

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแนวทางในการออกแบบและก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปทรงโดมสำหรับผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งเป็นลักษณะแบบที่พื้กอาศัยชั่วคราว ให้สามารถติดตั้งและถอดประกอบได้ สะดวก รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยได้ทำการออกแบบ ทำโมเดล และก่อสร้างเป็นบ้านตัวอย่าง เพื่อทดสอบการใช้งานจริง โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ภัยพิบัติทางธรรมชาติ [2]

ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หมายถึง มหันตภัยที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันเป็นการนำมาซึ่งการทำลายล้างทั้งชีวิตและทรัพย์สิน และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาพดั้งเดิม โดยยากที่จะคาดการณ์ได้ (Webster's New Encyclopedic Dictionary, 1994) ภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทยจำแนกออกเป็น 8 ประเภท ประกอบด้วย

1) วาตภัย จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1.1) วาตภัยจากพายุฤดูร้อน เกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อน เกิดจากถูกระเบิดอากาศกระทำให้ลอยขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นละอองน้ำและมีการเสียดสีระหว่างลิ่งน้ำกับอากาศจนเกิดประจุไฟฟ้า จึงทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและอาจมีลูกเห็บทำความเสียหายได้ในบริเวณเล็กๆ ช่วงเวลาสั้นๆ ความเร็วลมประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.2) วาตภัยจากพายุฤดูหนาว จะเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน เป็นพายุที่เกิดขึ้นเหนือทะเลจีนใต้ และมหาสมุทรแปซิฟิกในเขตร้อน มีศูนย์กลางประมาณ 200 กิโลเมตร มีลมพัดเวียนรอบศูนย์กลางทิศทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ ศูนย์กลางเป็นวงกลมประมาณ 15-60 กิโลเมตร อุทกภัย เกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน มีสาเหตุจาก พายุหมุนเขตร้อน มรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง ร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรง และแผ่นดินไหวทำให้เขื่อนแตก

2) อุทกภัยแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.1 อุทกภัยจากน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมฉับพลัน เกิดจากฝนตกหนักติดต่อกันหลายชั่วโมง ดินชุ่มชื้นน้ำไม่ทัน น้ำฝนไหลบ่าเหนือผิวดินลงสู่พื้นราบอย่างรวดเร็ว ความแรงของน้ำทำลายต้นไม้ อาคาร ถนน สะพาน ชีวิต ทรัพย์สิน

2.2 อุทกภัยจากน้ำท่วมขังและน้ำเอ่อนอง เกิดจากน้ำในแม่น้ำ ลำธารล้นตลิ่ง มีระดับสูงเกินจากสภาวะปกติ ท่วมและแช่ขัง ทำให้การคมนาคมชะงัก เกิดโรคระบาด ทำลายสาธารณูปโภค และพืชผลการเกษตร

3) อุทกภัยจากภัยธรรมชาติซึ่งเกิดจาก ฝนแล้ง ไม่ตกตามฤดูกาล มีสาเหตุจาก พายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านประเทศไทยน้อย ร่องความกดอากาศต่ำมีกำลังอ่อน มรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังอ่อน เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน หรือเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง ทำให้ฝนน้อยกว่าปกติ ทำให้ผลผลิตการเกษตรเสียหาย

4) พายุฝนฟ้าคะนอง ภัยธรรมชาติซึ่งเกิดจากฝนฟ้าคะนอง และลมแรง อากาศร้อนลอยสูงขึ้น อากาศข้างเคียงไหลเข้ามาแทนที่ ไอน้ำกลั่นตัวเป็นเมฆ ทวีความสูงมากขึ้น มองเห็นคล้าย

ทั้งตีเหล็กสี่เทาเข็ม มีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ลมกระโชกแรง บางครั้งมีลูกเห็บ หากตกต่อเนื่องหลายชั่วโมง อาจเกิดน้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วมฉับพลัน อาจเกิดพายุลมหมุนหรือ พายุวงช้างมีลมแรงมาก ทำความเสียหายบริเวณที่เคลื่อนผ่าน

5) แผ่นดินไหว ภัยธรรมชาติซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานใต้พิภพ จากการเกิดภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินเลื่อน แผ่นดินถล่ม และเกิดจากมนุษย์ เช่นระเบิดปรมาณู แผ่นดินไหวในประเทศไทยมักเกิดขึ้นบริเวณภาคเหนือ มักเกิดแผ่นดินไหวขนาด 3-4 ริคเตอร์ และเคยเกิดขนาดใหญ่สุดที่บ้านทักได้ 5.6 ริคเตอร์ ที่ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก วันที่ 17 ก.พ. 2518

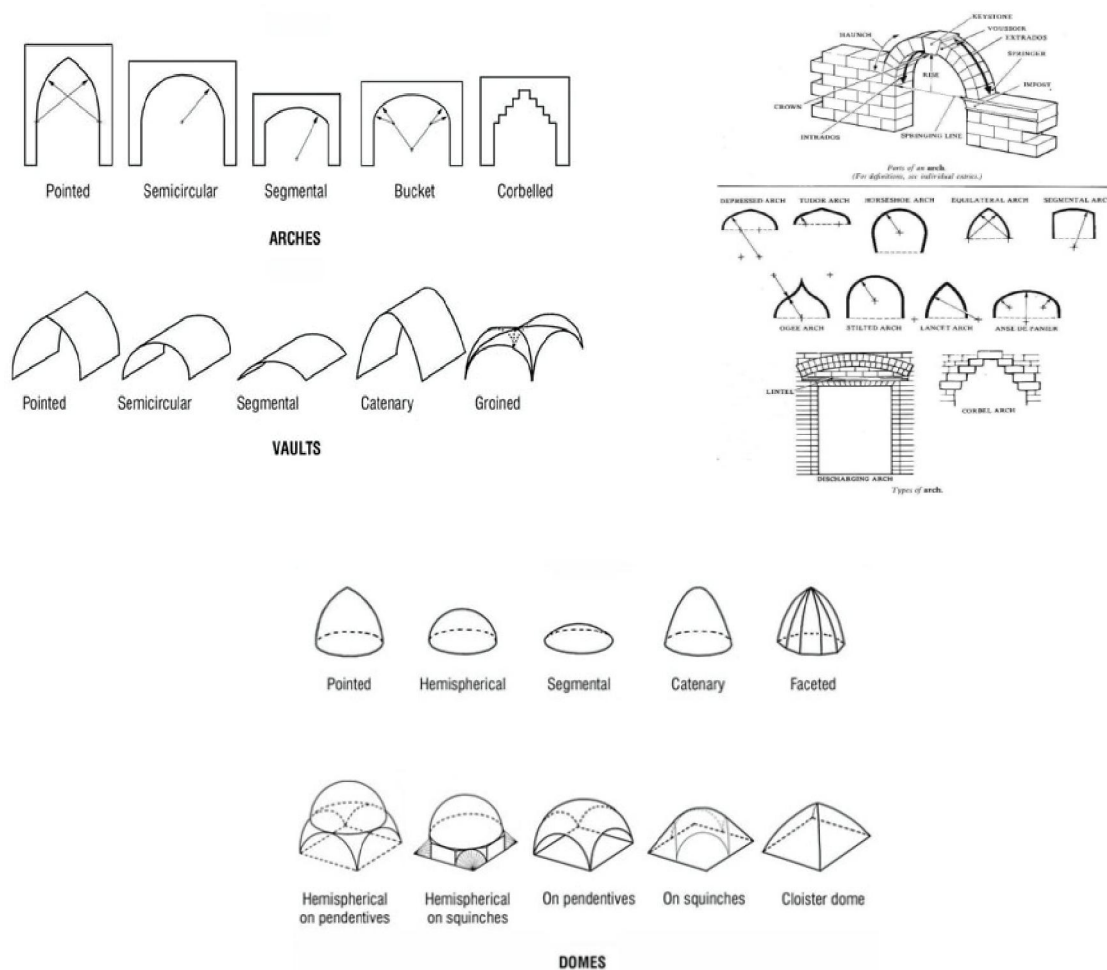
6) แผ่นดินถล่ม การเคลื่อนที่ของแผ่นดินและกระบวนการซึ่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของดินและหิน เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ตามความลาดชันของลาดเขา

7) ไฟป่า ภัยธรรมชาติซึ่งเกิดจากมนุษย์เป็นส่วนมาก ได้แก่การเผาหาของป่า เผาทำไร่เลื่อนลอย เผากำจัดวัชพืช ส่วนน้อยที่เกิดจากการเสียดสีของต้นไม้แห้ง ปลายเดือนกุมภาพันธ์-ต้นพฤษภาคม ทำให้เกิดมลพิษในอากาศมากขึ้น ผงฝุ่น คาร์บอนไฟกระจายในอากาศทั่วไป ไม่สามารถลอยขึ้นเบื้องบนได้ มองเห็นไม่ชัดเจน สุขภาพเสื่อม พืชผลการเกษตรด้อยคุณภาพ แหล่งทรัพยากรลดลง

8) สึนามิ (Tsunami) เป็นคลื่นขนาดยักษ์ที่เกิดจากการแทนที่น้ำอย่างรุนแรง ทำให้มวลของน้ำเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ในลักษณะเดียวกันกับการโยนก้อนหินลงในน้ำ แล้วเกิดระลอกคลื่นแผ่ออกจากจุดที่ก้อนหินตกกระทบ ปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่าง ได้แก่ ภูเขาไฟระเบิดในทะเล แผ่นดินไหวหรือแผ่นดินถล่มในทะเล และอุกกาบาต หรือดาวหางที่ตกลงในทะเล จะทำให้เกิดปรากฏการณ์แทนที่น้ำในลักษณะดังกล่าวอย่างรุนแรง ทำให้มวลของน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เกิดเป็นคลื่นสึนามิที่มีพลังงานมหาศาลและมีความเร็วสูงมาก ในระหว่างที่สึนามิเคลื่อนที่อยู่ในมหาสมุทรจะมีลักษณะเป็นคลื่นใต้น้ำ ที่เห็นเป็นเพียงระลอกสูงราว 30 เซนติเมตร ถึง 1 เมตรเท่านั้น แต่เมื่อสึนามิเคลื่อนที่เข้าหาฝั่ง สู่เขตน้ำตื้น ความเร็วจะลดลง ในขณะที่ความสูงของคลื่นกลับยิ่งทวีขึ้น

