

# 木材의 接合法

## Jointing Processes of Wood

北海道大学 農学部 宮島 寛  
教授 Miyazima, H.

### 1. 緒言

木造建築 家具 建具 骨組의 接合法으로서 日本에 많은 工法이 있으며 그 技術은 世界最高이다. 이것은 千年以前에 中國大陸에서 부터 韓國을 經由하여 日本으로 傳하여진 技術이다. 木材를 相互 結合하는 工法으로 木材를 縱方向으로 接合하는 end joint 그 외 角度 例를 들면 L, T, +等으로 接合하는 connection 의 2 種類로 나눈다. 이들의 接合法은 高度의 加工技術을 必要로 한다. 加工精度가 좋지 않으면 接合部에 틈이 생겨 強固하게 連結되지 못하여 應力의 傳達이 나빠진다. 加工精度가 좋을 경우에도 接合部의 耐久力은 적고 接合效率은 낮다.

明治年代에 歐美에서 못, bolt, 各種 金屬具를 使用하는 接合法이 導入되어 옛 부터 使用되었던 傳統的 接合法의 種類는 減少되었다. 第二次 世界大戰時에 各種 合成樹脂 接着劑가 開發된 後 合板, 集成材, 削片板, 他材料와의 接着에 依한 複合材料가 生産하게 되었고 部材의 接合에도 接着工法이 取扱되어 木質構造의 性能은 向上되었다.

以上과 같은 木材의 接合法의 歷史의 經過中에서 傳統的 接合法 合板 gusset 接合法 및 finger joint에 對하여 日本에서의 研究結果를 概略의 으로 論述하고자 한다.

### 2. 傳統的 接合法

杉山, 西浦<sup>1)</sup>은 그림 1과 같은 7 種類의 end joint 에 關하여 靑試驗을 하고 그 耐力을 接合하지 않은

單一材와 比較한 結果의 一部를 表 1에 表示하였다.

鎌繼에서 古式鎌이 가장 弱하며 靑強度는 單一材에 比하여 3%에 不過하고 靑剛性도 10%程度이다. 中世 및 近世鎌은 古式鎌보다 若干 性能은 向上하나 各 各 80% 및 30%前後이다. 金輪鎌은 鎌繼보다 性能은 向上하는 傾向이나 單一材에 比해 靑強度는 12-18%, 剛性은 50%로 弱하다. 其他의 것은 尻挾繼接合部가 긴 것(그림 1에서  $b = 225\text{mm}$ )이 가장 強하고 強度 20% 剛性 65%이다. 追掛大栓繼도 尻挾繼에 가까운 強度이며 剛性은 82%의 높은 값을 나타낸다.

이와 같이 木材를 相互 結合하는 傳統的 接合法의 接手에서 靑強度는 單一材에 比하여 20%以下이다. 이 때문에 部材斷面은 接合部의 耐力에 따라 設計하지 않으면 안되므로 斷面이 크게 되는 것이다. 따라서 木材의 有效利用에는 接合效率이 높은 接合法을 採用할 必要가 있다.

### 3. 合板 gusset 接合法과 finger joint

接合效率이 높은 構造材의 接合法으로서 合板 gusset 釘打接合法과 finger joint 法이 있다. Finger joint는 木材의 縱接에 開發된 接合法이고 縱接의 경우 그 形狀 切割方法 接着劑의 種類와 塗布方法, 壓縮壓力, 養生 등이 適切하면 어느 程度 큰 斷面의 部材接合에도 그 效率은 單一材의 80%程度 期待할 수 있다. 故로 集成材의 lamina 縱接에는 效率과 作業性이 떨어지나 scarf joint 보다 널리 使用되고 있다. 이 finger joint 를 各種 角度의 接合에도 利用하고자 試驗하였다. West Germany에서

表 1. 傳統的 各種 finger joint 部의 靱強度(杉山·西浦<sup>1)</sup>)

| 繼手種類    | 靱 強 度            |       |                   |       | 靱 剛 性        |               |
|---------|------------------|-------|-------------------|-------|--------------|---------------|
|         | 實 驗 I<br>(kg/cm) | (%)   | 實 驗 II<br>(kg/cm) | (%)   | 實 驗 I<br>(%) | 實 驗 II<br>(%) |
| A 古式鎌繼  | 20               | 3.1   |                   |       | 10.6         |               |
| B 中世鎌繼  | 53               | 8.4   |                   |       | 35.4         |               |
| C 近世鎌繼  | 53               | 8.4   | 60                | 6.0   | 24.3         | 25.0          |
| D 金輪繼   | 77               | 12.1  | 180               | 18.1  | 52.9         | 57.8          |
| E 尻挾繼   |                  |       | 147               | 14.7  |              | 49.0          |
| F 追掛繼   |                  |       | 205               | 20.4  |              | 65.2          |
| G 追掛大栓繼 |                  |       | 145               | 14.6  |              | 45.1          |
| 單 一 材   | 634              | 100.0 | 1002              | 100.0 | 100.0        | 100.0         |

