

平成 22 年度 グローバル COE プログラム
「生存基盤持続型の発展を目指す地域研究拠点」
次世代研究イニシアティブ 成果報告書

課題名：「インドネシア木造住宅の生物劣化被害調査」

調査地：ジョグジャカルタ（インドネシア）

氏 名：森 拓郎（京都大学生存圏研究所、助教）

築瀬佳之（京都大学大学院農学研究科、助教）

Dr. Sulaeman Yusuf (LIPI Urban Pests Management)

1. はじめに

イニシアティブ 3 において考えられている「地域生存基盤の再生研究」では、生存基盤の再生が謳われている。地域の生存基盤と考えれば様々なものが挙げられるが、世界中どの地域においても生存基盤として最も重要とされるもののひとつに「住」があげられる。これは、掘っ立て小屋から、きちんと設計された住宅や集合住宅まで様々である。インドネシアでは、それほど多くの木造建築物があるわけではないが、今後の資源利用を考えると大いに発展する分野である。

そこで、本研究では、インドネシアのジョグジャカルタで発達した「ジョグロ」といわれる形式の木造建築物を対象として、王宮及び住宅の建築を取り上げ、これら木造建築物における生物劣化被害について調査することを目的とした。これは、インドネシアの伝統的建築物を支える技術で、長年用いられてきた技術であるため、今後のインドネシアの建築を支える技術にも発展しうると考えてのことである。ただし、用いられている材料は耐久性が比較的高く、高価なチーク材であるため、一般住宅への落とし込みを考える上では材料としてはさらなる検討が必要である。本調査では、5つの王宮の建築物、また6棟4軒の住宅、計11棟を対象として実施した。

2. 調査概要

写真 1、2 に示すようなジョグロ建築を調査対象とした。ジョグロ建築では、すべての部材にはチーク材が用いられている。これらの材について、断面寸法及び含水率（ケット社製、HM530）などを計測した。また、建物の寸法についても計測し、柱などの位置情報もデータとして収集した。加えて、部材の劣化診断などに用いられる超音波速度計測機器（秋田 SKK 社製、Dr.Wood）を用いて、部材中の超音波伝搬速度を計測した。写真 3 に、含水率の計測と超音波伝搬速度計測の様子を示す。また、シロアリ被害がある位置については、被害材中でのシロアリの生息を検知するためにアコースティックエミッションを用いたセンサによる調査も併せて行った。

ここで、ジョグロについてふれておくと、王宮型のジョグロ建築では大規模な建物が単体で建設されているのに対し、住宅型では客間用のゲストハウスと実際に生活している母屋とが対になって建設されているところが大きく異なっている。また、住宅型の母屋については現在の住まい手に合わせて、土間がなくなっていたり、完全にコンクリートで覆われている

ものなどがあり、様々な状態になっていた。ただし、コンクリートで建て直されていた建屋以外では、規模が違うだけですべて同様の形式で建築されていた。ちなみに王宮の建築物は、約 170 年経過しており、住宅型のものについては 100 年から 200 年ほど経過しているとのことであった。



写真1 王宮のジョグロ建築



写真2 住宅のジョグロ建築（ゲストハウス）



写真3 含水率の計測（左）と超音波伝搬速度計測（右）

3. 調査結果の例

本調査で得られたデータについて、王宮の建物で1つ、住宅で1つについてデータを示す。

最初に、王宮型のジョグロについて示す。図1に建物（Srimanganti hall）の柱配置図を、表1に計測した各柱の含水率と超音波伝搬速度を示す。ここで、BottomとMiddleとTopは、柱の計測位置を示し、それぞれ脚部から約300mm、約1000mm、約2000mmの位置とした。

本建築物は170年を経過した建物であり、同様の建築物で4年前に建築されたものが隣に建てられていた。超音波伝搬速度の計測については、E-1、E-5、F-1などで伝搬速度の低い部材がみられた。これらの部材については強度が低下しているものと考えられる¹⁾。また、

腐朽の被害が脚部から進行しているためか、柱頭部では低い値は計測されなかった。ただし、屋根材には腐朽被害がみられるため、柱のより高い位置では被害がある可能性は否定できない（柱高さ 5m 以上に対して調査した範囲が 2m ほどまでだったため）。シロアリ被害については多くの柱で観察されたが、それほど深くまで進入している様子は見られなかった。本調査で確認されたシロアリ被害は、被害状況から判断して乾材シロアリによるものであると推測したが、対象建築物内ではシロアリの生息を確認することはできなかったため、種を特定するには至らなかった。次に、含水率については、含水率が高い部材もみられたが、外部に面している部分の部材の含水率が高いなどといった傾向はみられなかった。ただし、柱脚よりも柱頭部の方が低い傾向はみられた。また、含水率と超音波伝搬速度についての相関はみられなかった。新築された王宮型のジョグロでは、チークの乾燥が足りないためか比較的高い含水率の材が散見された。ただし、腐朽やシロアリによる被害はほとんどみられず、チークの耐久性の低下に伴ってこれらの被害が起こるのか、環境によって起こるのかについては判断できなかった。これらの課題については、今後検討していきたいと考えている。

