การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของลำไม้ไผ่เพื่อจำแนกชั้นคุณภาพทางโครงสร้างของไม้ไผ่ซางหม่น
Compression resistance of bamboo culms for structural grading of *Dendrocalamus sericeus* Munro

ภาณุมาศ ตั้งผดุงรัชต์[1,*] ชยานนท์ หรรษภิญโญ[1] ชินพัฒน์ บัวชาติ[1] ปิยะพงษ์ วงค์เมธา[1] และ พรรณนิภา เชาวนะ[2]

[1] *สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่*
[2] *สาขาวิชาปิโตรเคมีและพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช*
**Corresponding author; E-mail address: panumat_ta@cmu.ac.th*

บทคัดย่อ

,

Indicating Properties)

,

Compression stress) Ultimate
load) (r) – 0.88
– 0.89

(Dendrocalamus) (Gigantochloa)
(Thyrsostachys) (Bambusa)
(Schizostachyum)

***คำสำคัญ**: กำลังรับแรงอัด, กำลังรับหน่วยแรงอัด, ดัชนีบ่งชี้คุณสมบัติ, จำแนกชั้นคุณภาพทางโครงสร้าง*

***Keywords**: Compression load, Compression stress, Indicating properties, Structural grading*

1. คำนำ

Abstract

Bamboo is a natural material with the potential for sustainable construction. However, uncertainty in the bearing capacity of the bamboo results in nonstandard values for structural engineering design. This study develops the structural grading of *Dendrocalamus sericeus* Munro, subjected to axial compression to determine the correlated non-destructive indicating properties, i.e., outer diameter, culm wall thickness, eccentricity, density, and linear mass. From the statistical test values, density and linear mass are the best indicating properties for compression stress and ultimate load with the correlation coefficient (r) of 0.54 – 0.62 and 0.88 – 0.89. From the study results, the compressive strength of the bamboo can be predicted for structural design when the density and the linear mass are known.

ISO

:12004 2om ISO12662 4: 2018

Density)

(Allowable Stresses, σ_{all})

$$R_k = R_{0.05}\left(1-\frac{2.7\cdot S_D}{\mu\sqrt{n}}\right) \quad (12)$$

$$\sigma_{all} = R_k \cdot G \cdot \frac{D}{S} \quad (13)$$

$R_{0.05}$ percentile S_D
μ n
G
D
(1.0
) S

2.4 การจำแนกชั้นคุณภาพตามความสามารถในการรับแรงในแนวแกน

ISO 19624
(14)
x_i
y_i) (15)
95% The 5% exclusion
limit: $R_{0.05}$)

$$y_i = a + bx_i \quad (14)$$

$$R_{0.05} = y_i - t_{(v,0.95)} \cdot S_E \quad (15)$$

$$S_E = \left(1+\frac{1}{n}+\frac{\left(x_i-\bar{x}\right)^2}{\Sigma\left(x_i-\bar{x}\right)^2}\right)^{0.5} \cdot S_r$$

