないで波及するのでこの曲げに抵抗するためシェルの厚さは薄くできない。表1の実例3はこの場合に相当しシェル厚さは10cmである。

シェルの縁梁は無い方が重量は軽くなる。然し建物プランの形や美的な観点からスパンに対しシェルのライズが低い時は縁梁が必要となる。縁梁なしの円筒シェルを四隅の柱上にのせた形とするとシェルの長手方向の地震力に対して、他に水平力に抵抗する充分剛な壁がない時、

柱頭部附近のシェルが破壊する危険がある。かゝる場合には縁梁をつけるのがよい。実例 5 は建物周囲に剛な壁があり縁梁のない例である。

表 1

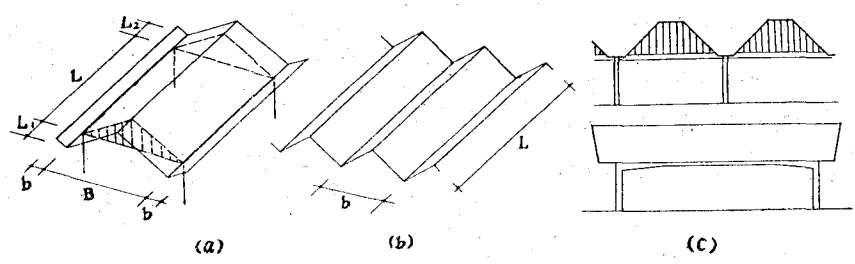
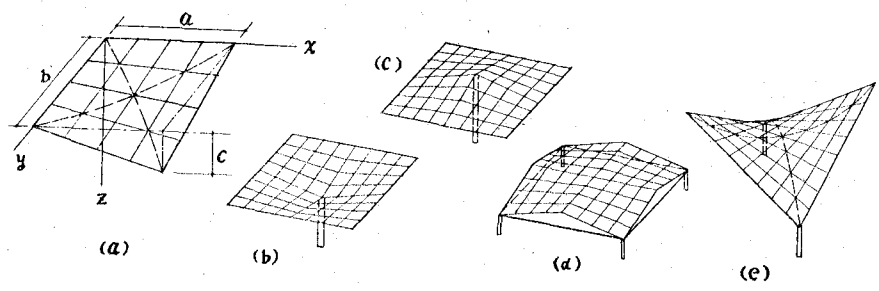
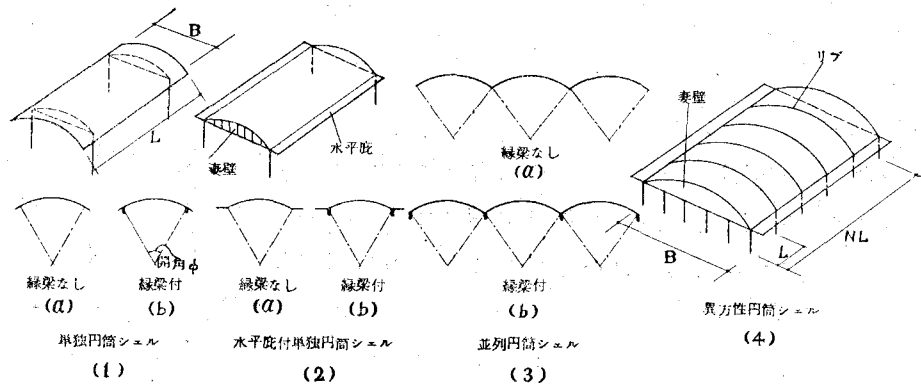


