
重層大スパン構造の研究

Study of Multi-storied Building with Long Span

荻野 英也 (Hideya Ogino) 宮下 巖 (Iwao Miyashita) 宮崎 武文 (Takehumi Miyazaki)

要旨：

重層大スパン建築の構造上の問題点のうち，ここでは特に鉄骨造ボーリング場を対象にして，柱1本あたり平均負担床面積（A）と所要鋼材量（W）との関係についてのケーススタディと既存のボーリング場の床の振動性状の実測調査を行なった。これによると i）W はAと密接な関係があり，Aが大きくなる程増加し，その増加分のほとんどすべてが梁に要する鋼材量の増加である。ii）実測したボーリング場の床の固有振動数は5～12c/s程度であり，減衰性は，梁が鉄骨造およびプレストレストコンクリート造のものでは大差なく，鉄骨鉄筋コンクリート造のものは非常に大きい。などが判明した。

Synopsis：

Of the research made on various questions that concerned the structural design of a multi-storied building of long span, this paper reports on the following two points about bowling centers: i) Results of a case study of connection between requisite quantity of structural steel (W) and the average floor area that a column bears (A). ii) Investigational fruits of vibrational behavior of the floor of some actual existent bowling centers. As a result of them, the following became clear. i) W is closely connected with A. The larger the A, the more the W, and the quantity increased is about equal to that of steel to be used as beams. ii) Natural frequency of the floor of bowling centers is observed of between 5c/s and 12c/s and the damping factor of steel beam makes no great difference from that of prestressed concrete beam, but that of combination structure is very large.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

重層大スパン構造の研究

Study of Multi-storied Building with Long Span

荻野英也*

Hideya Ogino

宮下 巖**

Iwao Miyashita

宮崎 武文***

Takehumi Miyazaki

Synopsis :

Of the research made on various questions that concerned the structural design of a multi-storied building of long span, this paper reports on the following two points about bowling centers :

i) Results of a case study of connection between requisite quantity of structural steel (W) and the average floor area that a column bears (A).

ii) Investigational fruits of vibrational behavior of the floor of some actual existent bowling centers. As a result of them, the following became clear.

i) W is closely connected with A . The larger the A , the more the W , and the quantity increased is about equal to that of steel to be used as beams.

ii) Natural frequency of the floor of bowling centers is observed to be between 5 c/s and 12 c/s and the damping factor of steel beam makes no great difference from that of prestressed concrete beam, but that of combination structure is very large.

1. ま え が き

レジャーブームの波に乗って都心でのボーリング場やスケート場など大空間を必要とする建物がふえている。それもとえばボーリング場についてみると平家のものからしだいに高層化してきている。一方事務所ビルについてみると会社組織の細分化による一課一室事務所から大広間を事務室とし、関連部課を一室に配置して組織の緊密化をとろうとする傾向にある。したがって6～8 m間

隔に柱を配置すれば大過なしとする従来の経験に基づく構造計画だけでは設計できなくなってきた。当室では、これらの情勢に対処するため特に大空間を必要とする建物の構造的な問題について検討してきた。そのうちここでは、構造費の中心をなす鉄骨の所要量が重層建築を大スパン架構とすることによって、どのように変化するかをボーリング場を例にとりケーススタディによって調査した結果と大スパン架構を採っている建物の床がどのような振動性状を示すかを既存のボーリング場を中心に実測し検討した結果について報告する。

* 本社建材開発部建築開発室課長

** 本社建材開発部建築開発室

2. 重層大スパン架構と鋼材量

純鉄骨造6階建ボーリング場を対象に、以下に述べる基本仮定のもとに試算した。ボーリング場を仮定したことによって、レーン方向は、不均等スパンとなったが、同じ基本仮定のもとでスパンを均等にした数ケースについても試算し、これらのデータが均等スパン架構へ適用できるか否かの検討も行なった。

2.1 スタディの基本仮定

- (1) 平面形は図1に示すように44m×(42~45)mのほぼ正方形とする。

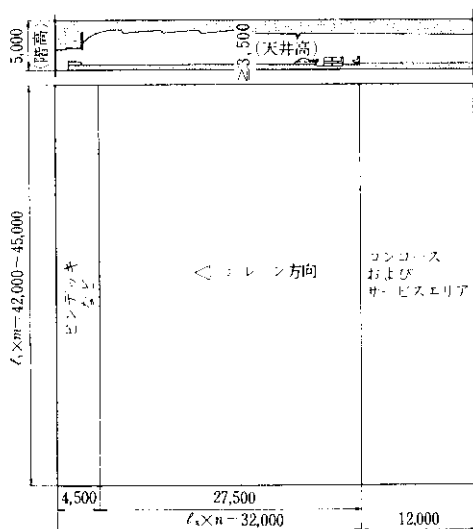


図1 仮定平、断面図

- (2) 階高を5mとし、天井高は3.5m以上確保する。
- (3) 構造方式は、両方向ラーメンとするが、水平力に対しては、その1/2をラーメンで負担し残りはすべて外周壁に入れたブレースに負担させる。
- (4) 使用断面形状は、ブレースのほかはすべてH形鋼とし、ロールサイズをこえるものは溶接H形鋼を用いる。
- (5) 断面設計にあたっては、強度の検討のほかに撓み制限として、鉄骨のみの剛性を採って小梁は $\ell/300$ 、大梁は $\ell/900$ とする。

- (6) スラブは鉄筋コンクリート造とするが、全ケースについてほぼ等しい条件とするために鉄骨の梁で囲まれるスラブの面積が約 30m^2 となるように鉄骨の小梁を入れる。

- (7) 設計荷重は次のとおりとする。

(i) 固定荷重

(a) 床

木造床(下地とも)	100kg/m ²
コンクリートスラブ⑦150	360kg/m ²
天井	50kg/m ²
鉄筋小梁	50kg/m
大梁	200kg/m
耐火被覆	20kg/m

