

## ความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทยสำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง

### THE RELATIVE HUMIDITY IN THAILAND FOR PRESTRESSED CONCRETE DESIGN

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์ เพ็ชรสุตม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทร. 0 2218 6460-2 โทรสาร. 0 2251 7304

Email: fcepps @ eng.chula.ac.th

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษานำข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ ของกรมอุตุนิยมวิทยา มาหาค่าเฉลี่ยรายปีของความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าสูญเสียของแรงดึงในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง แทนการประมาณความชื้นสัมพัทธ์ ทำให้สามารถออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงได้อย่างประหยัดและปลอดภัยยิ่งขึ้น

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก อยู่ในช่วงร้อยละ 70-80, 70-75, 70-75, 75-83, 76-84 และ 76-82 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูล 5 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2538) มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมด เนื่องจากปริมาณป่าไม้ที่ลดลงอย่างมาก ขกเว้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ที่ค่าเฉลี่ยทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากความชื้นของภาคดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากทะเล

#### ABSTRACT

This paper presents the determination of the relative humidity in Thailand for prestressed concrete member design. It is found that the annual average of relative humidity in the northern part, northeastern part, central part, eastern part, eastern and western coasts of southern part are about 70%-80%, 70%-75%, 70%-75%, 75%-83%, 76%-84% and 76%-82%, respectively. Furthermore, it is also found that the annual average of relative humidity obtained from latest 5 years data (1991 – 1995) is less than that obtained from all data, as the forest is reduced rapidly. However, for southern and eastern parts of Thailand, the annual average of relative humidity obtained from the latest 5 years data is similar to that obtained from all data, as their humidity are from the sea.

#### 1. บทนำ

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Member) จะต้องพิจารณาการสูญเสียแรงอัดในลวดอัดแรง ประกอบด้วย การสูญเสียแรงอัดทันทีทันใด และการสูญเสียแรงอัดตามเวลา [1]

การสูญเสียแรงอัดทันทีทันใด เกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต การลื่นของลิ่มจับลวดแรงดึงสูง และแรงเสียดทานระหว่างลวดแรงดึงสูงกับท่อร้อยลวดแรงดึงสูง การสูญเสียแรงอัดตามเวลาเป็นผลจากการสูญเสียความชื้นในคอนกรีต ประกอบด้วย ค่าแรงสูญเสียเนื่องจากการหดตัว ค่าแรงสูญเสียเนื่องจากการคืบ และแรงสูญเสียเนื่องจากการล้าตัวของเหล็กเสริม การสูญเสียแรงอัดตามเวลาดังกล่าวนี้นี้เกี่ยวข้องกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยจะคำนวณจากค่าเฉลี่ยรายปีของความชื้นความสัมพัทธ์ (Annual Average Relative Humidity, RH)

โดยทั่วไป วิศวกรผู้ออกแบบจะอาศัยประสบการณ์ในการออกแบบ ประมาณค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นมาใช้ในการคำนวณค่าแรงสูญเสีย ซึ่งถ้าหากค่าประมาณที่ใช้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ก็จะได้ค่าแรงสูญเสียที่อาจทำให้โครงสร้างที่ออกแบบไม่ปลอดภัยหรือไม่ประหยัดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงแบบอัดแรงก่อน (Pretensioned Prestressed Concrete Member) ดังแสดงในตารางที่ 1 ประกอบกับในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้มีส่วนช่วยให้การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง มีความแม่นยำอย่างมาก จึงควรใช้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นจริง ในการคำนวณค่าแรงสูญเสีย แทนการใช้ค่าประมาณ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย เพื่อให้วิศวกรผู้ออกแบบใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงได้อย่างประหยัดและปลอดภัย และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาพฤติกรรมของการหดตัว (Shrinkage) การคืบ (Creep) ของคอนกรีต

RECEIVED 19 JULY, 2002

ACCEPTED 30 AUGUST, 2002

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าแรงสูญเสียตามเวลาของคานากอนกรีตอัดแรงตาม ACI 318 [2]

|                                                 | ร้อยละของค่าแรงสูญเสียตามเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีต่างๆ (%) |                   |                   |                  |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                                 | RH<br>60%                                                            | RH<br>70%         | RH<br>80%         | RH<br>90%        |
| คานากอนกรีตอัดแรง<br>ก่อน<br>(Pretensioned)     | 27.94<br>(105.35)                                                    | 27.23<br>(102.68) | 26.52<br>(100.00) | 25.81<br>(97.32) |
| คานากอนกรีตอัดแรง<br>ภายหลัง<br>(Posttensioned) | 23.01<br>(102.91)                                                    | 22.68<br>(101.43) | 22.36<br>(100.00) | 22.04<br>(98.57) |