表 1. 実例の屋根寸法及び重量

屋根構造 の区別		No.	建 物 名	設計年月	一つの屋根の寸法、面積			単位面積当重量 kg/m ²		小 梁 又 は リブ		縁 梁、 大 梁		小梁、リブ縁 梁を含む床 重量 kg/m ²	小梁、リブ縁 梁、大梁を含 な床重量 kg/m ²	摘 要			
					厚 (cm) 中央 裾	巾 B m	長 L m	面 積 m ²	kg/m ²		寸 法	重 量 kg/m	kg/m ²	寸 法 cm	重 量 kg/m		kg/m ²		
									曲面上	水平面上									
円筒 シ ェ ル	A	1	稲 村 邸	1953, 10	66 9	4.55	7.30	332	148	153			EB 24×45	260	57	210	φ=40° N=1		
	B	2	立川市衛生処理場	1958, 7	88 10	8.10	15.60	1264	196	205			EB 25×50	300	37	242	φ=60° N=1		
		3	K 氏 邸	1955, 8	10 12	9.0	12.40	111.6	252	264			EB なし			264	φ=60° N=1		
	C	4	川崎衛生会館	1954, 1	6 10	4.85	11.80	57.2	147	154			EB 24×45	260	53	207	φ=60° N=4		
		5	安田ガレージ	1955, 2	7.5 12	9.78	20.00	195.6	194	214			EB なし			214	φ=90° N=3		
		6	パイロット万年筆	1957, 6	7.5 12	7.00	24.00	168.0	194	216			EB 24×100	576	82	298	φ=90° N=6		
		7	藤沢伸銅	1957, 9	7.5	7.27	14.50	105.4	180	188			EB 24×60	346	48				
		8	森永ホール(中止)	1954	7.0 11	6.82	28.36	193.0	180	205			EB 24×80	461	68	205	φ=100° N=5		
		9	1000人劇場	1955	7.35 11	6.78	34.14	231.4					EB 30×213	1540	226	439			
							30.78	208.7					EB 28×152	1020	151	364	φ=100° N=4		
							27.43	186.0	187	213			EB 28×122	820	121	334			
							24.08	163.3					EB 28×91	610	90	303			
						20.72	140.5												
D	10	帝塚山女学校体育館	1955, 12	8 12	21.00	64×5	134	208	218	リブ30×60~ 30×100@6.40	505	78	EB 30×50	290	14	296	φ=60° N'=5		
	11	安川電機体育館	1956	9 12	28.00	50×8	140	225	236	リブ35×85~ 35×110@5.00	730	146	EB 30×80	490	18	382	φ=60° N'=8		
	E	12	国鉄用品庫	1958, 3	6.0	10.00	24.00	240	144	151			EB 25×70	420	42	193	φ=60° N=7		
H P シ ェ ル		13	安田第二ガレージ	1956, 3	5.5	10.40	11.90	123.8	132	134			G 25×25 TB 12×20 G 20×27 TB 20×20	150 60 139 19	27 11 19		172	H=1.40 N=4	
		14	東京部品工場	1957, 6	5.5	12.73	14.54	184.9	132	134			G1 32×88~55 G2 30×59~42 TB 24×30	500 320 173	27.6 9.8 9.5		167	H=1.45 N=9	
		15	成城大学体育館	1957, 8	5.5	18.18	32.72	594.8	132	134	24×54	280	24	24×24	144	4.5	158	195	H=3.27 N=1
折板 屋 根	F	16	古 山 邸	1957, 5	10.5	4.55	8.20	37.3	250	253			EB 30×33	162	36	289	289	H=0.34	
		17	橋 本 邸	1957, 8	10.5 12	6.00	9.10	54.6	270	273			EB なし			273	273	H=0.90	
		18	林 邸	1958, 5	10.5	6.40	7.20	46.1	252	267			EB 27×40	191	46	313	313	H=1.11	
		19	東京部品	1957, 5	12	7.28	9.09	66.2	288	305			EB なし			305	305	H=1.11	
	G	20	成城大学講堂	1957, 7	10	4.55	16.8	76.4	240	280			EB 20×20	48	21	301	301	H=1.36 N=4	
		21	インターナショナル整流器	1957, 12	8	4.25	16.36	69.5	192	234			EB 30×33	180	42	276	276	H=1.15 N=9	
普通 ス ラ ブ		22	成城大学本館	1957, 7	10	9.10	9.10	82.7	240	240	27×60@1.82	324	178	WG 42×70 G 60×76.8	660 1120	73 127	418	614	
	23	パイロット万年筆平塚工場	1957, 3	10.5	7.00	8.00	56.0	252	252	24×50十字形	210	56	G 36×70	514	137	308	445		
	24	住宅公団東京支所		12									WG 21×55	220	29				
		アパート	1957, 11	10.5	6.00	7.70	46.2	276	276	24×60 1ヶ	280	36	G 36×60	421	70	312	411		

