

# 10. 木造家屋振動に於ける杣の影響

地震研究所 金 井 清

(昭和17年11月19日發表——昭和17年12月21日受理)

## 1. まへがき

實際の架構物特に木造家屋に於ける横架材と縦架材の接合の條件は完全に固定の狀態と完全に自由な狀態の中間であることは極めて明かである。而して架構物の振動問題を數理的に取り扱ふにあたり、この接合の條件を如何に假定すべきかといふ段になるとさう簡單には決定できない。それ故にこれまでは多くの場合問題を簡單にするために横架材と縦架材の接合の條件は完全に固定或は完全に自由と假定して振動問題を數理的に解く方法が一般に用ひられて居た譯である。

筆者は前回の報告に於て實在家屋の振動實驗の結果から、杣仕口の木造家屋の振動問題に於ては完全に固定或は完全に自由といふ假定ではどうしても満足に問題を説明することができないことを指摘し、杣仕口に於ては柱の屈曲モーメントが柱の傾斜に比例するといふ假定を採用すると可成り實際の振動を説明できることを報告した。

今回は最も簡単な場合即ち上端自由、下端は屈曲モーメントが傾斜に比例するといふ條件の棒の振動問題及び柱と梁は完全固定、柱と土臺は前記の條件の單層1張間架構の振動問題を數理的に研究し、杣仕口の模型實驗の結果と比較してこの理論が相當に實際問題に應用できることを明かにする。

## 2. 上端自由、下端杣仕口の棒の振動の理論

杣仕口の力學的條件を如何に假定すべきかについては種々の議論が存する譯であるが、まへがきで述べた如くこゝでは杣仕口に於ける境界條件は屈曲モーメントが傾斜に比例すると假定することにする。

今均一な棒のヤング率、密度、斷面積、斷面の慣性モーメント、を夫々  $E, \rho, \alpha, I$  とし、 $p=2\pi/T$ ,  $T$  は強制振動の周期とすると棒の運動方程式

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho \alpha \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

となり、變位  $y$  は

$$y = (A \cos mx + B \sin mx + C \cosh mx + D \sinh mx) \sin pt \quad (2)$$

となる。但し

$$m = (\rho \alpha p^2 / EI)^{1/4} \quad (3)$$



第1圖

である。境界条件は前記の假定により

$$x=0; \quad y=\eta \sin pt, \quad EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \nu \frac{\partial y}{\partial x}, \quad (4), (5)$$

$$x=l; \quad EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0, \quad EI \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} = 0 \quad (6), (7)$$

である。尚  $\nu$  は下端に於ける抵抗係数である。(2)を(4)~(7)に代入して、常数を決定すると変位  $y$  は

$$\begin{aligned} y = \frac{\eta}{2\psi} \sin pt & \left[ \left\{ 2\sigma(1 + \cos \gamma \cosh \gamma - \sin \gamma \sinh \gamma) + \gamma(\cos \gamma \sinh \gamma - \sin \gamma \cosh \gamma) \right\} \cos mx \right. \\ & + \left\{ 2\sigma(\cos \gamma \sinh \gamma + \sin \gamma \cosh \gamma) + \gamma(\cos \gamma \cosh \gamma + \sin \gamma \sinh \gamma - 1) \right\} \sin mx \\ & + \left\{ 2\sigma(1 + \cos \gamma \cosh \gamma + \sin \gamma \sinh \gamma) + \gamma(\cos \gamma \sinh \gamma - \sin \gamma \cosh \gamma) \right\} \cosh mx \\ & \left. + \left\{ -2\sigma(\cos \gamma \sinh \gamma + \sin \gamma \cosh \gamma) + \gamma(1 - \cos \gamma \cosh \gamma + \sin \gamma \sinh \gamma) \right\} \sinh mx \right], \quad (8) \end{aligned}$$

となり、茲に  $\psi$  は

$$\psi = 2\sigma(1 + \cos \gamma \cosh \gamma) + \gamma(\cos \gamma \sinh \gamma - \sin \gamma \cosh \gamma) \quad (9)$$

である。而して

$$\psi = 0 \quad (10)$$

は振動数方程式であつて

$$\gamma = ml = (\rho a p^2 / EI)^{1/4} l, \quad \sigma = \frac{\nu l}{2EI} \quad (11)$$

