有孔集成材梁のクリープ特性
その 2 せん断応力領域に設けた孔の影響

正会員　○土方　和己*1
荒木　啓介*2

有孔梁　貫通孔　たわみ
常用対数　変形増大係数　変形比

１．はじめに

木質構造において、梁に横貫通孔を設ける設計は、空調設備管や排水管等の経路を確保するための合理的な手法である。有孔梁に関する研究 [1) 2)]は、増加しており、本研究の前報 [3)]では、曲げ応力領域に設けた単一孔を有する集成材梁に対するクリープ特性について、約 14,400 時間（20 か月間）の計測データを用いた評価結果を報告した。

本稿では、せん断応力の発生する領域に貫通孔を設けた有孔梁の曲げクリープ実験結果について報告する。

２．実験概要

梁せいに対して比較的大きな貫通孔を、せん断応力がある領域に設けた集成材梁のクリープ特性を把握するため、前報 [3)]と同様の曲げクリープ試験を行った。

表 1 は試験体の一覧を示す。実験パラメータは孔の有無とし、試験体数は各仕様 1 体とした。図 1 に示す試験体は、梁せい 270mm、梁幅 120mm、材長 5360mm の形状とした。強度規格は、フィンガージョイントのない 30mm 厚の北欧産スプルースのラミナ 9 枚を積層した対称異等級構成集成材 JAS E120-F330 である。各試験体のラミナの構成は、図 1 の断面図の右に記載した。貫通孔は、孔中心が梁上端より 130mm で、材の両端から 1620mm の位置に設けた。孔の直径は、130mm とした。

図 2 は試験装置の概要を示す。図 3 は載荷位置と変位測定位置を示す。試験体は、梁スパンが梁せいの 18 倍である 4860mm となるように、鉄骨架台に設置したピン支点上に配置した。載荷は、スパンの 3 等分点に錘を吊る 4 点荷重法とし、支点中心から梁端部までの距離は 250mm とした。また、支点と載荷点には、120mm 角の鋼製プレートを敷き、めり込みの影響を軽減した。荷重 P は、表 2 に示すように、曲げ応力が曲げ基準強度の 1/5 以上で 1.1/3 以下の範囲となる 11.97kN とした。

３．実験環境と試験体の含水率

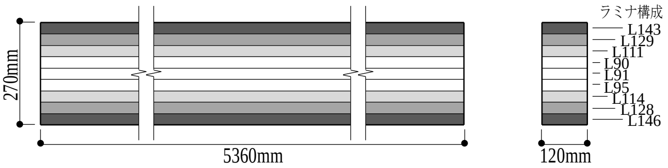
実験は、滋賀県長浜市の浅井高原にある空調設備のない建物内の自然環境下で行い、H27N は 2015 年 8 月 6 日より、H27H2S は 2018 年 5 月 1 日より計測を開始した。

図 4 は、実験場の温度（上段）と湿度（下段）の時刻歴変化を示す。温湿度は、試験体とほぼ同じ高さに設置した「おんどとり（TR-72U）」を用いて記録した。図の赤実線と青実線は、H27N と H27H2S の各評価期間を示す。

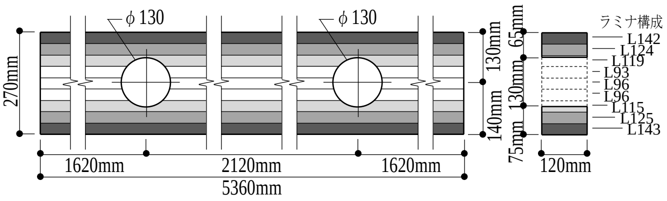
表 1　試験体一覧

No.	試験体名	梁せい 梁幅	孔 有無	孔 径	試験体数 n
1	H27N※1	270mm 120mm	なし	－	1
2	H27H2S※2		有(せん断領域)	130mm	1

