

鋼構造学校校舎の水平加力実験

仲 威 雄 ※
加 藤 勉 ※※

§ 1. 序

この実験は学校校舎不燃化の意図をもつて筆者等の設計した鋼構造校舎「八雲小学校」の構造的性状を実物について調査解明しようとする目的で昭和30年7月より9月に亘って行つたものである。

実大構造物の野外実験という困難な仕事の完遂には多数の研究機関の誠意ある協力と、酷暑を克服した研究員の情熱が大いに貢献している。

実験は工事の進行と並行して静的水平加力実験及び振動実験を、実験目的に応じた時期に行つていつた。

是には静的水平加力実験の結果を、構造物の概要、実験方法、と共に簡単に報告する。

§ 2. 構造物の概要

構造主体は比較的軽量の鉄骨構造で、ラーメン構造と静定構造の複合形となつている。架構の概要を1図(a) (b)に示す。地震、風圧等による水平力に対しては、1、4、及びA列の、柱、プレート梁、筋違、によつて構成される骨組(耐震壁)が之を負担し、2、3、及びB列より成るラチス交叉梁は主として鉛直荷重を柱に伝える。

2階床板は交叉梁上に交互に配列したP、S、コンクリート板(30×270cm)で構成される。この様な床は全体としての水平方向剛性を持ち得ないと考え、床面に水平ブレースを設けて中間骨組(B列)にかかる水平力を之によつて耐震壁に伝えるよう設計した。屋根は木毛セメント板下地長尺鉄板葺、母屋(L-65²×4)90cm間隔で、同じく面内水平ブレースによつて水平力の伝達を計つている。

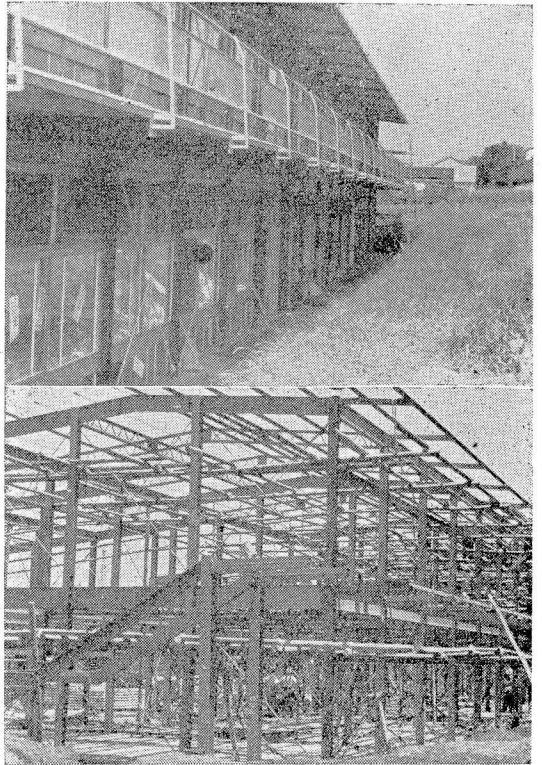
軸組ブレース、水平ブレース共に丸鋼を用い、ターンバックルで元引張応力を与えている。ブレースの接合部は偏心のないよう注意した。

※ 東大教授 ※※ 東大大学院学生

A列の間仕切壁材料には軽量ブロック（厚さ10cm、比重1.4）を用い、1.4列は大部分ガラス窓となっている。

基礎に加はる軸力は3～9 tonsの範囲であるが、敷地の地耐力が少ないので（ 2 ton/m^2 ）、砂礫層まで5mのコンクリートパイルを柱下3本づつ打っている。