である。(8), (10)に於て  $\sigma = \infty$  と置くと

$$\begin{aligned} y = \frac{\eta}{2\psi'} \sin pt & \left\{ (1 + \cos \gamma \cosh \gamma - \sin \gamma \sinh \gamma) \cos mx \right. \\ & + (\cos \gamma \sinh \gamma + \sin \gamma \cosh \gamma) \sin mx \\ & + (1 + \cos \gamma \cosh \gamma + \sin \gamma \sinh \gamma) \cosh mx \\ & \left. - (\cos \gamma \sinh \gamma + \sin \gamma \cosh \gamma) \sinh mx \right\}, \quad (8') \end{aligned}$$

$$\psi' = 1 + \cos \gamma \cosh \gamma = 0 \quad (10')$$

となり、當然のことであるが(8'), (10')は夫々1端自由, 1端固定の棒の横振動に於ける変位及び振動数方程式である。

今;(10)により、柱下端の抵抗係数と固有振動数の関係を求めて図示すると第2圖になる。(8)を使用して棒の長さに沿ふ傾斜の分布を  $\sigma = 0.398, 0.180, 0.114$  の3種

類について求め、図示すると第3圖になる。枅の振動數或は枅の數點の傾斜がわかれば第2圖及び第3圖によつて夫々獨立に下端の抵抗係數を決定することができるわけで、枅仕口を使用した實際の枅の振動に於て只今の理論が正しいためには少くともこれら獨立に決定した抵抗係數が全く相等しくなければならない。

### 3. 單層1張間架構振動に於ける

#### 枅の影響の理論

問題を簡單にするために柱及び梁の質量を節點に集中し、柱と梁は完全に固定であるが柱と土臺の接合は柱の屈曲モーメントが傾斜に比例すると假定する。今、集中質量を  $m$ 、柱、梁の屈曲剛度を夫々  $E_1 I_1$ 、 $E_2 I_2$ 、柱高及び振間を  $l_1$ 、 $l_2$ 、柱下端に於ける抵抗係數を  $\nu$  とすると、柱並びに梁の運動方程式は

$$\frac{\partial^4 y_1}{\partial x_1^4} = 0, \quad \frac{\partial^4 y_2}{\partial x_2^4} = 0 \quad (12)$$

となり、その解式は

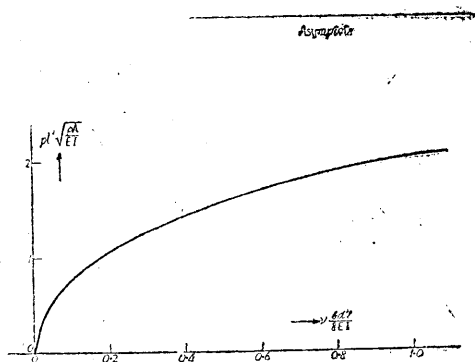
$$\left. \begin{aligned} y_1 &= (A_1 + B_1 x_1 + C_1 x_1^2 + D_1 x_1^3) \sin pt, \\ y_1' &= (A_1' + B_1' x_1' + C_1' x_1'^2 + D_1' x_1'^3) \sin pt, \\ y_2 &= (A_2 + B_2 x_2 + C_2 x_2^2 + D_2 x_2^3) \sin pt, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

となる。茲に  $p = 2\pi/T$ 、 $T$  は強制振動周期である。只今の場合の境界條件は前記の假定にもとづき

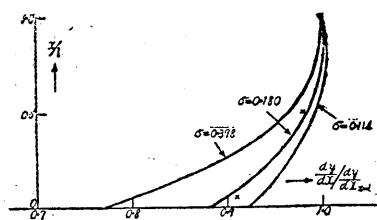
$$x_1 = 0; \quad y_1 = \mathfrak{A} \sin pt, \quad E_1 I_1 \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} = \nu \frac{\partial y_1}{\partial x_1}, \quad (14), (15)$$

$$x_1' = 0; \quad y_1' = \mathfrak{A}' \sin pt, \quad E_1 I_1 \frac{\partial^2 y_1'}{\partial x_1'^2} = \nu \frac{\partial y_1'}{\partial x_1'}, \quad (16), (17)$$