หมายเหตุ ( ) ค่าร้อยละเปรียบเทียบกับร้อยละของค่าแรงสูญเสียที่ RH 80%

## 2. ขอบเขตและขั้นตอนการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้การศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงปี พ.ศ. 2499 - พ.ศ. 2538 โดยเป็นข้อมูลที่บันทึกจากสถานีตรวจวัดอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม จำนวนทั้งสิ้น 69 สถานี ประกอบด้วย ภาคเหนือ 20 สถานี ภาคกลาง 6 สถานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 16 สถานี ภาคตะวันออก 8 สถานี ภาคใต้ฝั่งตะวันออก 12 สถานี และ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก 7 สถานี

ในการศึกษานี้ จะนำข้อมูลดังกล่าว มาหาค่าทางสถิติ [3] ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) จากนั้นพิจารณาว่าข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของสถานีที่สนใจ มีลักษณะการกระจายใกล้เคียงกับการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ โดยการเขียนกราฟแสดงการกระจายของข้อมูลเปรียบเทียบกับกราฟการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วพิจารณาว่าภาวะสารูปสถิติ (Goodness of Fit) ของข้อมูลดังกล่าวว่า ค่าภาวะสารูปสถิติมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 95 จะใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เป็นตัวแทนของข้อมูล แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าร้อยละ 95 จะใช้ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นตัวแทนของข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้ตัวแทนของข้อมูลที่เลือกมาใช้มีความเป็นไปได้ (Probability) ที่ร้อยละ 50

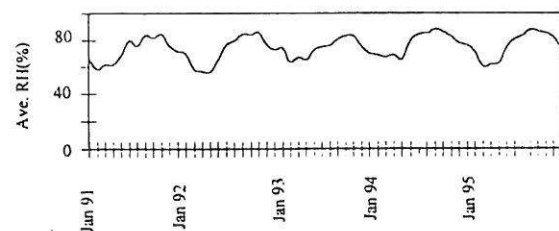
ในการศึกษาจะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ โดยทำการศึกษาข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ทั้งหมด (มากที่สุด 40 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2499 ถึง พ.ศ. 2538) และข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ย้อนหลัง 5 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2538) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ทั้งสอง นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยความชื้นในฤดูร้อน (มีนาคม-มิถุนายน) ค่าเฉลี่ยความชื้นในฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) และค่าเฉลี่ยความชื้นในฤดูหนาว

(พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละฤดู จากนั้น ทำการสรุปค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการศึกษาในรูปของตารางและเส้นระดับแสดงความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้

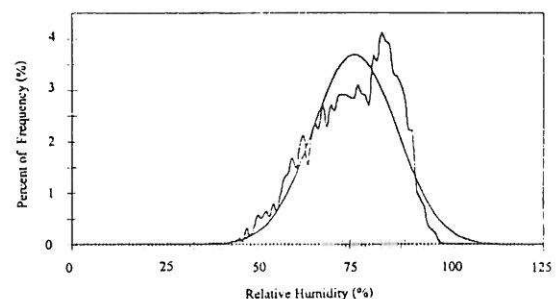
## 3. ผลการศึกษา

ภาคเหนือ มีค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูฝนร้อยละ 80 ขึ้นไป ขณะที่ในฤดูหนาวมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 70-75 และ ฤดูร้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 ดังแสดงในตารางที่ 2 และมีการกระจายของข้อมูลไม่สอดคล้องกับการกระจายแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากในภาคเหนือจะมีช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นเวลานาน และมีช่วงเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าน้อยเป็นช่วงเวลาดสั้นๆ ทำให้กราฟแสดงการกระจายของข้อมูลมีแนวโน้มที่จะเบ้ซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 1

ในบริเวณจังหวัดตากจะมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าส่วนอื่นมาก เนื่องจากบริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่แห้ง สังกัดได้จาก พื้นที่ป่าบริเวณจังหวัดตากเป็นป่าไม้ชนิดป่าผสมผลัดใบ โดยป่าไม้ประเภทนี้มักจะปรากฏในบริเวณที่มีฤดูแล้งอย่างเด่นชัด เพราะป่าไม้ชนิดนี้ต้องสลัดใบเพื่อลดการคายน้ำ



รูปที่ 1(ก) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของภาคเหนือ (สถานีจังหวัดกำแพงเพชร)



รูปที่ 1(ข) เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของภาคเหนือ (สถานีจังหวัดกำแพงเพชร) กับการกระจายแบบปกติ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคเหนือ

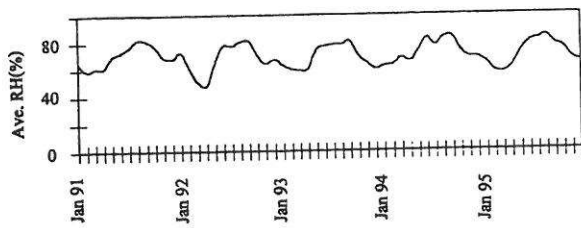
| สถานีตรวจวัดอากาศ |             | %Fit<br>Curve | เฉลี่ยฤดู<br>ร้อน | เฉลี่ยฤดู<br>ฝน | เฉลี่ยฤดู<br>หนาว | เฉลี่ยราย<br>ปี | มัธยฐาน | Mode |
|-------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|------|
| แม่ฮ่องสอน        | All data    | 76.0          | 64.8              | 83.3            | 74.7              | 74.2            | 78.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 69.2          | 65.3              | 82.7            | 75.0              | 74.4            | 78.0    | 81.0 |
| แม่สะเรียง        | All data    | 80.3          | 67.2              | 84.3            | 75.1              | 75.6            | 79.0    | 83.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 71.3          | 69.6              | 85.0            | 77.3              | 77.3            | 80.0    | 83.0 |
| เชียงใหม่         | All data    | 89.4          | 70.2              | 83.1            | 76.2              | 76.5            | 79.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 86.8          | 68.4              | 83.1            | 74.6              | 75.4            | 78.0    | 80.0 |
| พะเยา             | All data    | 79.1          | 63.5              | 81.6            | 72.7              | 72.6            | 76.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 75.7          | 64.2              | 82.5            | 74.2              | 73.7            | 77.0    | 81.0 |
| เชียงใหม่         | All data    | 88.6          | 65.3              | 80.1            | 71.1              | 72.2            | 75.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 85.8          | 62.7              | 80.2            | 68.4              | 70.4            | 73.0    | 74.0 |
| ลำปาง             | All data    | 90.9          | 66.0              | 81.7            | 72.5              | 73.4            | 76.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 92.3          | 63.8              | 79.8            | 69.7              | 71.1            | 73.0    | 73.0 |
| ลำพูน             | All data    | 85.3          | 62.2              | 80.1            | 71.0              | 71.1            | 74.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 85.3          | 61.2              | 79.9            | 69.4              | 70.2            | 73.0    | 79.0 |
| แพร่              | All data    | 92.4          | 66.3              | 81.0            | 71.3              | 72.9            | 75.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 90.2          | 68.3              | 83.4            | 73.9              | 75.3            | 77.0    | 83.0 |
| น่าน              | All data    | 94.3          | 71.5              | 83.5            | 75.9              | 77.0            | 78.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 90.0          | 71.6              | 84.1            | 76.6              | 77.4            | 79.0    | 80.0 |
| ท่าวังผา          | All data    | 93.6          | 75.2              | 85.4            | 78.6              | 79.8            | 80.0    | 81.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 86.9          | 73.1              | 85.2            | 78.3              | 78.9            | 81.0    | 81.0 |
| อุตรดิตถ์         | All data    | 97.1          | 68.1              | 81.5            | 69.0              | 72.9            | 74.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.9          | 67.9              | 81.5            | 67.8              | 72.5            | 72.0    | 71.0 |
| ตาก               | All data    | 93.6          | 59.5              | 76.6            | 66.6              | 67.6            | 70.0    | 69.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.1          | 59.2              | 77.2            | 65.1              | 67.2            | 69.0    | 79.0 |
| แม่สอด            | All data    | 88.6          | 68.8              | 84.4            | 70.4              | 74.6            | 77.0    | 83.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.4          | 71.8              | 85.5            | 73.3              | 76.9            | 78.0    | 82.0 |
| เขื่อนภูมิพล      | All data    | 94.9          | 59.7              | 75.6            | 66.4              | 67.3            | 69.0    | 73.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.3          | 62.1              | 77.3            | 67.5              | 69.0            | 71.0    | 74.0 |
| อุ้มผาง           | All data    | 91.8          | 68.8              | 84.4            | 70.4              | 74.6            | 77.0    | 83.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 88.4          | 71.8              | 85.5            | 73.3              | 76.9            | 78.0    | 82.0 |
| พิษณุโลก          | All data    | 94.9          | 68.1              | 79.9            | 67.7              | 71.9            | 73.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.4          | 65.9              | 78.7            | 65.4              | 70.0            | 70.0    | 66.0 |
| เพชรบูรณ์         | All data    | 94.0          | 68.7              | 81.8            | 65.0              | 71.9            | 73.0    | 83.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.8          | 69.3              | 82.4            | 65.1              | 72.3            | 72.0    | 86.0 |
| หล่มสัก           | All data    | 93.4          | 71.8              | 81.6            | 66.5              | 73.4            | 74.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 88.3          | 67.9              | 80.2            | 32.5              | 70.3            | 70.0    | 65.0 |
| วิเชียรบุรี       | All data    | 94.3          | 70.5              | 80.8            | 66.6              | 72.7            | 73.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.4          | 66.8              | 78.3            | 63.4              | 69.5            | 70.0    | 78.0 |
| กำแพงเพชร         | All data    | 93.4          | 69.6              | 83.3            | 71.2              | 74.7            | 76.0    | 82.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 94.9          | 69.3              | 83.4            | 70.5              | 74.5            | 75.0    | 84.0 |

