

# 県産スギ大径材の乾燥及び強度性能評価\*1

—県立日田高校体育館の建設事例—

三ヶ田雅敏\*2 · 城井 秀幸\*2

## I. はじめに

最近、見え掛かり構造材に県産スギ丸太を使用したユニークな建物が県内各地に建設されている。こうした建物は東京芸術大学の黒川が提唱しているもので、平成12年3月、日田市内に完成した県立日田高校の体育館(写真-1)もその一つである。この体育館の特徴は、県産スギ大径材(末口直径30~40cm, 長さ4.5~6 m)を特殊金具で接合してスパン30mのトラスアーチを構成し、さらにこのトラスアーチ10組を組み合わせた屋根の構造にある。

今回の建設にあたり、県産スギ大径材の乾燥方法及び含水率測定方法の検討、並びに強度性能の評価を行ったので、その結果と得られた知見について報告する。



写真-1 完成した体育館の内部

## II. 体育館の概要と使用丸太

体育館の建設工事は平成10年10月23日に着工し、平成12年3月15日に完成した。建築面積は1828.15㎡, 下部が鉄筋コンクリート造り、架構が本造トラスアーチ造り

の構造で、外部の主要仕上げはガルバリウム鋼板である。架構の構造材には県産スギ丸太合計279本が用いられた。

丸太は日田郡内の山林で平成9年12月から10年2月に伐採し、1~2ヶ月の葉枯らし処理をした末口直径23~43cm, 長さ4~7.7mの丸太362本が集材された。品種構成はリュウノヒゲが172本, ウラセバルが181本, 不明が9本であった。

## III. 強度性能

### (1) 強度の測定方法

当初から、設計者が含水率は全断面平均で18%以下、ヤング係数は56tf/cm以上、気乾比重は0.3以上を使用したいと要望していたため、集材後に皮付きの状態丸太362本の縦振動法による動的ヤング係数(Efr)を測定した。Efrが基準に達しない材及び目視による欠点の大きな材はこの時点で除去した。さらに、水圧バーカーで剥皮し、約8ヶ月間の天然乾燥をした後、最終的に残った299本のEfrを測定し、生材時との比較を行った。また、現場でこれまで調査した中目材(n=1267)のEfrとの比較も行った。

Efrの測定は、図-1の模式図に示したように、ロー

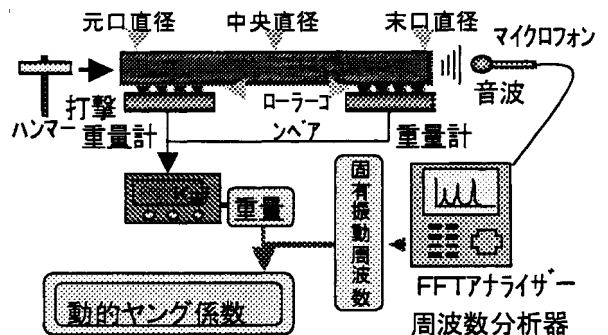


図-1 Efrの測定模式図

\*1 Mikeda, M. and Kii, H. : Evaluation of drying qualities and strength properties of large diametral logs of sugi produced in Oita prefecture.

\*2 大分県林業試験場 Oita Pref. Forest Exp. Stn., Hita, Oita 877-1363

ラーコンペアーを装着した2台の重量計(秤量:600kg及び300kg, 最小単位100g)上で重量を測定するとともに, 元口面をハンマーで打撃し, 末口面から固有振動周波数をリオン(株)製シグナルアナライザー(SA-77)を用いて, 読みとり精度2.5Hzで測定した。

Efrは, 次式により算出した。

$$Efr (gf/cm^2) = 4f^2 L^2 \rho / g$$

[ただし, f:固有振動周波数(Hz) L:材長(cm), g:重力加速度(980.665cm/s<sup>2</sup>), ρ:密度(g/cm<sup>3</sup>)]

体積は, 丸太の材長が4~7mと長く, 元玉根張り部分の2次テーパの影響が考えられることから, 丸太を中央で分割した2個の円錐台と見なし, 末口, 元口及び中央の直径をそれぞれの円周から算出し, 次式により求めた。

$$V (体積:cm^3) = \pi L (D_1^2 + D_1 D_2 + 2D_m^2 + D_m D_2 + D_2^2) / 24$$

[ただし, π:円周率, D<sub>1</sub>:元口直径(cm), D<sub>2</sub>:末口直径(cm), D<sub>m</sub>:中央直径(cm)]