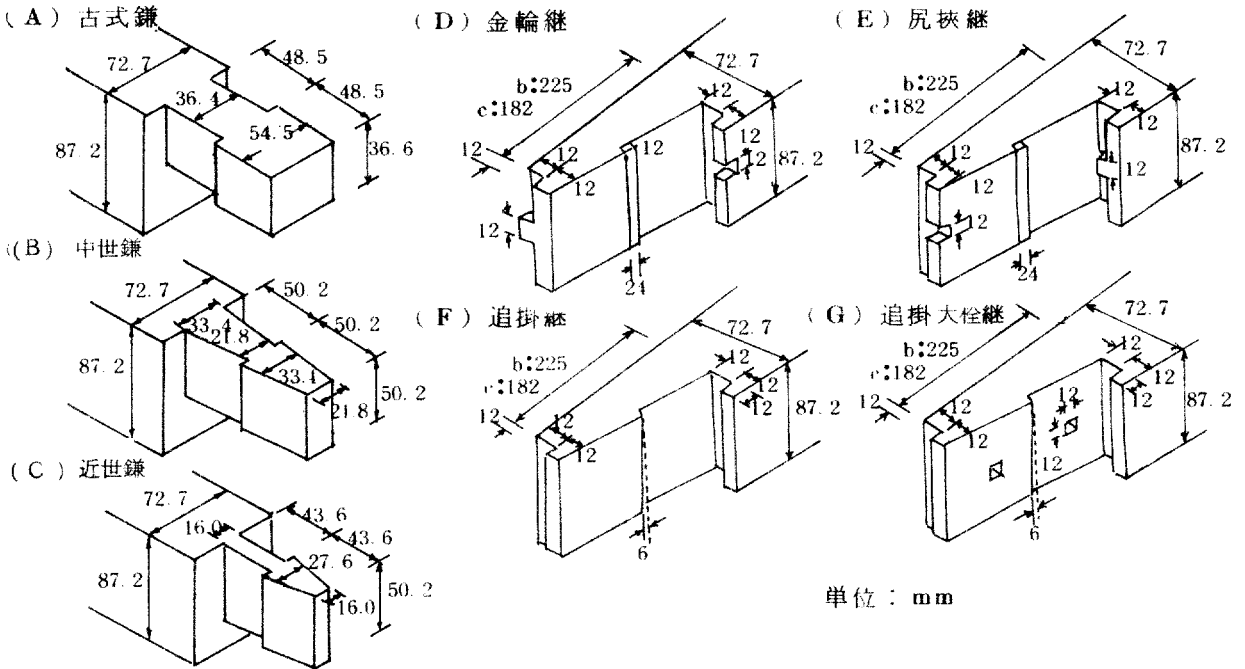


그림 1. 各種 finger joint 의 形狀과 치수.

는 大斷面集成材骨組의 接合에도 使用되고 있다. 한편 合板 gusset 接合法은 接合하는 部材兩面에 適切한 形狀으로 切斷한 合板을 釘打하는 方法이며 美國에서는 農業用建物 等에 使用되고 있다. 또 接着劑塗布後에 釘打 接合하는 方法은 높은 接合效率을 要하는 木造船의 龍骨과 같이 耐力를 極히 重要視하는 部材의 接合에 使用하고 있다.

그림 2에 表示한 것과 같이 가문비나무(*Picea jezoensis*)材의 斷面, 5×5cm의 試驗體에 對해  $T_i$

*lia japonica* 5 ply·9 mm 두께 合板 gusset 釘打 接合法과 길이 12mm의 finger joint 에 依한 接合의 90°, 120°, 150° 및 180° 接合試驗結果(2.3)의 耐力를 比較하면 그림에 나타난 것과 같이 90°의 경우에는 合板 gusset 의 것이 效率은 높으나 接合 角度가 커짐에 따라 合板 gusset 接合의 耐力는 減少하고, 逆으로 finger joint 는 增加하는 傾向이며 180°試驗體에서는 finger joint 가 合板 gusset 의 3 배에 가까운 耐力를 지니고 있는 것을 알 수 있다.