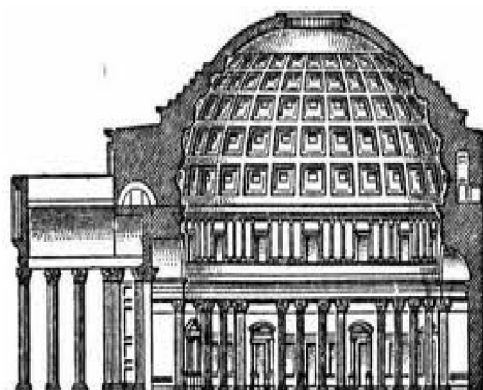
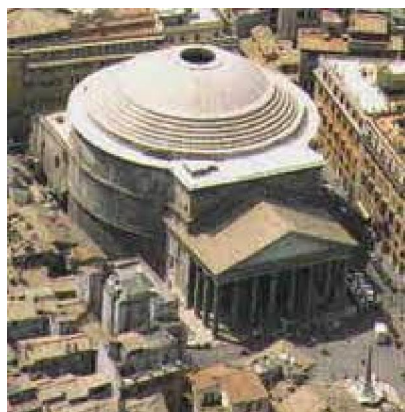
2.2 ประวัติความเป็นมาของโครงสร้างโดม

ตลอดประวัติศาสตร์โดมได้มีการยอมรับว่าเป็นสถาปัตยกรรมโบราณที่มีประสิทธิภาพในเรื่องของความงาม และความแข็งแรงในรูปทรงของตัวเอง โดยพัฒนาการของ Dome เริ่มจากส่วนโค้ง (Arch) ของกำแพงโบราณทั้งในยุโรปและอาหรับ ต่อมาส่วนโค้งของกำแพงโบราณได้มีการพัฒนาการมาเป็นซุ้มทางเดินหลังคาโค้ง (Arches) และห้องใต้ดินรูปทรงโค้ง (Vaults) และได้มีการพัฒนาต่อจากซุ้มทางเดินหลังคาโค้งมาเป็นหลังคาโค้ง หรือเรียกกันว่า Dome ในปัจจุบัน [3]



รูปที่ 2.1 โดมในลักษณะต่าง ๆ ในอดีต [3]

Dome ปรากฏครั้งแรกที่บริเวณรอบสุสานโบราณในตะวันออกกลางอินเดีย และเมดิเตอร์เรเนียน เป็นการปรับตัวกับที่อยู่อาศัยขนาดเล็กที่ได้พัฒนาวัฒนธรรมเก่าแก่ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบ Yurt, Igloos และ Teepees เนื่องจากคลาดแคลนวัสดุแต่ต้องการที่พักอาศัยที่แข็งแรงและมีน้ำหนักเบาที่สามารถสร้างหรือรื้อถอนได้อย่างสะดวกเพื่อการโยกย้าย จักรวรรดิโรม (Rome) ได้นำสถาปัตยกรรมนี้มาใช้เป็นครั้งแรกในการสร้าง Pantheon ในกรุงโรม [3]



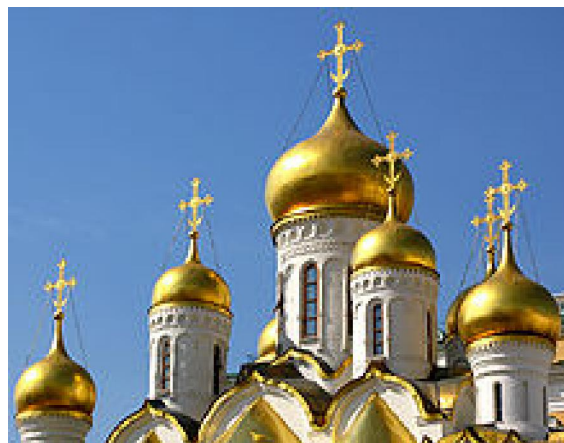
รูปที่ 2.2 Pantheon ในกรุงโรม [3]

ในสมัยจักรวรรดิไบเซนไทน์ (Byzantine) สถาปนิกได้คิดค้นการรับน้ำหนักโดมจากฐานลูกบาศก์เป็นส่วนโค้งสามเหลี่ยม (Pendentives Domes) ต่อมาจักรวรรดิไบเซนไทน์ (Byzantine) ได้ถูกเปอร์เซียยึดครองและได้นำสถาปัตยกรรมรูปทรงโดมนี้นี้ไปแพร่หลายในประเทศมุสลิมและได้ทำการสร้างสุเหร่าโซเฟีย (Sophia mosque) ซึ่งได้ใช้สถาปัตยกรรมรูปทรงโดมที่ได้รับมาจากจักรวรรดิไบเซนไทน์ (Byzantine) เป็นองค์ประกอบหลักในการออกแบบ [3]



รูปที่ 2.3 สุเหร่าโซเฟีย (Sophia mosque) [3]

สถาปัตยกรรมทรงโดมนี้ยังได้แพร่หลายจากประเทศมุสลิมไปยังรัสเซีย ซึ่งมีรูปทรงโดมที่เป็นเอกลักษณ์ของตน และได้กลายมาเป็นสัญลักษณ์ทางศาสนาของรัสเซียมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า โดมหัวหอม(Onion Dome) [3]



รูปที่ 2.4 โดมหัวหอม (Onion Dome) [3]

ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า Dome มีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากในโลกของโรมัน คริสต์ และอิสลาม ซึ่งได้นำสถาปัตยกรรมนี้มาเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบสถานที่สำคัญต่าง ๆ Dome ยังได้มีการแพร่หลายไปทั่วโลกและได้รับความนิยมมาเรื่อยๆจนปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปทรงโดมมาเป็นที่พักอาศัยและสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก ด้วยเพราะสถาปัตยกรรมที่งดงาม และความมั่นคงของโครงสร้าง [3]



รูปที่ 2.5 บ้านรูปทรงโดม (Dome House) [3]



รูปที่ 2.6 สนามกีฬาซูเปอร์โดม(Super Dome) [3]

2.3 คุณสมบัติที่ดีของโครงสร้างรูปทรงโดม

โดมถือเป็นสถาปัตยกรรมที่งดงามและยังมีโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพมากเช่นเดียวกัน สิ่งก่อสร้างทรงโดมนี้จะใช้เวลาในการก่อสร้างรวมถึงวัสดุในการก่อสร้างน้อยและเบา กว่าอาคารปกติ แต่ถึงแม้ว่าโครงสร้างโดมจะใช้วัสดุที่น้อยและเบากว่าก็สามารถต้านทานต่อการเกิดภัยธรรมชาติอย่างแรงลมหรือพายุได้ดีกว่าอาคารปกติ เนื่องจากลักษณะทรงกลมจะมีความแข็งแรงมากกว่าเพราะทุกๆ จุดของโครงสร้างรูปทรงโดมจะมีการกระจายความเครียดเท่า ๆ กันตลอดทั้งโครงสร้าง แต่การทนต่อการเกิดแผ่นดินไหวนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหวด้วย ซึ่งถ้าเทียบกับอาคารปกติแล้วโครงสร้างทรงโดมก็ยังสามารถทนต่อการเกิดแผ่นดินไหวได้ดีกว่า และเนื่องจากโดมมีพื้นที่ผิวที่น้อยกว่าอาคารที่มีรูปร่างอื่นๆ ประมาณ 30% ที่มีพื้นที่เท่ากัน ขนาดเดียวกัน จึงทำให้ลดปริมาณพลังงานที่จำเป็นลงไป 30% จากอาคารรูปร่างอื่น ๆ ด้วย ทำให้โครงสร้างรูปทรงโดมนี้จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งกับการสร้างในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศที่รุนแรง

2.4 หลังคาโครงโค้ง (Arched Roofs)

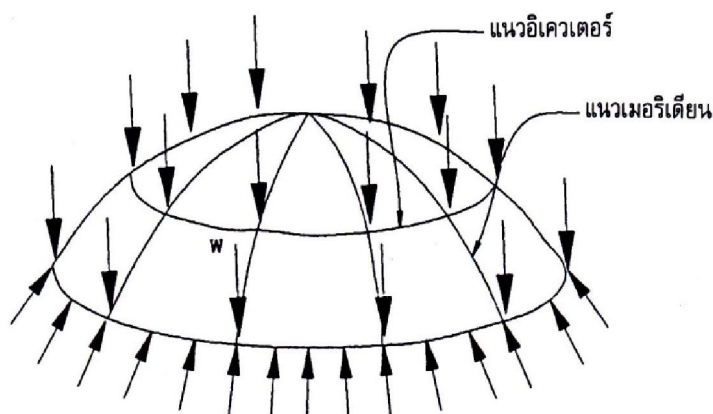
หลังคาโครงโค้งได้จากการเอาโครงสร้างโครงโค้งมาวางขนานกัน และใช้ชิ้นส่วนที่วางขวางมุงด้วยโครงวัสดุที่เป็นแผ่น ทำให้ได้รูปร่างของโครงหลังคาแบบประทุน (Barrel Roofs) ชิ้นส่วนเชื่อมระหว่างโครงโค้งถายน้ำหนักหลังคาไปยังโครงโค้งโดยการตัด หรือโดยพฤติกรรมของโค้ง และถายน้ำหนักลงสู่พื้นดินส่วนใหญ่โดยการอัด ในการออกแบบรูปร่างของโครงโค้งจะต้องพยายามออกแบบให้ใกล้เคียงกับรูปร่างพิกนิกคลาร์ของน้ำหนักคงที่ น้ำหนักจรรีบโดยการตัดในโค้ง [4] จากรูปที่ 2.7 แสดงโครงโค้งคลุมพื้นที่วงกลมโดยใช้โค้งวางรอบๆ เส้นรอบรูปขนรวมกันเหนือจุดศูนย์กลาง การถายน้ำหนักในแนวตั้งทำให้เกิดแรงถึบที่ฐานของโครงโค้ง จำเป็นที่จะต้องออกแบบฐานรากให้สามารถต้านแรงถึบนี้ หรือจะใช้คานโค้งรอบรัดแรงดึง หลังคาโค้งคลุมพื้นที่วงกลมโดยปราศจากเสา ทำให้ได้พื้นที่ใช้สอยกว้างขวางมากขึ้น เพื่อสามารถทำประโยชน์ได้หลายประเภท [2]