(h) 壁

A. L. C 版 ⑦100	65kg/m ²
内外装	50kg/m ²
鉄骨間柱	50kg/m
本柱	200kg/m
耐火被覆	20kg/m

(ii) 積載荷重

コンコース部分	250kg/m ²
アプローチレーン部分	150kg/m ²
ピンスポッター部分	400kg/m ²

(iii) 地震力および風圧力

建築規準法による。

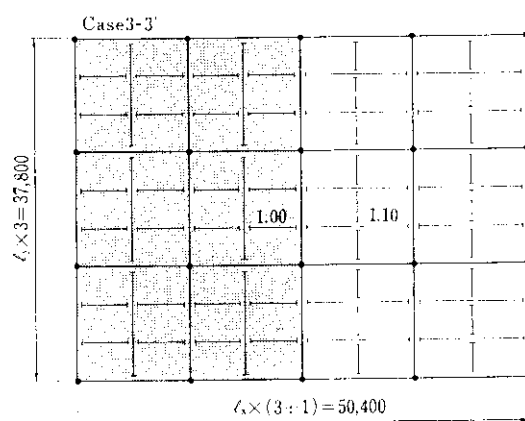
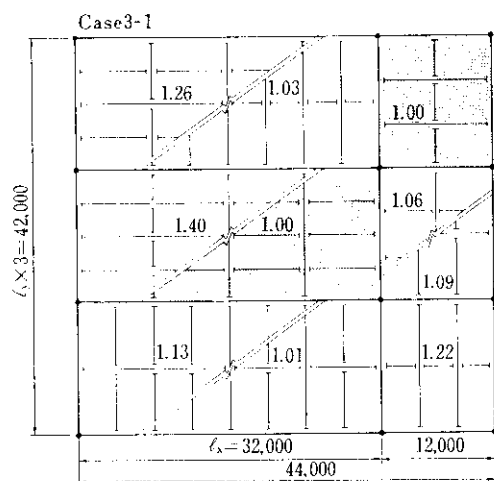
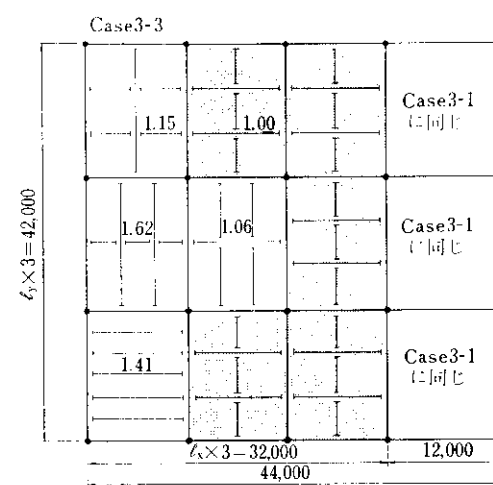
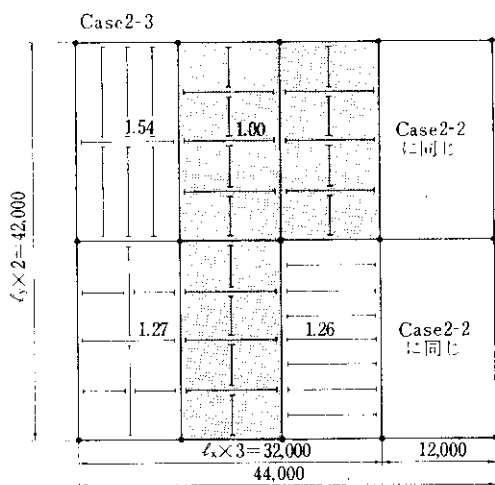
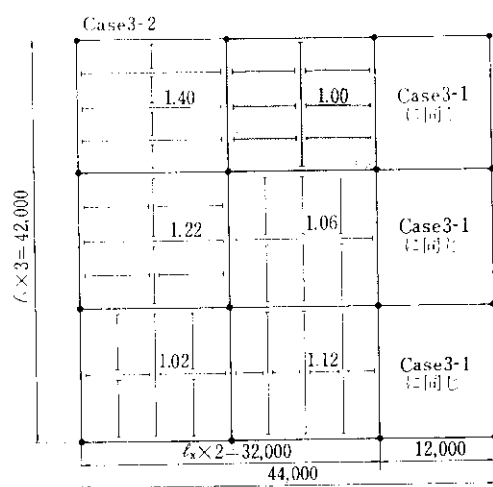
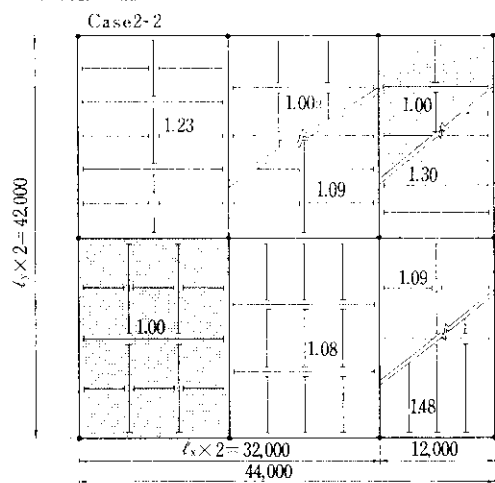
以上の仮定のもとに表1に示す16ケースと

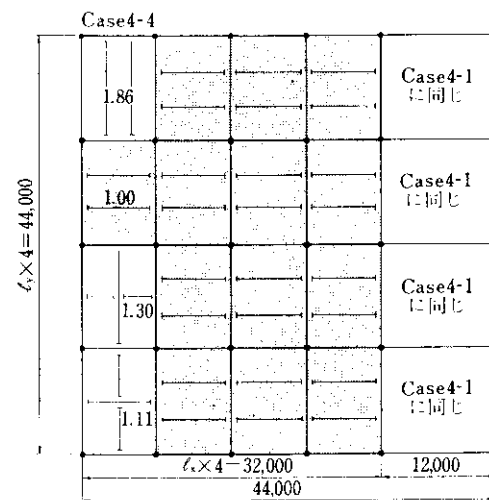
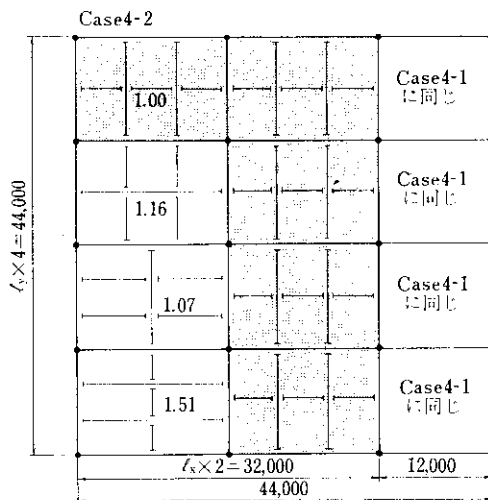
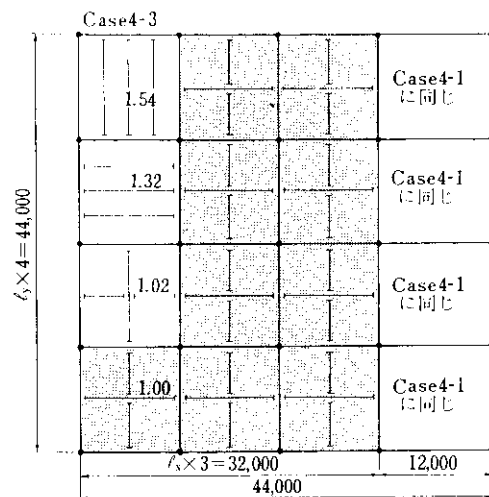
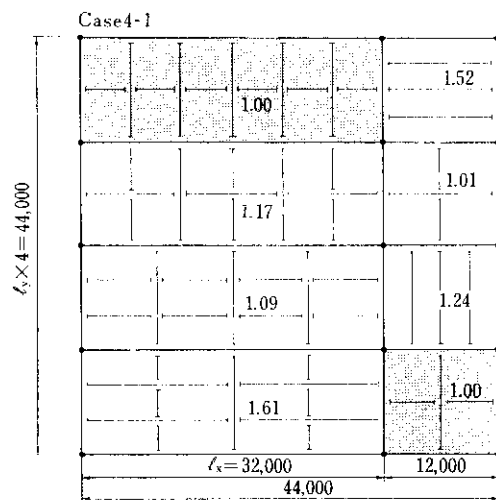
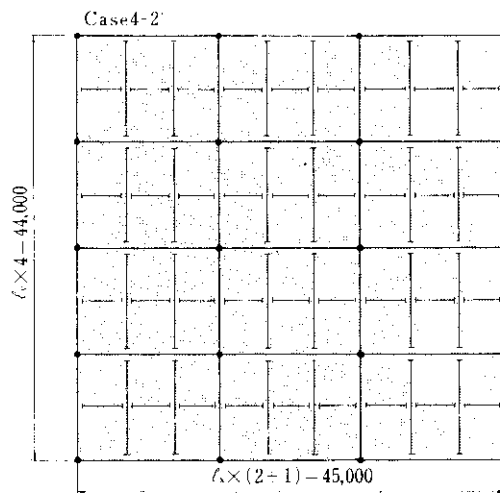
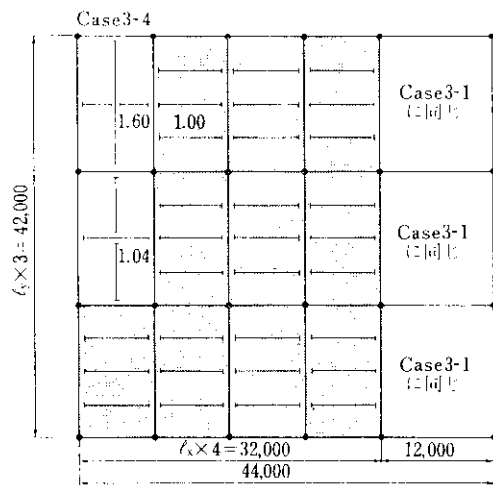
表1 ケーススタディ一覧表