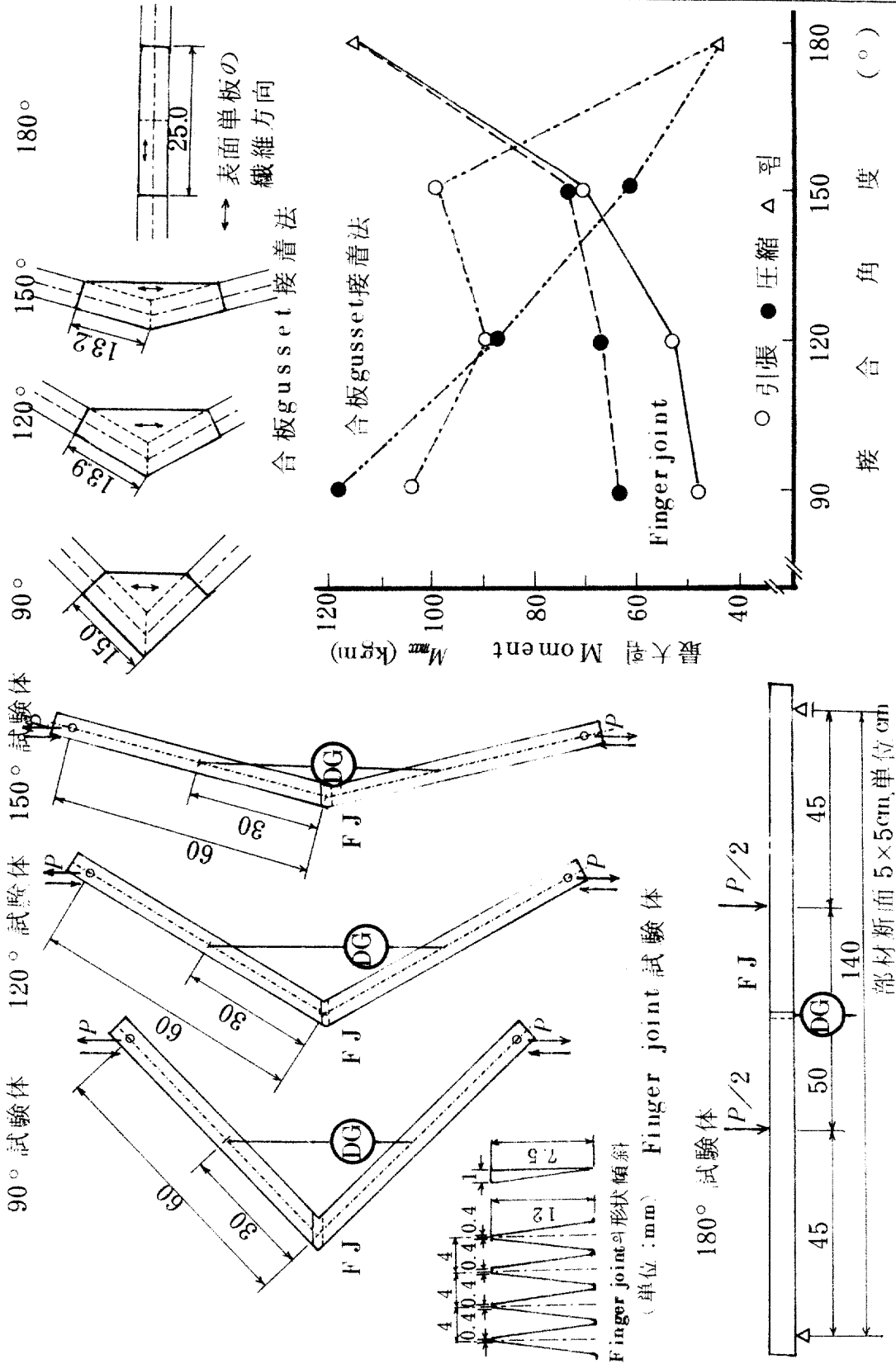


그림 2. 合板gusset 接合法 및 finger joint 에 의한 各種 角度의 接合試驗體 및 試驗結果.

90°일때 finger joint의 耐力는 合板 gusset 의 半以下이나 曲强度는 240 kg/cm程度이다. 後述하는 바와 같이 tenon (< 장부, 柄) 및 dowel (太柄) 보다 優良하다.

4. 90° 接合일때 各種接合法의 比較

앞에서와 같은 試驗體에 對하여 그림3과 같이 (2) dowel (太柄) (*Betula maximowizana* 直徑 12mm 길이 60mm의 sprial 溝 尿素樹脂接着劑 使用) 2個에 依한 接合 (3) tenon (柄, 장부) (4) 길이 4mm의 finger joint 및 前節의 길이 12mm의 finger joint에 對한 試驗結果는 表2에 表示한 것과 같이 剛性, 最大耐力는 finger joint가 優秀하며 이때에 4mm보다도 12mm의 것이 接合性能이 優秀하다. dowel은 作業성이 좋으나 接合性能이 좋지 못해 耐力上 重要한 部分의 接合에는 使用하지 않는 것이 좋다. tenon은 dowel보다 優良하여 實用上 耐力를 지닌다.