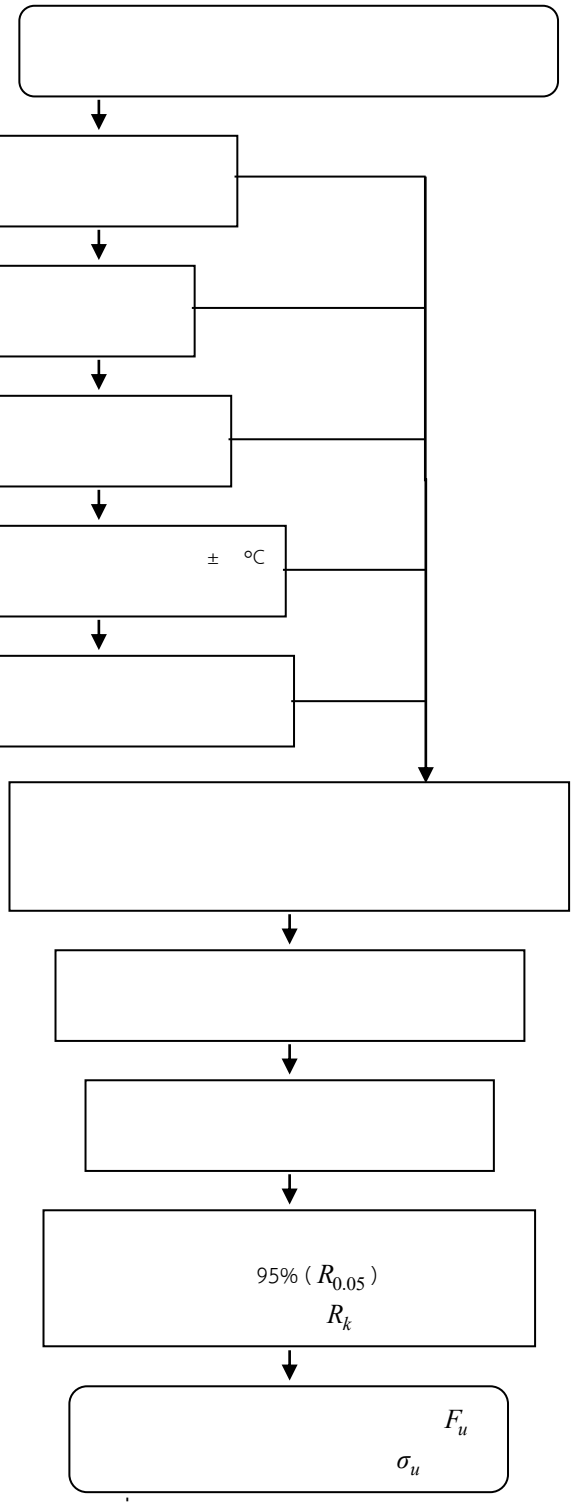
a y_i x_i b
x_i n S_E Standard error of prediction at a given value of x_i S_r Standard error of regression x_i Predictor value) $\bar{x}$
Mean of predictor) $t_{(v,0.95)}$
t-Test v %
(one tail student's t-distribution value with v degree of freedom for 95% probability)

3. วิธีการวิจัย

3.1

ISO
[5] *Dendrocalamus sericeus*
Munro)

15



รูปที่ 2

15
1:1.5 15

39
116

(Internode) (Node)

3.2 การจำแนกชั้นคุณภาพ

Coefficients of correlation: r) ( )

$$r = \frac{\left(\frac{1}{n-1}\right)\left(\Sigma XY - \left(\frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{n}\right)\right)}{S_x \cdot S_y}$$

X Y
S_x S_y

ตารางที่ 1 r

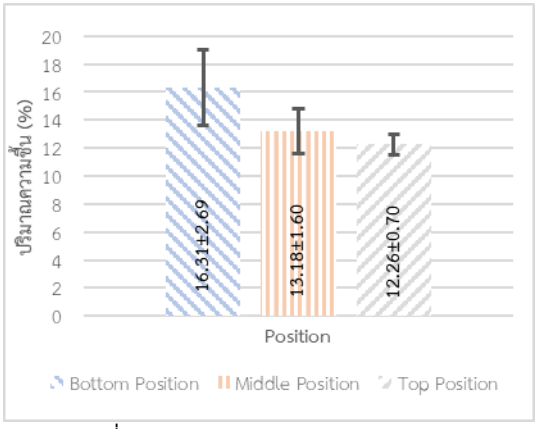
(r)	
-0.01	Trivial
	(Low - moderate)
	(Moderate – substantial)
	(Substantial – very strong)
	(Very strong)
+0.90	(Near perfect)

Confidence band method
ISO 19624: 2018 [6]

ตารางที่ 2

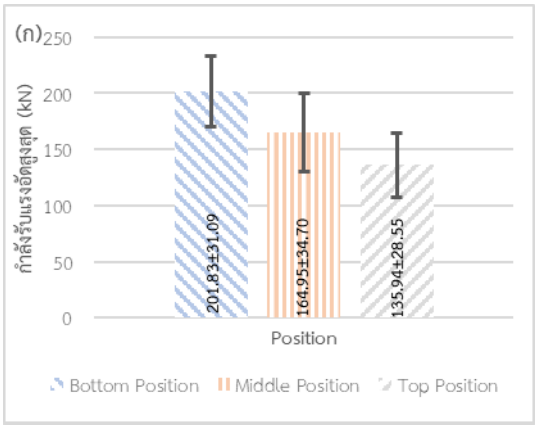
	n	Min	Max	mean	SD.
1					
t,	116	6.78	27.29	13.21	4.75
(D,)	116	74.60	109.29	89.83	7.88
M_c, %	116	11.07	23.70	14.06	2.62
e_c	116	0.05	0.41	0.24	0.07
o_v	116	0.91	1.00	0.97	0.02
ISO d_o	116	0.00	0.09	0.03	0.02
(ρ_a,)	116	546.71	1,113.26	848.36	122.98
(ρ_o,)	116	485.86	1,001.36	744.07	109.06
% (ρ_{12},)	116	544.16	1,121.52	833.36	122.15
(q_a,)	116	1.06	4.92	2.62	0.80
(q_o,)	116	0.94	3.98	2.29	0.66
% (q_{12},)	116	1.05	4.46	2.56	0.74