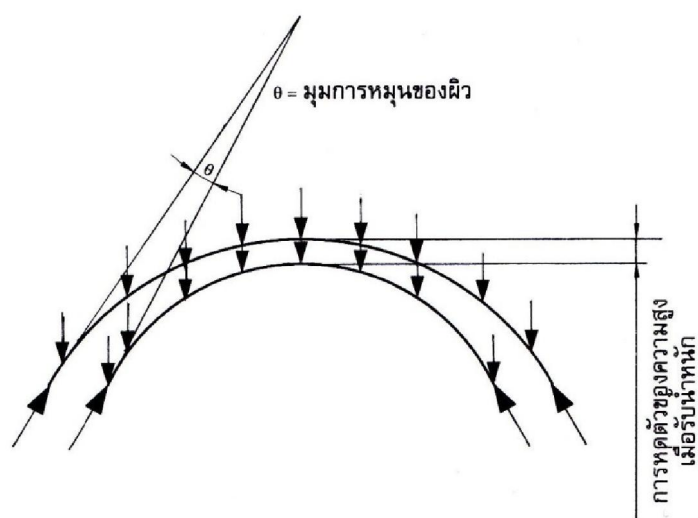
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของหลังคาโครงโค้งเป็นรัศมี [4]

2.5 พฤติกรรมทางผิวบางในโดมครึ่งวงกลม

พฤติกรรมของโครงสร้างโดมครึ่งวงกลมที่รองรับโดยขอบฐานโดยรอบ เนื่องจากน้ำหนักในแนวดิ่งซึ่งสมดุลกันทั้งสองข้างของแนวแกน (เนื่องจากน้ำหนักตายตัว) คือผลที่เกิดจากลักษณะของรูปทรงของโดมเอง ในโครงสร้างเปลือกบาง เส้นตัดในระนาบเมอริเดียนและเส้นตัดในระนาบตั้งฉากกับระนาบเมอริเดียนเป็นเส้นโค้งหลัก และเป็นระนาบความเค้นหลัก ความเค้นในระนาบตัดทั้งสองคือความเค้นดึงและความเค้นอัด ซึ่งกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดความหนาของเปลือกบางที่มีความหนาน้อยจากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า โครงโค้งที่มีลักษณะของพิวนิคูลาร์จะเกิดขึ้นเฉพาะกับน้ำหนักที่มากระทำเพียงแบบเดียวเท่านั้น แต่ในระนาบเส้นเมอริเดียนของโดมจะมีลักษณะของพิวนิคูลาร์จากน้ำหนักที่มากระทำหลายแบบ พฤติกรรมความแตกต่างนี้ก็เนื่องมาจากความจริงที่ว่า ในขณะที่โครงโค้งของวงกลมไม่มีที่รองรับในระนาบนอน แต่ระนาบเมอริเดียนของโดมครึ่งวงกลมมีการรองรับโดยวงแหวนในระนาบนอนที่ขนานกันหลายวง เพื่อต้านการเคลื่อนที่ในระนาบนอนโดยการเกิดความเค้นในระนาบเส้นรอบรูป เพราะผลมาจากพฤติกรรมทางพิวนิคูลาร์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกแบบต่าง ๆ ที่สมมาตร โดมจะไม่เปลี่ยนรูปร่างไปตามน้ำหนักที่แปรเปลี่ยน ดังนั้นจึงเป็นโครงสร้างที่มีเสถียรต่อการแปรเปลี่ยนของน้ำหนัก ดังที่กล่าวมาแล้วการมีส่วนในการช่วยรับแรงของแหวนระนาบนอนกับพฤติกรรมของพิวนิคูลาร์ของโดม [4]



รูปที่ 2.8 ความเค้นในแนวเมริเดียนในโดมเปลือกบางครึ่งวงกลม [4]



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงรูปของโดมที่โค้งน้อย [4]

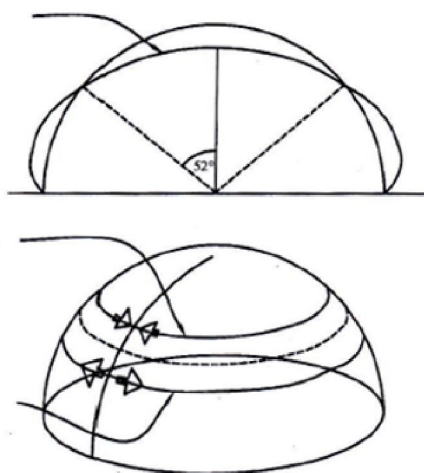
ชี้ให้เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงรูปของโค้งระนาบตั้ง เมื่อรับน้ำหนัก โดมที่มีความโค้งน้อย การโค้งระนาบตั้งจะโค้งภายใต้น้ำหนัก และโค้งยุบลงตามlebnานแกนของโดม ซึ่งทำให้วงแหวนตามระนาบนอนหดสั้นเข้า และรัศมีของวงแหวนน้อยลง วงแหวนระนาบนอนจึงเกิดการอัด ซึ่งเป็นการต้านทานโค้งในระนาบนอนหดสั้นเข้า และรัศมีของวงแหวนน้อยลง วงแหวนระนาบนอนจึงเกิดการอัด ซึ่งเป็นการต้านทานโค้งในระนาบตั้งไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่โค้งลงได้อย่างอิสระ หรืออาจกล่าวได้ว่า โดมที่โค้งน้อยที่มีสมดุลในแกนอาจพิจารณาได้ว่า มีพฤติกรรมเหมือนโค้งพินคิควลาร์ จำนวนมากรองรับด้วยวงแหวนขนานกันในระนาบนอน ทำให้เกิดความเค้นอัดกับโค้งระนาบตั้งและวงแหวนในระนาบนอนและทางทฤษฎีสามารถสร้างได้จากวัสดุที่รับแรงอัดได้ดี เช่น อิฐ หิน เป็นต้น [4]

เมื่อโดมมีความโค้งมาก จุดยอดของโดมจะเคลื่อนลงเมื่อรับน้ำหนัก แต่ส่วนล่างใกล้ฐานของโดมจะเคลื่อนที่ออกภายนอก วงแหวนในระนาบนอนส่วนบนจะหดตัวลง แต่วงแหวนในระนาบนอนส่วนล่างจะมีความยาวเพิ่มขึ้น และเกิดความเค้นดึง ซึ่งด้านการเคลื่อนของโค้งในระนาบตั้ง มีวงแหวนในระนาบนอนอยู่ในตำแหน่งหนึ่งที่ไม่แน่นอนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวเลย ซึ่งตำแหน่งนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่มากระทำ เช่น โดมที่อยู่ภายใต้น้ำหนักตัวเอง วงแหวนที่ทำมุม 52 องศา กับแนวแกนจะไม่เปลี่ยนแปลงความยาว แต่โดมนี้ เมื่อรับน้ำหนักหิมะที่จะกระจายสม่ำเสมอโดมมากขึ้น วงแหวนในระนาบนอนที่ไม่เกิดความเค้นเลย ทำมุม 45 องศา กับแนวแกนของโดมเนื่องจากความเค้นที่เกิดขึ้นจากโดมเป็นความเค้นอัดและความเค้นดึงแต่เพียงอย่างเดียวดังนั้นความเครียดที่เกิดขึ้นจึงมีขนาดน้อยมาก ความแข็งแรงของโดมครึ่งวงกลมจึงสูงอย่างมาก ตัวอย่าง เช่น ความหนาของโดมครึ่งวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เมตร จะหนาเพียง 7.6 เซนติเมตรเท่านั้น ซึ่งรับน้ำหนักตัวเองและน้ำหนักของหิมะจะเกิดการแอ่นตัวเพียง 1/10 ของเซนติเมตรเท่านั้น อัตราส่วนช่วงกว้างกับการแอ่นตัวเท่ากับ 1200 ซึ่งเทียบกับคานซึ่งอยู่ที่ 300 – 800 เนื่องจากโครงสร้างมีการโค้งตัว เช่น คาน การโค้งออกของโดมบริเวณขอบโดยรอบของฐานมีขนาดน้อยกว่าการโค้งตัวของยอดโดมเพียง 1/100 เซนติเมตรของ การหมุนตามแนวขอบ (Boundary Rotation) คือการเปลี่ยนแปลงของแนวโค้งแนวตั้งเพียง 1/100 ขององศา ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับพฤติกรรมที่แสดงโดยเปลือกบางที่ได้จากการหมุน ซึ่งมีรูปตัดของโค้งอื่นๆ จึงอธิบายได้ว่า เนื่องจากความแข็งแรงของโดมครึ่งวงกลม จึงสามารถลดความหนาลงให้มีขนาดน้อยเช่นนั้นได้ ดังเช่นอัตราส่วนความกว้างต่อความหนา เท่ากับ 300 เป็นเรื่องปกติ โดมที่ทำด้วยเหล็กซึ่งใช้กับอาคารของเตาปฏิกรณ์ปรมาณู มีอัตราเท่ากับ 1000 อัตราส่วนเช่นนี้เมื่อเทียบกับอัตราส่วนของเปลือกไข่ ซึ่งมีอัตราส่วนเพียง 30 หรือกับโครงสร้างที่รับแรงดัด ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 20 ความหนาของโครงเปลือกบางส่วนใหญ่ถูกกำหนดเนื่องจากมีความจำเป็นในการต้านทานการโก่งเดาะ [4]

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเนื่องจากน้ำหนัก

แรงอัดในแนววงแหวน

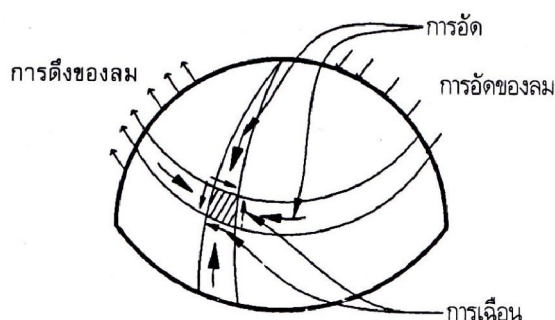
แรงดึงในแนววงแหวน



รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโดมที่มีโค้งมากภายใต้ น้ำหนักตายตัว [4]