※1: 前報 [3)]の試験体（前報以降も継続測定の試験体）
※2: 前報 [3)]の試験体と同一ロッドの部材に孔加工を実施



(a) 無孔梁（H27N）



(b) 有孔梁（H27H2S）
図 1　試験体概要図

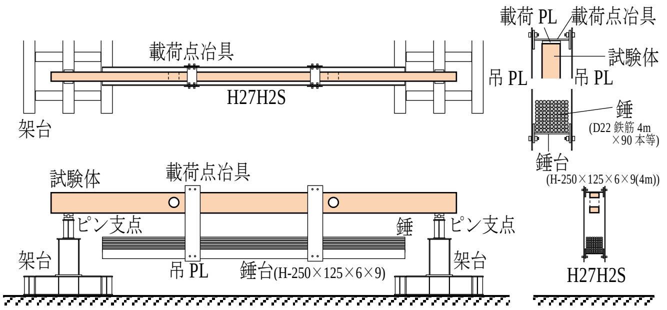


図 2　試験装置概要図

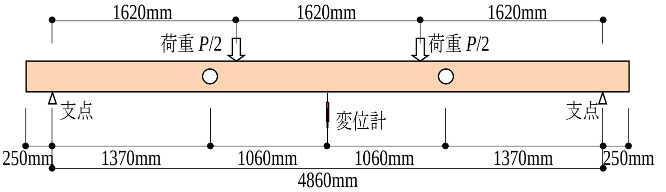


図 3　載荷位置と変位測定位置

表 2　荷重一覧

梁スパン	載荷位置	1/5×F	1.1/3×F	P※3
4860mm	1620mm	9.45kN	17.32kN	11.97kN

※3: 異形鉄筋(D22(4m)) 90 本・錘台 H-250×125×6×9(4m) 1 本
吊 PL2 枚 PL-200×1000×4.5・載荷 PL2 枚 PL-120×120×16
載荷点治具 H-250×125×6×9(120mm) 2 ケの合計重量

The Creep Properties for Glue-Laminated Timber Beams with a Circular Through-Hole
Part 2 Effects of Holes in the Shear Stress Region

HIJIKATA Kazumi, ARAKI Keisuke

図 5 は試験体の含水率の時刻歴変化を示す。含水率は、木材水分計（KETT/HM-520）を用いて測定した。水分計の比重レンジを 0.45 または 0.50 に設定し、測定した試験体上端面の 3 カ所（材中央と材両端）の平均値を含水率とした。80×10^3 時間以降の測定値がこれまでよりも低下しているのは、計器の修理による影響と考えている。

４．実験結果

梁のたわみ変形は、接触型変位計を用いて梁スパンの中央の梁下端を測定した。載荷開始直後の 30 分間は、1 分間隔で記録し、その後は 10 分間隔で 134 回、60 分間隔で 71 回を記録し、さらにその後は 12 時間毎に記録した。図 6 は、梁中央のたわみ変形の時刻歴変化を示す。○プロットが無孔梁 H27N を、□プロットが有孔梁 H27H2S を示す。図の直線と一点鎖線は、それぞれ H27N と H27N2S の近似曲線を示す。図には、載荷直後のたわみ δ_0 と載荷 1 分後のたわみ δ_1 を記載した。

図 7 の(a)と(b)は、それぞれ H27N と H27H2S のクリープ変形比 4)の常用対数と時間（分）の常用対数の関係を示す。クリープ変形比は、 δ_1 に対するたわみ変形 δ の比の逆数とした。各図の直線は、計測開始から 24 時間経過以降の各データでの直線回帰を示し、図中に回帰式を記載した。また、H27N の回帰式は、H27H2S の測定期間となる 60.3×10^3 時間までで求めた。各回帰式から、50 年後に相当する時間（常用対数 7.42）におけるクリープ変形比の常用対数は、H27N が-0.176、H27H2S が-0.200 となった。

図 8 は、変形増大係数と時間の常用対数の関係を示す。変形増大係数は、図 7 で求めた回帰式から算出したクリープ変形比の逆数とした。50 年後の変形増大係数は、H27N が 1.50、H27H2S が 1.59 となった。図 9 は、H27N に対する H27H2S の変形増大係数の比と時間の常用対数の関係を示す。せん断応力のある領域に孔を設けた集成材梁の 50 年後の変形増大係数の比は、無孔集成材梁に対し 1.06 とほぼ同値であることが確認できた。