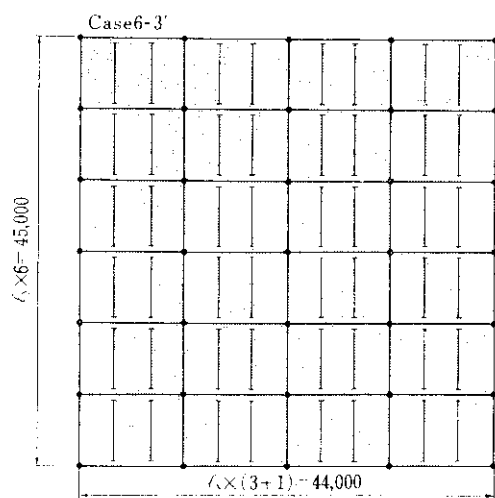
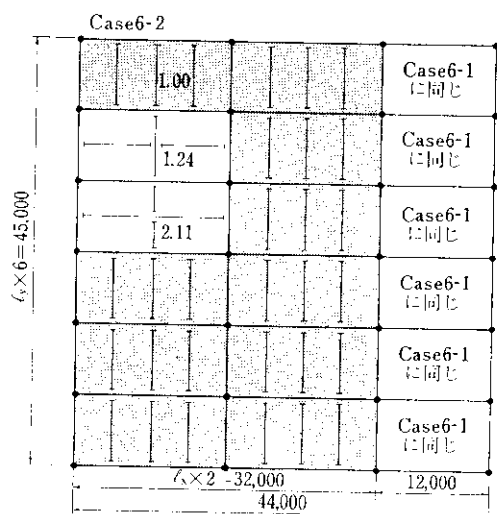
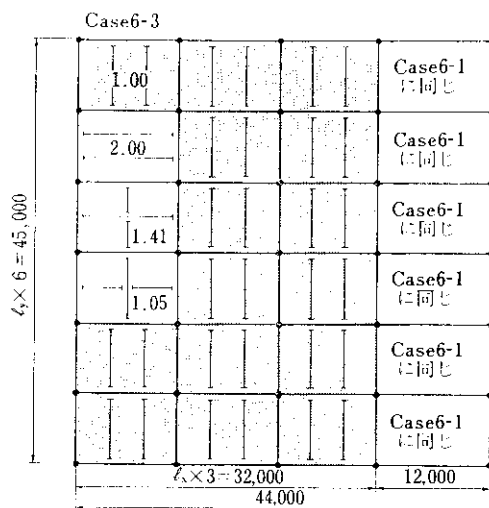
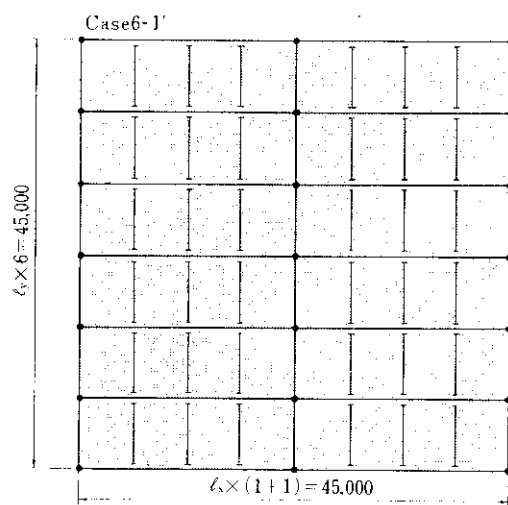
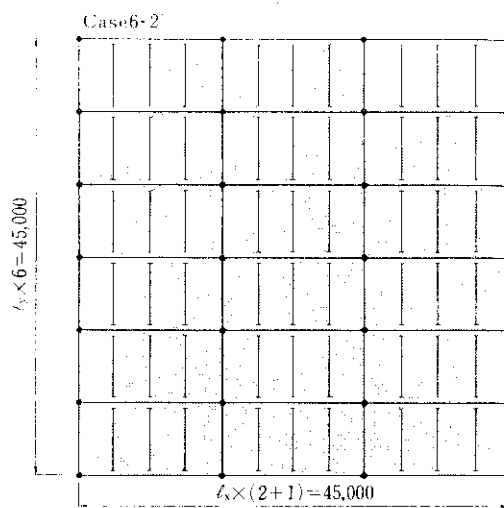
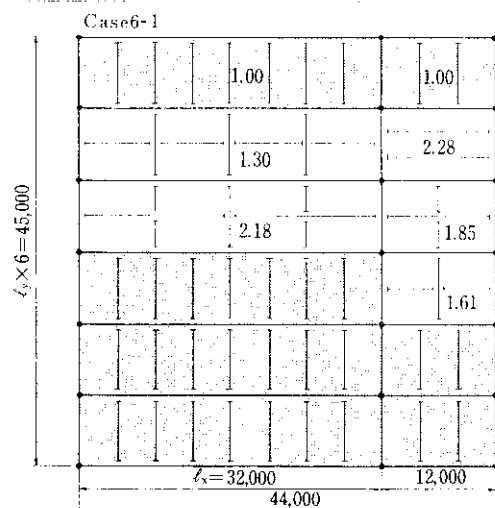
ℓ_y	4	7.5	11	14	21
32	Case 11-1 54.0m ² 0.125	Case 6-1 94.3m ² 0.234	Case 4-1 129m ² 0.344	Case 3-1 154m ² 0.44	
32/2	Case 11-2 40.4m ² 0.25	Case 6-2 70.8m ² 0.47	Case 4-2 97.0m ² 0.689	Case 3-2 116m ² 0.875	Case 2-2 154m ² 1.31
32/3	Case 11-3 32.4m ² 0.374	Case 6-3 56.5m ² 0.7	Case 4-3 77.5m ² 1.03	Case 3-3 92.5m ² 1.31	Case 2-3 123m ² 1.96
32/4			Case 4-4 64.6m ² 1.38	Case 3-4 77.0m ² 1.75	