写真1. は完成直後の同校舎、
写真2. は鉄骨組立完了時のもので実験は略、この状態で行われている。

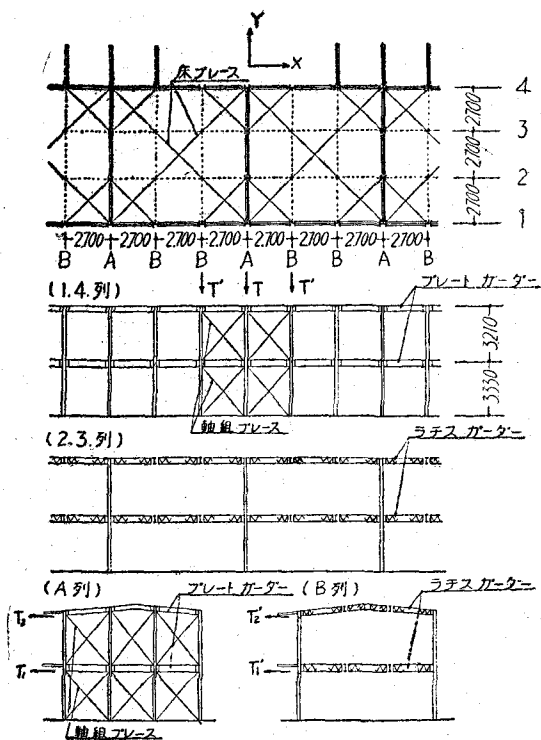


§ 3. 実験装置（1図(a) (b)、及び2図(a) (b)参照）

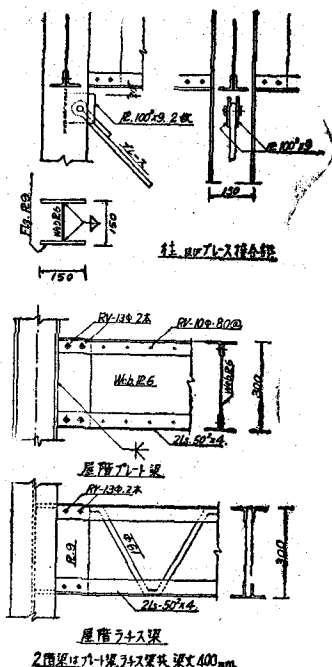
加力方法は耐震骨組A及び柔な中間骨組B、B'の各階北側柱頭にワイヤーロープを取付け、之

等その他端を土中に埋め込んだコンクリートに碇着し、ワイヤーロープの中間にチェンブロックとテンションメーターを挿入して、前者により加力するという方法をとった。建物の設計荷重は、風圧よりも地震力（震度0.2）によつて決まり、A骨組2階1.0 tons、1階2.92 tons、B骨組2階0.58 tons、1階1.69 tonsとなっている。之に対応して実験では1表の如き荷重段階に従つて加力した。

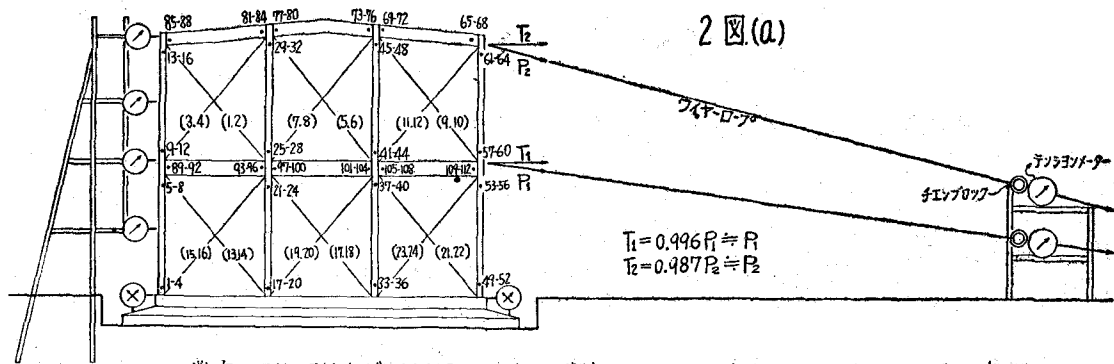
変形の測定はA、B、B'各骨組の南側にボールを立て、之にダイヤルゲージを取付けて骨組の各階柱頭、柱脚、及びその中間点、コンクリート基礎の移動、浮上り等を測定した。又鉄骨各部の応力を調べる為にA、B、骨組の柱端、梁端、軸組ブレース、屋根、2階床面の水平ブレース等約220点のワイヤーストレインゲージを貼布した。A骨組に於ける貼布位置を2図(a)に示す。B骨組及び水平ブレースにも同様の方法で貼布されている。