註 A: 単独円筒シエル、 B: 水平底付単独円筒シエル、 C: 並列円筒シエル、 D: リブ付異方性円筒シエル、 E: プレストレスト円筒シエル、
F: W形折板屋根、 G: 連続山形折板屋根

実例 10, 11 は共に体育館でスパンが大きいのでシエルのアーチ方向にリブをつけ補強されている。シエルは両要壁及び縁梁に沿つてシエルのリブと剛節している柱にて支持されている。このシエル屋根はアーチにて支持される数個のショートシエルとして解かれているのではなく、屋根全体を一つの異方性シエルとして解かれているのでアーチリブの丈は小さくなっている。例 12 は縁梁付円筒シエルでその縁梁にポストテンション法でプレストレスされている（使用鋼棒 2-24 ϕ , $f_y=95 \text{ kg/cm}^2$ ）。プレストレスによりシエルの撓みが減少する結果、円弧方向の曲げモーメントは著しく減少するのでシエルの厚は 6cm で充分である。

3. ハイパボリックパラボロイドシエル屋根

ハイパボリックパラボロイド（以下 H.P. と略称する）は次式で表わされる曲面で（Fig. 2(a））、通常単独又は之を 4 個結合して一枚の屋根として用いられる（Fig. 2）。

$$z = kxy, \quad k = \frac{c}{ab}$$

この H.P. シエル屋根の実例は比較的少く表 1 の例 13 が我国に於ける最初のものである。筆者が設計したものは Fig. 2(d) のタイプで最初に設計した例 13 では 4 個を L 字形に連続させたが屋根にクラックが生じた。次に実施した例 14 の H.P. シエルでは屋根を連続しないで一つの H.P. シエル屋根と之に隣る H.P. シエルとの間に菱形のすき間をあけ、ここを天窗とした。（写真 4）シエル屋根の棟に近い略水平な部分は屋根毎に分離してをり縁梁は山形をしているので収縮及温度変化による歪変化は少ないと考えられる。現在までの処屋根面にクラックを生じていない。シエル厚は 5.5cm で底も H.P. シエルで厚は 5.5cm である。

例 15 は成城大学体育館で（写真 5）四周の山形ラーメン上に H.P. シエルをのせた形である。屋根の棟の十字形の稜線に沿つてリブがつけられている。屋根の thrust により山形ラーメンが外方にのびて曲げモーメントの大きくなるのを防ぐため柱頭と柱頭とを Tie-Bar で水平につなぎプレストレスされている。

4. 折板屋根

折板屋根構造も実施例が少い。ここにあげる実例は次の三つのタイプのものである。

(1) 横断面形が W 字形のもの (Fig. 3(a))

(2) 横断面形が連続山形のもの (Fig. 3(b))

(3) 横断面形が多角形のもの (Fig. 3(c))