注) 1. 中段に柱1本当たり平均負担床面積を示す。

2. 下段は柱間隔の縦横比を示す。(ℓ_y/ℓ_x)







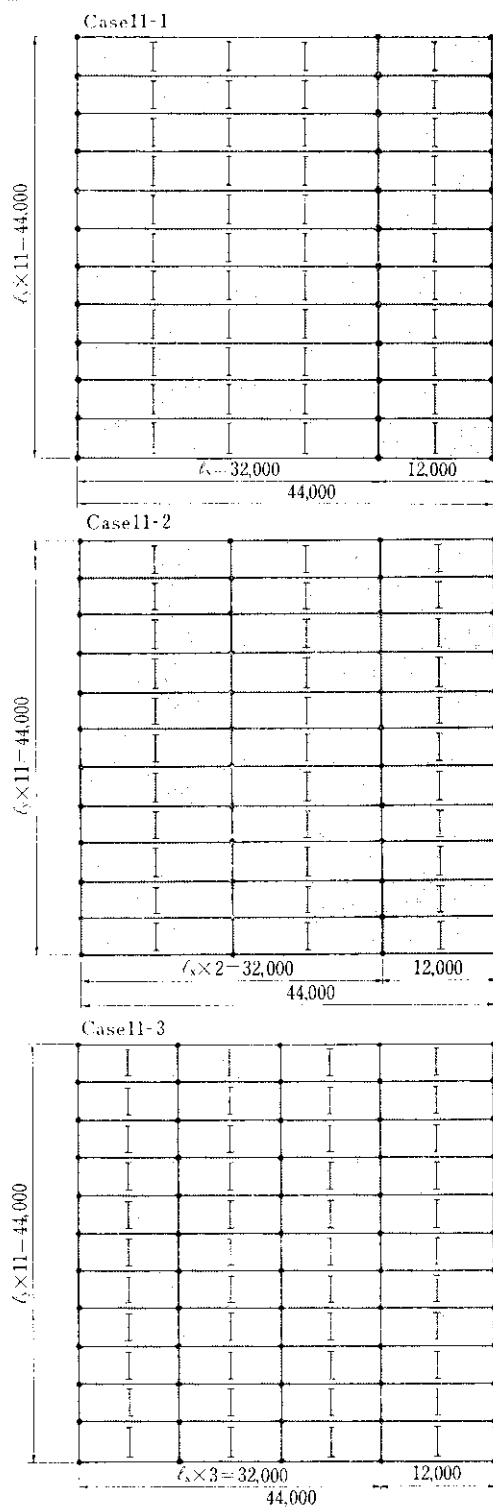


図2 ケーススタディ床伏図

注) 図中の数値は小梁を図のように掛けたとき、小梁の鋼材量が最小になるときを1としたときの重量比を示す。

Case 3-3, Case 4 2, Case 6 1, 2, 3 の5ケースを均等スパンにした Case 3-3', Case 4-2' および Case 6-1', 2', 3' の合計21ケースについて比較設計した。各ケースについての床伏図は図2に示すとおりである。小梁の掛け方は最も鋼材料が少なくなる掛け方を設計に採用した。なお図2には検討した種々の小梁のかけ方も併記した。

2.2 スタディの結果および検討

6階建のボーリング場のうち、3階部分の鋼材量を算出した結果を表2にまとめて示す。鋼材量は主材をスパン芯々で算出したもので、ガセットプレート、スプライスプレートなどは含まない。

縦軸に床単位面積あたりの鋼材量(W)、横軸に柱1本あたりの平均負担床面積(A)をとって、全重量(W_T)および小梁と大梁の合計(W_G)および柱とブレースの合計(W_C)をそれぞれプロットし、 A と W の相関関係を明確にするため l_y が一定のものを直線で結んだものが図3である。

(1) A と W_T の関係

X方向スパンの著しく異なる Case $m-1$ グループを除くと A と W_T は明らかに相関関係がある。相関係数を求めると $r=0.949$ となり、正の相関性が非常に強いことがわかる。また回帰式を $W_T=a+bA$ とおき、回帰係数 a , b を求めると $a=55.5$, $b=0.375$ となる。

$$W_T=55.5+0.375A$$

さらに W_T の95%信頼区間を求めグラフにしたのが図4である。バラツキのある原因としては、H形鋼の断面サイズが所要性能に対して断続的であること、柱間隔の縦横比 l_y/l_x の違いなどが考えられる。

X方向スパンを均等にした Case $m-n'$ グループも、Case 6-1'を除けば、各ケースともほぼ Case $m-n$ (ただし Case $m-1$ を除く) の場合と近似している。したがって Case $m-1$ グループを除いて、(1)で求めた A と W_T の関係は両方向均等ラーメンの場合にも適用しうると考えられる。