เป็นที่ทราบแล้วว่า โครงสร้างผิวบางจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามการผันแปรของน้ำหนักเพื่อที่จะไม่ให้เกิดความเค้นอัด ในโครงสร้างโดมเปลือกบาง การอัดจะเกิดขึ้นแทน และแม้ว่าถ้าหากความเค้นหลัก (Direct Stresses) ในโค้งระนาบตั้งฉากกับพื้นและวงแหวนในระนาบนอนไม่สามารถรับน้ำหนักที่กระทำทั้งหมดได้ กลไกอย่างที่สามารถจึงมีความจำเป็นในการทำให้เกิดความสมดุลของความแตกต่างที่ไม่สมดุล เช่น กลไกของความเค้นเฉือน (คล้ายกับการรับแรงเฉือนโดยการบิดในโครงสร้างแผ่น) เพื่อไม่ให้ความเค้นที่เกิดขึ้นเกินความเค้นปลอดภัย [4]

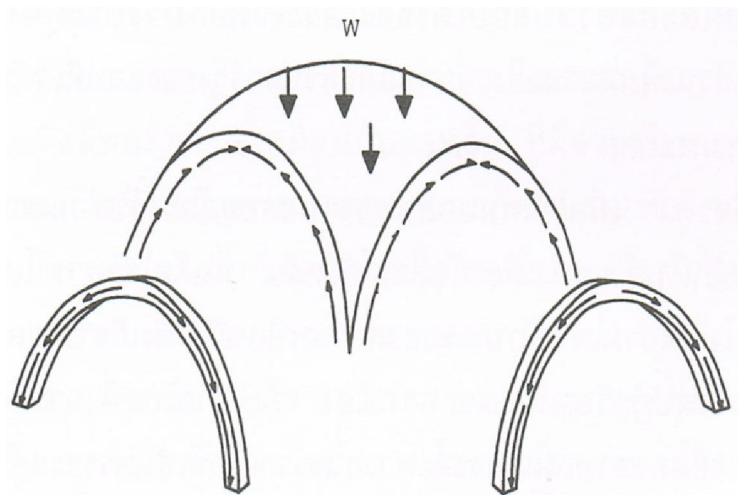
ความเค้นหลัก (การอัดและการดึง) และการเฉือนภายในผิวของพื้นโดมจะเฉลี่ยและสมดุลกับน้ำหนักบนโดมครึ่งวงกลมโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูป เมื่อนำกลไกของการรับแรงเฉือนมาพิจารณาซึ่งกล่าวได้ว่าโดมมีลักษณะของพินิคูลาร์ต่อน้ำหนักปกติทั้งหมด ดังนั้นจึงเป็นโครงสร้างที่มีความเสถียรภายใต้สถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่นโดมต้านแรงในแนวนอนแรงอัดและแรงดุดของลมจนเกิดความเค้นขึ้นที่ผิว 3 ชนิด ความเค้นเฉือนเนื่องจากลมมีค่ามากที่สุดอย่างหนึ่งด้วย ตัวอย่างเช่น ลมที่มีความเร็ว 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่กระทำต่อโดมคอนกรีตหนา 7.5 เซนติเมตรมีช่วงเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เมตร ทำให้เกิดความเค้นเฉือนที่ผิวเพียง 199 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ความเค้นเฉือนปลอดภัยที่ยอมให้มากถึง 1,067 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร [4]



รูปที่ 2.11 ลักษณะกลไกของการเฉือนในโดม [4]

2.6 ความเค้นในโครงเปลือกรูปถ่ายเปลี่ยนผิวโค้ง

โครงโค้งแบบต่าง ๆ อาจจะใช้กับโครงเปลือกแบบถ่ายเปลี่ยนผิวกับโค้งสองทิศทาง โค้งของวงกลมหรือส่วนของวงกลมของพาราโบลาได้ถูกนำมาใช้กันทั่วไปเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเทียบโค้งทั้งหมดโครงเปลือกบางรูปถ่ายเปลี่ยนผิวรองรับด้วยความเค้นเฉือนบนโค้งขอบ เหมือนกับโครงเปลือกประทุนที่รับโดยการเฉือนโดยขึ้นส่วนเพิ่มความแข็งแรงทั่วทั้ง โค้งที่รองรับมีความแข็งแรงตามระนาบพื้น แต่อาจจะอ่อนตามระนาบตั้งฉากกับขึ้นส่วน เพื่อว่าการตัดหรือการดึงที่ตั้งฉากกับโค้งจะไม่เกิดที่ขอบของโครงเปลือกบาง พิจารณาแล้วปฏิกิริยาของโครงเปลือกถ่ายเปลี่ยนผิวโค้งอาจจะเหมือนปฏิกิริยาคัลลิ่งคลิงมากกับโดมตัน และเกิดความเค้นอัดตามแนวโค้งทั้งสองส่วนของเปลือกบางใกล้โค้งที่รองรับจะเกิดการตัดที่เป็นคลื่นจำนวนหนึ่ง และแม้ว่าจะจางหายไปอย่างรวดเร็วในมุมของเปลือกบางที่มีการโค้งตั้งฉากกับโค้งที่รองรับ การเพิ่มความหนาของเปลือกบางบริเวณขอบก็มีความจำเป็น [4]



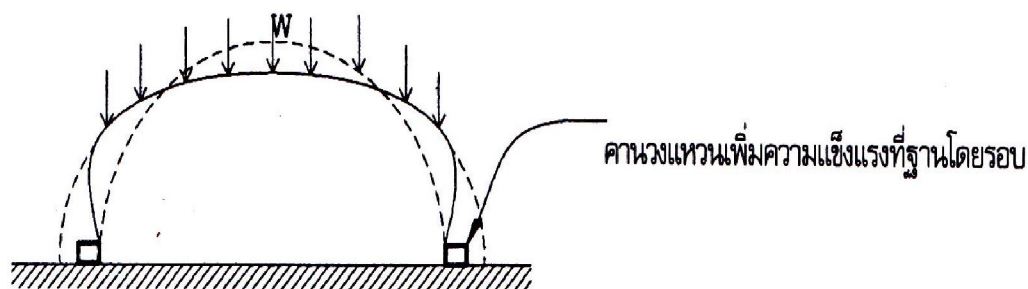
รูปที่ 2.12 รูปแสดงลักษณะการเหวี่ยงที่ขอบของโค้งของคลองเปลี่ยนรูปถ่ายเปลี่ยนผิวโค้ง [4]

2.7 ความเค้นดัดในโดม

โดมรับน้ำหนักโดยความเค้นที่ผิว (การอัด การดึง และการเหวี่ยง) เพราะการเกิดแรงเหวี่ยงทำให้มีลักษณะทางฟิสิกส์สำหรับน้ำหนักทุกประเภท แต่โดยปกติเนื่องจากโดมจะมีผิวที่บางมาก ถ้าหากมีแนวโน้มที่จะเกิดความเค้นดัดที่ใดก็ตามในผิวโดม ซึ่งจะมีค่าเกินกว่าความเค้นความปลอดภัยที่ยอมให้ง่ายมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในกรณีเช่นนั้น [4]

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนักของโดมเปลือกบาง สมมุติว่ามีอิสระที่ยอมให้เคลื่อนที่ได้เล็กน้อย ซึ่งจำเป็นสำหรับสภาวะผิวบางที่เกิดความเค้น ดังนั้นโดมจึงมีความเค้นผิวเกิดขึ้นเมื่อรับน้ำหนัก และเนื่องจากความเครียดทำให้ยอดของโดมเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งเล็กน้อย เนื่องจากการแอ่นตัวของยอดโดมไม่ได้รับการป้องกันไว้ สภาวะความเค้นสภาวะของความเค้นของผิวบางจึงคงอยู่ในบริเวณใกล้เคียง สถานการณ์ความแตกต่างทั้งหมดนี้อาจเกิดขึ้นแทนการเกิดที่ฐานของโดม [4]

โดมครึ่งวงกลมมีแนวโน้มที่จะแบะออกที่บริเวณฐาน ขอบฐานโดยรอบเคลื่อนที่ออกด้านนอก แม้ว่าจะมีขนาดเพียงเล็กน้อยมาก มากไปกว่านี้ ปฏิกริยาของที่รองรับของโดมจะต้องอยู่ในทิศทางของการโค้งในระนาบตั้ง เนื่องจากโค้งของระนาบตั้งมีลักษณะของฟิสิกส์สำหรับน้ำหนัก ปฏิกริยาในทิศทางอื่น ๆ อาจทำให้เกิดการดัดขึ้นในโดม อาจจะกล่าวได้ว่า เพื่อที่จะให้เกิดภาวะของความเค้นในผิวแต่เพียงอย่างเดียว ขอบนอกโดยรอบที่ฐานจะต้องมีอิสระต่อการเคลื่อนที่ไปยังทิศทางด้านนอก มากไปกว่านั้น แรงปฏิกริยาของที่รองรับที่ฐานระนาบเมอริเดียนของโค้งระนาบตั้งฉากคือ ฟิสิกส์สำหรับน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติแล้วทำไม่ได้ การเคลื่อนที่ของขอบรอบที่ฐานของโดมทำให้เกิดความยากลำบากในทางปฏิบัติและเป็นการยากที่จะยอมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยการหมุน เพื่อที่จะคงสภาพเส้นสัมผัสวงกลมที่เปลี่ยนรูปเส้นโค้งระนาบฉากเมื่อขอบนอกฐานหมุนเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของเปลือกบางภายใต้น้ำหนัก [4]



รูปที่ 2.13 การเสียรูปเนื่องจากการตัดที่บริเวณฐานที่เพิ่มความแข็งแรงโดยรอบ [4]

ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปแล้ว บริเวณวงแหวนโดยรอบฐานของเปลือกบางจะได้รับการเสริมความแข็งแรงโดยวงแหวนที่มีความแข็งแรง ซึ่งป้องกันการเคลื่อนที่สู่ทิศทางภายนอกและการหมุนของขอบโดยรอบที่ฐานทั้งหมด ดังนั้นจึงทำให้เกิดแรงผลักและการตัดแนวฐานโดยรอบ [4]

โครงสร้างเปลือกบางซึ่งจะเบะออกและหมุนบริเวณฐานโดยรอบภายใต้น้ำหนักทำให้เกิดความเค้นผิวและเกิดการย่นหรือการเปลี่ยนแปลงผิวดังที่เห็นได้ และเกิดความเค้นดัดบริเวณโดยรอบของขอบล่างดังรูป 2.13 ความยุ่งยากเนื่องจากการตัดที่เกิดขึ้นบริเวณโดยรอบของโดม นั้น ไม่ได้ทะลุถึงขึ้นไปที่ด้านบนของเปลือกบาง แต่ถูกจำกัดอยู่ในแถบแคบ ๆ บริเวณใกล้เคียงกับขอบโดยรอบ การคลายความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณขอบล่างของโดมได้รับโดยคุณสมบัติที่มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของโครงเปลือกบางซึ่งได้รับการหนุนโดยวงแหวนระนาบนอน [4]

