## เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, 2550, กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนักความต้านทานความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, 2552, มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302)

จิตติ ปาลศรี และ อาณัติ เรืองรัศมี, 2552, "ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นเฉือน ค่า N สำหรับการตอกกระบอกผ่าทดสอบ และกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่คายน้ำของดินในกรุงเทพมหานครและบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย", GTE50407, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชาคร เพชรเจริญ, 2002, "Identification of Dynamic Properties of Low and Medium-rise Buildings in Bangkok by an Ambient Vibration Method", Master Thesis No. ST-02-14, Asian Institute of Technology.

ธีรพล ลีลาวรรณี, 2001, "Identification of Dynamic properties of Tall Buildings in Bangkok by an Ambient Vibration Method", Master Thesis No. ST-01-9, Asian Institute of Technology.

น้องนุช เหลืองถาวรกุล, 2007, "ตัวแปรที่เหมาะสมของการเก็บข้อมูลคลื่นผิวดินเพื่อการสำรวจแบบของชั้นดินกรุงเทพมหานคร", คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประภาพร จันทะมาศ, 2007, "การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นเฉือนของชั้นดินกรุงเทพฯที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์คลื่นผิวดินแบบ หลายช่องทางรับสัญญาณกับวิธีวัดจากหลุมเจาะ", คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประยุทธ์ ยิ่งหาญ, 2545, "การหาค่าคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีการตรวจวัด", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มานะ จันทะสด, 2546, "คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วีระศักดิ์ เกิดศิริมงคล , 2546, "การระบุคุณสมบัติของระบบโครงสร้างจากผลการตอบสนองโดยวิธี Natural Excitation Technique และ Eigensystem Realization Algorithm", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สมจิต อำนาจสาน, 2000, "Identification of Dynamic Properties of Buildings and Structures from Microtremor Vibrations", Master Thesis No. ST-00-15, Asian Institute of Technology.

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, 2551, "เอกสารการสอนวิชา 203555 ไดนามิกส์ของดิน ปีการศึกษา 1/2551", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพจน์ เดชวรสินสกุล, 2549, "พฤติกรรมของดินทางพลศาสตร์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abdullah M. and Alsamani M., 2004-2005, "Estimation of the Shear Wave Velocity of Shallow Structure from Short Period Microtremor using Simultaneous Measurement of SPAC and 2sSPAC Methods", Earthquake Engineering and Disaster Mitigation (2004-2005)

Almasani M. A. M., 2004, "Estimation of the Shear Wave Velocity of Shallow Structure from Short Period Microtremor using Simultaneous Measurements of SPAC and 2sSPAC Methods", Document for the course of Seismology, Earthquake Engineering and Disaster Mitigation (2004-2005)

Ansary M. A., Yamazaki F., and Katayama T., 1996, "Application of Microtremor Measurements to the Estimation of Site Amplification Charateristics", Bullentin of ERS, No. 29, pp 95-113.

Arai H., and Yamazaki F., 2002, "Exploration of S-Wave Velocity Sstructure Using Microtremor Arrays in theGreater Bangkok,Thailand", EDM Technical Report No.15, Earthquake Disaster Mitigation Research Center (EDM)

Ashford, S.A., Jakrapyanun, W., and Lukkanaprasit, P. (1997). Amplification of Earthquake Ground Motions in Bangkok. AIT research report submitted to the Public Works Department, Thailand.

Ashford, S.A. (2000). Shear Wave Velocity Testing at Chulalongkorn University and S.I.I.T. Test Report No. TR-2000/15, Bangkok, Thailand.

Bouwkamp J.G., Kollegger J.P., and Stephen R.M., 1980, "Dynamic Properties of A Twelve-story Prefabricated Panel Building", Report No. UBC/EERC-80/29, Earthquake Engineering Reaearch Center, University of California at Berkley.

Building Seismic Safety Council, 2004, "NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1: Provisions (2003 Edition)", FEMA 450, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C

Chaker A.A. and Cherifati A., 1999, "Influence of Masonry Infill Panels on the Vibration and Stiffness Characteristics of R/C Frame Buildings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 28, pp. 1061-1065.

Chopra A.K., 1995, "Dynamics of structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering", New Jersey, Prentice-Hall.

Clough R.W. and Penzien J., 1993, "Dynamics of Structures", 2nd Edition, Singapore, McGraw-Hill.

Cole H.A., 1973, "On-line Failure and Damping Measurement of Aerospace Structures by Random Decrement Signatures", NASA CR-2205.