５．おわりに

本実験で実施した曲げクリープ試験の結果、せん断応力が発生する領域に孔を設けた集成材梁の 50 年後の変形増大係数は、無孔梁とほぼ同値であることが確認された。

本実験範囲において、貫通孔がせん断応力の発生する部分に設けられても、集成材梁のクリープ変形に対し、大きな影響を及ぼすことはないと言える。

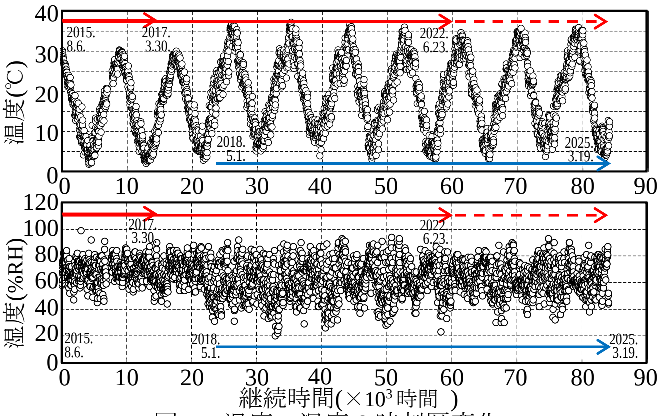


図 4　温度・湿度の時刻歴変化

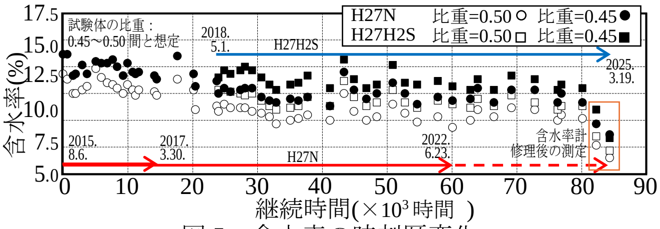


図 5　含水率の時刻歴変化

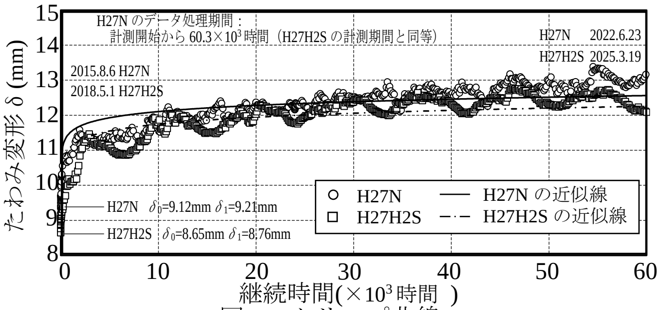
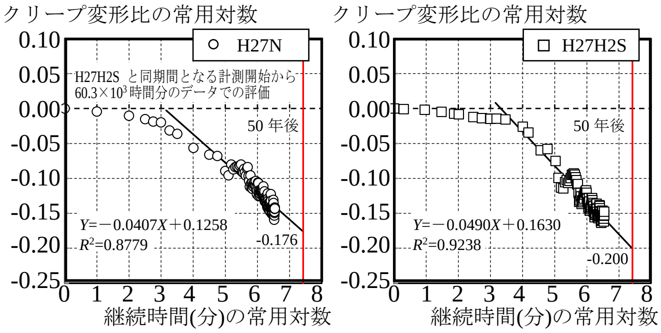


図 6　クリープ曲線



(a) H27N　　(b) H27H2S

図 7　クリープ変形比と荷重継続時間の関係

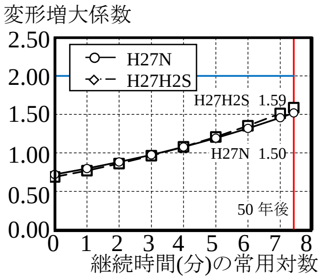


図 8　変形増大係数

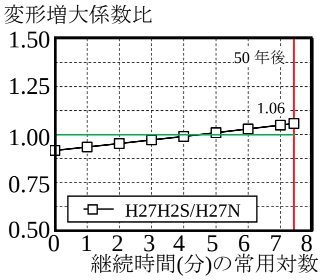


図 9　変形増大係数比

＜参考文献＞

1) 土方和己・井戸田秀樹他:有孔集成材梁の設計耐力式の提案, 日本建築学会構造論文集 第 77 巻 第 673 号, pp.397-406, 2012.3
2) 岡本滋史他:二つの円形孔を有する集成材梁の耐力に関する研究, 日本建築学会構造論文集 第 88 巻 第 807 号, pp.826-834, 2023.5
3) 土方和己:有孔集成材梁のクリープ特性,日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.149-150,2017.8
4) 中島史郎:変形増大係数を求めるための試験, 木材工業, Vol.71, No.5, pp.213-216, 2016

*1 積水ハウス(株)・博士（工学）　Sekisui House, Ltd., Dr. Eng.
*2 積水ハウス(株)・修士（工学）　Sekisui House, Ltd., Mr. Eng.