# ยุ้งข้าวทำด้วยปูนทรายเสริมไม้ไผ่

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

นาย สุทัศน์ จันทร์แสงเพ็ชร์

005763

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

117959276

# A STUDY OF BAMBOO AS REINFORCEMENT FOR RICE BINS

Mr. Sutat Chansangpetch

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by the Graduate School Chulalongkorn University in partial fulfillments of the requirement for the Degree of Master of Engineering

Visid Prachuabmoh.
..................................
(Prof. Dr. Visid Prachuabmoh)
Dean of the Graduate School.

Thesis Committee .................................. Chairman
(Prof. Dr. Niwat Daranandana)

Mana Vongpivat
.................................. Advisor
(Mr. Mana Vongpivat)

.................................. Member
(Assistant Dr. Sutham Suriyamongkol)

.................................. Member
(Dr. Pramote Tiewtranon)

Thesis Advisor : Mr. Mana Vongpivat

Copyright 1976
by
The Graduate School
Chulalongkorn University

---

Thesis Title A Study of Bamboo as Reinforcement for Rice Bins

By Mr. Sutat Chansangpetch

Department Civil Engineering

Thesis Title A Study of Bamboo as Reinforcement for Rice Bins.

Name Mr. Sutat Chansangpetch

Academic Year 1976

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ABSTRACT

The purpose of this investigation is to study the suitability of bamboo as reinforcement for conical rice bins, and to compare the theoretical analysed structure of conical rice bins as composite and isotropic materials to the field test measurement of deflections and strains of a conical rice bin. The mechanical properties of bamboo and mortar were determined by tests, the result of which will be used in the design.

Bamboo, one of the most common materials available in many parts of Thailand, may be proved to be a good substitute for steel because of its high tensile strength and is also the low-cost construction material. In the investigation a variety of bamboo scientifically called Thrsostachys Oliveri Gamble known locally as Pai Ruak in Thailand was used. The test results also showed that the average ultimated tensile strength, the average modulus of elasticity and the average bond stress between bamboo and

mortar are 1937 kg/sq.cm, $2.64 \times 10^5$ kg/sq.cm and 8.35 kg/sq.cm respectively.

The mortar used for all the test samples had cement-sand ratio of 1 : 2 by weight with a water cement ratio of 0.45. The average ultimate compressive strength and the average modulus of elasticity of mortar were determined by cylindrical control specimens (15 cm. dia. x 30 cm.) as 408 kg/sq.cm and $3.0 \times 10^5$ kg/sq.cm respectively and from cube control specimens (5.0 cm x 5.0 cm x 5.0 cm) as 325 kg/sq.cm and $3.25 \times 10^5$ kg/sq.cm respectively.

A prototype rice bin was constructed at the site at Chulalongkorn University. Measurements were carried out, using dial gages for deflections and electrical resistance strain gauges for strains at various positions shown in Figs. (22), (23). Test results showed that the bin occured higher deflections than the deflections calculated from theoretical analysis about 50 percent. The bin did not crack but sparse permeation in the bin occured. This is because there is a loss of moisture content of mortar during construction, and because the mortar had not been mixed with sealing compound and also because the water pressure was 2.25 m. height which was too high. The compressive strength of mortar occured lower than the compressive strength calculated from theoretical analysis about 19 percent but the tensile strength of bamboocement was equal to those calculated.

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ยุ้งข้าวทำด้วยปูนทรายเสริมไม้ไผ่

ชื่อ นายสุทัศน์ จันทร์แสงเพชร์

ปีการศึกษา 2519

บทคัดย่อ


การศึกษานี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมของการเอาไม้ไผ่มาทำเป็นโครงรูปกรวย แล้วฉาบด้วยปูนทราย โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของยุ้งข้าวรูปกรวยเป็นวัสดุผสม (composite materials) และวัสดุเหมือนทุกทิศทาง (isotropic materials) แล้วเปรียบเทียบระยะโก่งตามแนวราบและความเค้นกับการทดลองในสนาม พร้อมทั้งหาคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ และปูนทราย เพื่อใช้ในการออกแบบ