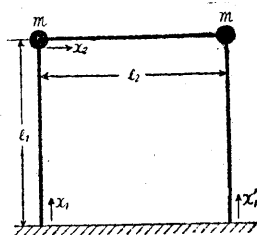
$$x_1 = l_1, x_2 = 0; \quad y_2 = 0, \quad \frac{\partial y_1}{\partial x_1} = \frac{\partial y_2}{\partial x_2}, \quad (18), (19)$$



第2圖 上端自由、下端枅仕口の枅の横振動に於ける下端枅の抵抗係數と振動數の關係。



第3圖 上端自由、下端枅仕口の枅の横振動に於ける傾斜分布。



第4圖

$$-E_1 I_1 \frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} + E_2 I_2 \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_2^2} = 0, \quad (20)$$

$$x_1' = l_1, \quad x_2 = l_2; \quad y_2 = 0, \quad \frac{\partial y_1'}{\partial x_1'} = \frac{\partial y_2}{\partial x_2}, \quad (21), (22)$$

$$-E_1 I_1 \frac{\partial^2 y_1'}{\partial x_1'^2} - E_2 I_2 \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_2^2} = 0, \quad (23)$$

$$x_1 = x_1' = l_1; \quad y_1 = y_1', \quad (24)$$

$$-E_1 I_1 \left( \frac{\partial^3 y_1}{\partial x_1^3} + \frac{\partial^3 y_1'}{\partial x_1'^3} \right) = m p^2 (y_1 + y_1') \quad (25)$$

となる。(13)を(14)~(25)に代入して  $A_1, B_1, \dots$  の常数を決定すると、柱の變位方程式  $y_1$  は

$$y_1 = \gamma \sin p l \left\{ 1 + \frac{\gamma}{\phi} \left[ -3 \left\{ \sigma (3\zeta^2 + 7\zeta\phi + 2\phi^2) + (6\zeta^2 + 11\zeta\phi + 3\phi^2) \right\} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \left\{ \frac{x_1}{l_1} + \sigma \frac{x_1'^2}{l_1^2} \right\} + \left\{ \sigma^2 (6\zeta^2 + 13\zeta\phi + 2\phi^2) \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \sigma (15\zeta^2 + 26\zeta\phi + 3\phi^2) + 3\zeta (2\zeta + 3\phi) \right\} \left( \frac{x_1}{l_1} \right)^3 \right] \right\}, \quad (26)$$

を得る。茲に

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \gamma \left\{ (3\zeta^2 + 8\zeta\phi + 4\phi^2)\sigma^2 + (12\zeta^2 + 28\zeta\phi + 12\phi^2)\sigma + 3(4\zeta^2 + 8\zeta\phi + 3\phi^2) \right\} \\ &\quad - 6 \left\{ (6\zeta^2 + 13\zeta\phi + 2\phi^2)\sigma^2 + (15\zeta^2 + 26\zeta\phi + 3\phi^2)\sigma + 3\zeta(2\zeta + 3\phi) \right\}, \\ \gamma &= \frac{m p^2 l_1^3}{E_1 I_1}, \quad \zeta = \frac{E_2 I_2}{E_1 I_1}, \quad \phi = \frac{l_2}{l_1}, \quad \sigma = \frac{\nu l_1}{2 E_1 I_1}, \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

であり、従つて

$$\phi = 0 \quad (28)$$

はこの場合の振動数方程式となる。(28)に於て  $\sigma = \infty$  と置くと振動数方程式は

$$\gamma = \frac{6(6\zeta + \phi)}{3\zeta + 2\phi} \quad (28')$$

となり、(28')は剛節點固定脚の單層 1 張間架構の振動数方程式である。又(28)に於て  $\sigma = 0$  と置くと振動数方程式は

$$\gamma = \frac{6\zeta}{2\zeta + \phi} \quad (28'')$$

となり、(28'')は剛節點鉸脚の單層 1 張間架構の振動数方程式である。同様にして

(26) に於て  $\sigma = \infty$  及び  $\sigma = 0$  と置くと剛節點固定脚及び剛節點鉸脚の單層 1 張間架構に於ける柱の變位方程式を得ることになる。

今、特別な例として  $\zeta (= E_2 I_2 / E_1 I_1) = 1$ ,  $\phi (= l_2 / l_1) = 1$  とすると變位方程式は

$$y_1 = \frac{y_l}{\tau_0} \sin pt \left[ 1 + \frac{\gamma \left\{ 12 \frac{x_1}{l_1} \left( 1 + \sigma \frac{x_1}{l_1} \right) - (7\sigma + 3) \left( \frac{x_1}{l_1} \right)^3 \right\}}{6(7\sigma + 3) - \gamma(5\sigma + 9)} \right] \quad (26')$$