1 図(a)



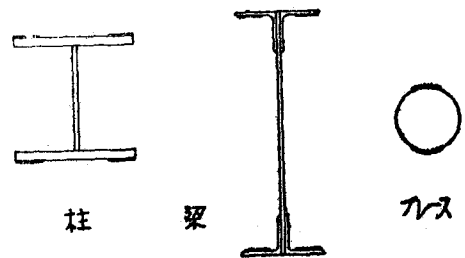
1 図(b)



数字はワイヤーストレインゲージ、K-22。()内の数字はワイヤーストレインゲージ、K-12。B骨組、水平ブレース省略。

数字はワイヤーストレインゲージ、K-22。()内の数字はワイヤーストレインゲージ、K-12。B骨組、水平ブレース省略

2図(b)に示す如く柱、梁の各測定位置には4個のワイヤーストレインゲージが貼布され、断面に働く曲げモーメント、軸力、が算出できるようになっている。ブレースのワイヤーストレインゲージは2コが直列に連結され、ブレースに働く二次的曲げモーメントの影響を相殺している。



ワイヤーストレインゲージ貼布位置
2図(b)

§ 4. 実 験

先づ予備実験として、屋根材、2階P.S.コンクリート床板、A骨組の軸組ブレースを包む壁ブロックが未施工の時に、A.B列をつなぐ水平ブレースを取除いた状態で、A及びB骨組に夫々単独加力を行つた。

之により(i)A.B.各骨組が単独に荷重を受けた場合の性状調査、(ii)ワイヤーストレインゲージ、ダイヤルゲージ、テンションメーター等測定装置の調整を行うことができた。又この予備実験の結果、ワイヤーストレインゲージによる測定に関しては、夜間実験を行つた方が、直射日光による鉄骨表面温度の局部的変化がないため、良いデータを得ることが明らかとなつた。続いて行つたB-A-B列同時加力実験は夜間実験(20時~21時)である。この実験は屋根材、2階P.S.コンクリート床板が施工された状態でB-A-B間の水平ブレースを緊結し、之に隣る骨組との間の水平ブレースは取外して、B.A.B.列に同時に1表の値に従つて荷重を加えていつた。

1 表

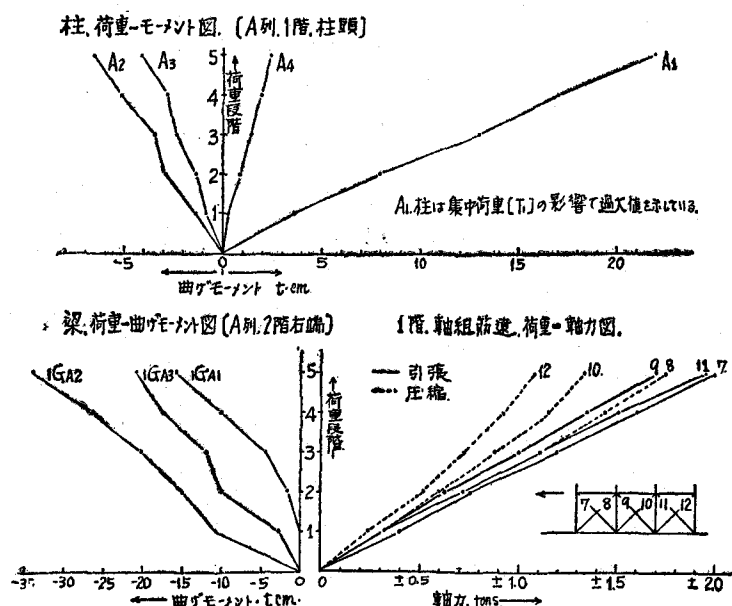
A 列			B 列		
荷重 段階	2階(T_2)	1階(T_1)	荷重 段階	2階(T_2')	1階(T_1')
1	0.2 tons	0.6 tons	1	0.1 tons	0.3 tons
2	0.4 "	1.2 "	2	0.2 "	0.6 "
3	0.6 "	1.8 "	3	0.3 "	0.9 "
4	0.8 "	2.4 "	4	0.4 "	1.2 "
5	1.0 "	3.0 "	5	0.5 "	1.5 "
6	1.2 "	3.6 "	6	0.6 "	1.8 "
7	1.4 "	4.2 "	7	0.7 "	2.1 "

