PARAMETRIC INVESTIGATION OF SLAB ON GIRDER BRIDGE USING 3-D FINITE-ELEMENT MODELING TECHNIQUES

MISS SUDATHIP TANGWONGCHAI

A DISSERTATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (CIVIL ENGINEERING)
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI
2011

Parametric Investigation of Slab on Girder Bridge
Using 3-D Finite-Element Modeling Techniques

Miss Sudathip Tangwongchai M.Eng. (Civil Engineering)

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for
the Degree of Doctor of Philosophy (Civil Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
2011

Dissertation Committee

.... Chairman of Dissertation Committee
(Prof. Chai Jaturapitakkul, Ph.D.)

.... Member and Dissertation Advisor
(Prof. Somchai Chucheepsakul, Ph.D.)

.... Member
(Asst. Prof. Sutat Leelataviwat, Ph.D.)

.... Member
(Asst. Prof. Kridayut Chompoming, Ph.D.)

.... Member
(Naveed Anwar, D.Eng)

Dissertation Title	Parametric Investigation of Slab on Girder Bridge Using 3-D Finite-Element Modeling Techniques
Dissertation Credits	36
Candidate	Miss Sudathip Tangwongchai
Dissertation Advisors	Prof. Dr. Somchai Chucheepsakul Prof. Dr. P. Benson Shing
Program	Doctor of Philosophy
Field of Study	Civil Engineering
Department	Civil Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of bridge geometries and truck loading characteristics on the negative and positive moments in concrete deck slab of composite highway bridges. The suitable finite element modeling (FEM) technique has been determined by verifying the models against the results based on a full-scale laboratory experiment performed by other researchers. Further extensive parametric study has been conducted based on this selective modeling technique. The parameters used in this study are the variation of girder spacing, truck position (transverse and longitudinal), number of vehicles on the bridge (multiple presence), and location along the span (support, quarter and mid span). The effects of boundary conditions and intermediate diaphragms are also taken into consideration at this time. For each combination of these parameters, the negative and positive slab moments due to live load are then evaluated. In addition, the influence of dead load of bridge deck on the slab moments is also investigated. The results show that the effect of dead load on the slab moments is insignificant compared with that of live load. From the comparative study of several design codes, analytical methods and the present study, an enhancement on assessment of negative and positive slab moments under live load scenario can be established. As a result, the required reinforcement area in the deck slab to resist the negative and positive moments can be achieved more realistically. Finally, empirical formulas have been proposed to readily calculate these negative and positive slab moments for a rational deck slab design.

Keywords: Parametric Study/ Deck Slab Bridge/ Composite Highway Bridge/ Three-dimensional Finite Element Analysis/ Moment in Slab-over-Girders

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์เชิงตัวแปรของแผ่นพื้นบนสะพานคอมโพสิตโดยวิธีการจำลองด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ
หน่วยกิต	36
ผู้เขียน	นางสาวสุดาทิพย์ ตั้งวงศ์ไชย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ.ดร.สมชาย ชูชีพสกุล
	Prof. Dr. P. Benson Shing
หลักสูตร	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือ การประเมินผลกระทบของรูปทรงเรขาคณิตของสะพานและอิทธิพลของน้ำหนักบรรทุกที่มีต่อโมเมนต์ดัดตามขวางในระนาบสามมิติ (โมเมนต์ลบและบวก) ของแผ่นพื้นสะพานคอนกรีตแบบคอมโพสิตด้วยวิธีการศึกษาเชิงตัวแปร แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 3 มิติของสะพานได้รับการพัฒนาขึ้น และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับผลการทดสอบแบบจำลองที่มีขนาดเท่าของจริงในห้องปฏิบัติการ (Full Scale Loading Test) ซึ่งได้มาจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้ การศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อโมเมนต์ดัดตามขวางของแผ่นพื้นสะพานคอนกรีตได้แก่ รูปแบบการวางคานสะพาน (ระยะห่างระหว่างคาน) รูปแบบการวางตำแหน่งรถบรรทุก (ตามขวางและตามยาว) จำนวนรถบรรทุกบนช่องจราจร และตำแหน่งที่ทำการศึกษาตลอดความยาวสะพาน (ตำแหน่งที่รองรับสะพาน ตำแหน่งหนึ่งในสี่ของช่วงสะพาน และตำแหน่งกึ่งกลางสะพาน) รวมถึงผลกระทบจากเงื่อนไขรองรับคาน (คานช่วงเดียวและคานต่อเนื่อง) และไดอะแฟรมตามแนวความยาวของคาน การคำนึงถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าโมเมนต์ดัดตามขวางในแผ่นพื้นสะพานได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น ผลจากการตรวจสอบอิทธิพลของน้ำหนักบรรทุกคงที่ของสะพาน พบว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ของสะพาน มีผลกระทบต่อค่าโมเมนต์ดัดตามขวางน้อยมาก เมื่อเทียบกับผลกระทบจากน้ำหนักบรรทุกจร จากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ดัดตามขวางกับค่าที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากมาตรฐานการออกแบบ พบว่าการประเมินค่าโมเมนต์ลบและบวกภายใต้สถานการณ์รับน้ำหนักบรรทุกจร สามารถกระทำได้สมจริงมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้นำเสนอสูตรสำเร็จสำหรับคำนวณหาค่า