ไม้ไผ่เป็นวัสดุที่มีมากมายในประเทศ ราคาก็ถูก และหาได้ง่ายในทุกภาคของประเทศไทย อาจจะพิสูจน์ได้ว่าใช้แทนเหล็กได้ดี เพราะมีแรงดึงสูง เนื่องจากไม้ไผ่มีอยู่มากมายหลายชนิด มีอยู่ชนิดหนึ่ง ที่ทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า ไธรโซสแท็คซี้ อ็อลลิเวอรี แกมเบิล (Thyrsostachys Oliveri Gamble) ในประเทศไทยที่เราเรียกกันตามท้องถิ่นว่าไม้ไผ่รวก ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผลการทดลองแสดงด้วยว่า ค่าเฉลี่ยของแรงดึงประลัย โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่น และค่าเฉลี่ยของแรงยึดหน่วงระหว่างไม้ไผ่กับปูนทราย เป็น 1937 ก.ก. ต่อตารางซ.ม., $2.64 \times 10^5$ ก.ก. ต่อตาราง ซ.ม. และ 8.35 ก.ก. ต่อ ตาราง ซ.ม. ตามลำดับ

ปูนทรายซึ่งใช้ในการทดลองมีอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 2 โดยน้ำหนัก กับ อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.45 ผลการทดลอง

ได้ค่าเฉลี่ยแรงดึงประลัยและโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของปูนทราย ตัวอย่างรูปทรงกระบอกมาตราฐานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซ.ม. สูง 30 ซ.ม. มีค่าเป็น 408 ก.ก. ต่อ(ซ.ม)$^2$ และ 3.0 x $10^5$ ก.ก. ต่อ(ซ.ม)$^2$ ตามลำดับ และหาจากตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ มาตราฐาน ขนาด 5 ซ.ม.x 5 ซ.ม.x 5 ซ.ม. มีค่าเป็น 325 ก.ก. ต่อ (ซ.ม)$^2$ และ 3.25 x $10^5$ ก.ก. ต่อ (ซ.ม)$^2$ ตามลำดับ

ยุ้งข้าวขนาดเท่าของจริง ซึ่งใช้ในการทดลอง ได้สร้างในบริเวณจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย โดยใช้ Dial Gages สำหรับวัดระยะโก่งตามแนวราบ และ Electrical Resistance Strain Gaugesสำหรับวัดความเค้นที่ระยะต่าง ๆ ตามที่แสดงในรูป (22) และ (23) ผลการทดลองแสดงว่ายุ้งข้าวมีระยะโก่ง ตามแนวราบที่วัดได้สูงกว่าค่าประมาณการณ์จากการวิเคราะห์ 50 เปอร์เซนต์ แต่ไม่มีรอยแตก มีแต่รอยซึมประปรายตามผนังของยุ้งข้าว เนื่องจากปูนทรายไม่ได้ผสมน้ำยากันซึมอีกทั้งแรงดันของน้ำที่สูง 2.25 ม. มีค่าสูงมาก แรงอัดของปูนทรายที่หาได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ 19 เปอร์เซนต์ ส่วนแรงดึงของไม้ไผ่ผสมปูนทราย ที่หาได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์

# ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge the Department of Civil Engineering, Chulalongkorn University for providing him with the opportunity for advanced study in his field of specialization and was financed by a University research grant.

The author wishes to express his sincere gratitute to his thesis advisor, Mr. Mana Vongpivat for their kind advices, valuable guidance and encouragement throughout the course of this study.

Thanks are also extended to Prof. Dr. Niwat Daranandana Assistant Prof. Dr. Sutham Suriyamongkol and Dr. Pramote Tiewtranon for serving as members of the thesis committee.

The author is also thankful to Mr. Visarn Angsakul and the computer center staff for their helps in the numerical calculation.

Special thank is due to Mrs. Kanita Ratanasak for the checking language.

Finally, the author wishes to thank all friends for their helps in the experimental work of this research and is also indebted to Mrs. Chowanee Chansangpetch for typing the manuscript.