となり、振動數方程式は

$$\gamma = \frac{6(7\sigma + 3)}{5\sigma + 9} \quad (28''')$$

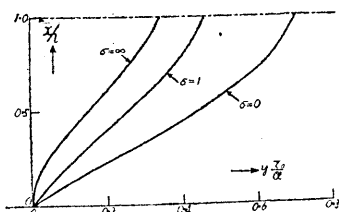
となる。(28''') を使つて柱の脚部の抵抗係數と振動數の關係を求めて第 5 圖に示す。次に只今の例に於て架材の減衰係數を  $\tau$  とし

$$\tau_0 = \tau \sqrt{EI / ml^3}$$

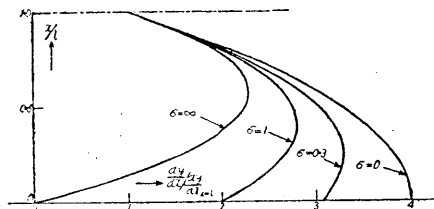
と書き換へ、途中の計算を省略すると共振に於ける柱の變位方程式は

$$y_1 = \frac{y_l}{\tau_0} \cdot \frac{\frac{x_1}{l_1} \left\{ 12 \left( 1 + \sigma \frac{x_1}{l_1} \right) - \left( \frac{x_1}{l_1} \right)^2 (7\sigma + 3) \right\}}{6(5\sigma + 9)(7\sigma + 3)} \quad (26'')$$

となる。この式を用ひて柱の脚部の抵抗係數  $\sigma = \infty, 1, 0$  の 3 種類につき柱の變位分布を求めて第 6 圖に圖示する。更に (26') から柱の傾斜を求め、柱上端と各點の傾斜の比を  $\sigma = \infty, 1, 0, 3, 0$  の場合につき計算して第 7 圖に示す。柱上端の變位は鉸脚の場合は固定脚の場合の 2 倍であることが第 6 圖から直ちにわかる。



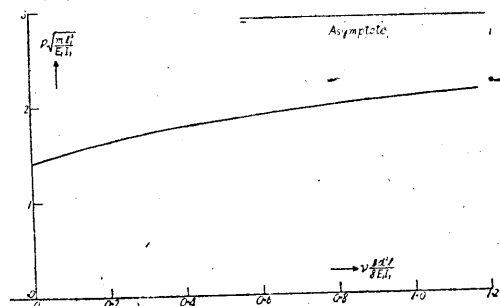
第 6 圖 單層 1 張間架構の共振に於ける振動變位分布。



第 7 圖 單層 1 張間架構の横振動に於ける柱の傾斜分布。

#### 4. 杣の理論を確めんとする模型實驗

前 2 章によつて棒及び單層 1 張間架構に於ける柱の脚部の抵抗係數と固有振動數

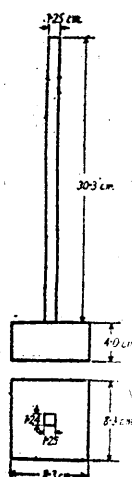


第 5 圖 單層 1 張間架構の横振動に於ける柱下端杣仕口の抵抗係數と振動數との關係。

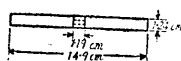
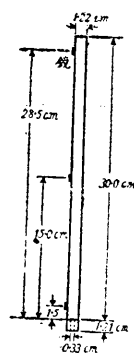
並びに柱の變位との關係がわかつた譯であるから、杓を使用した模型實驗を行つて固有振動數並びに柱の數點に於ける變位又は傾斜を測定すれば、前記の數理的結果と比較することによつて只今の假定が實際の木造家屋に於ける杓の部分の條件に適合するか否かが明かになる譯である。

### i) 下端杓仕口、上端自由の柱の振動實驗

實驗に使用する杉材のヤング率は第 8 圖に示すやうな寸法により豫備實驗を行つて求めた。境界條件をできるだけ明かにする意味で第 8 圖でわかるやうに 8.3 cm 角の材料から測定に使用する  $1.24 \text{ cm} \times 1.25 \text{ cm} \times 30.3 \text{ cm}$  の棒を切り出し、8.3 角の部分完全に實驗臺に固定する方法を用ひた。ヤング率は固有振動數及び靜力變位の測定から別々に求め、共に  $3.5 \cdot 10^{10} \text{ dyne/cm}^2$  といふ値を得た。