(2) 結果及びその評価

生材時(n=361)のEfrは, 平均値が69.6tf/cm<sup>2</sup>(最小値36.6, 最大値96.3, 標準偏差8.4, 変動係数12.1%)であった。この値は, 当场がこれまで行ってきた中目丸太のEfr県内分布調査(n=1267, 平均値64.4tf/cm<sup>2</sup>, 最小値29.6, 最大値144.4, 標準偏差16.4, 変動係数25.4%)のEfrと比較すると(図-2), 約5tf/cm<sup>2</sup>高い値を示した。しかし, 変動係数は約13ポイント小さい値を示し, バラツキが小さかった。これは, 品種が限定さ

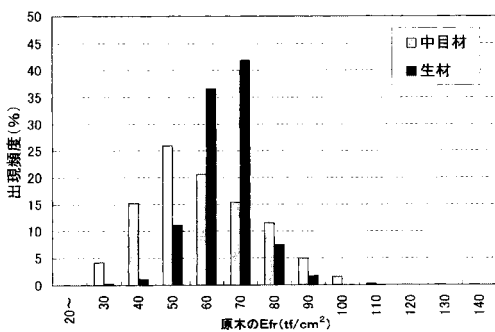


図-2 中目丸太との動的ヤング係数の比較

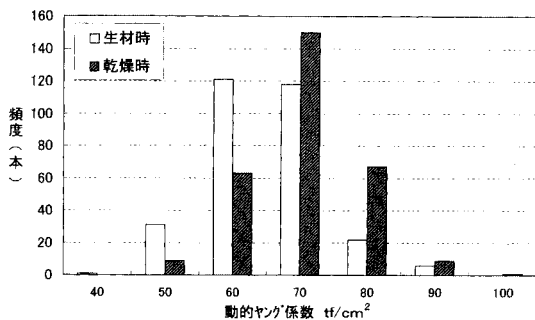


図-3 天然乾燥によるEfrの変化

れていたこと, 丸太がほぼ同一地域から出材されたことが原因と考えた。

また, 同一丸太(n=299)で生材時と8ヶ月間の天然乾燥後のEfrの変化を, 樹皮の有無, 材長の変化を無視して比較してみると, 図-3に示したように, 生材時のEfrの平均値は69.7tf/cm<sup>2</sup>(最小値47.8, 最大値96.3, 標準偏差7.9), 一方, 乾燥時のEfrの平均値は75.3tf/cm<sup>2</sup>(最小値53.0, 最大値100.3, 標準偏差10.6)であり, 乾燥が進むことによってEfrが平均で約8%上昇した。

IV. 乾燥

(1) 乾燥方法及び含水率測定方法

最終含水率の測定は, 丸太が実際に使用する建築材料のため, 基本的に破壊による方法を用いることができない。そこで, 後述する3種類の測定法を用い, 経時変化を把握するため, サンプル丸太を抽出した。サンプル丸太は, 品種毎に容積密度数を求め, その出現頻度及び使用丸太の長さ毎の割合を考慮してリュウノヒゲ及びウラセバルを各15本, 合計30本を選別した。

サンプル丸太の生材含水率は, 基本的に両木口から10~120cmの位置で厚さ3cmの円盤を採取し, 全乾法で求めた。この中からさらに各品種1本ずつの丸太について, 円盤から髓を通る幅5cmの板を採取し, 2cm毎に分割して全乾法で含水率を求めた。

サンプル丸太はその後8ヶ月間, 栈木を挟んで3段に積み上げ, 上部に簡易な屋根を設置した状態(写真-2)で天然乾燥を行い, 約1ヶ月毎に重量, 末口直径, 中央直径, 元口直径及び固有振動周波数を測定した。この間, 乾燥条件を把握するため, タバイエスベック社製のサーモレコーダRS-10を設置し, 温湿度を1時間毎に自動計測し, その値から平衡含水率を求めた。

8ヶ月後に, サンプル材の最終の含水率を3種類の測定法で求めた。丸太の長さ方向中央の内部含水率は, 木工用電動ドリルで穿孔した際の削片から全乾法で求めた。ドリル径は10mmで, 髓近辺まで穿孔(穿孔法)した。