§ 5. 実験結果

3 図は B - A - B 同時加力実験時に於ける柱、梁、ブレースの荷重=応力関係を示したもので、ワイヤーストリンゲージによる測定値より算出したものである。柱、梁では応力の絶対値が

小さいので測定誤差の占める割合が比較的大きく、多少の乱れを見せている。

A 列 6 個の軸組ブレースの応力は殆ど同じ値を示しており、設計荷重内では元引張応力を与えられた圧縮側ブレースが完全に有効に働



3 図

いていることが判る。之等の測定値より荷重段階 4 に於ける、骨組 A . B . B . のせん断抵抗力を算出し、外力との比較を行ったものが 2 表である。表中記号は、

QB_{2j} } 夫々、B 列 2 階及び 1 階柱のラーメンとしての剪断抵抗力で、柱の曲げモーメントより算出。

QA_{2R} } 夫々、A 列 2 階及び 1 階柱のラーメンとしての剪断抵抗力で、柱の曲げモーメントより算出。

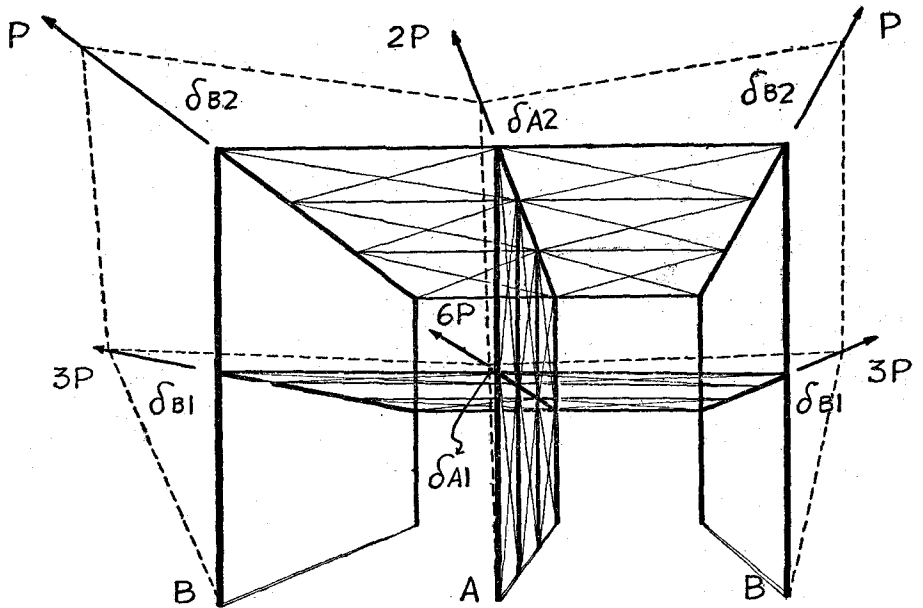
QA_{2T} } 夫々、A 列 2 階及び 1 階軸組ブレースの構成するトラス的変位抵抗力で、ブレース応力の水平成分である。

