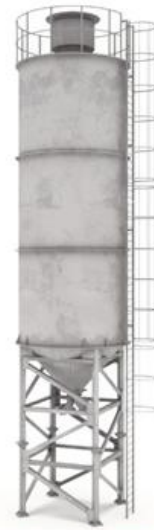
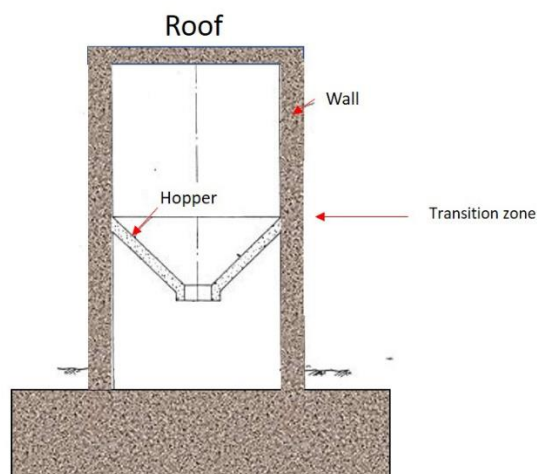


โครงสร้างถังเก็บวัสดุ (Bin structures)



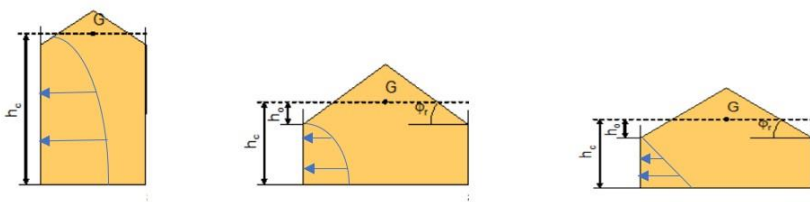
เป็นโครงสร้างสำหรับใช้เก็บวัสดุต่างๆ ทั้งวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ด เช่น เม็ดธัญพืช ถ่านหิน แร่ต่างๆ หรือที่เป็นเม็ดละเอียด เช่น แป้ง ผง ปูนซีเมนต์ อีกทั้งยังสามารถใช้เก็บของเหลว เช่น น้ำหรือน้ำมัน และสามารถทำเป็นถังเก็บก๊าซได้ โครงสร้างลักษณะนี้สามารถทำได้ทั้งเป็น โครงสร้างที่มีผนังเป็นรูปกลม และสี่เหลี่ยม หรือเป็นรูปหลายเหลี่ยม โดยทั่วไปถ้าโครงสร้างถังมีขนาดความจุไม่มากนัก นิยมใช้เป็นโครงสร้างเหล็ก ใน กรณีที่ต้องการความจุมากหรือถึงมีขนาดใหญ่ นิยมใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหรือ คอนกรีตอัดแรง (เฉพาะที่มีผนังเป็นรูปกลม)



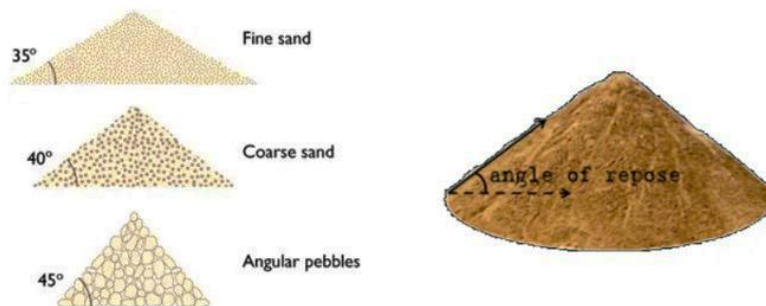
ส่วนประกอบของถังบางส่วนอาจจะตัดทิ้งไป โดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น อาจจะไม่จำเป็นต้องมีหลังคา หรือใช้หลังคาเป็นโครงสร้างหลังคาเหล็กหรือโครง Truss หรือถ้าเป็นถังเก็บของเหลวหรือก๊าซ ส่วนใหญ่จะไม่มี Hopper หรือเป็นฐานแบนเพราะโครงสร้าง Hopper เตรียมไว้สำหรับลำเลียงวัสดุที่เป็นเม็ดหรือผงออกจากถัง

ในการออกแบบโครงสร้างถัง ส่วนที่สำคัญคือ การคำนวณหาแรงกระทำกับผนังเนื่องจากวัสดุที่เก็บอยู่ภายใน โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณแรงดังกล่าวดังนี้