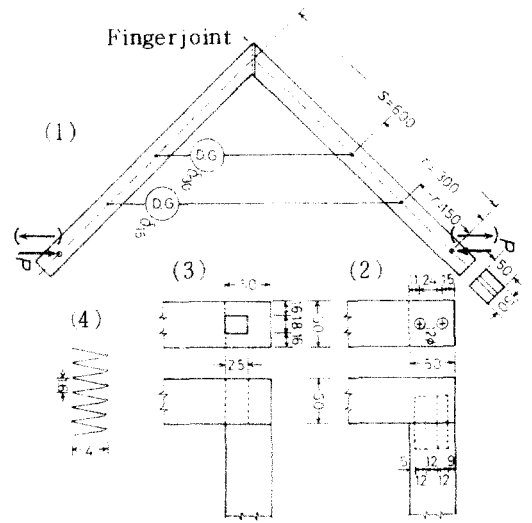


그림 3. (1) 試驗體 및 試驗方法 (2) 太柄接合法 (3) 柄接合法 (4) finger joint (單位:mm)

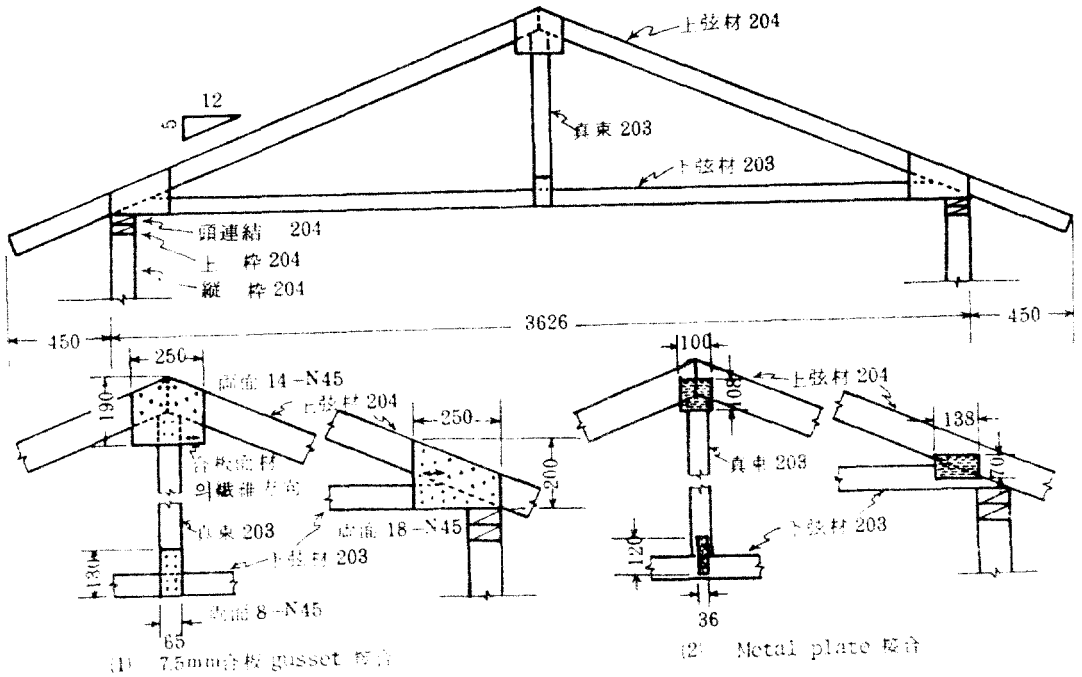


그림 4. Truss의 形狀 및 接合部의 詳細.

最近에는 優良한 接合性能을 갖는 finger joint가 의자, table 다리, 액자의 接合에 適用되어 이런 商品도 市場에 나가고 있다.

5. 各種接合法에 依한 小型 트러스의 耐力

그림 4에 表示된 落葉松材에 依한 king post truss

는 合板 gusset 釘打 같은 接着劑 併用 및 metal plate < 商品名 gang-nail >에 依한 接合으로 製作하고 그림 5와 같은 條件으로 負荷하였다. 部材斷面은 上弦材 204材(幅 3.8×8.9cm), 下弦材 및 眞束 203材(3.8×6.4cm)이다. 試驗結果는 圖6에 表示한 바와 같다.