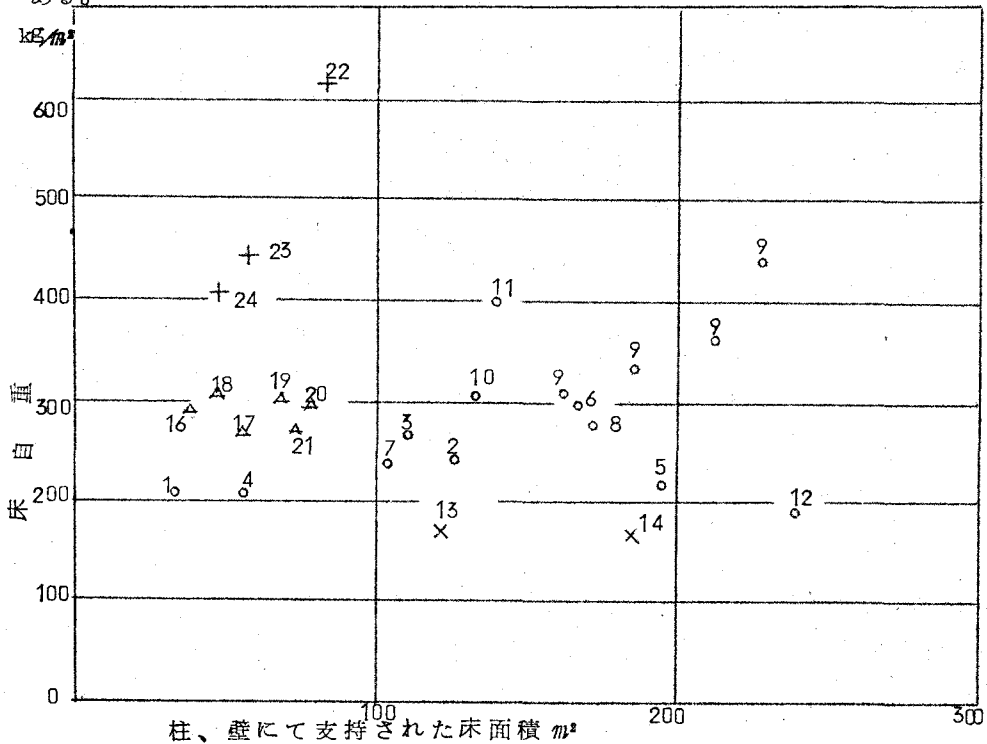
折板構造では要素平板の横断方向には普通のスラブと同様に曲げモーメントを生じるので巾が大きいと曲げモーメントのためスラブ厚を薄くできないので一般に円筒シエルより多少重く

なる。Fig. 3 (c) に於て両端ハンチ付の縁梁をつけてあるのは地震力に抵抗するためである。

5. 屋根重量

筆者の設計したシェル屋根の実例を表 1 に掲げる。比較のため筆者の設計に係る普通のスラブ構造の床自重をのせてある。同表の縁梁又は大梁を含む床重量の算出に当つて、縁梁又は大梁に沿つて囲まれた一つのシェル又はスラブがそのシェル又はスラブの四周に隣接してあるものと考えて縁梁、大梁の巾の半分をもつ梁の重量をとつてある。但し円筒シェル及び折板屋根にあつては両支端は梁又は要壁となつてその重量は比較し難いのでこれらの支持材の重量は除外してある。図表 1 は、柱又は壁にて支持されている一つの屋根が覆っている水平面積を横軸にとり屋根の水平面における単位面積当り重量を縦軸にとつてプロットしたものである。この図表によると普通のスラブ床ではその面積は $100m^2$ 以上は困難で単位面積当重量は $400kg/m^2$ 以上 $400kg/m^2$ 以下の範囲にありプレストレストシェル以外はシェル面積が大きくなる程重くなる傾向がある。折板屋根は大面積のもの例が少ないのであるが $300kg/m^2$ 前後である。之に対して HP シェルは相当大きい面積 ($600m^2$) でも $200kg/m^2$ 以下である。

図 表 1



[illegible]