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันมากทั้งภาค คือ อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 70-75 โดยมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 75-83 ในฤดูร้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 และในฤดูหนาวจะมีอากาศแห้งสุดมี

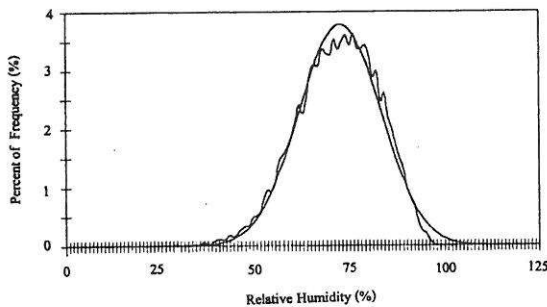
ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 ดังแสดงในตารางที่ 3 และการกระจายของข้อมูลค่อนข้างมีความใกล้เคียงกับการกระจายแบบปกติดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

| สถานีตรวจวัดอากาศ |             | %Fit Curve | เฉลี่ยฤดูร้อน | เฉลี่ยฤดูฝน | เฉลี่ยฤดูหนาว | เฉลี่ยรายปี | มัธยฐาน | Mode |
|-------------------|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------|------|
| หนองคาย           | All data    | 97.2       | 72.6          | 82.5        | 68.0          | 74.4        | 75.0    | 70.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 94.7       | 71.2          | 82.1        | 68.0          | 73.8        | 73.5    | 70.0 |
| เลย               | All data    | 97.6       | 69.3          | 80.1        | 68.6          | 72.7        | 74.0    | 73.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.2       | 68.7          | 80.1        | 68.0          | 72.3        | 73.0    | 74.0 |
| อุดรธานี          | All data    | 99.2       | 69.8          | 79.6        | 67.0          | 72.2        | 73.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 95.3       | 67.0          | 78.4        | 64.5          | 70.0        | 70.0    | 68.0 |
| สกลนคร            | All data    | 98.5       | 71.0          | 80.0        | 66.7          | 72.6        | 73.0    | 69.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 92.9       | 69.8          | 81.7        | 67.5          | 73.0        | 72.0    | 70.0 |
| นครพนม            | All data    | 96.3       | 73.0          | 82.5        | 67.3          | 74.3        | 74.0    | 71.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.7       | 73.4          | 83.0        | 68.3          | 75.0        | 74.0    | 72.0 |
| ขอนแก่น           | All data    | 98.8       | 67.8          | 79.2        | 66.0          | 71.0        | 72.0    | 75.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 95.1       | 67.0          | 79.5        | 66.7          | 71.1        | 71.0    | 67.0 |
| มุกดาหาร          | All data    | 98.8       | 69.1          | 80.1        | 67.2          | 72.2        | 72.0    | 73.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 94.9       | 68.7          | 80.6        | 67.8          | 72.4        | 72.0    | 69.0 |
| โกสุมพิสัย        | All data    | 97.6       | 68.6          | 78.6        | 68.2          | 71.8        | 73.0    | 75.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 97.1       | 67.6          | 80.2        | 68.8          | 72.3        | 73.0    | 72.0 |
| ชัยภูมิ           | All data    | 97.3       | 65.0          | 76.5        | 59.4          | 67.0        | 67.0    | 72.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.8       | 70.0          | 80.6        | 66.5          | 72.4        | 73.0    | 79.0 |
| ร้อยเอ็ด          | All data    | 99.0       | 68.1          | 78.6        | 65.7          | 70.9        | 71.0    | 75.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.1       | 66.5          | 78.1        | 64.3          | 69.7        | 69.0    | 69.0 |
| อุบลราชธานี       | All data    | 95.9       | 70.0          | 80.6        | 66.5          | 72.4        | 73.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.2       | 69.5          | 80.8        | 66.5          | 72.3        | 72.0    | 68.0 |
| นครราชสีมา        | All data    | 99.2       | 69.0          | 78.2        | 67.7          | 71.6        | 72.0    | 73.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 97.3       | 66.0          | 76.0        | 63.7          | 68.6        | 68.0    | 64.0 |
| โชคชัย            | All data    | 96.6       | 71.2          | 79.4        | 71.3          | 74.0        | 74.0    | 74.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.8       | 68.6          | 78.7        | 67.5          | 71.7        | 72.0    | 70.0 |
| สุรินทร์          | All data    | 95.5       | 71.0          | 81.5        | 67.6          | 73.1        | 74.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.3       | 69.4          | 81.7        | 66.5          | 72.6        | 73.0    | 66.0 |
| ท่าตูม            | All data    | 97.6       | 69.9          | 80.9        | 68.8          | 73.3        | 74.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 95.0       | 68.7          | 80.8        | 68.1          | 72.6        | 73.0    | 72.0 |
| นางรอง            | All data    | 96.1       | 71.4          | 80.3        | 70.2          | 74.0        | 74.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.9       | 69.6          | 80.6        | 68.0          | 72.8        | 73.0    | 74.0 |