그림 6에 荷重-變位曲線에서 No. 1~4의 合板 gusset 釘打接合의 트러스는 荷重의 初期부터 다른 것

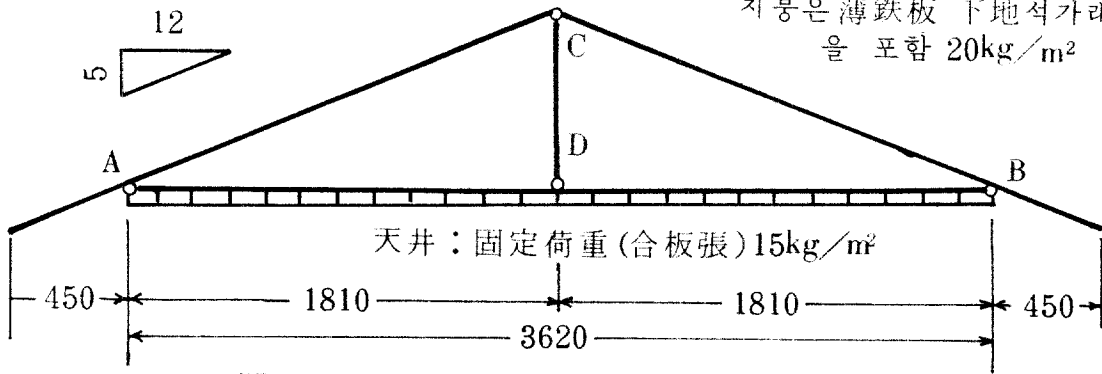
1) 設計條件

(1) 荷重

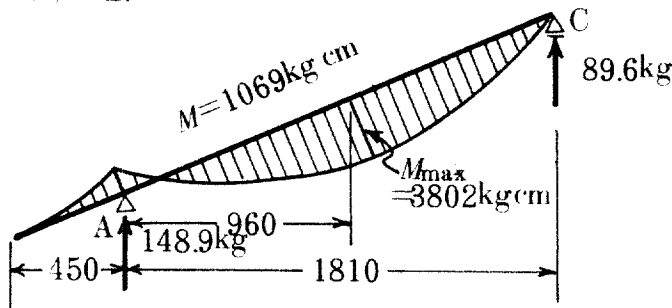
지붕: 固定荷重 + 積雪荷重 =  $20 \times 13 / 12 + 210 = 232 \text{ kg/m}^2$



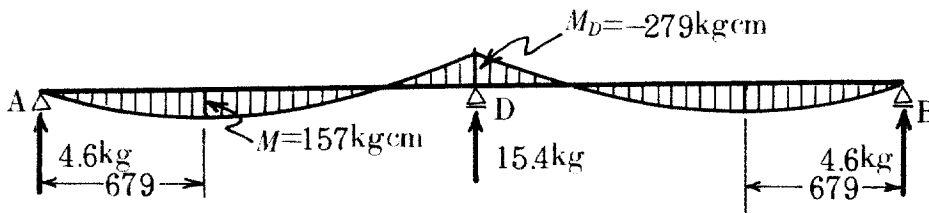
지붕은 薄鉄板 下地석가래木  
을 포함  $20 \text{ kg/m}^2$  @  $0.455 \text{ m}$



(2) 上弦材 M 圖



(3) 下弦材 M 圖



(4) N 圖

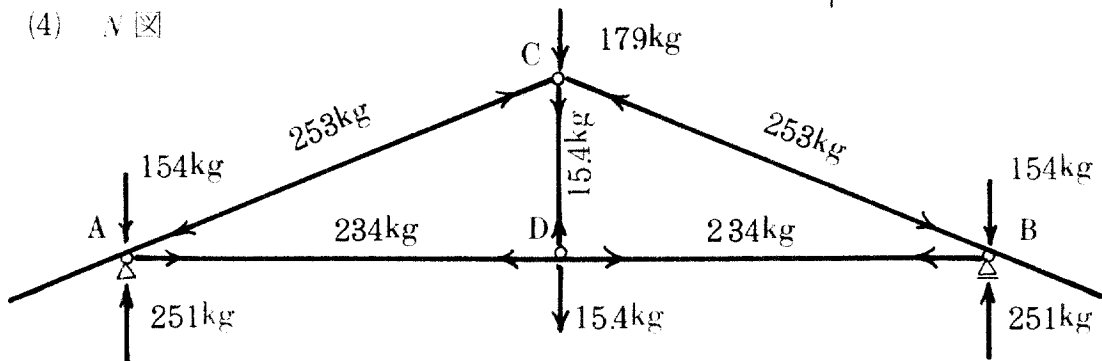
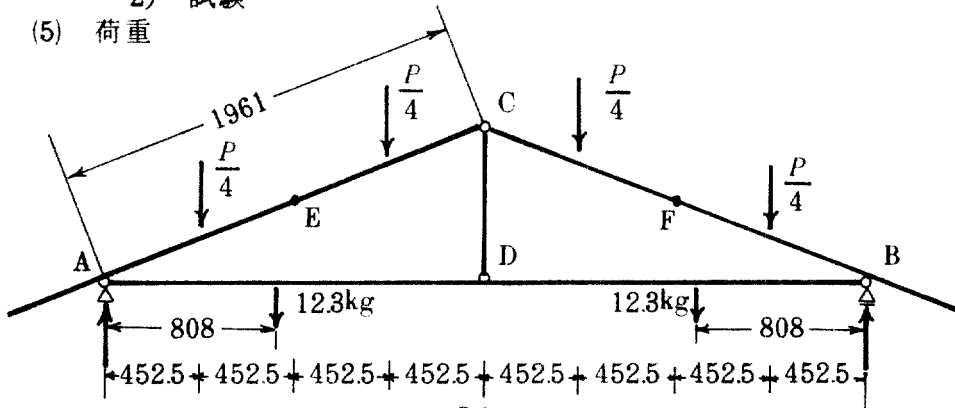