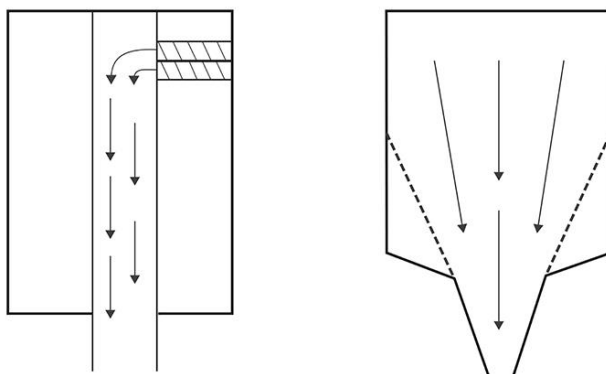
1. ประเภทของโครงสร้างถัง



2. ชนิดของวัสดุที่บรรจุ



3. รูปแบบการเติมวัสดุเข้าหรือระบายวัสดุออก



1. ประเภทของโครงสร้างถัง

ในแต่ละ Code มีข้อกำหนดในการคำนวณแรงกระทำต่อโครงสร้างถัง โดยแรงดังกล่าวจะแตกต่างกันตามประเภทของโครงสร้างถัง ซึ่งแบ่งตามอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นรอบรูปของโครงสร้างถัง ทฤษฎีพื้นฐานที่นิยมใช้ในการหาแรงกระทำต่อโครงสร้างถัง ดังรูป

Shallow	Deep
ถังเก็บวัสดุเป็นแบบถังตื้น	ถังเก็บวัสดุเป็นแบบถังลึก
ระนาบของการแยกตัว (Plane of rupture) ลากขึ้นไปสูงกว่าแนวมุม	ระนาบของการแยกตัว (Plane of rupture) ลากขึ้นไปขนแนวมุม
น้ำหนักของวัสดุจะถ่ายลงบนพื้นถัง	น้ำหนักของวัสดุจะแบ่งรับเป็นสัดส่วน โดยส่วนหนึ่งรับด้วยแรงเสียดทานระหว่างวัสดุกับผนังถัง อีกส่วนรับโดยพื้นถัง
การคำนวณแรงในแนวนอนกระทำกับผนังใช้ทฤษฎีของ Rankine หรือ Airy	การคำนวณแรงในแนวนอนกระทำกับผนังใช้ทฤษฎีของ Janssen หรือ Reimbert

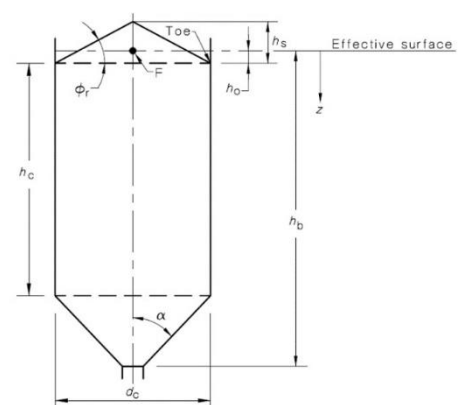
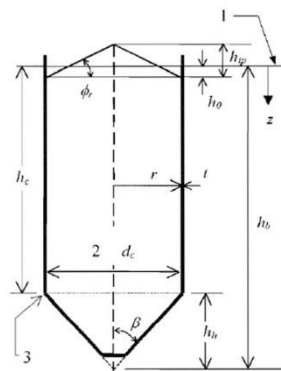
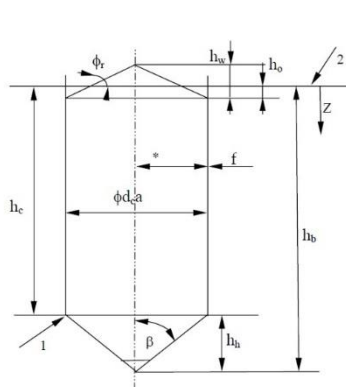
ประเภทของโครงสร้างถังเก็บวัสดุ สามารถแบ่งได้ดังนี้

- Silo เป็นโครงสร้างถังเก็บวัสดุที่มีลักษณะเป็นถังสูง



ซึ่งสามารถแยกประเภทตามอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นรอบรูปได้เป็นประเภทตาม Code ต่างๆ ที่มีการกำหนดไว้ต่างกัน สรุปได้ดังนี้