รูปที่ 2(ก) การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สถานีจังหวัดอุดรธานี)



รูปที่ 2(ข) เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สถานีจังหวัดอุดรธานี) กับการกระจายแบบปกติ

ภาคกลาง มีค่าของค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 70-75 โดยที่ฤดูฝนจะมีค่าอยู่ช่วงร้อยละ 75-83 ในฤดูร้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65-75 ซึ่งมากกว่าในฤดูหนาวที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 ดังแสดงในตารางที่ 4

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์รายเดือนพบว่าข้อมูลมีการกระจายใกล้เคียงแบบปกติ และมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับกรณีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออก มีค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงมาก กล่าวคือ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 75-83 โดยในฤดูฝนทั้งฤดู จะมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 80 ขณะที่ในฤดูร้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 72-82 และ ในฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์น้อยสุด คือมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 68-75 ดังแสดงในตารางที่ 5

เมื่อพิจารณาค่าภาวะสารูปสนิทธิ (Goodness of Fit) จะพบว่า มีค่าไม่สูงเท่าที่ควร โดยกราฟแสดงการกระจายของข้อมูลส่วนใหญ่จะเบ้ซ้าย ทั้งนี้เนื่องจากภาคนี้ได้รับอิทธิพลจากลมทะเลตลอดทั้งปี และยังเป็นด้านรับลมอีกด้วย จึงมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง โดยในฤดูหนาวมีอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกำลังแรง ทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เพราะได้รับอิทธิพลของลมทะเลจากอ่าวไทย และความชื้นสัมพัทธ์จะขึ้นสูงสุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมและลมพายุหมุน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคกลาง

| สถานีตรวจวัดอากาศ |             | %Fit Curve | เฉลี่ยฤดูร้อน | เฉลี่ยฤดูฝน | เฉลี่ยฤดูหนาว | เฉลี่ยรายปี | มัธยฐาน | Mode |
|-------------------|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------|------|
| นครสวรรค์         | All data    | 96.7       | 65.8          | 78.7        | 65.7          | 70.1        | 70.0    | 78.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.1       | 64.0          | 77.3        | 63.2          | 68.2        | 68.0    | 58.0 |
| สุพรรณบุรี        | All data    | 99.0       | 69.1          | 77.3        | 69.2          | 72.1        | 73.0    | 73.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 98.6       | 72.5          | 79.4        | 71.6          | 74.5        | 74.0    | 74.0 |
| ลพบุรี            | All data    | 96.9       | 69.2          | 78.5        | 62.0          | 69.9        | 71.0    | 78.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 97.0       | 69.4          | 78.1        | 61.4          | 69.7        | 70.0    | 67.0 |
| บัวชุม            | All data    | 91.5       | 73.0          | 83.0        | 67.5          | 74.5        | 75.0    | 78.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.1       | 68.7          | 80.7        | 63.9          | 70.9        | 72.0    | 79.0 |
| Pilot Station     | All data    | 95.8       | 75.6          | 75.7        | 70.9          | 74.1        | 75.0    | 77.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 95.0       | 75.2          | 74.6        | 69.7          | 73.2        | 74.0    | 76.0 |
| กาญจนบุรี         | All data    | 99.4       | 75.6          | 75.7        | 70.9          | 74.1        | 75.0    | 77.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.9       | 64.5          | 75.6        | 65.5          | 68.6        | 69.0    | 66.0 |