Crawford R. and Ward H.S., 1964, "Determination of the Natural Period of Building", Bulletin of the Seismological Society of America, 54, 6, pp. 1743-1756.

Goel R.K. and Chopra A.K., 1997, "Vibration Properties of Buildings determined from Recorded Earthquake Motion", Report No. UBC/EERC-97/14, Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkley.

Ibrahim S.R. and Pappa R.S., 1981, "A Paramatric Study of the Ibrahim Time Domain Modal identification Algorithm", Shock and Vibration Bulletin, 51(3), pp. 43-72.

Juang J.N., 1994. Applied System Identification. Eagle Wood Cliffs. New Jersey : Prentice Hall

Konno K., and Ohmachi T., 1998, "Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 88, No. 1, pp. 228-241.

Lai C.G. and Rix G.J., 1998, "Simultaneous Inversion of Rayleigh Phase Velocity and Attenuation for Near-Surface Site Characterization", Report No. GIT-CEE/GEO-98-2, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology

Lermo J., and Chavez-Garcia F.J., 1994, "Are Microtremors Useful in Site Responese Evaluation", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 5, pp. 1350-1364.

Meyyappa M., Palsson H., and Craig J.I., 1981, "Modal Parameter Estimation for A High-rise Building using Ambient Response Data taken during Construction", Proceedings of the Second Specialty Conference on Dynamic Response of Structures : Experimental, Observation, Prediction and Control, ASCE.

Morikawa H., Sawada S., and Akamatsu J., 2004, "A Method to Estimate Phase Velocity of Rayleigh Waves Using Microseisms Simultaneously Observed at Two Sites", Bulletin of the Seismological Society of America,Vol.94, No.3, pp.961-976

Muria-Vila D., Fuentes O.L. and Gonzalez A.R., 2000, "Uncertainties in the Estimation of Natural Frequencies of Buildings in Mexico City", Proceeedings of the 12$^{th}$ World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Paper No. 2092.

Nakamura Y., 1989, "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtermor on the Ground Surface", Quarterly Report of RTRI, Vol. 30, No. 1, pp. 25-30.

Ohori M., Nobata A., and Wakamatsu K, 2002, "A Comparison of ESAC and FK Methods of Estimating Phase Velocity Using Arbitrarily Shaped Microtremor Arrays", Bulletin of the Seismological Society of America,Vol.92, No.6, pp.2323-2332

Okada H., 2003, "The Microtremor Survey Method", Geophysical Monograph Series No.12, Society of Exploration Geophysics

Okada H., 2006, "Theory of efficient array observations of microtremors with special reference to the SPAC method", Exploration Geophysics, 37, pp.73-85

Richardson M.H. and Formenti D.L., 1982, "Parameter Estimation from Frequency Response Measurements using Rational Fraction Polynomials", Proceedings of the 1st International Modal Analysis Conference, Orlando, Florida.

Seed H. B., 1989, "Implications of Site Effects in the Mexico City Earthquake of Sept. 19, 1985 for Earthquake-Resistant Design Criteria in the San Francisco Bay Area of California", Report No. UCB/EERC-89/03, Earthquake Engineering Research Center, Univ. of California at Berkley, California.

Srisoros W., 2003, "Seismic Microzonation of Chiangmai City Using Microtremor Observations", thesis No. ST-03-05, A.I.T

Taoka G.T., Hogan M., Khan F., and Scanlan R.H., 1975, "Ambient Response Analysis of Some Tall Structures", Journal of the Structural Division, ASCE, 101(ST1), pp. 49-65.

Tokimatsu K., 1997, "Geotechnical Site Characterization Using Surface Wave", Proc., 1st International Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering, 3, pp. 1333-1367.

Tokimatsu K., and Miyadera Y., 1992, "Determine of shear wave velocity structures from spectrum analysis", Earthquake Engineering, 3, 10th World conference, pp.253-258

Torkamani M.A.M. and Ahmadi A.K., 1988, "Stiffness Identifications of A Tall Building during Construction Period using Ambient Tests", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 16, pp. 1177-1188.

Trifunac M.D., 1970, "Ambient Vibration Test of A Thirty-nine story Steel Frame Building", Report No. EERL 70-02, Earthquake Engineering Research Lab, California Institute of Technology, Pasadena.