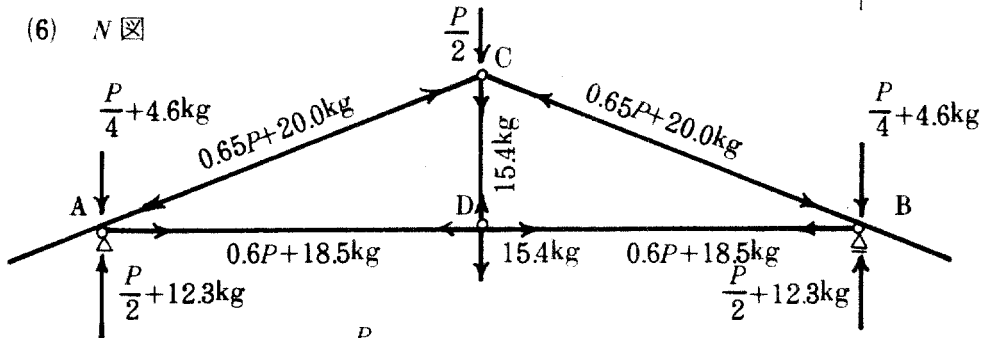
그림 5. Truss 의 設計條件 및 試驗方法.

2) 試験

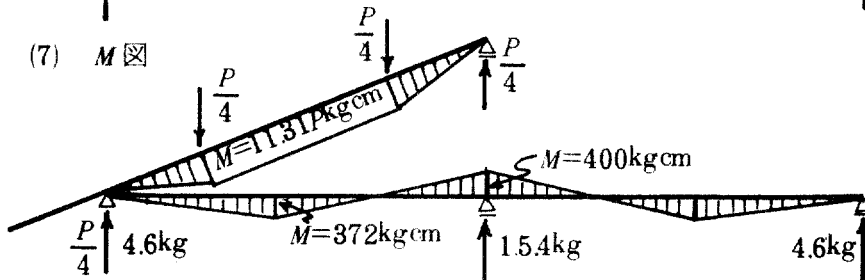
(5) 荷重



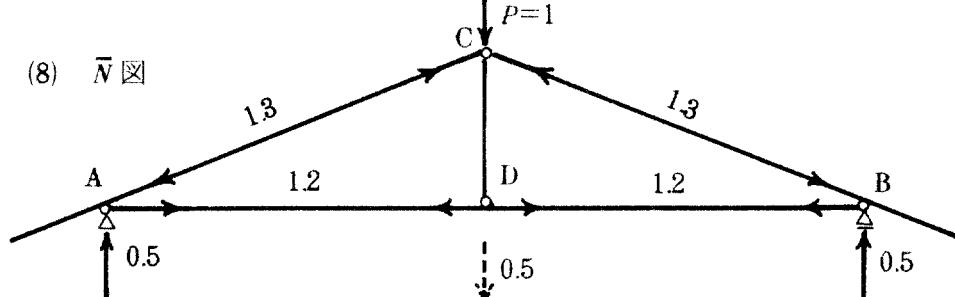
(6) N 図