第 8 圖



第 9 圖

杓の影響をしらべる實驗に使用した柱は第 9 圖に示すもので、この柱の自由振動から固有周期を求めると 0.040 sec になる。而して (10) を書き換へると柱の脚部の抵抗係數  $\sigma$  は

$$\sigma = \frac{\gamma(\sin \gamma \cosh \gamma - \cos \gamma \sinh \gamma)}{2(1 + \cos \gamma \cosh \gamma)}$$

となり、茲に  $\gamma = (\rho a / EI)^{1/4} (2\pi / T)^{1/2} l$  であるから、こゝで測定した値  $T = 0.040$ ,  $E = 3.5 \cdot 10^{10}$ ,  $\rho = 0.431$ ,  $l = 28.8$ ,  $a = bd = 1.19 \times 1.22$ ,  $I = bd^3/12 = 1.19 \times 1.22^3/12$  を上式に代入すると

$$\sigma = 0.325 \quad (29)$$

を得る。今、假に柱下端の抵抗は基礎と柱の底部の接する部分の相對變位に比例する應力によるものとし、單位面積當りの反力を  $\nu_0$  とすると抵抗係數  $\nu$  は

$$\nu = 2 \int_0^{a/2} \nu_0 b z dz = \frac{\nu_0 b a^2}{4} \quad (30)$$

となり、(30) から  $\nu_0$  は

$$\nu_0 = \frac{8EI\sigma}{ba^2l} = 2.9 \cdot 10^{10} \text{ dyne/cm}^2 \quad (31)$$

といふ値を得る。即ち只今の假定によると單位面積當りの反力はヤング率の約 1/10 といふことになる。次に第 8 圖の柱の 3 ケ所即ち頂部から 1.5 cm, 中央, 底部から

1.5 cm の所の傾斜を光學的方法により測定し、頂部から 1.5 cm のところの傾斜と他の 2 ケ所の傾斜の比を求めると夫々 0.98, 0.91 となり、第 3 圖の×印は之等の値を表はす。これによつて實驗から得られた柱の傾斜分布は  $\sigma=0.180$  の數理的結果に近いことになり、棒の固有周期から求めた  $\sigma=0.325$  とは多少の差違はあるが、この程度の差違は只今の實驗では許容し得る範圍であらう。

## ii) 單層 1 張間架構、柱下端柄仕口の振動

### 實驗

第 10 圖に表はしたやうな寸法の模型を使用して振動實驗を行ひ、自己振動周期及び柱の 3 ケ所即ち下端から 1.6 cm, 15.3 cm, 28.0 cm のところの傾斜を光學的方法により測定した。測定の結果、この架構の自己振動周期は 0.12 sec となり、この値と豫備實驗結果の  $\rho$ ,  $E$ , 及び柱の寸法を使用すれば、(28') により  $\sigma$  を求めることができる。即ち

$$\sigma=0.34 \quad (32)$$

となり i) の場合と同様の考へに従つて單位面積當りの反力を計算すると

$$\nu_0=3.1 \cdot 10^8 \text{ dyne/cm}^2 \quad (33)$$

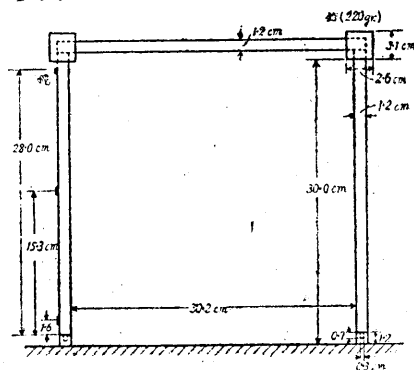
となり、i) の場合の値に殆んど等しい。次に柱の上端に最初 224.5 g, 344.0 g の水平加力による變位を與へ、次に加力を急に取り除く方法で自由振動を行つた場合の 3 ケ所の傾斜を測定した結果の平均値と數理計算の結果を表示すると第 1 表になる。第 1 表で明かな如く  $\sigma=0.34$  の場合の數理計算