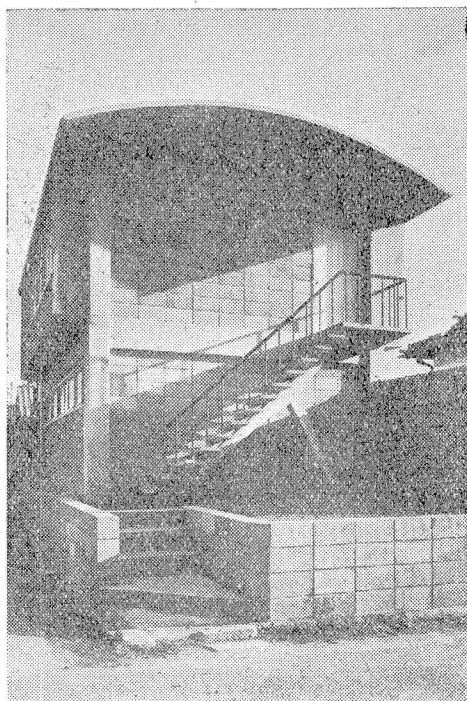


写真 1

稲村邸

写真 3 安田ガレージ

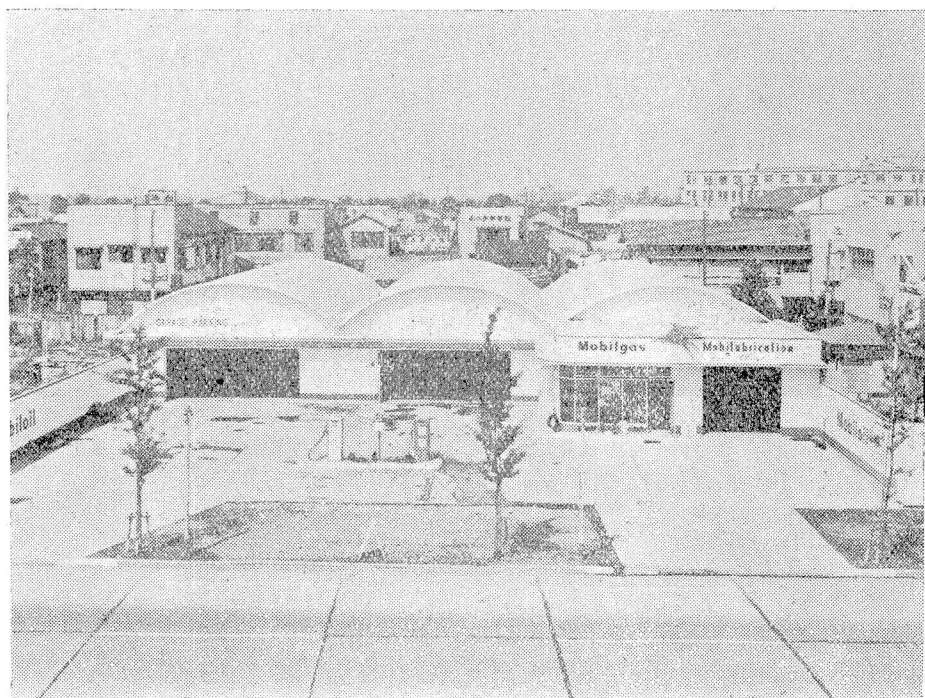




写真 3 パイロット万年筆平塚工場