(2) W_T と W_G および W_C の関係

A と W_G の関係と、 A と W_T の関係を比べてみると、いずれのケースについてもほぼ同様の傾

表 2 スタディ結果一覧表

		Case 2-2	Case 2-3	Case 3-1	Case 3-2	Case 3-3	Case 3-3'	Case 3-4	Case 4-1	Case 4-2	Case 4-2'	Case 4-3	Case 4-4	Case 6-1	Case 6-1'	Case 6-2	Case 6-2'	Case 6-3	Case 6-3'	Case 11-1	Case 11-2	Case 11-3
小 梁	(t)	61	42	62	52	39	45	31	45	39	43	33	27	27	24	24	27	21	24	5	3	5
	(%)	29.0	22.4	23.3	26.9	23.8	26.2	19.5	19.0	22.8	24.1	21.4	18.5	12.0	12.0	14.9	15.8	14.7	16.3	2.2	2.2	3.4
大 梁	(t)	87	83	128	76	62	64	66	120	73	74	61	56	124	109	72	77	60	58	153	87	63
	(%)	41.6	44.2	48.1	39.7	37.6	37.1	41.4	50.0	42.0	41.5	39.3	38.1	55.5	54.5	45.2	45.0	41.2	40.1	66.2	56.5	47.8
柱	(t)	28	29	41	30	29	28	29	40	28	28	28	32	38	33	30	32	30	29	43	33	35
	(%)	13.5	15.6	15.4	15.5	17.8	16.3	18.2	16.5	16.3	15.7	18.2	21.6	17.0	16.6	19.1	18.7	20.6	19.7	18.6	21.5	26.1
間 柱	(t)	7	5	7	7	5	7	6	6	6	5	4	5	7	7	7	6	5	7	4	4	2
	(%)	3.3	2.9	2.8	3.6	3.3	4.1	3.7	2.7	3.4	2.8	2.9	3.4	3.3	3.5	3.7	3.5	3.8	4.8	1.7	2.6	1.9
ブレース	(t)	27	28	27	27	29	28	27	29	27	28	28	27	27	27	27	29	29	28	26	26	28
	(%)	12.6	14.9	10.3	14.3	17.4	16.3	17.1	11.9	15.5	15.9	18.2	18.4	12.2	13.4	17.1	17.0	19.7	19.2	11.3	17.2	20.9
合 計	(t)	210	187	265	192	164	172	159	240	173	178	154	147	223	200	160	171	145	146	231	153	133
	(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	(kg/m ²)	113.6	101.3	143.5	103.9	89.2	90.4	86.6	123.9	89.3	89.7	79.7	75.3	112.8	98.3	80.8	84.1	73.1	73.6	119.3	79.3	68.6

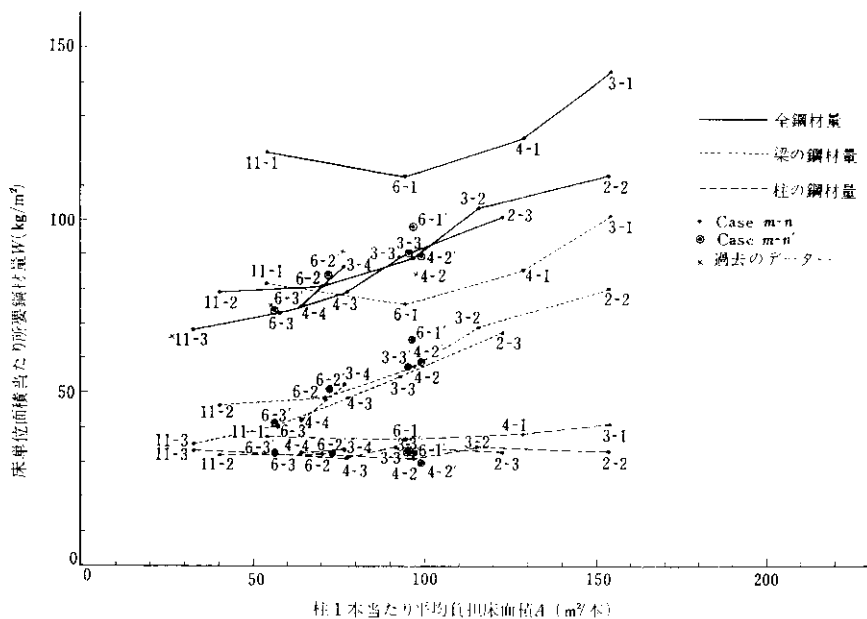


図 3 柱の負担面積と鋼材量の関係 (×印は今回の仮定にはほぼ等しい条件で試算された過去のデータをプロットしたものである)

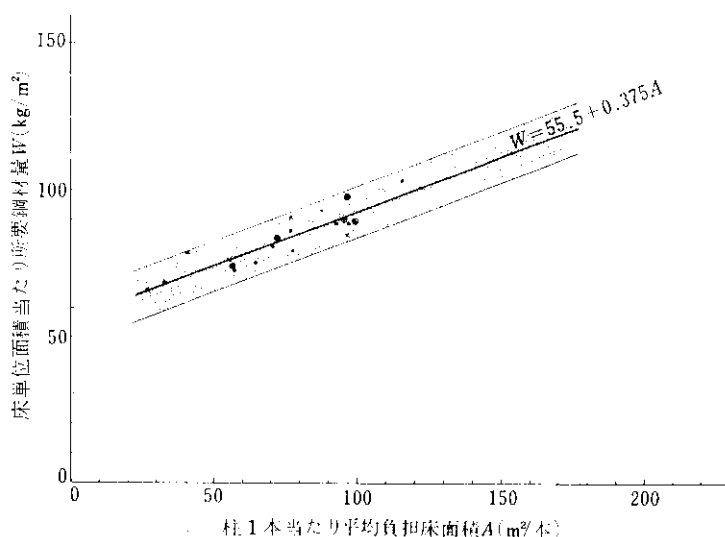


図4 柱の負担面積から鋼材量の推定

向を示している。すなわちブレースを含めた柱の床単位面積あたりの所要鋼材量は一定であることがわかる。Case *m-1* グループを除く柱の鋼材量の平均値は 32.8kg/m^2 、標準偏差は 1.11kg/m^2 となり、バラツキが非常に小さいという興味ある結果が得られた。

また表2から判るように、全鋼材量に占める梁の比率は6～8m間隔に柱をたてた場合、すなわち柱1本あたりの平均負担床面積が 50m^2 程度では約55%であるが、大スパン架構とし、柱1本あたりの平均負担床面積が 100m^2 程度になると約65%、 150m^2 になると70%にもなり非常に大きなウェイトを占める。したがって大スパン架構の経済的な設計をする場合、床組構法の検討が重要になってくる。

小梁だけについてみても Case 2-*n*、Case 3-*n*、Case 4-*n* グループのように柱間隔の縦横比が0.5を越えるような場合には全鋼材量に占める比率が20～30%になり、その掛け方に無神経ではいられない。小梁の掛け方による小梁の鋼材量の差は、図2に各ケースについて示されている。

さらにまた小梁と大梁の接合を剛接合とする。いわゆる格子梁架構についても十分検討する価値はあろう。格子梁については今まで、応力解析が煩雑である。梁と梁の接合部が複雑化し、施工上難点があるなどの理由から、あまり用いられなか

ったようであるが、応力解析はコンピューターの普及した現在では、それほど困難な問題ではない。また格子梁は確かに鉄骨加工上、施工上の難点があり、それに見合った鋼材量の軽減がなければ格子梁を採用するメリットが生かしきれない。しかし大スパンの場合には、撓み制限や曲げ応力によって断面が決定され、剪断力については十分余裕があるのが一般的である。このことからたとえば、図5(a)に示すように大きな梁を通して小さな梁をそれに剛接合する従来の一般的な接合方法とは逆に、同図(b)に示すように小さい梁を通して大きい梁をそれに接合するような方法をとれば、鉄骨の建方方法にも一考を要するが、かなり簡易化されるであろう。

ただ格子梁架構とすることが必ずしも鋼材の節減にはならないので、この場合も梁のかけ方については十分検討する必要がある。著者らが以前に比較検討した時のデーターを参考までにあげる。設計条件は今回のスタディの場合とほぼ同じ条件であり、床伏図としては、図6に示すようなものである。この場合、柱は多いが外周壁部分にあり、建物内部には1本しかなく平面計画上や建物の使用上に優れた点があり、それらの条件をどう評価するかによって、今回のスタディ結果と単純には比較できないが、床単位面積 (m^2) あたり所要鋼材量は 105kg となった。