# TABLE OF CONTENTS

# LIST OF TABLES

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| FIGURES | TITLE | PAGE |
|---|---|---|

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# LIST OF DEFINITIONS AND SYMBOLS

$A$ = gross sectional area of ring girder;

$A_b$ = bamboo area in ring girder;

$A_r$ = effective sectional area of ring girder;

$A_{sk}$ = skeletal bamboo area per unit area of shell section;

$a_1$ = radius of ring support of circular bin lid;

$a_2$ = outer radius of circular bin lid;

$B\left[x, f_1(z), f_2(z)\right]$ = combination of Bessel functions of 2nd order

= $ber_2 . x . f_1(z) + bei_2 . x . f_2(z)$;

$b$ = subscript denoting functions belonging to bottom cone;

$c$ = subscript denoting part of solution according to bending analysis;

$D$ = flexural rigidity of shell

= $Eh^3/12(1 - \nu^2)$ ;

$d$ = diameter of skeletal bamboo;

$E_b$ = modulus of elasticity of bamboo;

$E_c$ = modulus of elasticity of uncracked bamboo cement;

$E_f$ = modulus of elasticity of fibre bamboo;

$E_m$ = modulus of elasticity of mortar;

$E_r$ = modulus of elasticity of ring girder;

$E_t$ = modulus of elasticity of cracked bamboo cement;

$F$ = horizontal radial force per unit circumferential distance acting on ring girder;

$F_a$ = axial forces in ring girder;

$F_b$, $F_t$ = subscripts denoting functions belonging to bottom and top ring girders respectively;

$F_y$ = yield strength of ring girder;

$H$ = horizontal radial stress resultant;

$H_{bo}$ = horizontal radial force applied uniformly along outer edge of bottom cone in the bending analysis;

$H_{ti}$, $H_{to}$ = horizontal radial forces applied uniformly along inner and outer edges of top cone respectively, in the bending analysis;

$h_b$, $h_t$ = thickness of bottom and top cones respectively;

i = subscript denoting functions at inner edge of conical shell;

$K[x.f_1(z), f_2(z)]$ = combination of Kelvin functions of $2^{nd}$ order

= $Ker_2.x.f_1(z) + Kei_2.x.f_2(z)$ ;

K = Rankine's coefficient for cohesiveless granular materials on inclined wall;

k = $\sqrt{12(1-\nu^2)}$

L = layer numbers of fibre bamboo in bamboo cement section ;

$M_o$ = interacting edge couple of the cone union per unit circumferential distance;

$M_y$, $M_\theta$ = bending stress resultants at sections across y and $\theta$ directions respectively;

m = ratio of thickness to inclined distance of outer edge of the cone;

$N_y$, $N_\theta$ = normal stress resultants in y and $\theta$ directions respectively;

| | | |
|---|---|---|
| n | = | modular ratio of bamboo to uncracked bamboo cement |
| | = | $E_b/E_c$ ; |
| O | = | subscript denoting functions at outer edge of conical shell; |
| P | = | vertical live load acting uniformly along top edge of bin ; |
| $P_b$, $P_t$ | = | dead loads per unit distance on bottom and top edge of bin ; |
| $P_r$ | = | intensity of contact pressure of foundation exerted on bin structure; |
| $Q_r$ | = | plate radial shear stress resultant; |
| $Q_y$ | = | shear stress resultant of section across y direction; |
| q | = | intensity of uniformly distributed load on the bin lid ; |
| $q_b$, $q_t$ | = | dead loads per unit surface area of bottom and top cones respectively; |
| $R_1$, $R_2$ | = | radii of top and bottom ring girders respectively; |

$r_1, r_2$ = functions defined by Eqs.(34) and (35) respectively;

$S$ = Spacing of skeletal bamboo ;

$T_s$ = resisting force in skeletal bamboo ;

$t$ = subscript denoting elements belonging to top cone ;

$V_m, V_f$ = volume fractions of mortar and fibre bamboo in bamboo-cement respectively;

$w(r)$ = plate deflection function ;

$Y, Z$ = intensity of load components in y and z directions respectively ;

$y, \bar{y}$ = co-ordinate distance from apexes of top and bottom cones respectively ;

$y_o$ = distance of outer edge of bottom cone from its apex ;

$y_1, y_2$ = distance of inner and outer edges of top cone from its apex ;

$Z, \bar{Z}$ = arguments of kelvin functions corresponding to $y$ and $\bar{y}$ co-ordinates

$$= 2\sqrt{\frac{k.y.\cot \alpha t}{h_t}} \text{ and } 2\sqrt{\frac{k.\bar{y}.\cot \alpha b}{h_b}} \text{ respectively}$$