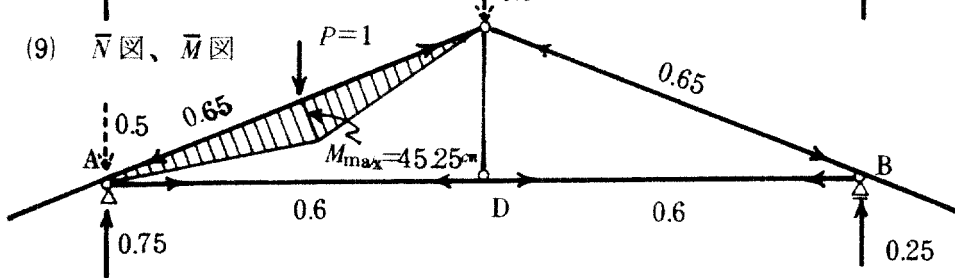
(7) M 図



(8)  $\bar{N}$  図



(9)  $\bar{N}$  図、 $\bar{M}$  図



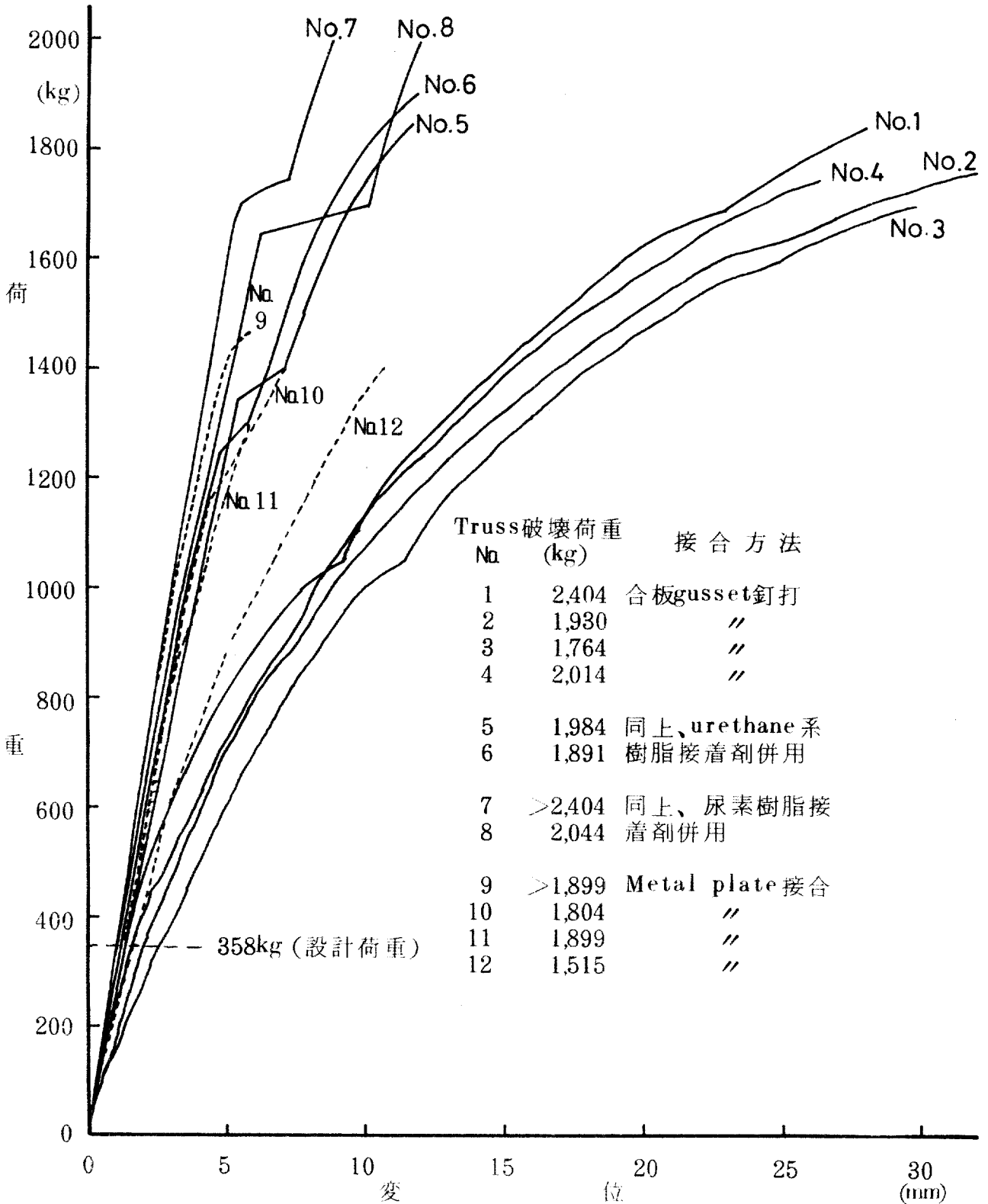


그림 6. 破壞試驗에 있어서 荷重 - 變位圖.