โมเมนต์ดัดตามขวางเพื่อใช้ออกแบบปริมาณเหล็กเสริมที่จำเป็นของแผ่นพื้นสะพานโดยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบที่มีความสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : การศึกษาเชิงตัวแปร/ แผ่นพื้นสะพาน/ สะพานทางหลวงแบบคอมโพสิต/ แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติ/ โมเมนต์ตามขวางในแผ่นพื้นสะพาน

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, the author would like to express the deepest appreciation and gratitude to Prof. Dr. Somchai Chucheepsakul for his confidence, guidance, support and encouragement throughout this study and for giving the greatest opportunity to this research dissertation and acting as the advisor through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program. His helpful supervision and considerate assistance are greatly acknowledged. The author also would like to express the sincere appreciation and thankfulness to Prof. Dr. Benson Shing for serving as a dissertation co-advisor. His continued assistance and kind hospitality during the author's research visiting at the University of California at San Diego (UCSD, USA) staring from March 9, 2007 to February 25, 2008 were deeply appreciated. His expertise and vast knowledge provide the author the points of engineering sense, inspiration and research understandings. Without those two people, this study would not have been accomplished. The author also would like to thank Prof. Dr. Chai Jaturapitakkul and Asst. Prof. Dr. Sutat Leelataviwat from King Mongkut's University of Technology Thonburi, Dr. Naveed Anwar from Asian Institute of Technology (AIT), and Asst. Prof. Dr. Kridayut Chompoming from Thammasat University, who serve as members of this dissertation committee. The time, enlightening reviews and constructive criticisms given by them are deeply appreciated.

In addition, the author would like to express the sincere thank to Dr. Chartree Lertsima from Asian Engineering Consultants Corp. for his valuable suggestion, companionship and generosity during dissertation writing. During the research visiting at AIT and UCSD, The author also would like to sincerely thank to the members of ACCOM at AIT and UCSD for their assistance, friendly discussions and administrative matters. All friends, administrative people and Ph.D. student groups at the Department of Civil Engineering as well as the members of MECMAT at KMUTT are kindly thankful for their friendship, assistance and for all administrative matters. The assistance of Mrs. Suchada Viyawutthi is greatly acknowledged. Most importantly, the author always pays the gratefulness to her parents, brother and sisters for their continuous support and encouragement.

Finally but never the last, the author wishes to express her profound gratitude and sincerest appreciation to The Thailand Research Fund (TRF) for a long-term financial support through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program under Grant PHD/0167/2546. This scholarship not only provides a valuable opportunity for advancing the author's scholastic knowledge but also makes the author very proud to be a student under this patronage.

CONTENTS

LIST OF TABLE

LIST OF FIGURES

LIST OF SYMBOLS

SYMBOL

D	flexural rigidity
E	modulus of elasticity
$f_c^{'}$	characteristic compressive cylinder strength of concrete at 28 days
g	acceleration due to gravity, 9.81 m/s^2
H	torsional rigidity
t	slab thickness
M	transverse bending moments
P	concentrated load
w	vertical displacement from middle surface
x	coordinates along x-axis direction
y	coordinates along y-axis direction
z	coordinates along z-axis direction
ε	normal strain
φ	load factor
γ	density of concrete, 2400 kg/m^3
ν	Poisson's ratio
σ	normal stress of middle surface
τ	shear stress
∇^2	Laplace's differential operator
$\partial/\partial x$	differentiation along transverse x-direction
$\partial/\partial y$	differentiation along longitudinal y-direction
$\partial/\partial z$	differentiation along vertical z-direction

LIST OF TECHNICAL VOCABULARY AND ABBREVIATIONS

AASHTO	=	American Association of State Highway and Transportation Officials
BC	=	boundary condition
LRFD	=	Load Resistance Factor Design
FEA	=	Finite Element Analysis
FEM	=	Finite Element Method
psi	=	pond per square inch
ksi	=	kilopond per square inch