写真 4 東京部品 KK



写真 5

成 城 大 学 体 育 館

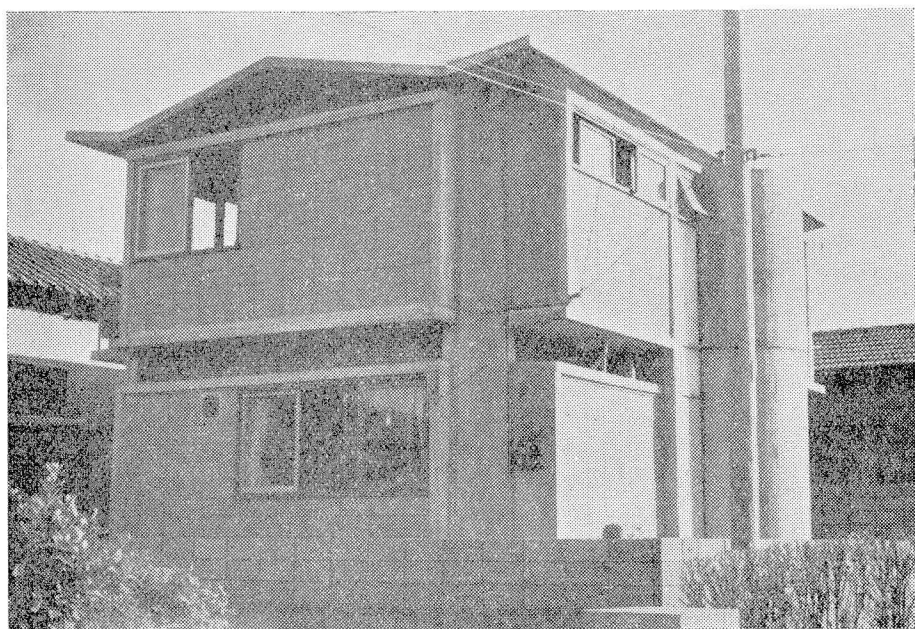


写真 6

古 山 邸

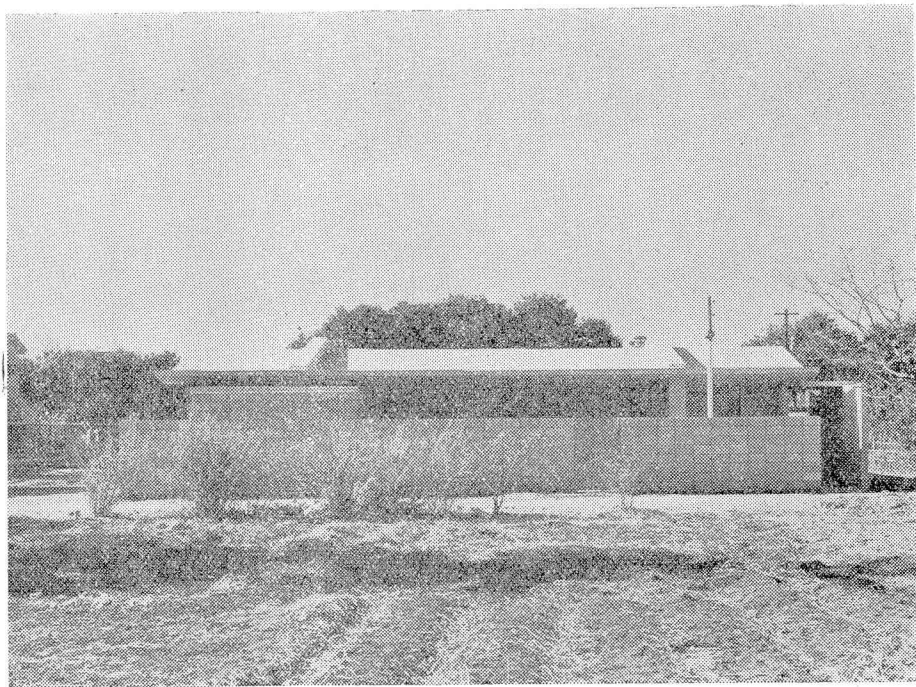


