บันไดเวียนทำมุมมากกว่า 360 องศา

นายสุมิตร์ เดชะสัจจา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

HELICAL STAIR WITH CENTRAL ANGLE MORE THAN 360 DEGREES

Mr. Sumit Dechasajja

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by Graduate School Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Engineering

....
(Prof. Dr. Visit Prachuabmoh)

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

.........................Member
(Prof. Arun Chaiseri)

.........................Member
(Assistant Prof. Dr. Vinit Chovichien)

.........................Member
(Assistant Prof. Dr. Suthum Suriyamongkol)

Thesis Supervisor Prof. Arun Chaiseri

Thesis Title Helical stair with central angle more than 360 degrees.

By Mr. Sumit Dechasajja

Department Civil Engineering

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บันไดเวียนทำมุมมากกว่า 360 องศา
ชื่อ นายสุมิตร์ เดชะสัจจา แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2519

บทคัดย่อ

ในการวิเคราะห์บันไดเวียนยึดแน่นที่ปลายทั้งสอง รับน้ำหนักแผ่เต็มตลอดบันได คานโค้งแบบขดสปริงซึ่งกำหนดตามเส้นศูนย์แกนของขั้นบันได ถูกสมมุติเป็นโครงสร้างสำหรับวิเคราะห์บันไดเวียน และวิเคราะห์โดยใช้วิธีคันซิสทีนท ดีฟอเมชั่น (CONSISTENT DEFORMATION METHOD) บันไดเวียนขนาดของจริงทำมุม 720 องศา ได้ถูกออกแบบ และบันไดเวียนคอนกรีตจำลองครึ่งหนึ่งของของจริงได้สร้างขึ้นเพื่อที่จะทดลองหาพฤติกรรมที่แท้จริงของโครงสร้าง จากการทดลองพบว่า ระยะโก่งในแนวดิ่งที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าระยะโก่งในแนวดิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ อัตราส่วนน้ำหนักที่พบรอยแตกร้าวครั้งแรกเท่ากับ 1.56 เท่าของน้ำหนักประลัยที่คาดหมายไว้ และเท่ากับ 1.9 เท่า ที่ระยะสุดท้ายของการทดลองและบันไดยังมิได้พังทะลาย ลักษณะแตกร้าวเนื่องจากโมเมนต์บิด พบว่าเกิดขึ้นตลอดบันได

Thesis Title Helical stair with central angle more than 360 degrees.

Name Mr. Sumit Dechasajja Department Civil Engineering

Academic Year 1976

ABSTRACT

An analysis method was developed for a helical stair fixed at both ends subjected to uniform loading on the whole staircase. A helicoidal girder, defined along the center line of steps of the staircase was substituted for the structure, and the method of consistent deformation was used in this analysis. A prototype helical stair with central angle at 720 degrees was designed and a half scale reinfored concrete model was constructed and tested to find the actual behavior of the structure. From the experiment the measured vertical deflections were less than that from the analysis. The load factor obtained at the first crack was 1.56 time the anticipated ultimate load. At the final stage of loading, the model still did not collapse and the load factor was 1.9 . The model exhibited torsional type of failure on whole the staircase.

ACKNOWLEDGEMENT

Sincere thanks and gratitude, are extended to the Civil Engineering Department and the graduate School, Chulalongkorn University without which this research would have been impossible.

The writer wished to express his heartful appreciation to his advisor Professor Arun Chaiseri. Thanks are also due to his Thesis Committee, Professor Dr. Niwat Daranandana, Assistant Professor Dr. Vinit Chovichien , Assistant Professor Dr. Suthum Suri-yamongkol.

Finally special thanks are also given to Mr. Chawalit Thummaruksa of the Concrete Products & Aggregate CO.,LTD. for his help in lending the testing loads , Mr. Sanan Taotong of Section of construction material research laboratory technical division , Bureau of Public Work, Bangkok Metropolis for his help in lending mechanical dial gauges , Mrs. Kannika Wongsarasurt for English correction and to all those who participated in the experimental work.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

LIST OF SYMBOLS

A_l = total area of longitudinal reinforcement to resist torsion

A_s = area of tension reinforcement

A_t = area of one leg of a closed stirrup resisting torsion within a distance S

A_v = area of shear reinforcement within a distance S

b = width of stair section

d = distance from extreme compression fiber to centroid of tension reinforcement

E = modulus of elasticity of concrete

E_s = modulus of elasticity of steel

f_c' = cylinder crushing strength of concrete

f_y = yield strength of steel reinforcement

G = modulus of shear

h = total depth of stair section

H = horizontal redundant force at mid span

H_t = effective height of the stairs

I_r = second moment of area of waist section about the horizon-tal axis = $\frac{1}{12}bh^3$

I_s = second moment of area of waist section about the axis normal to the slope of the stairs = $\frac{1}{12}hb^3$

J = polar moment of inertia = $\frac{bh^3}{16}\left[\frac{16}{3} - 3.36\frac{h}{b}\left(1 - \frac{h^4}{12d^4}\right)\right]$

M_r = vertical moment (moment about horizontal axis in radial direction)

M_s = lateral moment (moment about the axis normal to the slope of the stairs)

M_t = Torsional moment

M_u = ultimate moment of the section

M_v = redundant moment acting in a tangential plane at mid span

n = ratio of moduli = $\frac{E_s}{E}$

P_b = balanced steel ratio

Q_r = horizontal shearing force in radial direction

Q_s = shearing force across the waist of the stairs

Q_t = axial force in the direction tangent to the helix center line

R_i = internal radius of the stairs

R_o = external radius of the stairs

R_1 = radius of center line of load = $\frac{2}{3}\frac{R_o^3 - R_i^3}{R_o^2 - R_i^2}$

R_2 = radius of center line of step = $\frac{1}{2}(R_o + R_i)$

S = shear or torsion reinforcement spacing in a direction parallel to the longitudinal reinfocement

v_c = nominal permissible shear stress carried by concrete

v_{tc} = nominal permissible torsion stress carried by concrete

v_{tu} = nominal total design torsion stress

v_u = nominal total design shear stress

x = shorter overall dimension of a rectangular part of a section

x_1 = shorter center-to-center dimension of a closed rectangular stirrup

y = longer overall dimension of a rectangular part of a section

y_1 = longer center-to-center dimension of a closed rectangu-lar stirrup

θ = angle measured from the lower support

θ_1 = angle measured from the mid point of center line of step of the helix

α = slope made by tangent to helix center line with respect to horizontal plane

β = angle measured from the lower support to the applied unit vertical load

ϕ = total arc subtended by helix as seen in plane