写真-2 天然乾燥の状況

木口の含水率は厚さ 3 cm の円盤を元口，末口いずれかから 1 枚採取し，全乾法で測定（円盤法）した。表面含水率は高周波含水率計 MOCO-2 で，材長方向に表面の 5 か所を測定し，その平均値を求めた。

(2) 結果及び考察

品種毎の生材含水率を表-1 に示した。リュウノヒゲ及びウラセバルの平均含水率は，どちらとも元口が末口の約 2 倍の値を示し，地際部に近いほど含水率が高い傾向にあった。しかし，両品種間で比較すると，ウラセバルが元口，末口ともに約 15~20%，リュウノヒゲより高い値を示した。図-4 に品種毎の水分傾斜を示したが，両品種とも元口の心材部分に高含水率部が存在した。

8ヶ月間の天然乾燥による，サンプル材の品種毎の含

表-1 品種毎の生材含水率 (%)

区分	リュウノヒゲ		ウラセバル	
	末口	元口	末口	元口
n	5	14	10	15
AVG	49.1	119.3	71.6	135.2
MAX	72.1	165.6	99.7	167.9
MIN	35.6	99.5	43.6	91.8
SD	15.0	18.7	15.1	19.7

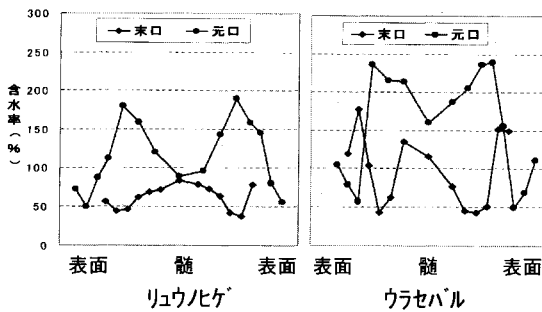


図-4 品種別の生材の材内含水率分布

含水率経時変化を図-5 に示した。含水率は穿孔法によって得た含水率を基に，1ヶ月毎に測定した重量から推定した。この間，天乾場所の乾燥条件である平衡含水率は平均で14.1%で，乾燥は徐々に進んだが，初期含水率の差は平行に変化し，8ヶ月後のサンプル材の平均含

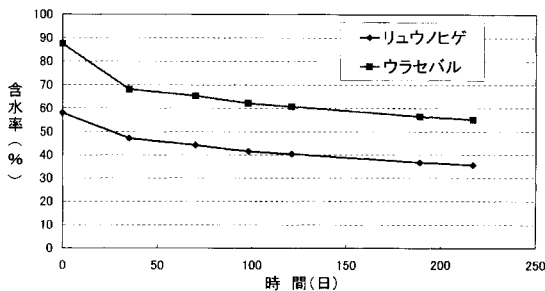


図-5 品種毎の含水率経時変化

水率は両品種とも繊維飽和点以上であった。

このように，スギ大径材は非常に乾燥しにくい材料で，心材部の初期含水率の低い品種を選択することが有効であると考えた。

最終含水率の測定結果を方法別に表-2 に示した。穿孔法による平均含水率は，両品種とも繊維飽和点以上であり，また，品種で比較するとウラセバルがリュウノヒゲより約20%高かった。しかし，全乾法による木口の平均含水率及び含水率計による測定では，表面の平均含水率は20%前後まで乾燥が進んでいた。この結果，スギ大径材の天然乾燥は，8ヶ月間で表面部分は20%前後まで乾燥するが，内部が繊維飽和点以下に減少するにはさらに長期間が必要と考えた。

表-2 測定方法別の含水率測定結果 (%)

区分	穿孔法		円盤法		含水率計	
	A	B	A	B	A	B
n	15	14	15	15	15	15
AVG	35.5	55.1	18.8	21.0	20.6	22.0
MAX	50.7	76.6	22.4	24.7	25.6	26.3
MIN	24.0	25.3	17.5	17.9	15.9	19.9
SD	7.1	15.1	1.2	1.9	2.8	1.7