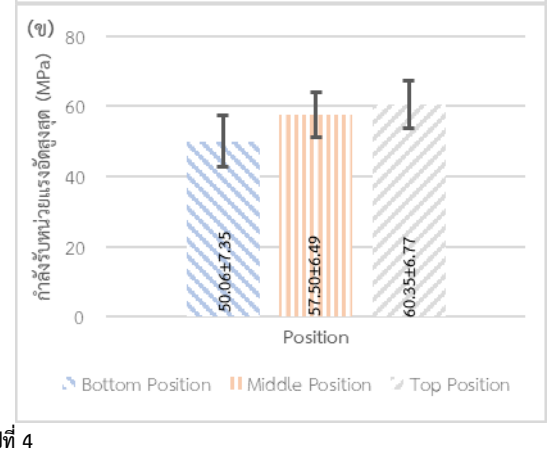
4. ผลการวิจัย



รูปที่ 3

±





รูปที่ 4

±

kN)

MPa)

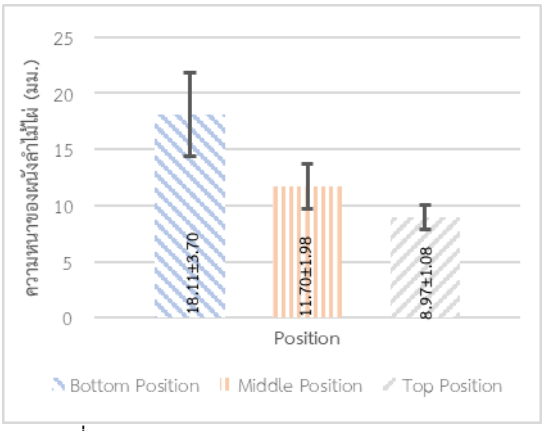
± kN

± kN ± kN

± MPa

± MPa ±

MPa



รูปที่ 5

4.3 ความหนาแน่น (Density: ρ) และมวลเชิงเส้น (Linear mass: q)

ρ_a , q_a)

ρ_o , q_o) ρ_{12} , q_{12})

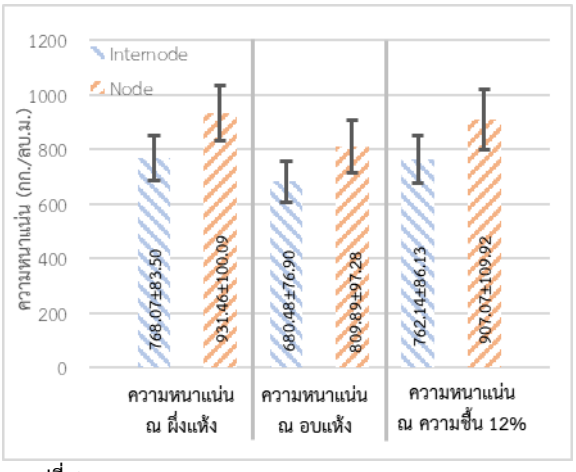
ISO [9]

12%

12%

14.06%

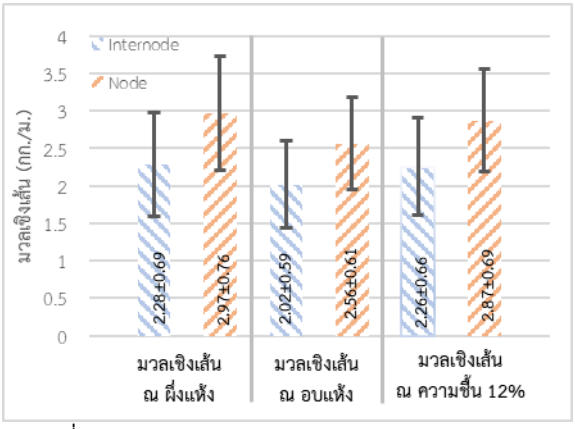
12%



รูปที่ 6

±

±



รูปที่ 7

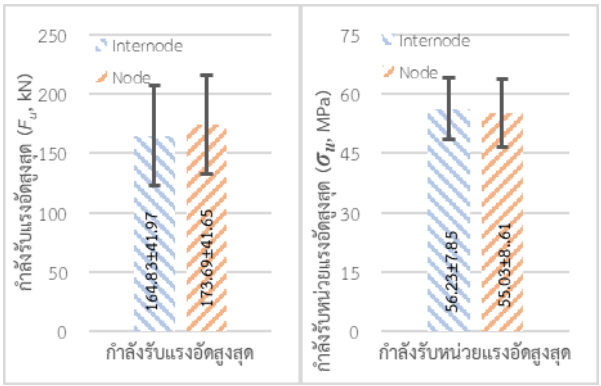
internode) node)
diaphragms)