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคตะวันออก

| สถานีตรวจวัดอากาศ |             | %Fit Curve | เฉลี่ยฤดูร้อน | เฉลี่ยฤดูฝน | เฉลี่ยฤดูหนาว | เฉลี่ยรายปี | มาตรฐาน | Mode |
|-------------------|-------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------|------|
| ปราจีนบุรี        | All data    | 92.9       | 72.5          | 80.3        | 62.9          | 72.0        | 74.0    | 81.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 91.2       | 76.5          | 83.0        | 66.0          | 75.2        | 77.0    | 84.0 |
| กบินทร์บุรี       | All data    | 91.8       | 76.9          | 84.6        | 68.6          | 76.8        | 78.0    | 92.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 90.3       | 75.7          | 83.0        | 67.0          | 75.3        | 75.0    | 84.0 |
| เกาะสีชัง         | All data    | 94.7       | 74.0          | 77.5        | 69.9          | 73.8        | 75.0    | 75.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 93.5       | 75.7          | 78.3        | 70.5          | 74.9        | 76.0    | 77.0 |
| พญา               | All data    | 98.2       | 76.9          | 79.4        | 74.2          | 76.9        | 77.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.0       | 75.2          | 74.6        | 69.7          | 73.2        | 74.0    | 76.0 |
| ลัดทิบ            | All data    | 97.2       | 76.3          | 79.3        | 72.8          | 76.2        | 76.0    | 77.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.8       | 74.2          | 78.5        | 71.7          | 74.8        | 75.0    | 73.0 |
| ระยอง             | All data    | 93.9       | 76.9          | 80.4        | 73.5          | 77.0        | 77.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 92.5       | 77.4          | 81.1        | 73.5          | 77.3        | 78.0    | 77.0 |
| จันทบุรี          | All data    | 93.7       | 1.9           | 85.6        | 72.8          | 80.2        | 81.0    | 82.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 92.6       | 79.8          | 84.2        | 69.3          | 77.8        | 79.0    | 78.0 |
| คลองใหญ่          | All data    | 94.3       | 80.8          | 85.9        | 72.3          | 79.7        | 81.0    | 79.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 85.5       | 81.8          | 86.6        | 72.4          | 80.3        | 82.0    | 81.0 |

ภาคใต้ฝั่งตะวันออก เป็นภาคที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันตลอดทั้งปีในทุก ๆ ฤดู ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 76-84 เป็นส่วนมาก ดังแสดงในตารางที่ 6

เมื่อพิจารณาค่าภาวะสารถูปสนธิจะเห็นว่ามีความสูง เพราะในภาคนี้จะไม่มีความชื้นสูงหรือต่ำเป็นช่วงระยะเวลาอันแต่จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงใกล้เคียงกันตลอด และมีค่าสูงกว่าภาคตะวันออก เนื่องจากภาคนี้เป็นภาคที่ได้รับอิทธิพลจากทะเลตลอดทั้งปี

ภาคใต้ฝั่งตะวันตก เป็นภาคที่มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูง เช่นเดียวกับภาคใต้ฝั่งตะวันออก แต่มีลักษณะต่างกัน โดยในช่วงฤดูฝนมีความชื้นสูงมาก ประมาณร้อยละ 84-86 เป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ในฤดูร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 80 ซึ่งจะมีเพียงฤดูหนาวเท่านั้นที่มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 75-79 ดังแสดงในตารางที่ 7

สาเหตุที่ทำให้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของภาคใต้มีลักษณะต่างกัน ก็เป็นผลเนื่องจากมีทิวเขานครศรีธรรมราช และทิวเขา

สันกาลาศรีร์ คั่นแบ่งภาคได้ออกเป็น 2 ส่วน จึงทำให้สภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างกัน [4]

เมื่อนำค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมด (มากที่สุด 40 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2499 ถึง พ.ศ. 2538) และข้อมูลย้อนหลัง 5 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2538) มาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า พื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูล 5 ปีหลังสุด มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากพื้นที่ป่าไม้ในประเทศมีน้อยลง แต่ที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกภาคใต้ฝั่งตะวันตก และภาคตะวันออก ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูล 5 ปีหลังสุด มีค่าใกล้เคียงกันมากกับค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมด เนื่องจากความชื้นในภาคดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากลมทะเล

รูปที่ 3 เป็นการนำค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเส้นระดับซึ่งทำให้สะดวกในการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