วงแหวนระนาบนอนมีความแข็งแรงต่อการดึงและการอัด ทำให้ไม่เกิดการเคลื่อนตัวที่มาก ดังนั้นจึงเกิดปริมาณย่นเข้าและย่นออกมากของโค้งระนาบตั้งฉากกับพื้น และการตัดจำนวนที่น้อยจะสลายตัวไป เมื่อมีระยะห่างจากขอบโดมโดยรอบขึ้นไป การสลายตัวของความเค้นดัดคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ของคานต่อเนื่อง ซึ่งความเค้นดัดที่สลายตัวอย่างรวดเร็วจากช่วงคานที่รับน้ำหนักไปยังช่วงคานต่อเนื่องบนจุดรองรับ ในโครงเปลือกบางโค้งระนาบตั้งจะต่อเนื่องบนจุดรองรับของวงแหวนระนาบนอน และการตัดจะหายไปจากขอบโดยรอบของโดมพร้อมกับการโก่งที่เป็นคลื่นเหมือนคานต่อเนื่อง [4]

ความกว้างของพื้นที่ ที่มีผลต่อการตัดโดยรอบของขอบโดมเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของอัตราส่วนของความหนาต่อรัศมีของโดม ดังนั้นเพื่อที่จะลดความกว้างของพื้นที่ที่มีปัญหา เปลือกของโดมจะต้องมีความบางลง ดังเช่น ความหนาเท่ากับ $1/400$ ของรัศมีความกว้างของพื้นที่ที่มีปัญหา มีเพียง $1/10$ ดังนั้นโครงเปลือกบางส่วนใหญ่ตามความจริงแล้วก็อยู่ในภาวะของการเกิดความเค้น [4]

ปัญหาที่เกิดจากการตัดมีความรุนแรงกว่าเนื่องจากน้ำหนักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เมื่อโครงเปลือกบางที่ได้รับแสงแดดจัดจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดมจะเปลี่ยนรูปร่างโดยการเพิ่มรัศมีเท่าๆกัน ถ้าหากวงแหวนที่ฐานยึดแน่นป้องกันการเคลื่อนที่ของเปลือกโดมก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความโค้งทันที และเกิดความเค้นสูง เหมือนกับที่เกิดขึ้นตามอธิบายไว้ข้างต้น ดังนั้นการเคลื่อนที่ของขอบโดยรอบของโดม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมากกว่าการที่เกิดจากน้ำหนัก โดยปรกติความเค้นดัดเนื่องจากการขยายตัวอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วจะมากกว่าเนื่องจากน้ำหนักคงที่ [4]

2.8 บ้านพักอาศัยชั่วคราวสำหรับกรณีฉุกเฉิน

บ้านพักอาศัยชั่วคราว คือ อาคาร หรือ สิ่งปลูกสร้าง ที่สร้างขึ้นเพื่อการใช้สอยของผู้ยากไร้ผู้ประสบภัยหรืออาคารชั่วคราวประเภทหนึ่ง ซึ่งตามกฎหมาย (พ.ศ. 2498) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2479 ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็น “สิ่งปลูกสร้างซึ่งทางผู้ว่าราชการจังหวัดพิจารณาเห็นว่า เพื่อใช้ประโยชน์เป็นการชั่วคราว และมีกำหนดที่จะรื้อถอน” ดังนั้น การออกแบบบ้านพักอาศัยชั่วคราว จึงต้องคำนึงถึงเรื่องระยะเวลาในการใช้สอยที่มีกำหนดระยะเวลา ทำให้รูปแบบของอาคารไม่ควรที่จะมีความถาวรมากเกินไป แต่ก็ต้องมีความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิต [5]

2.9 ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยชั่วคราว [4]

2.9.1 ข้อกำหนดทางราชการ

กฎกระทรวงฉบับที่ 9 พ.ศ. 2528 ข้อ 4 อาคารชั่วคราวเพื่อใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างอาคารถาวร ซึ่งสูงไม่เกิน 2 ชั้น หรืออาจสูงจากระดับพื้นดินถึงหลังคาหรือส่วนของอาคารที่สูงที่สุดไม่เกิน 9 เมตร และมีกำหนดเวลารื้อถอนเมื่ออาคารแล้วเสร็จ ต้องขออนุญาตตามมาตรา 21 แต่การให้ได้รับการผ่อนผันไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงมหาดไทย ซึ่งออกตามความในมาตรา 8 (1) (2) (3) (4) (6) (7) (8) และ (10) ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาตรื้อถอนอาคารตามมาตรา 23

ซึ่งแต่เดิมนั้นก่อนจะมีประกาศกฎกระทรวงนี้ ได้มีระเบียบกรุงเทพมหานครว่าด้วยการสุขาภิบาล เกี่ยวกับการขออนุญาตและการควบคุมการก่อสร้างชั่วคราว พ.ศ. 2527 ได้กำหนดให้ต้องยื่นคำขออนุญาตปลูกสร้างอาคารชั่วคราวจากผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร และยังสามารถให้มีส่วนที่ถูกลักษณะ สำหรับคนงานเข้าพักอาศัยในอัตรา 1 ที่ ต่อ 25 คน และได้กำหนดโทษสำหรับการปลูกสร้างอาคารชั่วคราวโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือปลูกสร้างผิดแบบที่ได้รับอนุญาต เช่นเดียวกับการขออนุญาตและการควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2525

อย่างไรก็ตาม การขออนุญาตปลูกสร้างอาคารชั่วคราวตามมาตรา 21 ในปัจจุบันยังได้รับการผ่อนผันในเรื่องต่างๆตามมาตรา 8 ดังนี้

- ลักษณะแบบ รูปทรง สัดส่วน เนื้อที่และที่ตั้งของอาคาร
- การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน ตลอดจนลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้
- การรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร
- ระบบและวิธีเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการประปา ไฟฟ้า ก๊าซ และการป้องกันอัคคีภัย
- ระบบการจัดแสงสว่าง การระบายอากาศ การระบายน้ำ และการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล
- ลักษณะระดับ เนื้อที่ของที่ว่างภายนอกอาคาร หรือแนวอาคาร
- ระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับอาคาร หรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอย ทางเท้า หรือที่สาธารณะ

- บริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือแลกเปลี่ยน
การใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใด

ตัวอย่างข้อกำหนดทางราชการบางหน่วยงาน เรื่องการจัดการที่พักอาศัยสำหรับผู้
ควบคุมงานที่ระบุไว้กับข้อกำหนดการก่อสร้างดังนี้

ให้จัดหาหรือก่อสร้างที่พักอาศัยหรือโรงเรียน สำหรับผู้ควบคุมงานก่อสร้างประจำ
โครงการ โดยจะต้องมีห้องนอนที่มีขนาดเหมาะสม พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้ในการพักอาศัย การ
ป้องกันความร้อน การระบายอากาศ ช่องแสงสว่าง และอื่นๆตามความจำเป็นเพื่อการอยู่อาศัยให้
เพียงพอ ทั้งนี้ขนาดห้องนอนและห้องน้ำ - ส้วม ให้ปฏิบัติตามเกณฑ์ดังนี้

- ขนาดห้องนอนต่อ 1 ห้องนอน ต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เล็กกว่า 10 ตารางเมตร
และด้านแคบที่สุดต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร
- ขนาดห้องน้ำ - ส้วม ต่อ 1 ห้อง ต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เล็กกว่า 3 ตารางเมตร
และด้านแคบที่สุดต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
- จำนวนห้องน้ำ - ส้วม ต่อจำนวนผู้ควบคุมงานก่อสร้างปฏิบัติตามเกณฑ์
ดังต่อไปนี้
 - ห้องนอน 1 ห้อง และห้องน้ำ - ส้วม 1 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงาน
ก่อสร้าง 1 - 2 คน
 - ห้องนอน 2 ห้อง และห้องน้ำ - ส้วม 1 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงาน
ก่อสร้าง 3 - 4 คน
 - ห้องนอน 3 ห้อง และห้องน้ำ - ส้วม 2 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงาน
ก่อสร้าง 5 - 6 คน
 - ห้องนอน 4 ห้อง และห้องน้ำ - ส้วม 2 ห้อง ต่อผู้ควบคุมงาน
ก่อสร้าง 7 - 8 คน

2.9.2 มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา ประจำปี พ.ศ. 2533 - พ.ศ. 2534 ของ
ว.ส.ท. ได้เห็นถึงความสำคัญของอาคารที่พักอาศัยชั่วคราว ของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างที่ยังไม่ถูก
สุลักษณะไม่ได้มาตรฐาน จึงแต่งตั้งคณะกรรมการประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จากหน่วยงานทั้ง
ภาครัฐและเอกชน ช่วยกันจัดร่างมาตรฐานของอาคารชั่วคราวสำหรับผู้ใช้แรงงานก่อสร้าง และสถาน
รับเลี้ยงเด็กที่เป็นบุตรหลานของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างก่อนวัยเรียน ตลอดจนสภาพแวดล้อมในบริเวณที่
พักอาศัย เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปฏิบัติเป็นมาตรฐาน นำคุณภาพชีวิตที่ดีมาสู่แรงงานกลุ่มหนึ่ง
ซึ่งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุกปี และมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง [5]

ผลสรุปจากคณะกรรมการชุดดังกล่าว ได้เห็นควรให้มีการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำ
ของสวัสดิการขั้นพื้นฐานในเรื่องที่พักอาศัย ห้องน้ำ - ห้องส้วม และสถานรับเลี้ยงเด็กก่อนวัยเรียน
โดยที่มาตรฐานเหล่านั้น ได้แก่ขนาดกว้าง ยาว สูง หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ วัสดุก่อสร้าง เป็นต้น
ซึ่งในทางปฏิบัติอาคารดังกล่าวอาจถูกกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง โดยเขียนรายการประกอบแบบไว้
เช่นเดียวกับการจัดสถานที่สำหรับวิศวกรบริหารโครงการ หรือผู้ควบคุมงานซึ่งผู้รับจ้างจะยึดถือเป็น
ส่วนหนึ่งของสัญญาและรายการก่อสร้าง จะได้พิจารณาพร้อมและประมวลโครงการด้วย [5]