DIN 1055		BS EN 1991-4		AS 3774	
Slim silo	$h_c/d_c \geq 2.0$	Slender	$h_c/d_c \geq 2.0$	Tall	$h_b/d_c > 3.0$
Medium Slimness	$1.0 < h_c/d_c < 2.0$	Intermediate Slenderness	$1.0 < h_c/d_c < 2.0$	Medium tall	$1.0 \leq h_b/d_c \leq 3.0$
Low silo	$0.4 < h_c/d_c \leq 1.0$	Squat	$0.4 < h_c/d_c \leq 1.0$	Squat	$h_b/d_c < 1.0$
Braced wall silo	$h_c/d_c \leq 0.4$	Retaining	$h_c/d_c \leq 0.4$		



- Bunker เป็นโครงสร้างถังเก็บวัสดุที่มีความสูงไม่มาก มีลักษณะเหมือน retaining wall ที่เปิดขอบไว้ด้านหนึ่ง เพื่อสามารถนำรถเข้าไปลำเลียงวัสดุ

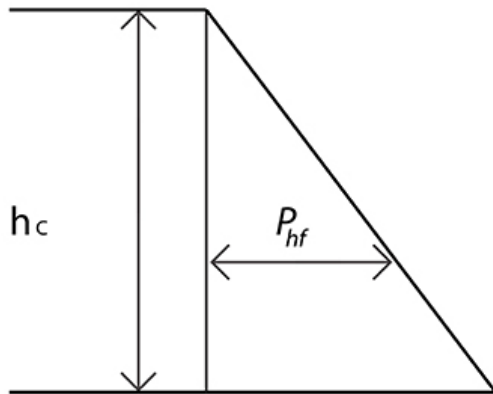


- Tank เป็นโครงสร้างที่เก็บของเหลวหรือก๊าซ

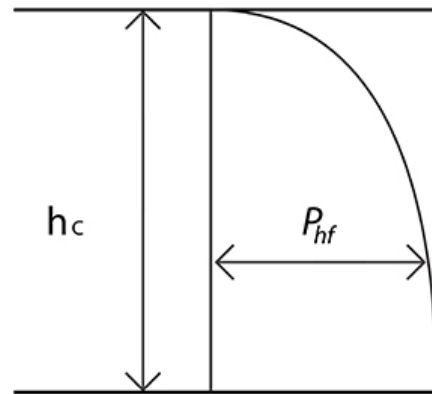


2. ชนิดของวัสดุที่บรรจุ

กรณีเช่น น้ำ จะมีแรงดันแบบ Hydrostatic และถ้าวัสดุเป็นเม็ดลักษณะดังรูป



a) Liquid



b) Granular or powdery materials

สำหรับวัสดุที่เป็นเม็ด สามารถคำนวณแรงดันได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ จากคุณสมบัติของเม็ดวัสดุ เช่น ค่าความหนาแน่นของวัสดุ, ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างวัสดุกับผนัง และ ค่ามุมทรงตัว angle of repose หรือ angle of internal friction

3. รูปแบบการเติมวัสดุเข้าหรือระบายวัสดุออก

รวมทั้งการระบายออกวัสดุออกที่ไม่ตรงแนวศูนย์กลางจะมีผลทำให้เกิดภาวะแรงดันที่ไม่เท่ากันในถังเก็บวัสดุ ซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องนำมาคำนวณเป็นแรงกระทำเพิ่มกับโครงสร้างถัง