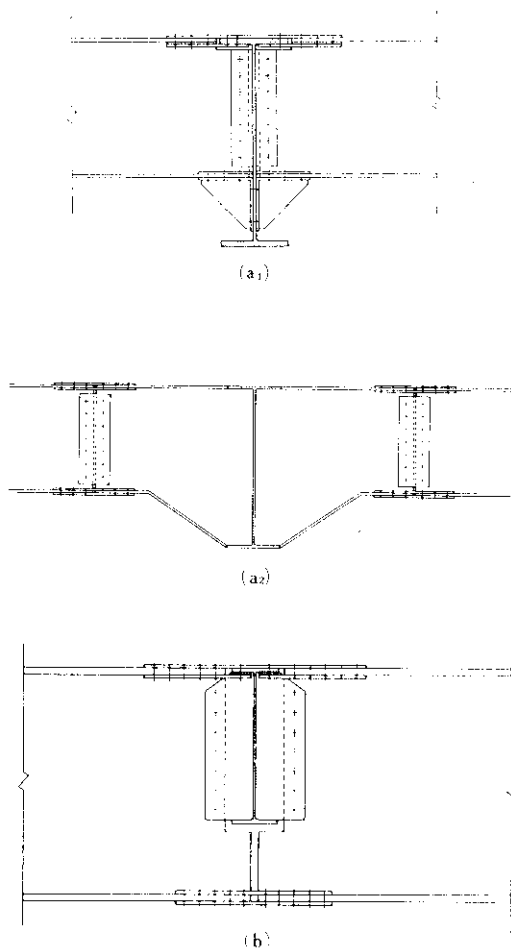


図5 梁と梁の剛接合の例

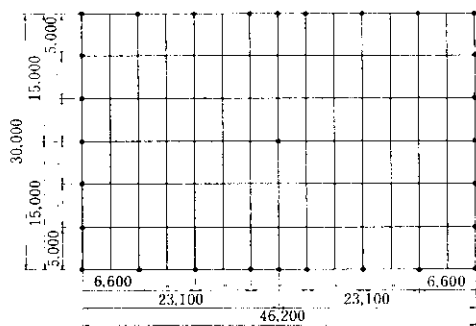


図6 格子梁架構床伏図

(3) W と l_y l_x の関係

柱間隔の縦横比の影響については今後検討する予定であるが、今回のデータによる散布図を図7に示す。この限りにおいては W と A の関係はど

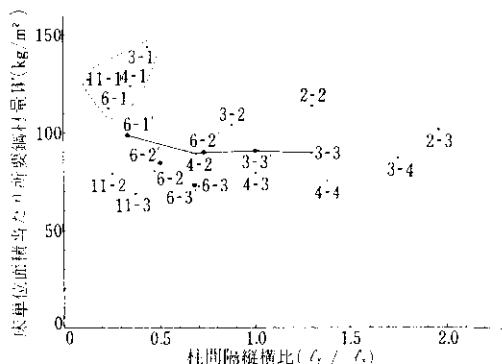


図7 柱間隔縦横比と鋼材量の関係

明確な相関関係は認められない。図中直線で結んでいるのは、柱1本あたりの平均負担床面積が約 $95\text{m}^2/\text{本}$ のものであるが、 W と l_y/l_x の相関性は乏しいと考えられる。

なお Case $m-1$ グループは X 方向スパンが著しく不均等であるために、全体に鋼材量は増加するが、中でも梁の増加量が著しい。ただし、この場合も A と W_c の関係と A と W_t の関係がほぼ同じ傾向を示している。しかし Case $m-1$ はすべて l_x が一定であるから、一般の不均等ラーメン架構においても同様な結果が得られるか否かについてはこの結果からは断定できない。

3. 大スパン架構における床版の振動測定

建物を大スパン架構とする場合に問題となることの一つに梁の上下振動による床版の振動がある。中でも梁を純鉄骨造とした場合、材料の強度が高いため剛性不足になりがちであり、設計にあたっては強度検定のほか剛性のチェックを必ず行なっておかないと、床を歩行する人間や建物周囲を走る交通機関などによる加振が地盤を伝わって障害を生じることがある。しかし振動障害は人間の心理的な要素が大きく作用するため一義的にその限度を定めることはむずかしい。たとえば振動源とその振動を受ける人との関係によって、人は異なった反応を示す²⁾ というような感情的な要因のほか、振動を受けている人の心身の状態の違い、たとえば、病院、住宅などのように療養、休養といった静養状態にあるとか、娯楽場、スポーツ施設などで心身ともに活動状態にあるとかに

表 3 測定建物概要一覧表

建 物	規 模	各 部 構 造				備 考
		柱	梁	床	外 壁	
W ス タ ー レ ー ン	地下1階 地上6階	鉄骨鉄筋コン クリート造	純鉄骨造	鉄筋コンクリ ート造	鉄筋コンクリ ート造	床伏図：図8
K T ボ ウ ル	地上8階	純鉄骨造	同 上	同 上	A.L.C. 版	床伏図：図9
J ビ ル	地下3階 地上8階	鉄骨鉄筋コン クリート造	鉄骨鉄筋コン クリート造	同 上		床伏図：図10
NBボーリングセンター	地上6階	鉄筋コンクリ ート造	プレストレス トコンクリート 造	同 上	鉄筋コンクリ ート造	床伏図：図11
W ボ ウ ル	地下1階 地上4階	同 上	同 上	同 上	同 上	
W T ボ ー ル	地上8階	鉄骨鉄筋コン クリート造	鉄骨鉄筋コン クリート造	同 上		
M ボ ー ル	地上4階	鉄筋コンクリ ート造	プレストレス トコンクリート 造	同 上		

よっても、その限度は当然変わってくるであろう。ところがどの程度の固有周期で設計すれば良いか、どの程度の撓み制限とすべきかについては現在のところ指針となるべき資料が少ない。

この実測調査は、既存の大スパン架構を採っている床版がどのような振動性状を示すかをボーリング場を中心に調査したものである。

3.1 測定方法と測定計器

測定方法は、床上1mの高さから16ポンド(7.25kg)のボールを落とし、それによる床の振動を測定した。測定位置は梁上とし、換振器3台を用いスパン中央、およびスパン両端に配置し、両端に置いた換振器を順次中央へ移動し、梁の振動モードを調べた。