Tuladhar R., 2003, "Classification of Soil Profile and Seismic Response Analysis (Elastic) in The Greater Bangkok Area", A.I.T

Tuladhar R.,Yamazaki F., Wanitchai P., and Saita J., 2004, "Seismic Microzonation of Greater Bangkok Using Microtremor Observation", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 33, pp.211-225

# ภาคผนวก

## กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยด้านคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร ได้ถูกนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นการคำนวณค่าคาบธรรมชาติสำหรับอาคาร ใน มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302) กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2552

ผลการวิจัยด้านคุณลักษณะเฉพาะของชั้นดินบริเวณที่ตั้ง ทำให้สามารถจำแนกประเภทของดินเพื่อการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวบริเวณนั้นได้อย่างเหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา เนื่องจากในมาตรฐาน มยผ 1302 และ มาตรฐานอื่นๆ ที่เป็นสากล กำหนดให้ต้องจำแนกประเภทของชั้นดิน โดยสามารถใช้ค่าความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ยที่ระดับความลึก 30 เมตรในการจำแนก

วิธีวิจัยที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ สามารถนำไปใช้สำรวจกับพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวอื่นๆ ในประเทศ รวมทั้ง สามารถนำไปวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อประเมินกำลังขยายคลื่นแผ่นดินไหวของแต่ละพื้นที่ย่อย และจัดทำเป็น แผนที่เขตความรุนแรงของแผ่นดินไหวอย่างละเอียดสำหรับเมืองใหญ่ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนจัดการการป้องกันภัยเนื่องจากแผ่นดินไหวต่อไป

## ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ

### ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ของโครงการ

| ข้อเสนอโครงการ | ผลการดำเนินการศึกษา |
|---|---|
| 1. ศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยการตรวจวัดสภาพการสั่นไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นจำนวนมากที่มี รูปทรง ขนาด ลักษณะโครงสร้าง และลักษณะการใช้งานแตกต่างกัน | 1. ดำเนินการตรงตามวัตถุประสงค์ในข้อเสนอของโครงการ โดยศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารในจังหวัดเชียงใหม่ และ ดำเนินการศึกษากับอาคารในเขตกรุงเทพมหานครเพิ่มเติมจากข้อเสนอโครงการ |
| 2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการหน่วงหรือขยายสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวของชั้นดินตัวกลางในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยวิธีการตรวจวัด Microtremor | 2. ดำเนินการตรงตามวัตถุประสงค์ในข้อเสนอของโครงการ โดยศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของชั้นดินบริเวณที่ตั้งในจังหวัดเชียงใหม่ และดำเนินการศึกษากับบริเวณจังหวัดเชียงรายจังหวัดกาญจนบุรี และเขตกรุงเทพมหานครเพิ่มเติมจากข้อเสนอโครงการ |

| ข้อเสนอโครงการ | ผลการดำเนินการศึกษา |
|---|---|
| 3. เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติดังกล่าวมาจัดทำข้อเสนอในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย | 3. นำผลการวิจัยด้านคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร ไปใช้ในการพัฒนาเป็นการคำนวณค่าคาบธรรมชาติสำหรับอาคาร ใน มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302) กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2552 |

**ตารางเปรียบเทียบระเบียบวิธีวิจัยและขอบเขตของการศึกษา**

| ข้อเสนอโครงการ | ผลการดำเนินการศึกษา |
|---|---|
| 1.ตรวจวัดการสั่นสะเทือนของอาคารที่อยู่ตลอดเวลาในธรรมชาติ (Ambient Vibration) ด้วยอุปกรณ์วัดที่มีความไวสูง โดยทำการตรวจวัดอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีรูปทรง, ขนาด, ความสูง, ลักษณะโครงสร้าง, และลักษณะการใช้สอยที่แตกต่างกัน เป็นจำนวนรวมทั้งสิ้น ประมาณ 50 อาคาร | 1. ดำเนินการตรงตามขอบเขตในข้อเสนอโครงการ โดยตรวจวัดอาคารในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 51 หลัง และอาคารในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 20 หลัง |
| 2. นำผลการตรวจวัดซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อหาความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequencies), รูปแบบของการสั่นสะเทือน (Vibration Mode Shapes) และ ค่าความหน่วง (Damping Ratios) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ที่สำคัญของอาคาร | 2. ดำเนินการตรงตามขอบเขตในข้อเสนอโครงการ |
| 3. ศึกษาหาความสัมพันธ์แบบ Empirical ระหว่างคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์กับคุณสมบัติพื้นฐานด้านอื่นๆของอาคาร ที่สามารถประเมินได้ง่าย เช่น ขนาดความกว้าง, ยาว,สูง ของอาคาร | 3. ดำเนินการตรงตามขอบเขตในข้อเสนอโครงการ |