

木造スペースフレーム接合部の疲労特性に関する実験的研究

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学 学生会員 ○松尾 歩

1. 目的

これまで木造スペースフレーム接合部にラグスクリーを 1 本使用した場合の単調載荷試験及び繰返し載荷試験は行われている。しかしながら木造スペースフレームの実施設計においては接合部耐力向上のために単一ラグスクリーを使用することは稀であり、基本的に複数本のラグスクリーを使用することとなる。ラグスクリーを複数本使用した際の単調載荷試験は行われているが複数本使用した場合の繰返し載荷試験は行われておらず疲労強度ならびに破壊モードは、未だ解っていない。

以上のことから、本研究ではラグスクリー 5 本を用いた木造スペースフレーム接合部の繰返し載荷試験を実施し、疲労強度ならびに破壊モードの検証と力学性状を調査する。

2. 試験体

図 1 に試験体形状を示す。図 1 の下側が本試験の着目部である。使用したラグスクリーは M16×180 である。なお、丸棒は全て桧の心持ち材である。

試験体の着目側のラグスクリーは、ネジ全長の充填に必要なエポキシ樹脂をねじ孔に注入した後、木口中央を中心に環状配置で 5 本のラグスクリーをインパクトレンチでねじ込んだ。次に、着目側でない木口にラグスクリーをインパクトレンチで木口中央を中心に環状配置で 10 本ねじ込んだ。こちらには樹脂を充填していない。その後、掴み治具を取り付け試験体とした。

3. 実験方法

試験には油圧サーボ式疲労試験機を用いた。載荷波形は正弦波とし、周波数は 4Hz とした。最小荷重は 5 kN とし、最大荷重を試験体ごとに変化させた。最大繰返し数は 200 万回とした。実験中に適宜最大荷重、最大荷重時の変位、及び最小荷重、最小荷重時の変位を記録した。最大荷重時の変位ならびに最小荷重時の変位は試験機の操作盤のアウトプットであり、チャック間の変位である。

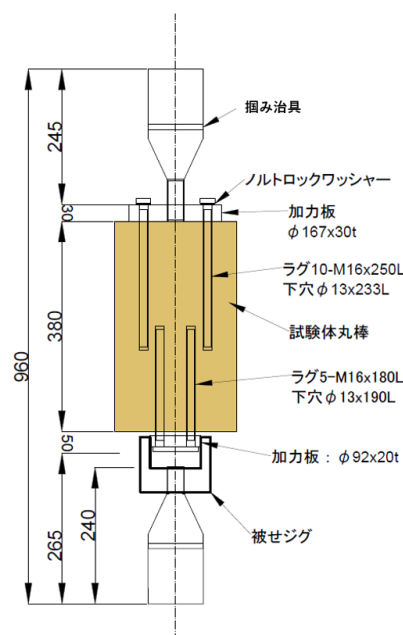


図 1 試験体形状

4. 実験結果及び考察

表 1 に各試験体の最大荷重及び繰返し回数を、図 2 に ΔP -N 関係を、図 3 に $\Delta \delta$ -N 関係を示す。

図 2 の縦軸は荷重範囲 ΔP [最高荷重 P_{max} - 最小荷重 P_{min} (kN)] であり、横軸は繰返し回数 N である。図 3 の縦軸は変位範囲 $\Delta \delta$ [最高荷重時の変位 - 最小荷重時の変位 (mm)] であり、横軸は繰返し回数 N である。表 1 ならびに図 2 の TP02 と TP03 は前年度藤田が行った試験体である¹⁾。

図 2 に示したデータから以下の近似式が得られた

$$\Delta P^{2.57} \cdot N = 7.58 \times 10^{10} \cdots (1)$$

ここに、 ΔP : 荷重範囲 (kN)

N : 繰返し回数(回)

試験体は全部で 5 体であったが N-2 は非着目側で破断してしまったため図 2、図 3 からは除外した。N-2 が非着目側で壊れてしまった原因としては、ラグスクリーの本数に限りがあり、N-1 で使用したラグスクリーを再利用したためであると考えられる。したがって、ラグスクリーの再利用は控えるべきであると判断さ

れる。N-4は繰り返し回数の上限 200 万回で破断せず、400 万回まで载荷したが破断には至らなかった。

図 2 より荷重範囲 $\Delta P=80 \text{ kN}$ が作用した時には $N \approx 150$ 万回、 $\Delta P=136 \text{ kN}$ が作用した時には $N \approx 26$ 万回で破断したように荷重が大きくなるにつれて破断回数は少なくなることがわかる。

図 3 より N-5 の挙動は破断の直前に急激に変位が増加し、その直前まではほぼ一定であることがわかる。図 3 において N-5 のデータの 1 万回付近において変位が一時的に大きくなっている箇所がある。これは試験機のノイズによるものと考えている。