使用した計器を次に示す。

換振器；保坂振動器製作所製 MTKV～1C, 1Hz

直流増幅器；保坂振動器製作所製 TA～403

直視式電磁オンロググラフ共和電業製 RM V 33 KC

ガルバノメーター；共和電業製M-100-33B

測定建物の概要を表3に示す。

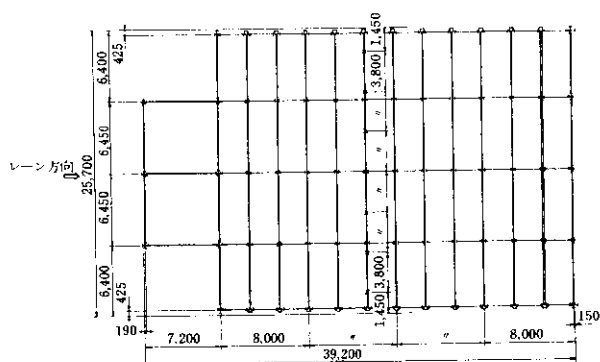


図 8 Wスターレーン4F床伏図(×印は測定位置を示す)

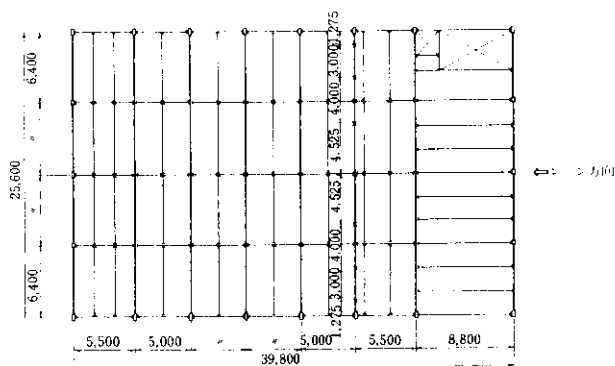


図 9 K.T.ボウル5F床伏図(×は測定位置を示す)

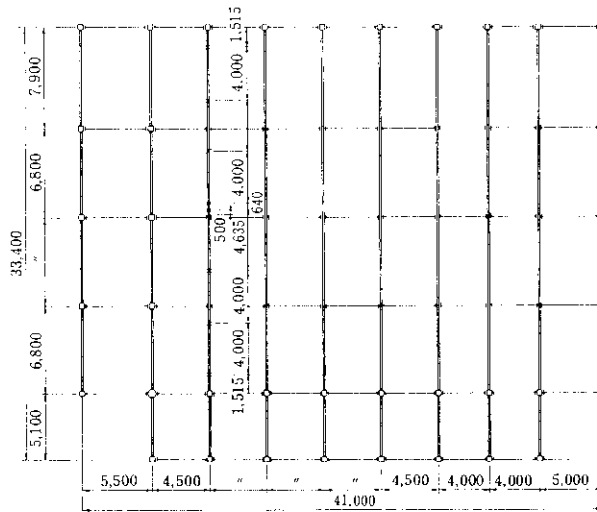


図 10 J ビル 5 F 床伏図 (×印は測定位置を示す)

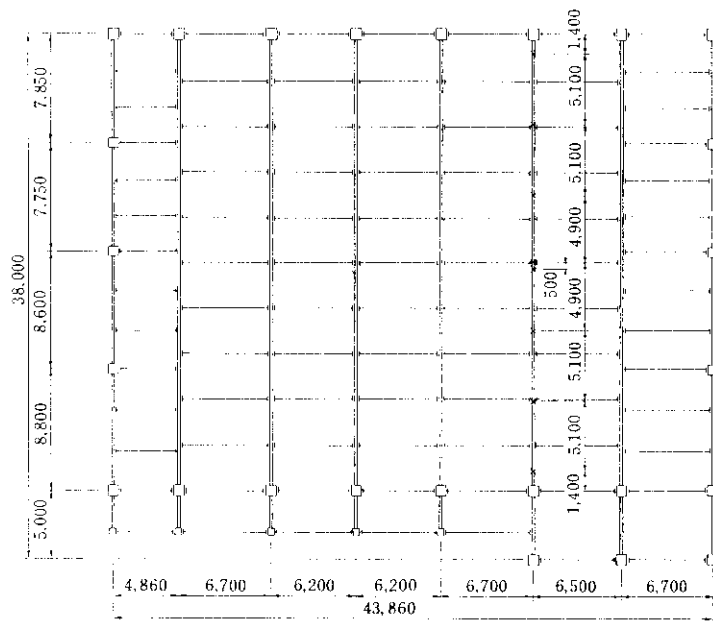


図 11 N. B. ボウリングセンター (×は測定位置を示す)

3.2 測定結果

測定結果と純鉄骨造のものについては梁の固有振動数を計算した結果を表 4 にまとめて示した。梁の 1 次振動に対する固有振動数 n は、等分布荷重の場合次式によって与えられる。

$$n = K \sqrt{EIg/\omega l^4}$$

ここに K : 単純支持梁 $\pi/2$

固定支持梁 $(4.73)^2/\pi$

E : 梁材料のヤング係数

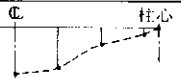
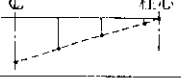
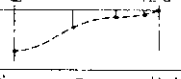
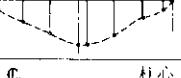
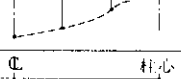
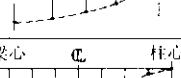
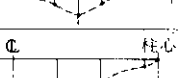
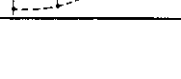
I : 断面 2 次モーメント

g : 重力加速度

ω : 荷重を含めた梁の単位長さ当りの重量

l : 梁スパン

表 4 実測結果一覧表

測定建物	測定階数 用途	梁の構造 梁スパン	固有振動数 測定値	減衰定数	振動モード	備 考
W スターレーン	4 階 ボーリング場	S 造 25,700	5.0	0.054		○梁断面：H-700・400・12・32 ○スラブ：鉄筋コンクリート造 ϕ 100 ○スラブの仮定有効幅 0 $b+3t$ $b+6t$ $b+12t$ ○梁の固有振動数 4.0 4.9 5.1 5.6
同 上	5 階 娯楽室	S 造 25,700	5.3	0.062		○梁断面：H-700・400・12・32 ○スラブ：鉄筋コンクリート造 ϕ 100 ○スラブの仮定有効幅 0 $b+3t$ $b+6t$ $b+12t$ ○梁の固有振動数 4.2 5.1 5.4 5.7 ○鉄筋コンクリートスラブ打設後、床内装工事着手前に測定した
K.T. ボウル	5 階 ボーリング場	S 造 25,600	6.7	0.066		○梁断面：H-1,800・270・12・19 ○スラブ：床鋼板(デッキプレート)造+鉄筋コンクリート ϕ 150 ○スラブの仮定有効幅 0 $b+3t$ $b+6t$ $b+12t$ ○梁の固有振動数 5.7 8.2 9.8 11.4
J ビル	5 階 ボーリング場	SRC 造 28,300	9.1	—		○減衰が大きく計算不能
N.B. ボーリング センター	5 階 ボーリング場	PSC 造 33,000	5.2	0.082		
W ボウル	4 階 娯楽室	PSC 造 32,920	5.4	0.040		
W.T. ボウル	4 階 ボーリング場	SRC 造 24,680	7.7	—		○減衰が大きく計算不能 ○フロアあたりレーン数の多いボーリング場であり 中柱を設けて梁スパンを短くしている
M ボール	3 階 ボーリング場	PSC 造 22,000	11.5	0.068		