表 1 王宮型の柱の含水率と超音波伝搬速度の計測値の例

Post	Moisture content (%)			Ultrasonic velocity (m/s)		
	Bottom	Middle	Top	Bottom	Middle	Top
A-1	13.0	10.5	13.5	1827	1663	1730
A-2	14.0	11.5	14.0	1496	1651	1800
A-3	11.5	11.0	12.5	1642	1832	1850
A-4	14.0	13.0	15.0	1710	1615	1721
A-5	12.5	11.5	12.0	1851	1923	1851
A-6	15.0	11.0	11.0	1785	1934	1869
B-1	18.0	12.5	11.5	1057	1693	1534
B-2	23.0	15.5	12.5	1517	1510	1556
B-3	17.0	13.0	12.5	1764	2012	1877
B-4	12.0	10.0	10.5	1467	1790	1955
B-5	16.5	12.5	14.5	2129	1658	1864
B-6	14.5	17.0	14.5	1534	2143	1742
C-1	15.5	9.5	15.0	1812	1812	1895
C-2	15.5	13.0	14.0	1735	1744	1503
C-3	28.5	25.5	29.0	1447	1766	1801
C-4	29.5	25.0	23.5	1693	1721	1946
C-5	12.5	11.0	9.5	1462	1583	1680
C-6	12.0	13.0	10.5	1595	1673	1663
D-1	14.0	12.5	9.5	1843	2022	1818
D-2	14.5	11.5	11.0	2050	2000	1735
D-3	31.0	25.0	25.5	1435	1771	1761
D-4	33.5	30.5	30.5	1740	1826	1826
D-5	11.0	13.0	14.0	1538	1880	1919
D-6	15.5	12.5	12.0	1958	1918	1818
E-1	14.5	12.0	12.5	1178	1982	1667
E-2	17.0	12.5	11.5	1667	2006	1803
E-3	12.5	10.5	10.5	1875	1583	1746
E-4	12.0	12.5	14.0	1759	2003	1824
E-5	14.0	11.0	12.0	786	1624	1531
E-6	15.5	11.5	12.0	1811	1858	1986
F-1	15.5	11.5	12.5	918	1904	1989
F-2	13.5	12.5	12.0	1736	1782	1765
F-3	13.5	13.5	12.5	1811	1857	1798
F-4	20.5	16.5	17.0	1702	2004	2056
F-5	14.5	12.5	12.0	1875	2038	2000
F-6	12.0	12.0	10.5	1408	2190	1834

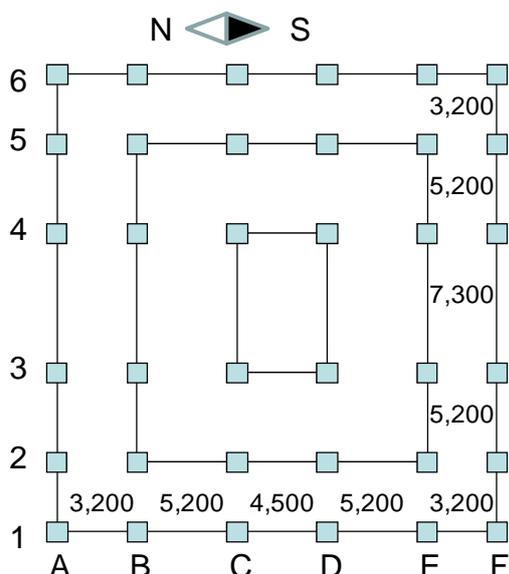


図 1 王宮型ジョグロの Srimanganti Hall の柱配置図 (単位: mm)

次に、住宅型のジョグロについて示す。図2に建物（Guest House）の柱配置図を、表2に計測した各柱の含水率と超音波伝搬速度を示す。ここで、Bottom と Middle と Top は、先ほどと同様に柱の計測位置を示し、それぞれ脚部から約 300mm、約 1200mm、約 1800mm の位置とした。

本建築物は 200 年を経過した建物である。超音波伝搬速度の計測については、カンザイシロアリによる被害を受けている部材で 1500m/s を下回る値が得られた。これらの部材については強度が低下しているものと考えられる¹⁾。また、乾材シロアリによる被害は柱脚というよりはむしろ柱頭部に多くみられた。被害がみられた箇所について AE センサによるシロアリの活性の調査を行ったが反応が見られず、シロアリを発見するには至らなかった。次に、含水率については、外回りの柱脚部で高い部材もみられた。雨期の始まりに調査したために、外部と内部で含水率に大きな差がみられた。また、前述と同様に含水率と超音波伝搬速度についての相関はみられなかった。