による柱の傾斜分布は實驗結果の傾斜分布と大體一致する。即ち固有振動周期から得られた抵抗係數と傾斜分布から求めた抵抗係數と

が一致することがわかる譯で、只今の柱下端の條件の理論によつて柄仕口の狀態の條件を説明することができることになる。

## 5. 柄仕口を有する架構の振動に於ける筋違の効果

柄仕口を有する架構に於て筋違が如何なる効果があるかをしらべるために第 4 章の



第 10 圖

第 1 表

		$\frac{dy}{dx_x} = \frac{1}{2}l$	$\frac{dy}{dx_x} = \frac{19}{20}l$
		$\frac{dy}{dx_x} = \frac{1}{2}l$	$\frac{dy}{dx_x} = \frac{19}{20}l$
實 驗 値		2.2	2.5
	$\sigma=0$	2.50	3.08
	$\sigma=0.34$	2.32	2.44
	$\sigma=1$	2.12	1.69
	$\sigma=\infty$	1.73	0.292

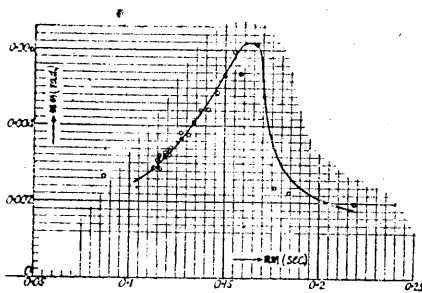
## 5. 柄仕口を有する架構の振動に於ける筋違の効果

柄仕口を有する架構に於て筋違が如何なる効果があるかをしらべるために第 4 章の

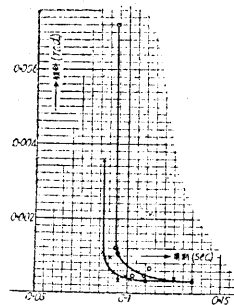
實驗に使用した單層 1 張間架構の模型に筋違を種々の状態に加へて強制振動實驗を行つた。使用した筋違は總べて  $0.3 \text{ cm} \times 1.2 \text{ cm}$  の架材と同様の杉材でその状態は次の 5 種類である。

- i) 1 方の柱の下端から他の柱の上端へ斜材を 1 本加へた状態,
- ii) 1 方の柱の下端から他の柱の上端へ襷掛けに斜材を 2 本加へた状態,
- iii) i) と同様の場合で、筋違が上端で接合してゐる柱の下端の柄に釘で込栓をした状態,
- vi) 土臺から梁へ斜材を 1 本加へた状態,
- v) 土臺から梁へ襷掛けに斜材を 2 本加へた状態,

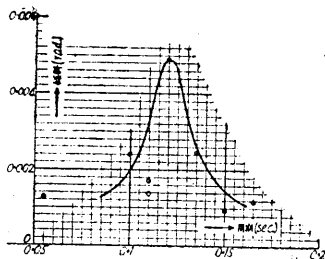
以上の各場合及び筋違を加へない場合の柱上端の傾斜と強制振動周期の關係を第 11～16 圖に示す。但し、振動臺の振幅は振動數により多少異なるので、振動臺の振幅を  $1 \text{ mm}$  に換算した時の柱上端の傾斜を縦軸にとつてある。第 12 圖に於て  $0.09$  秒附近で曲線が切れて居るのは、上端で筋違と接合した柱の下端の柄の部分共振に近づくときと張力によつて抜けたためである。尙、これ等の圖を見ると、柱から柱へ渡した筋



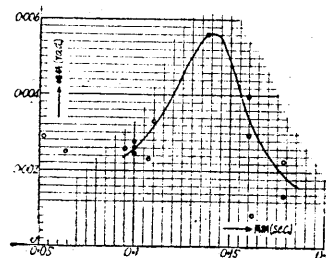
第 11 圖 單層 1 張間架構に於て筋違を加へない状態の共振曲線。



第 12 圖 單層 1 張間架構に於て柱から柱へ筋違を 1 本加へた状態の共振曲線。



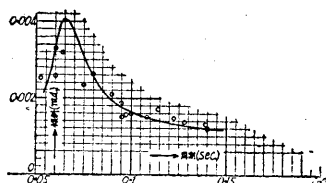
第 13 圖 單層 1 張間架構に於て柱から柱へ筋違を 2 本襷掛けに加へた状態の共振曲線。