ข้อกำหนดอาคารชั่วคราวสำหรับผู้ใช้งานก่อสร้างอาคารพักอาศัย

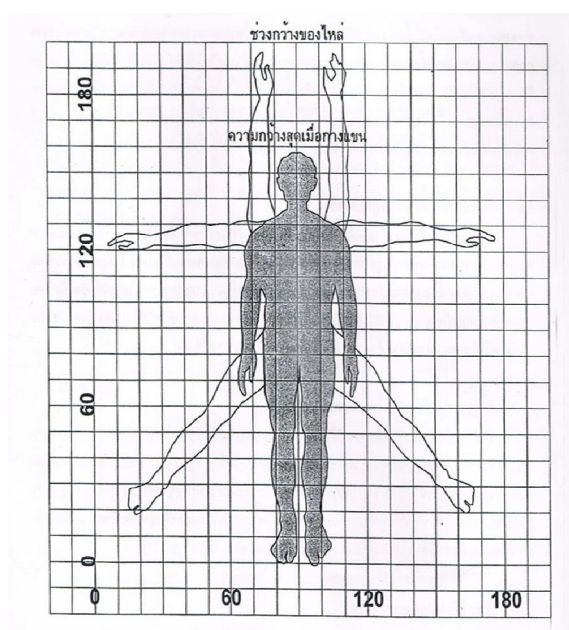
- อาคารพักอาศัยคนงานก่อสร้าง ต้องยกพื้นชั้นล่างสูงจากระดับดินไม่เกิน 1 เมตร และไม่ปลูกสร้างบนที่ลุ่ม มีน้ำขัง หรือที่ดินที่ถมด้วยขยะมูลฝอย เว้นแต่จะมีดินถมทับหน้าหนา 30 ซม. อาคารพักอาศัยต้องมีความมั่นคงแข็งแรงถูกสุขลักษณะ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้พักอาศัย
- ห้องที่ใช้พักอาศัยให้มีส่วนกว้างหรือยาวไม่ต่ำกว่า 2.40 เมตร พื้นที่ทั้งห้องไม่น้อยกว่า 9 ตารางเมตร สำหรับ 1 ครอบครัว และมีช่องระบายอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ห้อง
- ให้มีประตูและหน้าต่างอย่างน้อยห้องละ 1 ชุด
- ช่องทางเดินภายในอาคารสำหรับพักอาศัยต้องไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร และมีแสงสว่างเห็นได้ชัดเจน
- ระยะดิ่งระวางพื้นถึงยอดฝาด หรือยอดผนังของอาคารตอนต่ำสุด ต้องไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร
- ขนาดกว้างของบันไดต้องไม่น้อยกว่า 90 ซม. ช่วงหนึ่งๆมีความสูงไม่เกิน 3 เมตร ลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 ซม. และลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 22 ซม.
- ฐานรากของอาคารต้องทำเป็นลักษณะถาวร และมีความมั่นคงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุกได้โดยปลอดภัย
- ต้องมีทางระบายน้ำฝนอย่างเพียงพอ และก่อนปล่อยสู่ทางระบายน้ำสาธารณะจะต้องมีตะแกรงดักขยะอยู่ในที่ที่ตรวจสอบได้
- ให้มีดวงโคมและปลั๊กอย่างละ 1 ชุด ในห้องพักคนงาน และระบบไฟฟ้าต้องเป็นแบบที่มีความปลอดภัยเพียงพอ
- ให้จัดเตรียมหัวดับเพลิงแบบแห้งมือถือ อย่างน้อย 1 ชุด ต่ออาคาร หรือติดตั้งไว้ในระยะทางไม่เกิน 45 เมตร
- รายการวัสดุก่อสร้าง อาจเปลี่ยนแปลงโดยใช้วัสดุเทียบเท่าอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเห็นชอบของสถาปนิก,วิศวกร อาทิจ เช่น ฝาผนัง ใช้กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 มม. หรือไม้อัดไฟหนา 2 มม. หรือกระดาดอัดหรือไม้อัดแผ่นเรียบหนา 4 มม. ไม้พื้นใช้ไม้กระดาน 1 x 8 นิ้ว หรือไม้อัดแผ่นเรียบ 12 มม. , หลังคา ใช้หลังคาสังกะสีลอนคู่ หรือกระเบื้องลอนเล็ก เป็นต้น
- อาคารห้องน้ำ และ ส้วม
 - ต้องจัดให้มีส้วมที่ถูกสุขลักษณะ สำหรับคนงานที่พักอาศัย อยู่ในอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 1 ห้องต่อ 20 คน
 - ต้องจัดให้มีพื้นที่ห้องน้ำรวม และลานซักล้างสำหรับคนงานที่พักอาศัยอยู่ในอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 7 ตารางเมตร ต่อ 20 คน
 - ขนาดห้องส้วมต้องมีพื้นที่ภายในไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร และความกว้างภายในไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร

- ต้องจัดให้มีบ่อเก็บน้ำ หรือถังเก็บน้ำ ก๊อกน้ำ ให้เพียงพอแก่การอาบน้ำและซักล้างเสื้อผ้า
- ต้องจัดให้มีทางระบายน้ำที่ใช้แล้ว ไหลได้อย่างสะดวกและเพียงพอ ก่อนปล่อยสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ จะต้องมีการดักขยะอยู่ในที่ที่ตรวจสอบได้
- การบำบัดของเสียจากห้องส้วม จะต้องเป็นไปโดยถูกสุขลักษณะ ก่อนปล่อยออกสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ
- ไฟฟ้าในห้องส้วมและห้องน้ำ จะต้องจัดให้มีแสงสว่างเพียงพอ

2.10 ความต้องการพื้นที่ของผู้อยู่อาศัย

ผู้ใช้สอยอาคารมีความต้องการพื้นที่ใช้สอยประกอบกิจกรรมที่แตกต่างกันไปตามความเคยชิน ค่านิยม วิถีชีวิต ประเพณีและวัฒนธรรมการอยู่อาศัยของคนกลุ่มนั้นๆ โดยสิ่งเหล่านี้จะถูกสะท้อนออกมาในเรื่องของขนาดพื้นที่ใช้สอย และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับชีวิตประจำวัน [6]

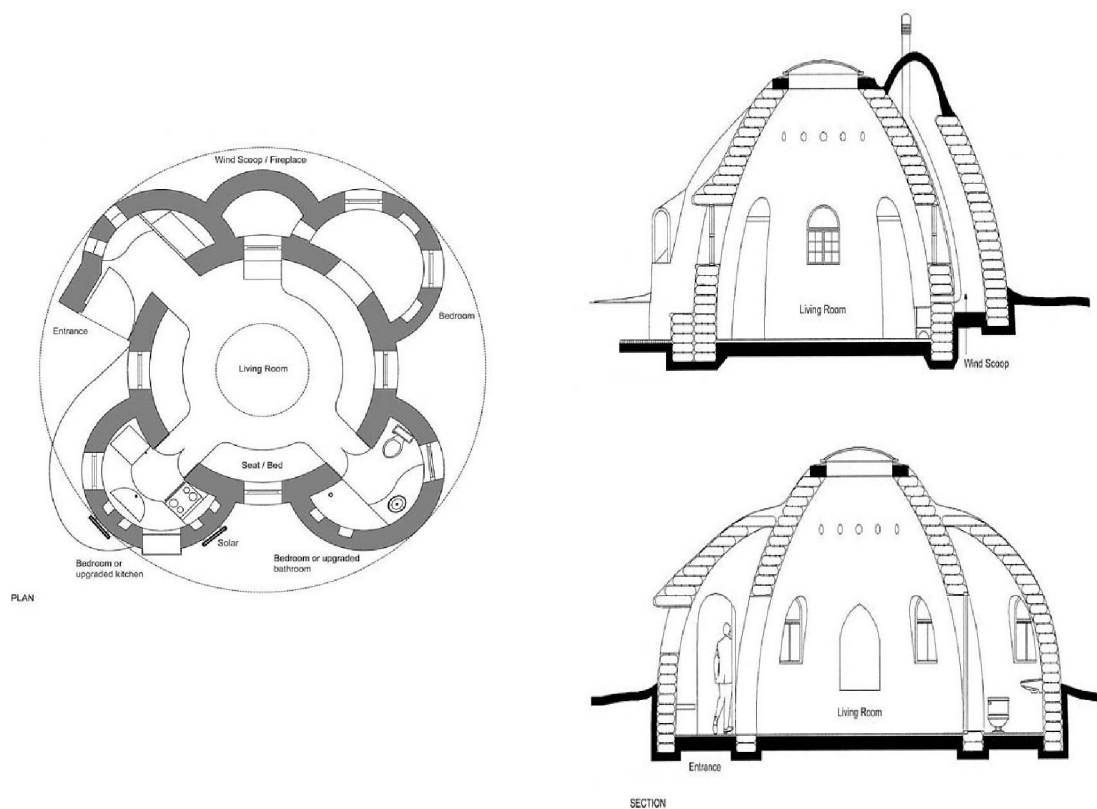
ความต้องการทางด้านกายภาพ มนุษย์มีความต้องการพื้นที่ที่มีขนาด ระยะ ความกว้าง ยาว สูง ที่ตอบสนองต่อพฤติกรรมและวิถีชีวิตของตนเอง ดังนั้นระยะต่างๆของพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยจำเป็นต้องเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของผู้ใช้สอยอาคาร และมีพื้นที่เพียงพอที่จะสามารถประกอบกิจกรรมต่างๆที่หลากหลายได้อย่างเหมาะสม ในการพิจารณาสัดส่วนของผู้ใช้สอยอาคารพบว่าคนไทยโดยเฉลี่ยช่วงอายุ 20 – 40 ปีมีความสูงโดยประมาณ 167 เซนติเมตร และมีระยะสัดส่วนของร่างกายคนไทยเป็นดังนี้ [6]



รูปที่ 2.14 แสดงสัดส่วนคนไทย [6]