| สถานีตรวจวัดอากาศ   |             | %Fit Curve | เฉลี่ยดูร้อน | เฉลี่ยดูฝน | เฉลี่ยดูหนาว | เฉลี่ยรายปี | มัธยฐาน | Mode |
|---------------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|---------|------|
| เพชรบุรี            | All data    | 98.9       | 75.7         | 78.0       | 75.2         | 76.9        | 77.0    | 77.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 97.7       | 76.4         | 78.6       | 74.6         | 76.5        | 77.0    | 76.0 |
| ประจวบคีรีขันธ์     | All data    | 99.0       | 76.5         | 78.4       | 75.6         | 76.8        | 77.0    | 80.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 95.4       | 76.0         | 78.2       | 73.2         | 75.8        | 76.0    | 76.0 |
| หัวหิน              | All data    | 98.6       | 72.7         | 76.4       | 72.5         | 73.9        | 74.0    | 73.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 96.2       | 72.8         | 76.7       | 70.6         | 73.4        | 73.0    | 74.0 |
| ชุมพร               | All data    | 97.6       | 79.8         | 83.6       | 81.6         | 81.7        | 81.0    | 81.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 96.3       | 78.9         | 83.3       | 80.1         | 80.8        | 81.0    | 81.0 |
| สุราษฎร์ธานี        | All data    | 99.1       | 78.5         | 83.5       | 82.7         | 81.6        | 82.0    | 82.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 98.5       | 78.3         | 83.5       | 81.9         | 81.2        | 81.0    | 79.0 |
| สนามบินสุราษฎร์ธานี | All data    | 99.3       | 76.1         | 82.1       | 79.9         | 79.3        | 80.0    | 81.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 97.9       | 78.3         | 83.7       | 81.4         | 81.1        | 81.0    | 81.0 |
| เกาะสมุย            | All data    | 99.1       | 77.7         | 78.4       | 81.1         | 79.0        | 79.0    | 77.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 98.3       | 80.7         | 80.9       | 83.8         | 81.8        | 82.0    | 80.0 |
| นครศรีธรรมราช       | All data    | 99.2       | 76.8         | 78.2       | 82.5         | 79.1        | 79.0    | 80.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 95.5       | 80.4         | 81.2       | 84.4         | 82.0        | 82.0    | 81.0 |
| สงขลา               | All data    | 98.2       | 76.4         | 77.9       | 78.8         | 77.7        | 77.0    | 77.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 94.7       | 77.7         | 79.4       | 79.5         | 78.8        | 78.0    | 78.0 |
| สนามบินหาดใหญ่      | All data    | 98.4       | 76.4         | 77.9       | 78.8         | 77.7        | 77.0    | 77.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 96.7       | 77.6         | 79.4       | 79.5         | 78.8        | 78.0    | 78.0 |
| สนามบินปัตตานี      | All data    | 98.3       | 78.6         | 81.2       | 82.0         | 80.6        | 80.0    | 80.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 94.7       | 78.9         | 81.2       | 82.0         | 80.7        | 80.0    | 79.0 |
| นราธิวาส            | All data    | 96.9       | 79.1         | 81.3       | 83.2         | 81.2        | 81.0    | 80.0 |
|                     | 5 Yrs. Data | 95.4       | 81.2         | 83.1       | 84.2         | 82.8        | 82.0    | 81.0 |

#### 4. สรุป

จากการหาค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทยโดยพิจารณาข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ ของกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม สามารถสรุปได้ว่า ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 70-80, 70-75, 70-75, 75-83, 76-84 และ 76-82 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูล 5 ปีหลังสุด (พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2538) มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรายปี

ความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลทั้งหมด เนื่องจากปริมาณป่าไม้ที่ลดลงอย่างมาก ยกเว้นในภาคตะวันออก และภาคใต้ ที่ค่าเฉลี่ยทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากความชื้นของภาคดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากทะเล

วิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ในประเทศไทยนี้ไปใช้ในการคำนวณค่าสูญเสียของแรงดึงเนื่องจากการยืดหดตัว การคืบของคอนกรีต และการล้าตัวของเหล็กเสริม ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง และนักวิจัยสามารถใช้ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาพฤติกรรมการยืดหดตัว (Shrinkage) และการคืบ (Creep) ของคอนกรีต

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยรายปีความชื้นสัมพัทธ์ของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

| สถานีตรวจวัดอากาศ |             | %Fit<br>Curve | เฉลี่ยฤดู<br>ร้อน | เฉลี่ยฤดู<br>ฝน | เฉลี่ยฤดู<br>หนาว | เฉลี่ยราย<br>ปี | มัธยฐาน | Mode |
|-------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------|------|
| ระนอง             | All data    | 96.1          | 80.4              | 87.9            | 76.7              | 81.7            | 82.0    | 85.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 95.3          | 78.2              | 85.7            | 73.9              | 79.3            | 80.0    | 80.0 |
| ตะกั่วป่า         | All data    | 98.9          | 82.3              | 86.5            | 78.6              | 82.5            | 83.0    | 82.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 98.9          | 83.0              | 87.4            | 79.6              | 83.4            | 84.0    | 82.0 |
| ภูเก็ต            | All data    | 99.1          | 74.8              | 79.8            | 71.9              | 75.5            | 75.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 97.5          | 76.0              | 81.5            | 72.6              | 76.7            | 77.0    | 79.0 |
| สนามบินภูเก็ต     | All data    | 99.7          | 79.4              | 83.5            | 77.3              | 80.1            | 80.0    | 80.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 98.9          | 80.3              | 84.3            | 78.1              | 80.9            | 81.0    | 82.0 |
| เกาะลันตา         | All data    | 97.9          | 78.7              | 83.5            | 76.0              | 79.5            | 80.0    | 84.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.2          | 78.4              | 84.5            | 76.4              | 79.8            | 80.0    | 84.0 |
| สนามบินตรัง       | All data    | 96.7          | 78.8              | 85.4            | 77.3              | 80.5            | 82.0    | 85.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 96.5          | 81.0              | 87.1            | 79.2              | 82.5            | 83.0    | 84.0 |
| สตูล              | All data    | 90.4          | 74.8              | 79.8            | 71.9              | 75.5            | 75.0    | 76.0 |
|                   | 5 Yrs. Data | 90.5          | 76.0              | 81.5            | 72.6              | 76.7            | 77.0    | 79.0 |