$Z_0, Z_1, Z_2$ = arguments of kelvin functions as defined above corresponding to $y_o, y_1$ and $y_2$ respectively ;

$\alpha$ = cone semi - vertex angle ;

$\alpha_c$ = ratio of neutral axis distance from compressive extreme fiber to thickness of shell section,

= $h_c/h$ ;

$\alpha_d$ = ratio of skeletal bamboo diameter to thickness of shell section,

= $d/h$ ;

$\gamma_r$ = bulk density of rice;

$\gamma_w$ = density of water;

$\Delta_b(Z), \Delta_k(Z)$ = combinations of Bessel and Kelvin functions of 2nd order

= $ber_2 Z\, \varphi_{br}(Z) + bei_2 Z\, \varphi_{bi}(Z)$ and

= $ker_2 Z\, \varphi_{kr}(Z) + kei_2 Z\, \varphi_{ki}(Z)$ respectively ;

$\delta$ = horizontal radial deflection ;

$\epsilon_b$ = axial strain in skeletal bamboo

$\mu$ = tangent of angle of friction between grain and bin wall ,

= $\tan \phi'$

$\theta, \bar{\theta}$ = circumferential co-ordinate variable of top and bottom cones respectively ;

$\theta_{bi}(Z), \theta_{br}(Z)$ = combinations of Bessel functions of $2^{nd}$ order

= $Zbei_2' Z - 2\nu' bei_2 Z$, $Zber_2' Z - 2\nu' bei_2 Z$ respectively;

$\theta_{ki}(Z), \theta_{kr}(Z)$ = combinations of Kelvin functions of $2^{nd}$ order,

= $Zkei_2' Z - 2\nu' kei_2 Z$, $Zker_2' Z - 2\nu' ker_2 Z$ respectively;

$\lambda$ = ratio of modulus of elasticity of uncracked to that of cracked bamboo-cement,

= $E_c/E_t$ ;

$\lambda_b$ = ratio of axial stiffness of bottom ring girder to bending stiffness of top conical shell,

= $A_{rb}\ E_r/E_c\ h_t^2$

$\lambda_t$ = ratio of axial stiffness of top ring girder to bending stiffness of top conical shell,

= $A_{rt}\ E_r/E_c\ h_t^2$

$\nu$ = Poisson's ratio ;

$\xi_b$ , $\xi_t$ = arguments = $\bar{y}/y_o$, $y/y_2$ respectively ;

$\rho_{bi}(Z)$, $\rho_{br}(Z)$ = Combinations of Bessel functions of $2^{nd}$ order,

= $\nu Z bei_2 Z + 2 bei_2 Z$, $\nu Z ber_2 Z + 2 ber_2 Z$ respectively;

$\rho_{ki}(Z)$, $\rho_{kr}(Z)$ = Combinations of Kelvin functions of $2^{nd}$ order,

= $\nu Z kei_2 Z + 2 kei_2 Z$, $\nu Z ker_2 Z + 2 ker_2 Z$ respectively;

$\tau_t$ = parameter = $y_1/y_2$

$\Phi_b\left[x, f_1(Z), f_2(Z)\right]$ = Combinations of Bessel functions of $2^{nd}$ order,

= $\varphi_{br}(x) \cdot f_1(Z) + \varphi_{bi}(x) \cdot f_2(Z)$ ;

$\Phi_k\left[x, f_1(Z), f_2(E)\right]$ = Combinotions of Kelvin functions of $2^{nd}$ order,

= $\varphi_{kr}(x) \cdot f_1(Z) + \varphi_{ki}(x) \cdot f_2(Z)$ ;

$\varphi_{bi}(Z)$, $\varphi_{br}(Z)$ = Combinations of Bessel functions of $2^{nd}$ order ,

= $z bei_2 Z + 2\nu bei_2 Z$, $Z ber_2 Z + 2\nu ber_2 Z$ respectively;

$\varphi_{ki}(Z), \varphi_{kr}(Z)$ = Combinations of Kelvin functions of $2^{nd}$ order,

= $Zkei_2'Z+2\nu kei_2Z, Zker_2'Z+2\nu ker_2Z$ respectively;

$\varphi$ = angle of repose of grain ;

$\varphi'$ = angle of friction between grain and bin wall ;

$\psi$ = rototion of tangent to the meridian in generator ; and

$\omega$ = vertical ring load on ring girder.