写真 7

橋 本 邸

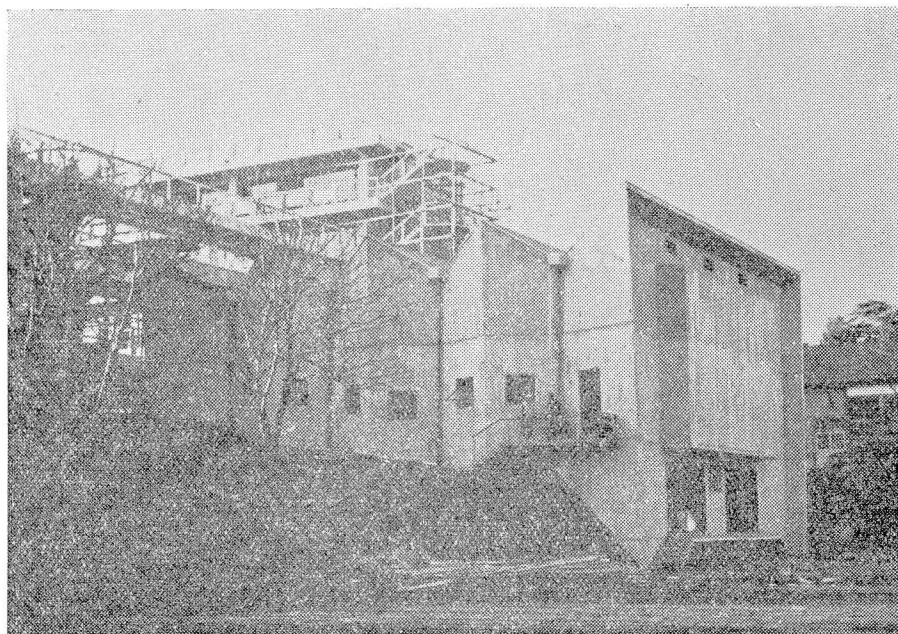


写真 8

成城大学小講堂

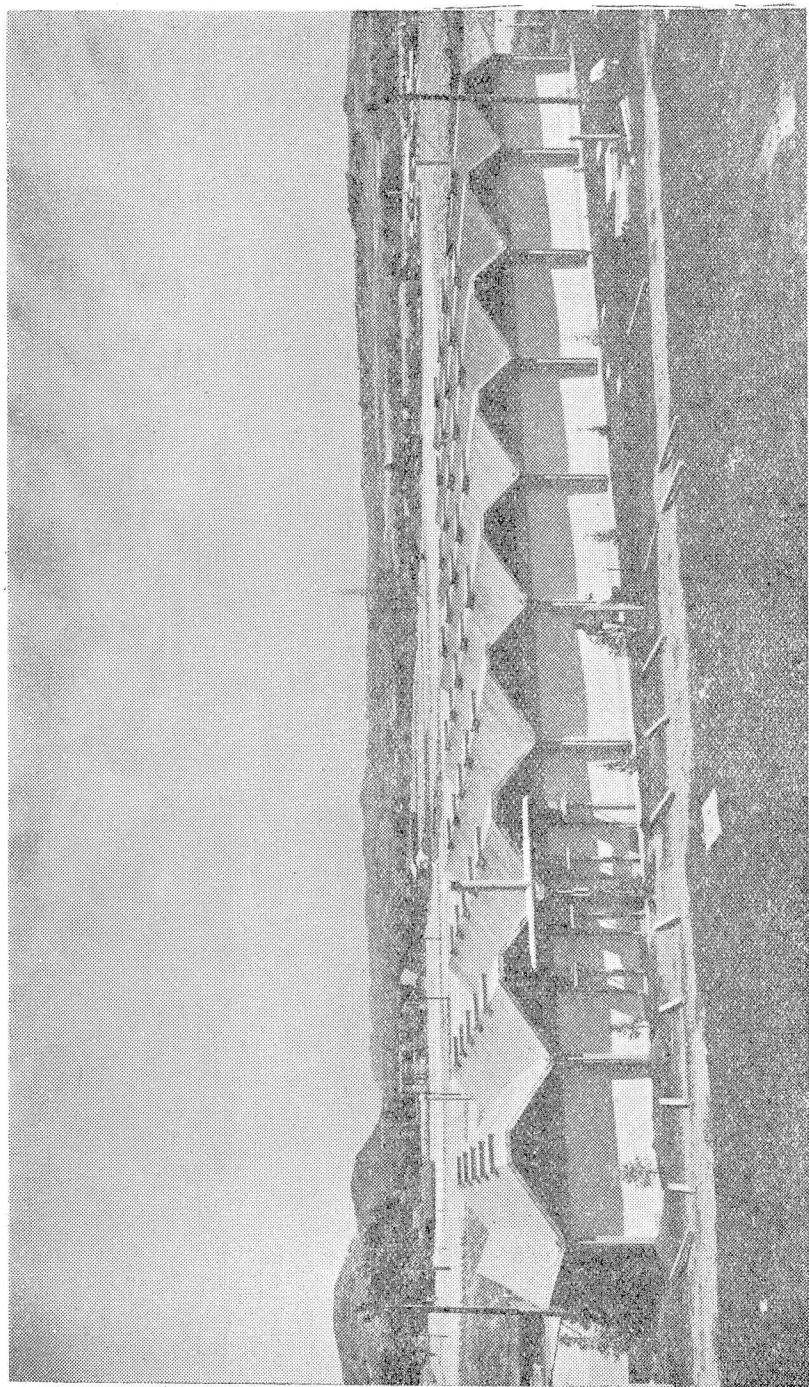


写真 9 インターナショナル整流器工場