第 14 圖 單層 1 張間架構に於て柱から柱へ筋違を 1 本加へ、柱の下端の柄に込栓をした状態の共振曲線。



違に比較して土臺から梁へ渡した筋違が非常に効果があることが直ちにわかる。即ち柱から柱へ渡した襷掛筋違の場合の共振振幅は筋違のない場合のその 80% であるが、土臺から梁へ渡した襷掛筋違の場合には 25% に小さくなる。



第 15 圖 単層 1 張間架構に於て梁から土臺へ筋違を 1 本加へた状態の共振曲線。



第 16 圖 単層 1 張間架構に於て梁から土臺へ筋違を襷掛けに 2 本加へた状態の共振曲線。

何れにしても、この実験により筋違を使用すると架構の共振周期を短くすると同時に共振振幅をも小さくする効果のあることが極めて明かになり、更に筋違は柱から柱へ渡さず、土臺から梁へ渡すのが最も効果的であることも確められた。

## 6. む す び

架構物に於ける縦架材と横架材の接合条件を理論的に取り扱ふ場合には、完全な固定或は完全に自由と假定するのが普通であるが、木造家屋に於ける柄仕口のやうな場合にはこれ等の条件では満足に説明し得ないことは極めて明かである。

只今の研究は柄仕口の力學的條件の一つの試みとして接合個所に於ける柱の屈曲モーメントがその個所の傾斜に比例するといふ假定のもとに、極めて簡単な場合即ち上端自由、下端上記の條件の棒の横振動及び上端固定、下端上記の條件の単層 1 張間架構の横振動問題を數理的に取扱ひ、比例常數と固有振動周期、比例常數と振動型の關係を求めた。次に 1.25 cm 角の杉材を使用して下端を柄仕口にした模型により柱並びに單層 1 張間架構の振動實驗を行ひ數理的結果と比較したところ、固有振動周期を満足する比例常數は同時にその振動型をも満足することが明かになり、只今の假定が柄仕口の條件を説明するのに十分であることを確め得た譯である。

更に、一步進めて柄仕口に於ける比例常數が柱の下端面と之に接する横材の面との相對變位に比例する反力であると假定すると單位面積當りの反力はこの柱のヤング率の約 1/10 といふ値になり、この値は以前に行つた實際の木造家屋の振動實驗から得た値<sup>1)</sup>と非常によく一致する。

最後に柄仕口を有する單層 1 張間架構の模型に薄板の筋違を種々の状態に加へて振

1) 金井清 地震研究所彙報 21 (1943), 206,

動實驗を行ひ、この場合にも筋違が共振振幅を小さくし、共振周期を短くするのに甚だ効果のあることを確めた。尙、この實驗により筋違は柱から柱へ渡したのではその効果は少く、土臺から梁へ渡すと効果が著しいことも明かになつた。

終りに臨みこの研究を進めるに當り終始御激勵を給つた妹澤先生に感謝の意を表す。又、計算上、實驗上に御助力を戴いた田中君、清水嬢に厚く御禮を述べる。

---

10. *The Effect of the Tenons (Hozo) on the Vibrations  
in a Japanese Style Building.*

By Kiyoshi KANAI,

Earthquake Research Institute,

The problem of the vibrations of a framed structure due to seismic waves has already been studied theoretically by many authors. But in their treatments, it is mainly to assumed that the fixing between the horizontal members and the vertical members of a structure are either in perfectly clamped condition or in perfectly hinged one.

The actual conditions in question of a framed structure, especially of a Japanese-style building, are indeed generally so complex that the treatment of the problem rigorously is difficult.

In the present case, the idea as to the condition of fixing is such an intermediate one that the bending moment of the column at the joint is proportional to the inclination at the same joint. Furthermore, we investigated mathematically relatively simple cases, namely, the case in which the upper end of a column is free and the lower end is in the condition shown in the above idea, and the case, in which a single-storied and mono-spanned structure with upper joints perfectly fixed and lower joints in the condition shown in the idea just given.

On the other hand, we have also conducted experiments with a model having tenon connection (hozo). This tenon connection is a part causing serious damages to a Japanese wooden building. Comparing the experimental results with the mathematical calculations, it was found that both results fairly agree in vibration modes as well as in natural vibration periods.

---