表 2. 各種 接合法에 의한 90° 接合試驗 體 接合效率

| 荷重 | 接合方法      | 樹種    | 剛性<br>效率* | 最大耐力<br>效率** |
|----|-----------|-------|-----------|--------------|
| 壓  | 太 柄       | 가문비나무 | 0.22      | 0.05         |
|    | 柄         | "     | 0.47      | 0.14         |
|    | 4 mm F J  | "     | 0.55      | 0.37         |
|    | 12 mm F J | "     | 0.62      | 0.45         |
| 縮  | 太 柄       | 물참나무  | 0.38      | 0.08         |
|    | 柄         | "     | 0.52      | 0.16         |
|    | 4 mm F J  | "     | 0.75      | 0.61         |
| 引  | 太 柄       | 가문비나무 | 0.26      | 0.06         |
|    | 柄         | "     | 0.41      | 0.18         |
|    | 4 mm F J  | "     | 0.59      | 0.23         |
|    | 12 mm F J | "     | 0.67      | 0.33         |
| 張  | 太 柄       | 물참나무  | 0.39      | 0.08         |
|    | 柄         | "     | 0.54      | 0.24         |
|    | 4 mm F J  | "     | 0.77      | 0.28         |

\* 그림 3(1)에서  $\delta_{30}$  에 의한 測定變位の 接合部가 完全히 剛接合되었다고 假定한 計算値에 對한 比率.

\*\* (最大 휨 moment) / (部材斷面係數) 値의 部材 휨 強度에 對한 比率.

에 比하여 變位가 크고 破壞될 때 까지 徐徐히 變位가 增加한다. 이것에 urethane 系 接着劑(生材接着用)을 併用한 No. 5-6에서는 初期剛性は 改善되나 荷重 1,300 kg 前後에서 急激히 變位가 增加한다. 이것은 接着層이 떨어져기 때문이다. 尿素樹脂接着劑를 併用한 No. 7-8은 剛性이 가장 優秀하여 이 接着層이 떨어져는것은 荷重이 1,600 kg 以上에서 생긴다. 이 truss의 設計荷重은 358 kg임으로 4.5 倍值로 truss 하면 充分한 耐力를 갖게 된다. Metal plate 接合의 No. 9-12 truss에서는 合板 gusset 釘打와 同 接着劑併用の 中間이다. 最大耐力에는 接合方法에 關한 差는 明確하지 않으며 여하간 適切한 方法으로 耐力이 信賴되는 truss를 製作하게 된다. 本 試驗의 경우 truss의 最大荷重은 1,515 kg 以上이며 設計荷重의 4.2 倍以上이 있다.

### 6. 結 言

木材의 接合法으로서 日本의 傳統工法 및 最近 諸外國에서 導入된 工法에 關하여 接合狀態를 論述 하였으나 매듭을 지으면 다음과 같다.

1) 部材의 縱接工法으로서 finger joint가 가장 優秀하다. 이것에 依한 適切한 接合이면 無缺點의 80% 程度의 強度가 期待된다. 部材의 缺點은 除去되고 finger joint로 縱接한 材의 出現이 기대되며 또한 製造基準를 明確히 하여야 한다.

2) finger joint는 90° 接合의 L, T 型에도 適用되며 dowel, tenon 보다 優秀한 性能을 가지며 의자, 테이블 등의 家具接合에도 應用된다.

3) Dowel은 作業性은 좋으나 接合性能은 좋지 못함으로 耐力上 重要한 要所의 接合에는 使用되지 않는 것이 좋다.

4) Tenon은 適切한 工法을 하면 實用上 充分한 耐力를 갖는다.

5) 木造 truss의 部材接合에 있어서는 合板 gusset 釘打接着法의 剛性이 가장 優秀하다. 作業性이 좋은 metal plate 接合도 充分한 剛性이 있다. 合板 gusset 釘打接合은 앞의 兩者보다 若干 剛性이 좋지 못하나 合板의 寸수, 釘打數를 適切히 하면 充分한 耐力의 truss를 設計할 수 있다.

### 文 獻

- 1) 杉山英男·西浦忠輝：古建築構造材의 力學的 研究 - 繼手の 強度에 對하여 - 文部省 科學研究 費總 合 研究報告書「自然科學의 手法에 依한 構造接合效率에 關한 研究」1980.
- 2) 宮島 寬：合板 가세트 接着法에 依한 構造接合效率에 關한 研究(第 1 報), 北大演報, 25(1), 85-105, 1967.
- 3) 生田晴家·宮島 寬：木造骨組仕口로 合板의 接合에 關한 研究, 木材學會道支講 9, 76-79, 1977.
- 4) 宮島寬·佐藤武司：コーナージョイントとノテの 差, ぼぞおよびフィンガージョイント 工法의 接合性能의 比較, 北大演報 34(2), 275-286, 1977.
- 5) 宮島寬：各種 接合法에 依한 카라마쯔 小型 트라스의 性能比較, 木材學會道支講 8, 19-24, 1976. ■