※リュウノヒゲを A，ウラセバルを B とする

V. スギ大径材の長期天然乾燥

(1) 測定方法

サンプル材の中からリュウノヒゲ（長さ5.5m，末口径34.4cm）1本を当場に運搬し，その後1年6ヶ月間，屋内で引き続き天然乾燥を行った。この間，経時変化を把握するため，重量，長さ，周波数，円周長（元口，末口，中央）を測定した。乾燥期間中は乾燥条件を把握するため，温湿度を自動計測した。そして，平成10年8月の測定開始から2年2ヶ月後の平成12年9月，最終の測定を行った。この測定では定期的な測定項目の他に，材内の含水率傾斜を把握するため，図-6 に示したように丸太から等間隔に円盤を採取し，円盤から髓を通る幅5cmの板を採取し，2cm毎に分割して全乾法で含水率を求めた。また，幅1mm以上の割れについて，元口，末口，表面別に割れ幅及び割れ長さを測定した。

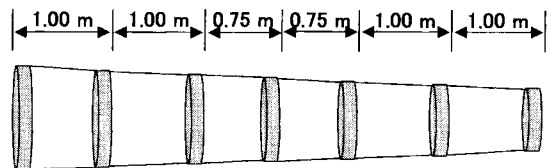


図-6 円盤の採取位置



# 大分県内に建つ木造校舎の実態調査\*1

井上 正文\*2 ・ 田中 圭\*2 ・ 熊澤 範興\*2 ・ 秋田 智洋\*2

## I. はじめに

木材は、その肌触り、自然な香り、見た目の美しさなどにより、古来より歴史的変遷を経て受け継がており、現在でも木造住宅の人気は高い。さらに近年、木質構造による工場・体育館などの大スパン建築も増加しつつある。このような中で、木材を使用した代表的な建築物の一つに木造校舎があり、大分県内にはまだ比較的多くの木造校舎が残っている。木造建築物は通気性に優れており、鉄筋コンクリート構造の建物に発生する、結露の問題も木造建築物であれば起こらない。その上、木造校舎は夏涼しいという利点もある。最近では、新しく小学校等を建設する場合、地域住民の方々と先生方が中心となって、鉄筋コンクリートの校舎ではなく、木造校舎で造ってほしいと嘆願書を提出する場合もある。昨今、過疎化に伴う生徒の減少により、休・廃校になった木造校舎も少なくなく、使用可能な状態にもかかわらず、管理が行き届かないため廃墟と化している校舎もあり、そのため取り壊しの危機に瀕している。木造校舎がかもします、すばらしい教育環境とカーボンストックとしての木造校舎を、このまま失うのは社会の大きな損失と言わざるを得ない。これら木造校舎は、耐震補強や補修によって継続使用が可能なものもあり、さらに公民館や地域住民の活動の場など、別の用途として利用することも可能である。

そこで、我々はまず、大分県内の木造校舎の現状を把握するため、大分県内に現存するすべての木造校舎に向き、使用状況（現在使用中・休校・廃校・他用途に利用等）を調査し、教職員等から聞き取りを行うとともに老朽化の進行状況、構造形式、平面計画、接合法等を調査し、分析する。その上で、重要と思われるいくつかの学校についてより詳細な調査を行い、補強・補修計画を検討する予定である。これまでに大分県内の木造校舎を有する学校81校中、74校の調査を実施したので、その結果について報告する。

## II. 調査概要

### (1) 調査項目

木造校舎の現状を把握するために、使用状況、竣工年、老朽化の進行状況、構造形式、平面計画、接合法等を調査した。

### (2) 調査の実施方法

大分県内の各市町村担当職員の方のご協力により、校舎の現地視察を実施し、内観・外観及び床下・天井裏などの可能な部分の写真撮影を行うとともに、主要部分の寸法の計測を行った。また、現在も使用されている校舎に関しては、教職員や児童・生徒からの聞き取り調査をおこない、休校・廃校校舎に関しては周辺住民やOBの方からお話を伺った。また、県および市町村の教育委員会が所有する資料や各学校の学校要覧などの閲覧を行い、関係資料を抽出した。写真1に聞き取り調査の様子を示す。



写真-1 聞き取り調査の様子

## III. 調査結果

図1に大分県の木造校舎の分布状況を示す。図より県南部の臨海地域には数が少なく、大部分が県西部の内陸

\*1 Inoue, M., Tanaka, K., Kumazawa, N. and Akita, T. : Survey of wooden schoolhouse in Oita prefecture

\*2 大分大学工学部 Fac. of Eng., Oita Univ., Oita 870-1192