ここで繰り返し荷重の一つである風荷重に対する照査を考える。以前、近鉄花園ラグビー場の屋根部の設計においては^{2) 3)} 固有周期を約 0.3 秒とした場合、50 年間の使用に必要な回数は 24 万回と試算された (表 2)。この繰り返し回数 24 万回を本研究で得られた式(1)に代入し ΔP を計算すると $\Delta P=138 \text{ kN}$ となる。つまり $\Delta P=138 \text{ kN}$ 未満であれば耐用年数は 50 年となる。 $\Delta P=138 \text{ kN}$ は短期許容荷重 $\Delta P=34 \text{ kN}$ の約 4 倍の値となる。事実上このような大きさの風荷重がかかることはないので近鉄花園ラグビー場の設計を考えると、風荷重に対する強度の照査は必要ないと言える。

5.まとめ

本研究の範囲においては以下のことが明らかになった。

- 1) 5 本のラグスクリー有する試験体の繰り返し载荷試験を行った結果 $\Delta P^{2.57} \cdot N = 7.58 \times 10^{10}$ という式が得られた。
- 2) 本研究で使用した試験体と同型の接合部の設計を行う際、この接合部は短期許容荷重の約 4 倍の繰り返し荷重に耐えられるため風荷重に対する強度の照査は必要ないと言える。

参考文献

- 1) 藤田渉吾: 木造スペースフレーム接合部の疲労特性に関する実験的研究、平成 29 年度明星大学建築学系卒業論文。
- 2) 森田時雄ほか: 近鉄花園ラグビー場スタンド大屋根の設計・施工。
- 3) 川鉄建材工業株式会社: KT トラス設計マニュアル。
- 4) 辻岡静雄ほか: 木造スペースフレーム接合部の疲労特性に関する研究 (1. 単一ラグスクリーの場合)、日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東) 2015 年 9 月。

表 1 最大荷重と繰り返し回数

試験体名	$\Delta P(\text{kN})$	繰り返し回数
N-1	68	1,524,092
N-2	136	461,249
N-3	136	266,158
N-4	81	4,000,000
N-5	105	433,633
TP02	34	2,000,000
TP03	41	2,000,000

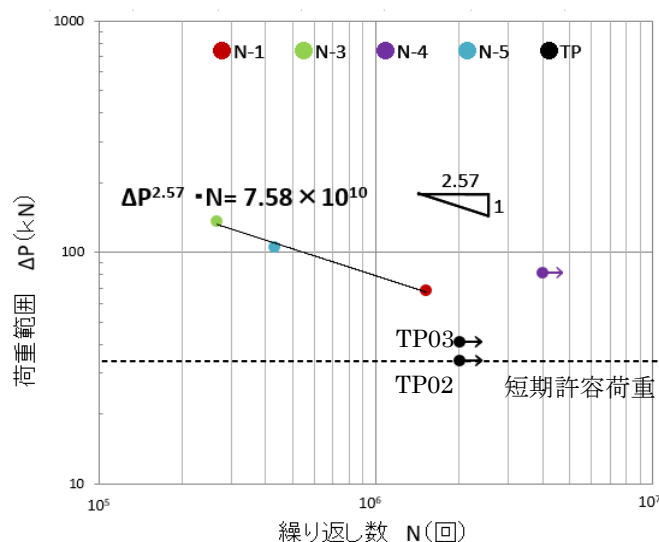


図 2 ΔP - N 関係

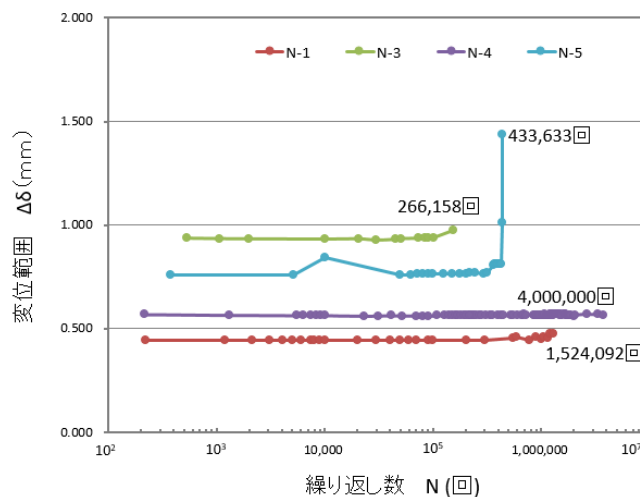


図 3 $\Delta \delta$ - N 関係

表 2 風再現期待値と必要寿命

再現期待値	最大風速 継続時間の仮定	必要寿命
50年	2~3 h r s	2.4~3.6万回
20年	3~4 h r s	9.0~12.0万回
10年	4 h r s	24万回