4.4 ความสมบูรณ์ของหน้าตัดตามขวาง

eccentricity: e_c)
Ovality: o_v) ISO (ISO Ovality: d_o)
± , ± , ±

4.5 ความสามารถในการรับแรงในแนวแกน

Ultimate load, F_u)
Ultimate compression stress, σ_u)
± kN ± MPa



รูปที่ 8

Ultimate load, F_u)
Ultimate compression stress, σ_u)

4.6 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณสมบัติ (Indicating properties: IP) กับความสามารถในการรับแรงตามแนวแกน

ตารางที่ 3 Coefficients of correlation: r)
Indicating properties: IP)

	r	
	(F_u, kN)	(σ_u, MPa)
t,	0.76	-0.63
(D,)	0.53	-0.05
M_c, %	0.49	-0.54
e_c	-0.04	0.10
o_v	0.02	-0.08
ISO d_o	-0.02	0.08
(ρ_a,)	-0.03	0.54
(ρ_o,)	-0.10	0.62
% (ρ_{12},)	-0.10	0.62
(q_a,)	0.88	-0.35
(q_o,)	0.89	-0.32
% (q_{12},)	0.89	-0.32

t
D
F_u
t
σ_u

Bahtiar E. T. [7]

r)

σ_u r

σ_u

F_u r

F_u

σ_u

r r

F_u

σ_u r

F_u σ_u

r

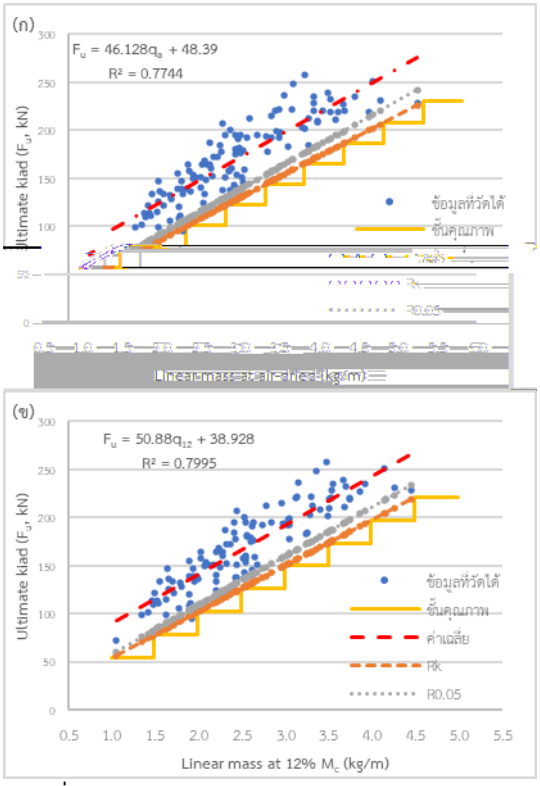
F_u σ_u

r

e_c o_v

ISO (d_o) F_u

σ_u



รูปที่ 9

12%

ตารางที่ 4

(q_a)

(q_a , kg/m)	(Ultimate load: F_u , kN)			$\overline{R} / R_k$
	$\overline{R}$	$R_{0.05}$	R_k	
1.00 – 1.49	105.82	72.53	68.03	1.56
1.50 – 1.99	128.88	95.55	89.62	1.44
2.00 – 2.49	151.95	118.57	111.22	1.37
2.50 – 2.99	175.01	141.59	132.81	1.32
3.00 – 3.49	198.08	164.61	154.40	1.28
3.50 – 3.99	221.14	187.63	175.99	1.26
4.00 – 4.49	244.20	210.65	197.58	1.24
4.50 – 4.99	267.27	233.67	219.17	1.22
	290.33	256.69	240.76	1.21

ตารางที่ 5

12% (q_{12})