2.11 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

1) Nader Khalili [5] สถาปนิกลูกครึ่งอิหร่าน – อเมริกันวัย 64 ปี เกิดความรู้สึกว่า “การที่เราจะอยู่อย่างเหมาะสมและกลมกลืนกับธรรมชาติ (Earth) ได้นั้น เราจะต้องอยู่ในตัวของธรรมชาติเอง” และ “เมื่อเรามาสารถที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดหายนะทางธรรมชาติได้ ทางเดียวที่เราจะป้องกันตัวได้ก็คือ การใช้ธรรมชาติมาเป็นตัวป้องกันธรรมชาติด้วยกัน เพราะธรรมชาติมีความสมดุลในตัวเอง” Khalili ได้นำความคิดดังกล่าวมาพัฒนาระบบการก่อสร้างที่เรียกว่า “Super Adobe” ขึ้น เพื่อช่วยเหลือประชาชนที่ต้องประสบความเดือดร้อนจากภัยธรรมชาติ และภัยที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ โดยเฉพาะความขาดแคลนด้านที่อยู่อาศัยราคาถูกของผู้มีรายได้น้อย ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศต่างๆ ทั่วโลก การก่อสร้างอาคารตัวอย่างเริ่มต้นขึ้นที่สถาบัน California institute of Art and Architecture (Cal-Eart) ในเมือง Hesperia ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยรูปแบบอาคารหลังแรกที่ Khalili สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นอาคารรูปทรงโค้ง (Arch) สร้างขึ้นจากกระสอบทรายที่นำมาเรียงต่อกันเป็นทรงโค้ง โดยใช้ลวดหนามเป็นตัวยึดระหว่างถุงทราย ทำให้ถุงทรายสามารถที่จะกระจายน้ำหนักไปตามโค้งของหลังคาได้ ความสำเร็จของ Khalili ในการก่อสร้างอาคารคือการใช้เทคนิคราคาถูกที่เขาเรียกว่า Super Adobe นี้ทำให้รัฐบาลของประเทศต่างๆแสดงความสนใจที่จะนำมาใช้ในประเทศของตนเอง



รูปที่ 2.15 บ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobe ของสถาปนิก Nader Khalili [5]



รูปที่ 2.16 บ้านพักอาศัยชั่วคราวที่สร้างด้วยระบบ Super Adobe ของสถาปนิก Nader Khalili (ต่อ)

2) ในปี ค.ศ.1995 มีข่าวใหญ่ที่ก่อให้เกิดความตื่นเต้น และตื่นกลัว เป็นที่ครึกโครมไปทั่วโลก คือ ข่าวการเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่เมืองโกเบ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นการเกิดแผ่นดินไหวครั้งยิ่งใหญ่ที่สุดครั้งหนึ่งของโลก ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างใหญ่หลวงต่อทรัพย์สิน และชีวิตของประชาชนชาวญี่ปุ่นอย่างมาก ซึ่งหลังจากแผ่นดินไหวสงบลงเจ้าหน้าที่จากหน่วยงาน และอาสาสมัครในการช่วยเหลือนั้น ได้มีสถาปนิกอาสาที่เข้าไปให้ความช่วยเหลือในด้านที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัย บ้านพักอาศัยที่ทีมงานอาสาสมัครเข้าไปให้ความช่วยเหลือ เป็นบ้านพักอาศัยที่ทำมาจากท่อกระดาษ (Paper Pipe) โดยจัดสร้างในลักษณะบ้านพักท่อกระดาษ (Paper log House) เพื่อเป็นอาคารพักอาศัย ทดแทนการใช้เต็นท์พักอาศัยที่ติดตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกับบ้านของผู้ประสบภัยที่เสียหายไป ที่กำลังทรุดโทรม ลง แต่เนื่องจากบ้านพักอาศัยที่ทางราชการจัดหาให้นี้อยู่ห่างไกลพื้นที่เดิม จึงทำให้เกิดปัญหาไกลจากสถานที่ทำงาน และโรงเรียนของลูกหลาน ซึ่งเป็นปัญหาที่มักจะพบในพื้นที่ประสบภัยต่างๆ ในการออกแบบบ้านท่อกระดาษ ได้มีการออกแบบ และทดลองก่อสร้างขึ้น โดยบ้านพักอาศัยชั่วคราวมีขนาดพื้นที่ 16.1 ตร.ม. ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใกล้เคียงกับมาตรฐานของบ้านผู้ลี้ภัยที่ออกแบบโดย UNCHR (United Nation Commission for Human) ส่วนฐานรากของบ้านทำมาจากถังเบียร์พลาสติก ภายในบรรจุด้วยทรายผนังประกอบขึ้นมาจากท่อกระดาษที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 108 มม. หนา 4 มม. ยึดติดกันด้วย Bolt โดยมีการสอดแผ่นฟองน้ำกันน้ำไว้ระหว่างท่อแต่ละท่อด้วย ส่วนหลังคาของอาคาร ก็นำเต็นท์พลาสติกมาทำเป็นผ้าเพดานและหลังคาทรงจั่ว เพื่อให้สามารถเปิดระบายอากาศได้ เมื่อการก่อสร้างแล้วเสร็จนำไปใช้งาน ก็เป็นที่ยอมรับของประชาชนผู้ประสบภัยเป็นอย่างดี โดยทางทีมงานอาสาสมัครพบว่า บ้านท่อกระดาษมีข้อดีอยู่หลายอย่างที่ เหมาะสำหรับการก่อสร้างเป็นอาคารสำหรับอยู่ชั่วคราวของผู้ประสบภัย เนื่องจากการใช้วัสดุก่อสร้างที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในพื้นที่ ก่อสร้างและรื้อถอนได้ง่ายในระยะเวลาอันสั้น โดยบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ในการก่อสร้าง นอกจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการช่วยเหลือยังสามารถนำวัสดุที่เหลือใช้มาทำภารกิจอื่นได้ ซึ่งทำให้รัฐบาลไม่จำเป็นต้องเสียงบประมาณในการเก็บรักษา และดูแลซ่อมแซม นอกจากบ้านพักอาศัยแบบบ้านท่อกระดาษที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศญี่ปุ่นนั้น ยังได้มีการผลิต และก่อสร้างบ้านพักอาศัยชั่วคราวออกมาอีกหลายรูปแบบ เช่น แบบบ้านพักอาศัยสำเร็จรูปประกอบสำเร็จ หรือบ้านพักอาศัยแบบตู้คอนเทนเนอร์ เป็นต้น [5]

3) ประเทศเวียดนามเป็นประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่อยู่ในอาณาบริเวณใกล้เคียงกับประเทศไทย ทำให้มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ใกล้เคียงกับประเทศไทยเป็นอย่างมาก ประเทศเวียดนามเป็นประเทศที่ประสบกับเหตุอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง ทำให้มีความต้องการบ้านฉุกเฉินในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้ไทยได้รับทราบวิธีการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยของทางเวียดนามอยู่ตลอด จากการติดต่อประสานงานกันอยู่อย่างสม่ำเสมอระหว่างสภาอากาศเวียดนามกับสภาอากาศไทย โดยเฉพาะความต้องการทางด้านรูปแบบการอยู่อาศัยของผู้ประสบภัย ซึ่งมีความคล้ายคลึงกัน รูปแบบของบ้านฉุกเฉินที่ใช้ในประเทศเวียดนามนั้น มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ (1) รูปแบบที่เป็นอาคารชั้นเดียว (ทั้งแบบติดพื้นดิน และยกพื้น) เป็นอาคารในรูปแบบทั่วๆ ไปที่สร้างด้วยระบบโครงสร้างเหล็ก ไม่มีผนัง ทำให้ประชาชนต้องมีการต่อเติมผนังขึ้นมาเองด้วยชิ้นส่วนและวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นตามแต่ความพอใจของตัว (2) รูปแบบที่มีลักษณะเป็นอาคารสูง 2 ชั้น โดยมีขนาดความสูงของชั้นล่างมากกว่าชั้นบน ใช้ในการเก็บของ และเป็นสถานที่นอนในเวลากลางคืน ส่วนเวลากลางวันหรือการอยู่อาศัย การดำรงชีวิตส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่ด้านล่างเป็นพื้นที่ในการประกอบกิจกรรมต่างๆ หรือถ้าหากประชาชนมีความต้องการที่จะอยู่อาศัยทั้งด้านบนและด้านล่าง ก็สามารถต่อเติมส่วนของผนังอาคารได้ด้วยตนเอง ด้วยวัสดุก่อสร้างในท้องถิ่นนั้นๆ แต่จะทำให้อาคารกลายเป็นอาคารถาวร ที่ไม่สามารถทำการถอดชิ้นส่วนเพื่อนำไปใช้ในพื้นที่ยื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 2.17 แสดงภาพอาคารบ้านพักอาศัยชั่วคราว เมืองโกเบ ที่ก่อสร้างด้วยท่อกระดาศ [5]

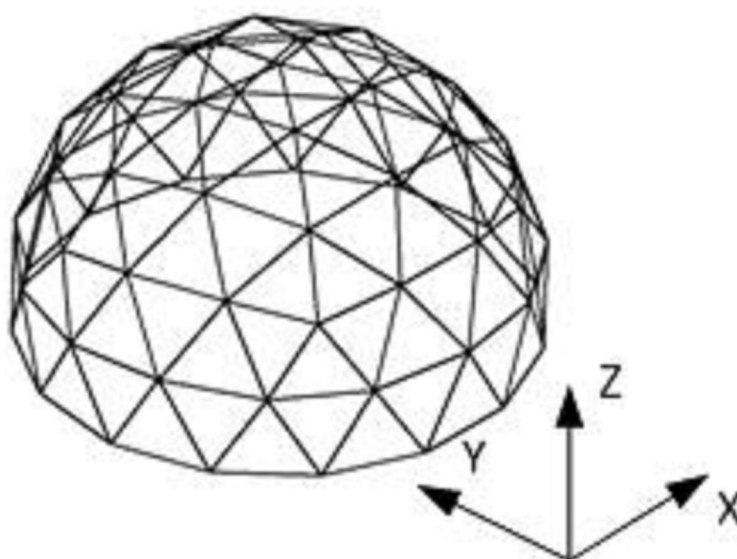
4) บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์สึนามิ) สืบเนื่องมาจากการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ที่ ต.น้ำก้อ จ.เพชรบูรณ์ ทางสภาอากาศไทย โดยมูลนิธิเพื่อนพึ่ง(ภา)ยามยาก สำนักงานสภาอากาศ จึงได้มีความคิดในการก่อสร้างอาคารพักอาศัยชั่วคราว เพื่อนำไปให้ความช่วยเหลือประชาชนตามรายละเอียดข้อมูลที่ได้กล่าวมาในหัวข้อข้างต้นทำให้มีการออกแบบปรับปรุงบ้านพักอาศัยฉุกเฉินขึ้นมาใหม่ โดยยึดแนวความคิดที่ พระเจ้าวรวงศ์เธอพระองค์เจ้าโสมสวลี พระวรราชาธินัดดามาตุ ทรงประทาน ในการนำรูปแบบบ้านพักฉุกเฉินของประเทศเวียดนามมาดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาให้เป็นรูปแบบของประเทศไทย ทางทีมงานที่เป็นผู้ออกแบบ ปรับปรุงบ้านพักอาศัยแบบใหม่ที่ได้มีความเห็นร่วมกันว่าบ้านพักอาศัยที่จะปรับปรุงนั้น ควรจะมีรูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานของคนไทย จึงนำลักษณะของเรือนไทยโบราณมาเป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุง ทำให้อาคาร