QH_{2} } 夫々、屋根面及び 2 階床面水平ブレースのトラス的変位抵抗力でブレース応力の外力方向成分、之は B 列に加はつた外力のうち A 列に伝えた力の量を示す。

但し、屋根面水平ブレースの変位抵抗力 QH_{2} と荷重との関係は、母屋、屋根材に力が流れて、合理的なデータを 得なかつたので表に記録されていない。

2階骨組の応力配分(総外力 1.6 tons 1表参照)					
実 験			理 論		
	応力 tons	比率 %		応 力 tons	比率 %
2×QB2	0.0048	0.468	2×SB2	0.01232P	0.31
QA2R	-0.0195	-1.900	SA2R	-0.07043P	-1.76
QA2T	1.0385	101.432	SA2T	4.05362P	101.45
Σ	1.0238	100.000	Σ	3.99551P	100.00
外力1.6tonsに対し、A列には、 $\frac{1.0238}{1.6000} \times 100 = 64\%$ の力が伝わつて いる。			PはB列2階にかかる荷重、この場合、 $P=0.4t \quad 3.9951P \div 4P = 1.6 tons$		
1階骨組の応力配分(総外力 6.4 tons 1表参照)					
実 験			理 論		
	応力 tons	比率 %		応 力 tons	比率 %
2×QB/	0.046	0.80	2×SB/	0.10666P	0.667
QA/R	0.114	1.98	SA/R	0.07884P	0.493
QA/T	5.596	97.22	SA/T	15.81006P	98.840
Σ	5.756	100.00	Σ	15.99556P	100.000
A列1階の翼外力・(1.0238+6P+2QH/)=54838tons.上記測定値5756tonsとの差0.2722tons			$15.99556P \div 16P = 6.4 tons$ A列1階では総外力中 $100 \times \frac{5.756}{6.4} = 90\%$ が伝わった。		
2階床面水平ブレースの応力					
実 験			理 論		
	応力 tons	比率 %		応 力 tons	比率 %
QB/	0.023	2.21	SB/	0.05333P	1.774
QH/	1.015	97.79	SH/	2.95289P	98.266
Σ	1.038	100.00	Σ	3.00622P	100.000
			$3P + 0.00616P = 3.00616P \approx 3.00622P$ (1.2 tons)		
屋根面水平ブレースの応力と、荷重との関係は、母屋、屋根材に力が流れて、合理的なデータを得なかつた。					

之に対応する表右側の記号 $SB_2, SB_1, SA_2R, \dots$ は理論値であり、4図に示すとき A、B、B、骨組、屋根及び2階床面水平ブレースより成る一体架構として解析したものである。



4図

即ち、A列、B列、骨組のラーメンとしての剛性、A列軸組ブレース、梁、柱、材より成るトラスとしての剛性、及び屋根面、2階床面水平ブレースの剛性を求め、外力に対する変形を適合させたものである。解析の最終段階に於ける条件式は次に示す如き14元1次連立方程式となる。

PB/	PB ₂	SH ₂	SH/	SA/T	SA ₂ T	PA/R	PA ₂ R	SB/	SB ₂	SH ₂	SH/	SA/	SA ₂	const.
+PB/								-0.266SB/	+0.144SB ₂					= 0
	+PB ₂							+0.151SB/	-0.140SB ₂					= 0
		+SH ₂								-219SH ₂				= 0
			+SH/								-221SH/			= 0
				+SA/T								- 69SA/	+238SA ₂	= 0
					+SA ₂ T							+ 238SA/	-238SA ₂	= 0
						+PA/R						+0.877SA/	-0.877SA ₂	= 0
							+PA ₂ R					-1.125SA/	+0.892SA ₂	= 0
									- SB ₂	+ SH ₂			+ SA ₂	= 0
								- SB/			+ SH/	+ SA/		= 0
+PB ₂	+SH ₂													=+P
+PB/		+SH/												=+3P
	-2SH ₂				+SA ₂ T		+PA ₂ R							=+2P
		-2SH/	+SA/T			+PA/R								=+6P