(q_{12} , kg/m)	(Ultimate load: F_u , kN)			$\overline{R} / R_k$
	$\overline{R}$	$R_{0.05}$	R_k	
1.00 – 1.49	103.27	70.88	66.48	1.55
1.50 – 1.99	128.71	96.28	90.31	1.43
2.00 – 2.49	154.15	121.68	114.13	1.35
2.50 – 2.99	179.59	147.09	137.96	1.30
3.00 – 3.49	205.03	172.49	161.79	1.27
3.50 – 3.99	230.47	197.89	185.62	1.24
4.00 – 4.49	255.91	223.30	209.44	1.22
	281.35	248.70	233.27	1.21

F_u

σ_u

4.7 การจำแนกชั้นคุณภาพของกำลังรับแรงอัดสูงสุด (F_u) และกำลังรับหน่วยแรงอัดสูงสุด (σ_u)

q_a q_{12}

F_u

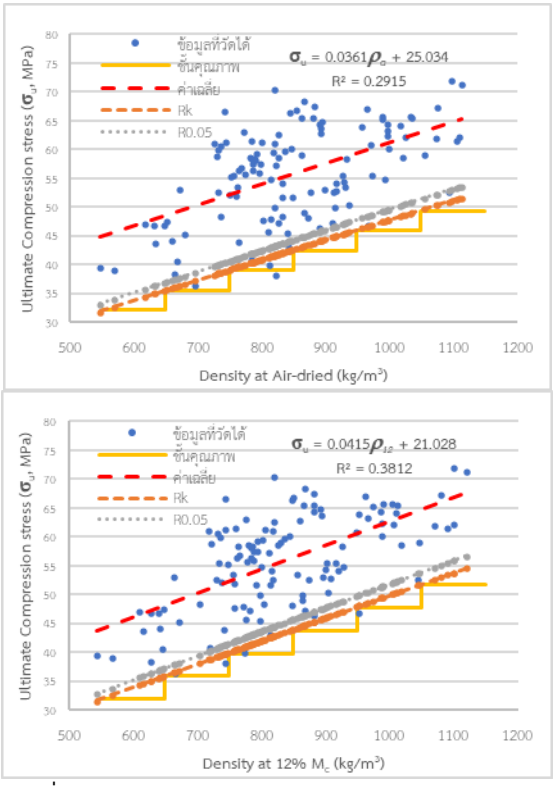
$R_{0.05}$ R_k

ρ_a ρ_{12}

σ_u

$R_{0.05}$

R_k



รูปที่ 10

( ) %

ตารางที่ 6

(ρ_a)

(ρ_a , kg/m)	(Ultimate compression stress: σ_u , MPa)			$\overline{R} / R_k$
	$\overline{R}$	$R_{0.05}$	R_k	
550 – 649	46.68	35.04	33.77	1.38
650 – 749	50.29	38.64	37.24	1.35
750 – 849	53.90	42.24	40.71	1.32
850 – 949	57.51	45.84	44.18	1.30
950 – 1049	61.12	49.44	47.65	1.28
	64.73	53.04	51.12	1.27

ตารางที่ 7

12% (ρ_{12})

(ρ_{12} , kg/m)	(Ultimate compression stress: σ_u , MPa)			$\overline{R} / R_k$
	$\overline{R}$	$R_{0.05}$	R_k	
550 – 649	45.91	35.11	33.83	1.36
650 – 749	50.06	39.25	37.82	1.32
750 – 849	54.21	43.39	41.81	1.30
850 – 949	58.36	47.53	45.80	1.27
950 – 1049	62.51	51.67	49.79	1.26
1050	66.66	55.81	53.78	1.24

$\overline{R} / R_k$

R_k $\overline{R}$

Limit state design) LRFD

7

Characteristic value: R_k)

Allowable stress)

5. สรุปผลงานวิจัย

Indicating Properties)

σ_u F_u

r)

σ_u r)

F_u

r)

F_u σ_u

r)

F_u σ_u

r)

R

ISO

Indicating Properties)

F_u

เอกสารอ้างอิง

Canavan, S., Richardson, D. M., Visser, V., Roux, J. J., Vorontsova, M. S., and Wilson, J. R. (2016) "The global distribution of bamboos: assessing correlates of introduction and invasion," *AoB Plants,* Dec

, "

,"

Chaowana, K., Wisadsatorn, S., and Chaowana, P. (2021) "Bamboo as a Sustainable Building Material—Culm Characteristics and Properties," *Sustainability,* vol. , no.

Daram, S. (2019) "The Analysis of Safety Factor for Bamboo Used in Construction," *Journal of Architecture, Design and Construction,* vol. , no. , pp.