ออกมามีลักษณะเป็นอาคาร 2 ชั้น โดยให้ชั้นล่างเป็นพื้นที่โล่งไม่มีผนัง พื้นเป็นคอนกรีต สำหรับไว้ใช้สอยอย่างอเนกประสงค์ มีบันไดพร้อมราวจับ สำหรับการเดินขึ้นไปสู่ชั้นสอง ที่มีลักษณะเป็นห้องมีผนังโดยรอบทั้ง 4 ด้าน มีหน้าต่าง 2 ชุด ประตู 1 ชุด พื้นที่ภายใน 3 x 4 เมตร วัสดุผนังเป็นแผ่นเหล็ก ซิงค์คาลูม (Zincalume) ผนังปูด้วยไม้อัดหนา 15 มม. เพื่อให้มีน้ำหนักเบา ระบบก่อสร้างอาคารใช้ระบบ Knock down เพื่อให้สามารถถอดออกเมื่อไม่มีความต้องการใช้งาน และสามารถนำไปก่อสร้างในพื้นที่อื่นต่อไปได้อย่างรวดเร็ว ความต้องการอาคารบ้านพักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัย ของทางสภาอากาศไทยมีจำนวนความต้องการถึง 173 ยูนิต ภายในระยะเวลา 1 เดือน ทางบริษัท BHP Steel Building Products (Thailand) Ltd. ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการ จึงได้ทำการออกแบบก่อสร้างโดยคำนึงถึงระบบการติดตั้งที่เป็นลักษณะ Step by Step คือต้องมีลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจนเพื่อให้การยึดขึ้นส่วนต่างๆต้องใช้วัสดุประเภท น็อต Bolt หมุดยิง หรือ ตะปูเกลียวทั้งหมด เพื่อให้สามารถถอดออกจากกัน และนำมาประกอบใหม่ได้ตามความต้องการ ข้อจำกัดในการออกแบบ และดำเนินการก่อสร้างอาคาร คือต้องมีการออกแบบขึ้นส่วนแต่ละชั้นให้มีขนาดที่สามารถผลิตได้โดยเครื่องจักรที่มีอยู่ในโรงงาน เหมาะสมสำหรับการขนส่งและมีตำแหน่งของรูเจาะต่างๆที่เหมาะสม คือ เมื่อมีการหันซ้าย หรือ หันขวา ก็ยังสามารถที่จะติดตั้งได้ เนื่องจากผู้ที่ดำเนินการติดตั้งอาจไม่ใช่บุคคลซึ่งมีความรู้ทางการก่อสร้างเลย ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในการออกแบบ และต้องมีการตรวจสอบจากอาคารตัวอย่างที่ดำเนินการก่อสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วน [5]

5) บ้านพักชั่วคราวในประเทศไทย (กรณีเหตุการณ์โคลนถล่มที่ภาคเหนือ) หลังจากเหตุการณ์อุบัติภัยที่ จ.เพชรบูรณ์ เมื่อ เดือนสิงหาคม ปี 2544 แล้ว ประเทศไทยก็ยิ่งประสบกับปัญหาร้ายพิบัติทางธรรมชาติเรื่อยมา และเหตุการณ์ครั้งสำคัญที่สร้างความเสียหายครั้งใหญ่ให้กับพี่น้องชาวไทยคือครั้งเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม นั้นได้เกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ส่งผลให้มีดินโคลนถล่มในพื้นที่ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ ทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก คาดว่าอาจจะถึง 100 ราย กลายเป็นวิกฤตภัยร้ายแรงของประเทศอีกครั้งหนึ่งที่สร้างความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สินของชาวบ้านเป็นอย่างมาก หลังจากเหตุการณ์สงบลงพันตำรวจโททักษิณ ชินวัตร นายกรัฐมนตรีพร้อมด้วยคณะเดินทางโดยเฮลิคอปเตอร์จากจังหวัดแพร่ตรวจสอบสภาพความเสียหายทางอากาศ จากนั้นได้เข้าร่วมรายงานสรุปและประชุมทางไกลผ่านดาวเทียมร่วมกับผู้ว่าราชการจังหวัดที่ประสบภัยภาคเหนือ 5 จังหวัด ที่ศูนย์ช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วม ค่ายพิชัยดาบหัก จังหวัดทหารบกอุตรดิตถ์ เพื่อติดตามความคืบหน้าการให้ความช่วยเหลือแก่ราษฎรที่ปัญหาอุทกภัย ทั้งนี้นายกรัฐมนตรีได้เร่งรัฐให้ทุกภาคส่วนราชการลดขั้นตอนในการทำงานเพื่อเอื้อประโยชน์มุ่งสู่ผู้ที่ประสบภัยโดยเร็ว โดยในการประชุมคณะรัฐมนตรีได้พิจารณาอนุมัติการใช้จ่ายเงินในการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยอย่างเร่งด่วน โดยในส่วนของการบ้านสำเร็จรูปนั้นนายกรัฐมนตรีกล่าวว่า ทางมูลนิธิไทยคมได้อาสาให้ความช่วยเหลือบ้านน็อคดาวน์ จำนวน 400 หลัง ให้กับผู้ที่ประสบภัยที่บ้านเรือนเสียหายหลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมรูปแบบที่จะนำไปมอบให้กับชาวบ้านในครั้งนี้ยังคงแนวคิดเดิมของบ้านฉุกเฉินชั่วคราวนั้นคือ ต้องเร่งก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว และราคาถูกแต่ที่แตกต่างไปจากรูปแบบบ้านเดิมๆ ที่เคยทำมาก็คือ แนวคิดในเรื่องของการอยู่อาศัยแบบชั่วคราวและต้องรื้อถอนนั้น ถูกกำหนดให้เป็นบ้านในลักษณะแบบถาวรที่ชาวบ้านได้รับบริจาค (ต้องผ่อนชำระค่าบ้านให้รัฐประมาณ 900 บาท ต่อเดือน) ดังนั้นรูปแบบบ้าน

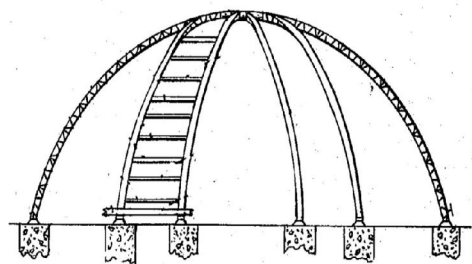
ของมูลนิธิจึงได้ถูกออกแบบขึ้นใหม่หมดและมีความแตกต่างจากบ้านลูกเงินที่เคยใช้กับเหตุการณ์ภัยพิบัติครั้งที่ผ่านมา แบบบ้านของมูลนิธิไทยคมที่ได้มอบให้กับชาวบ้านที่ประสบภัยตามนโยบายของรัฐบาลในครั้งนี้เป็นอาคารยกใต้ถุนสูงระบบ Knock down แบบ Skeleton โครงสร้างอาคาร หลังคาและบันไดเป็นเหล็ก ผนังรีว่าบอร์ด และพื้น Pre-cast (ต่อมาได้พัฒนาเปลี่ยนมาใช้พื้น Post tension) หลังคากระเบื้องลอน พื้นที่ใช้สอยถูกแยกออกเป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน มีห้องนอน 2 ห้อง ขนาด 3.60×2.40 ม. ห้องครัว 3.60×2.40 ม. ห้องน้ำ 1.20×2.40 ม. ห้องรับแขก 3.60×2.40 ม. และโถงหน้าบันได 1.00×1.20 ม. พื้นที่ใช้สอยชั้นบนรวม 33.40 ตร.ม. [5]

6) ในปี 1926 Buckminster Fuller [5] สถาปนิกและวิศวกร ได้คิดค้น ออกแบบ จีโอเดสิกโดม (Geodesic Dome) ซึ่งมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมและแปดเหลี่ยมนำมาใช้เพื่อแบ่งเป็นส่วนของท่อนที่มีความยาวเท่ากัน เขาได้รับสิทธิบัตรการออกแบบทรงโดมของสหรัฐอเมริกาในปี 1954 ซึ่งโครงสร้างที่เขาได้ออกแบบมีลักษณะดังรูป

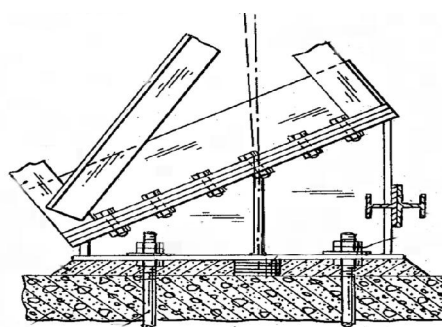


รูปที่ 2.18 โครงสร้างโดมของ Buckminster Fuller [3]

7) ในปี 1968 Albert A. Fink [7] ได้ออกแบบโครงสร้างโดมซึ่งมีลักษณะเป็นโครงข้อแข็ง ประกอบด้วยเหล็กฉากที่นำมาเชื่อมต่อเป็นโครงโค้งประกบกันด้วยการเชื่อมและสลักเกลียว ดังรูปที่ 2.19 และรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 โครงสร้างทรงโดมที่ออกแบบโดย Albert A. Fink [7]



รูปที่ 2.20 รอยต่อที่ฐานของโดม [7]

8) ในปี 2005 Marek Kubik [8] ได้ศึกษาการโครงสร้างรูปทรงโดมแบบจีโอเดสิกโดม (Geodesic Dome) ด้วยหลักทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์แรงที่กระทำระหว่างรอยต่อของโดมแบบจีโอเดสิกโดม (Geodesic Dome) โดยใช้แผ่นจานเหล็กรูปวงกลม ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 โดม Geodesic Dome [9]