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่แผนกบริการข้อมูล กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม ในการอนุเคราะห์ข้อมูล

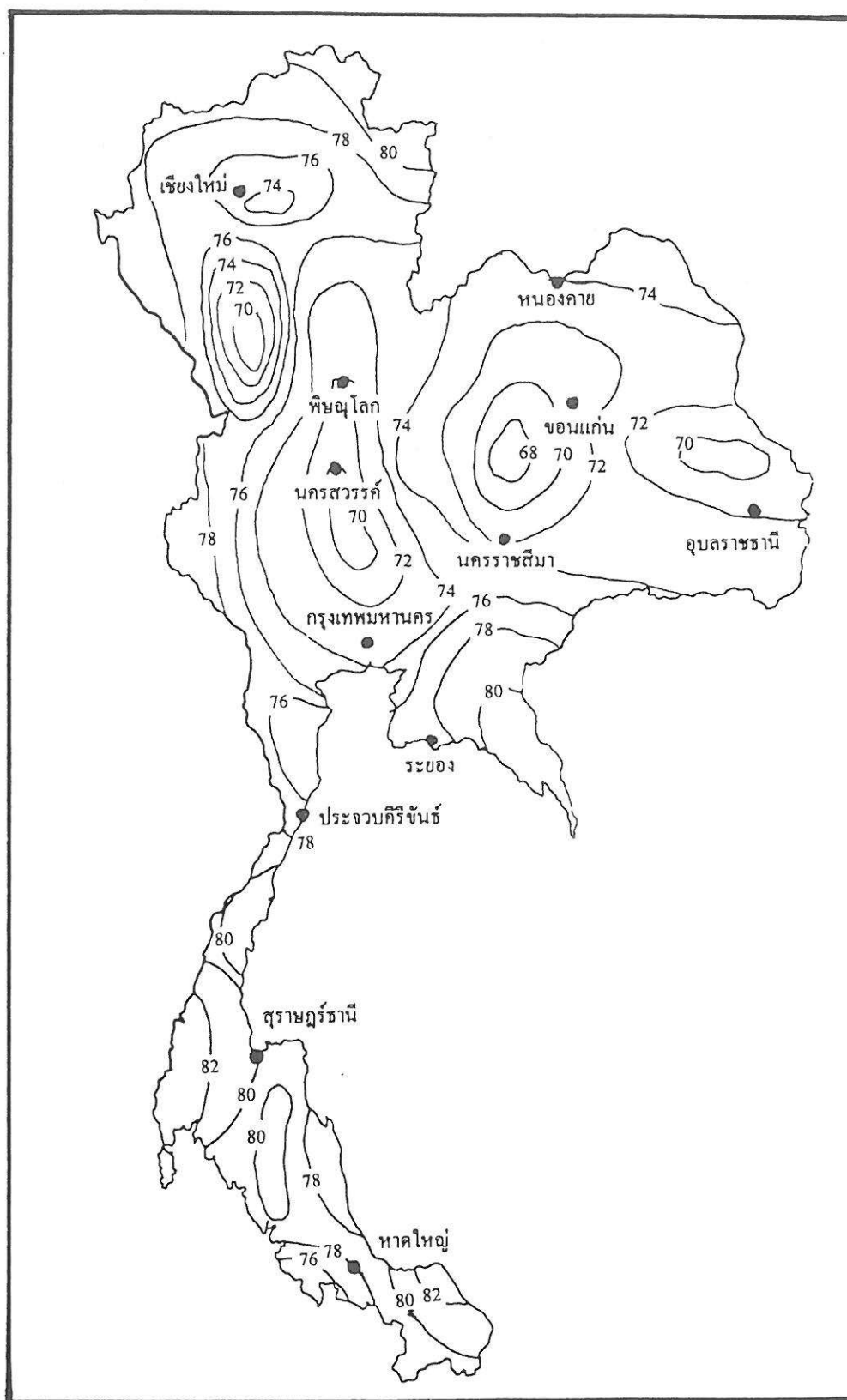
## 6. บรรณานุกรม

1 T. Y. Lin and N. H. Burns, "Design of Prestressed Concrete Structures", John Wiley & Sons, 3<sup>rd</sup> edition, 1982.

2 American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)", 1999.

3 R. E. Walpole, "Introduction to Statistics", Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 3<sup>rd</sup> edition, 1990.

4 สวาท เสนาณรงค์ และ น้อม งามนิสัย, "ไทยแอตลาส", บริษัท อักษรเจริญทัศน์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 7



รูปที่ 3 แผนที่แสดงเส้นระดับค่าเฉลี่ยรายปีความขึ้นสัมพัทธ์ในประเทศไทย