○PはB列2階柱頭にかかる荷重、○SB/=PB/+PB₂, SB₂=PB₂, SA/R=PA/R/+PA₂R, SA₂R=PA₂R

前記の如く、実験はB-A-B、3個の骨組のみ水平ブレースで緊結し、之に隣接する他骨組との間の水平ブレースは取外して行つたのであるが、屋根面の母屋、屋根鉄板は建物全体に連つており、之の為2階に加えられた総外力1.6 tonのうちの3つの骨組の負担した力はその64%となり、残り36%は母屋、屋根板を通じて建物の他の部分に伝つてゐる。理論解析では母屋、屋根板の効果は考えていないので、当然この点に関して差異を見せているが、骨組各部の分担割合は理論と実験とで充分満足すべき一致を見ている。

2階床面に加つた力は殆ど他の骨組に流れていない。これは2階床面のP・S・コンクリートブロックは水平方向の剛性がなく、力が殆ど水平ブレースを通じて伝つたことを示すものである。

3表はA・B・骨組の各階住頭に於ける変位を、ダイヤルゲージによる測定値と、理論値とについて比較したものである。

3 表

	$\delta A / \text{mm}$	$\delta A_2 / \text{mm}$	$\delta B / \text{mm}$		$\delta B_2 / \text{mm}$	
理 論	1399	2080	1,934		2,262	
実 験	193(138)	258(124)	263(.36)	268(138)	284(126)	276(122)
			平均 2655(137)		平均 280(124)	

全般にわたつて実験値は理論値より大きい値を示している。屋根面を通じて建物他部へ伝力の伝達があつたことを考えると、多少矛盾するようであるが、実験値と理論値との比〔()内数字〕は各測定点について1.21~1.38と或る範囲内の値を示している。テンションゲージの精度、骨組接合部のゆるみ、基礎移動測定に関する誤差、等野外実大実験という比較的困難な実験にともなう不可避の誤差を考えると、むしろ満足すべき値を得たと考える。

§ 6. 結

以上主としてB-A-B骨組の同時加力実験について 実験方法、結果の整理方法、理論値との比較等について述べたが、全実験を通じて得た結果を要約すると、

- 1) 設計荷重時に於いては、骨組、基礎等には何等可視的損傷は認められなかつた。
- 2) 骨組に加はる水平力は軸組ブレースによつて2部分、分担され、ラーメン骨組としては僅かしか分担しない。従つてA骨組に比して、B骨組の分担は極めて僅かである。

- 3) 丸鋼ブレースはターンバックルで元引張応力を与えておくことにより、圧縮側ブレースも有効となる。A骨組の6個の軸組ブレースは引張、圧縮共殆ど等量の力を分担した。
- 4) 2階床板のP・S・コンクリートブロックは殆ど水平方向の剛性を有しない。2階床面の水平力は大部分水平ブレースによつて伝達されている。
- 5) 野外寒大実験に多数のワイヤーストレインゲージを使用して成功したことは、実験技術上注目に値する。
- 直射日光による鉄骨表面温度の局部的変化を避ける為に夜間実験の効果的なことが明らかとなった。照明を十分にすれば夜間の実験が殊に夏季には推奨される。

八雲小学校に関する文献}

1. 日本建築学会、建築雑誌。 Vol.70.No.828.1955.11月号.

- 栗 山 幸 三： 八雲小学校分校の建設について。
- 吉 武 泰 水： 八雲小学校分校の設計について。
- 仲 威 雄： 八雲小学校分校の構造計画について。
- 池 田 敏 夫： 八雲小学校分校新築工事の施工について。
- 久 田 俊 彦： 八雲小学校分校の構造試験。

建築文化。 1955年 9月号

- 長 倉 康 彦： 八雲小学校のプランニングについて。
- 加 藤 勉： 八雲小学校の構造と施工について。