しかし実際の設計にあたっては、梁端部の固定度の評価方法、鉄筋コンクリートスラブの有効幅のとり方、コンクリートのヤング係数の選び方、などの問題点があるが、今回は次のような仮定のもとに参考値として計算を行なった。

- (1) ラーメン構造における大梁は両端弾性固定であり、大梁の測定時点における応力は設計応力よりかなり下回っていると考えられるので両端固定とする。
- (2) 鉄筋コンクリートスラブの合成効果は、梁が鉄骨か鉄筋コンクリートかによって異なりまた鉄骨であってもシャーコネクターや施工によってもかなり異なると思われるが、ここでは梁幅を b 、スラブ厚さを t としたとき、スラブの有効幅として、 $b+3t$ 、 $b+6t$ 、 $b+12t$ の 3 ケースと、スラブの合成効果を見放した場合について計算する。
- (3) スラブは一般に長期応力で設計されるので常用のセカントモジュラスを使ってもそれほどの過小評価にはならないだろう。

なおここにあげた問題点のほかに木造床などの仕上げの影響についても無視できない要素があるが、これらの問題点については、現在設計中のボーリング場の建設時に、鉄骨建方完了後、鉄筋コンクリートスラブ打設後、および床の木工事完成後というように工事段階的に測定を行なって、定量的に把握すべく計画中である。なお梁スパンと測定固有周期との関係を図12に、また記録された

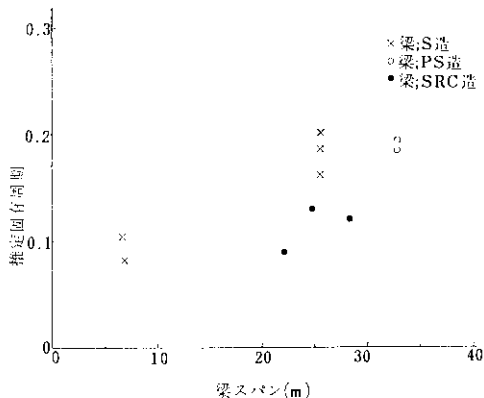


図 12 梁スパンと固有周期の関係

垂直振動曲線を図13に示す。

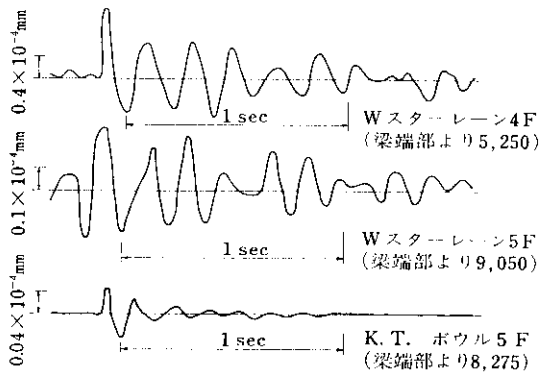


図 13 垂直振動曲線の例

3.3 結果と検討

(1) 固有周期

梁が鉄骨造のものは、固有周期が長いのではないかと予想していたが、実測結果からは必ずしもそのようにはならない。これを計算によって確かめてみよう。梁を鉄骨造としたときの固有周期を T_s 、プレストレストコンクリート造としたときのそれを T_c とすると

$$T_s = 1 / K_s \cdot \sqrt{\omega_s \cdot \ell_s^4 / E_s I_s g}$$

$$T_c = 1 / K_c \cdot \sqrt{\omega_c \cdot \ell_c^4 / E_c I_c g}$$

である。梁の断面を鉄骨梁 H-900×300×16×28、プレストレストコンクリート梁 900×300 とし、梁の端部支持条件、梁スパンおよびスラブを含めて梁にかかる荷重（仮に 1.5t/m とする）を同一にすると

$$K_s = K_c, \quad \ell_s = \ell_c$$

$$\omega_s = 1.5 + 0.24 = 1.74 \text{ t/m}$$

$$\omega_c = 1.5 + 0.3 \times 0.9 \times 2.4 = 2.15 \text{ t/m}$$

$$I_s = 4.11 \times 10^5 \text{ cm}^4$$

$$I_c = 30 \times 90^3 / 12 = 1.82 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

さらに $E_s = 7E_c$ と仮定すると

$$\begin{aligned} T_s / T_c &= \sqrt{\omega_s / \omega_c \cdot E_c \cdot I_c / E_s \cdot I_s} \\ &= \sqrt{1.74 / 2.15 \times 1.82 \times 10^6 \cdot E_c / 4.11 \times 10^5 \times 7E_c} \\ &= \sqrt{0.81 \times 0.63} \approx 0.72 \end{aligned}$$

となり、設計条件を同じにすればプレストレストコンクリート造よりも鉄骨造梁とした方が固有周

期が3割近く短くなる。

今回の実測による固有振動数は、すべて 5~12 c/s の範囲にあった。しかし振幅が非常に小さくゲーム中の歓声などの騒音のため注意深く振動を観察しないと感ぜない位である。

(2) スラブの有効幅

梁を鉄骨造としたときコンクリートスラブの有効幅は、それ程大きくはとれず、せいぜい $b + (3 \sim 4)t$ 程度までである。またデッキプレートを用いたものは、ほとんどスラブの協力作用を期待できないようである。

(3) 減衰性

鉄骨鉄筋コンクリート造のものは減衰性が非常に大きい。梁が鉄骨造のものとプレストレストコンクリート造のものではほぼ等しい。したがって梁内部の減衰以外に両端から柱などに逸散する減衰もかなりの量になると判断される。

4. ま と め

以上述べた結果を総合すると次のようなことがいえる。

- (1) 鉄骨造における所要鋼材量は柱本数と密接な関係があり、柱1本あたりの平均負担床面積が大きくなる程増加し、しかもその増加分のほとんどすべてが梁に要する鋼材量の増加分である。
- (2) 既存のボーリング場の床の固有振動数は5~12c/s程度であり、減衰性は梁が鉄骨造のものとプレストレストコンクリート造のものでは大差なく、鉄骨鉄筋コンクリート造のものは非常に大きい。しかし床面積に比して柱および壁が少なく、しかも階高が一般の建物よりも大きい。ため建物の剛性が低く地震に対して敏感であるという声が多く、全体の構造計画は再検討する必要がある。

3章における実測調査の多くにご協力下さった早稲田大学桜井助教授および同大学院生亀井功氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会：建築学大系建築耐震論
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準同解説，455
- 3) 高原道夫：純鉄骨造建築の剛性と振動障害，日本建築学会学術講演梗概集，(1970)，(1971)
- 4) 高橋和男：鉄筋コンクリート造スラブのスラブ厚制限と振動障害，日本建築学会学術講演梗概集，(1968)
- 5) 大井孝雄，広松猛：有限要素法による面外振動の動的解析，日本建築学会学術講演梗概集，(1971)
- 6) 大宰二郎，坂恵一巳：リブ付床版の振動性状，日本建築学会学術講演梗概集，(1971)