建物の規模及び建築年数の若干異なる二つの建物について比較すると、規模が小さいためか、Guest House の方が状態としてはいいように見受けられた。王宮型についてはその都度補修が行われているとのことであったが、補修方法が劣化を受けて穴が開いた箇所にコンクリートを詰めることや塗装をすることとなっており、これらの対応方法にも問題があると考えられる。ただし、用いている材がかなり大断面であるため、すぐに劣化してしまうという印象は受けなかった。今後、これらの建築物について継続的な調査を行っていきたいと考えている。

表2 住宅型の柱の含水率と超音波伝搬速度の計測値の例

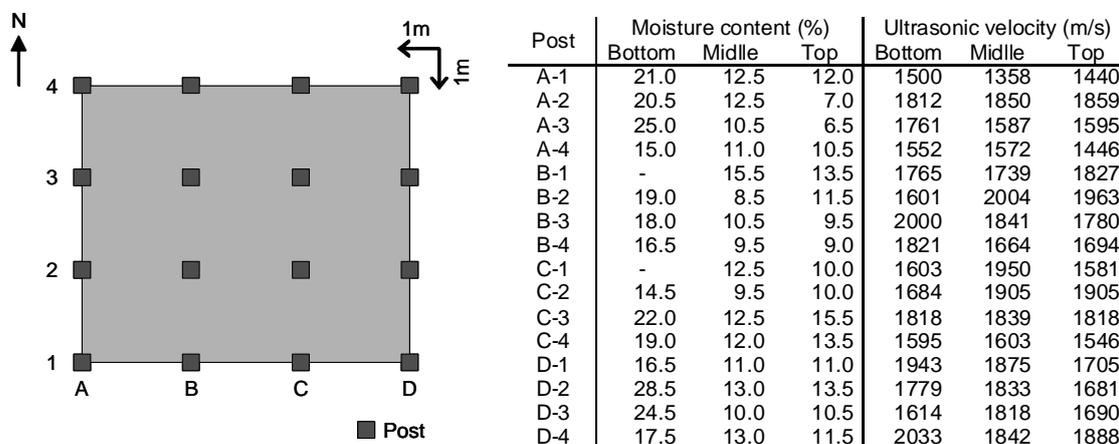


図1 住宅型ジョグロの Guest House の柱配置図

4. まとめ

生物劣化の観点からほとんど調査されてこなかったジョグロ建築を対象に、王宮と住宅という異なるタイプについて、調査を行った。その結果、風通りの良い建築様式であるのに含水率が高い部材がみられ、腐朽の危険度が高い箇所が散見されることがわかった。また、乾材シロアリによる被害がかなりみられ、これらの対応についても検討する必要があると考えられる。今回行ったような調査によって、建物の生物劣化による被害について検討可能であ

ることがわかった。

今後、これらのデータをより詳細に精査すると共に、継続的調査を行うことで進行の度合いなどを評価していきたいと考えている。加えて、すでに300年以上経たジョグロ建築が現存している都市があるため、これらの調査についても実施したいと考えている。併せて、建物に用いられているチーク材の産地別耐久性調査や抽出成分の調査、そして残存耐力評価などに発展させることによって、より安全で耐久性のあるジョグロ建築の維持に貢献できると考える。また、これら調査や評価研究においては、現地の大学（ガジャマダ大学やイスラム大学など）との共同研究などへの発展が考えられ、あらかじめ採取できた腐朽菌（今回の分についてはまだ同定できていないが）やシロアリに対する耐久性試験などに展開できると考えている。もちろん、今後インドネシアで用材として使用され则认为られる樹種についても同様の検討を行うことで、住宅などに用いられている木材がより有効に長きにわたって使われるための基礎知識となると考える。

謝辞

本調査を実施するに当たり、筑波大学大学院生命環境科学研究科 土居修一教授、Faculty of Forestry, University of Gadjah Mada Joko Sulistyو 博士及び Ziyadatil Inayah 氏、Research and Development Unit for Biomaterial, Indonesian Institute of Sciences Maya Ismayati 氏、京都大学生存圏研究所 Yulianto P Prihatmaji 氏に、現地でご助力いただきました。また、調査の調整に当たって、京都大学生存圏研究所 吉村剛教授にご助力いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 森 拓郎、香東章博、築瀬佳之、小松幸平、シロアリ食害材の強度特性と密度および超音波伝搬速度の関係、材料、日本材料学会、Vol.59、No.4、pp.297-302、2010