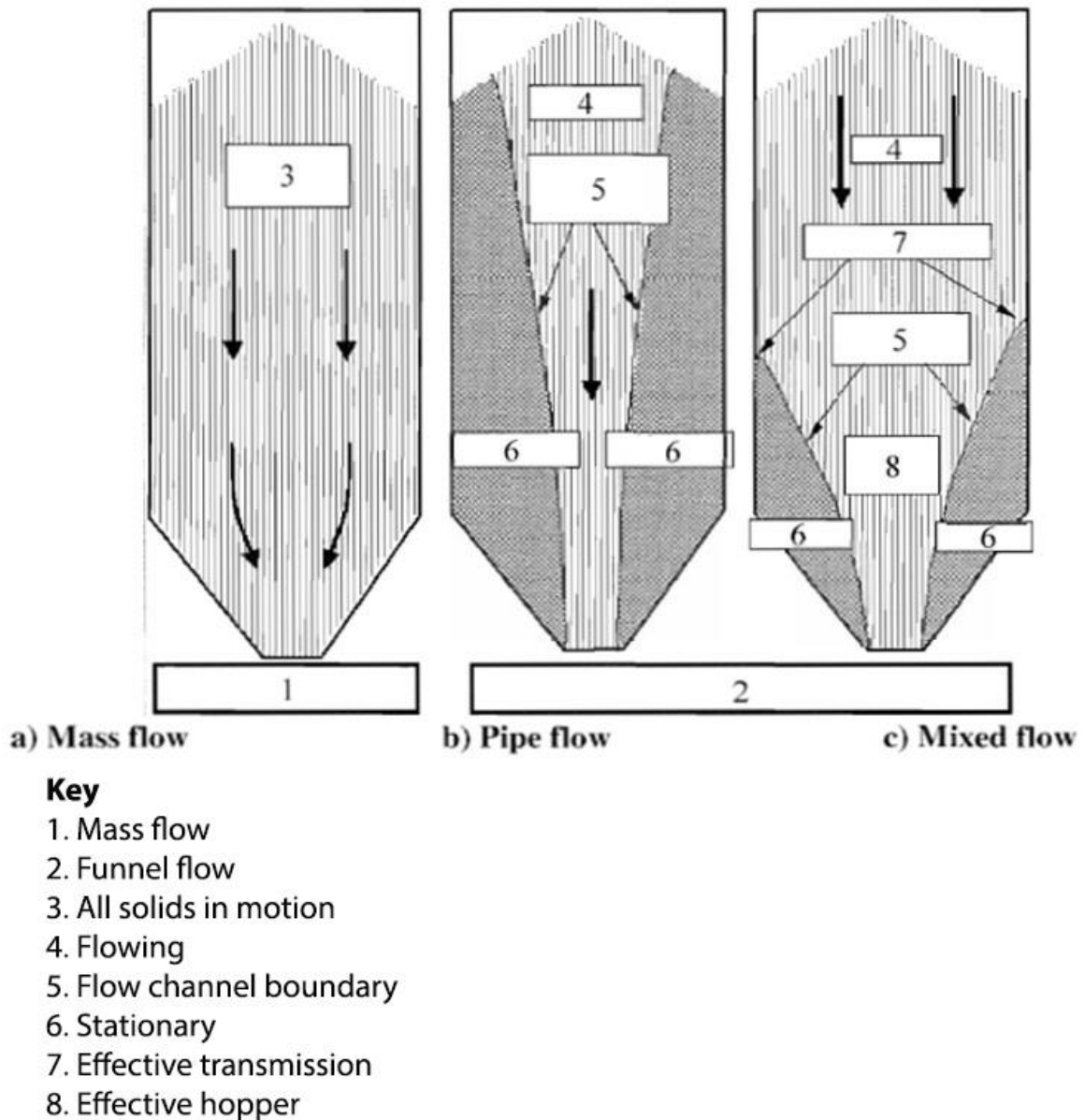
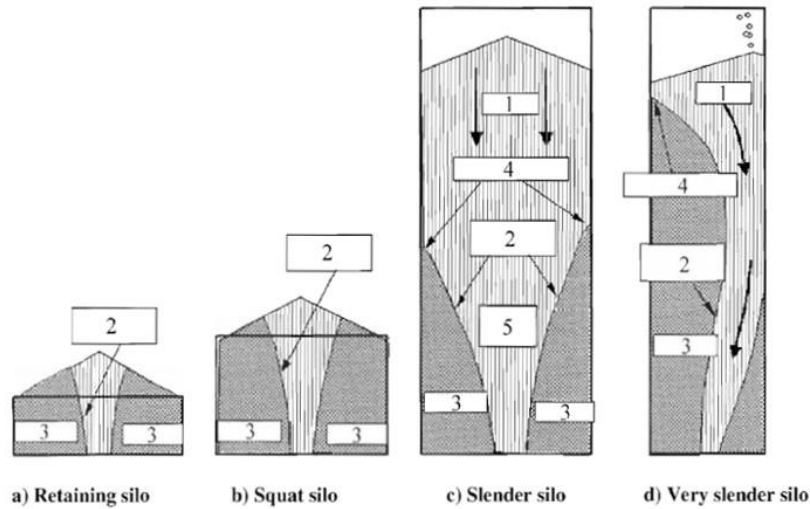


Figure 3.1: Basic flow patterns



Key

1. Flowing
2. Flow channel boundary
3. Stationary
4. Effective transmission
5. Effective hopper

Figure 3.4: Aspect ratio (slenderness) effects in mixed and pipe flow patterns

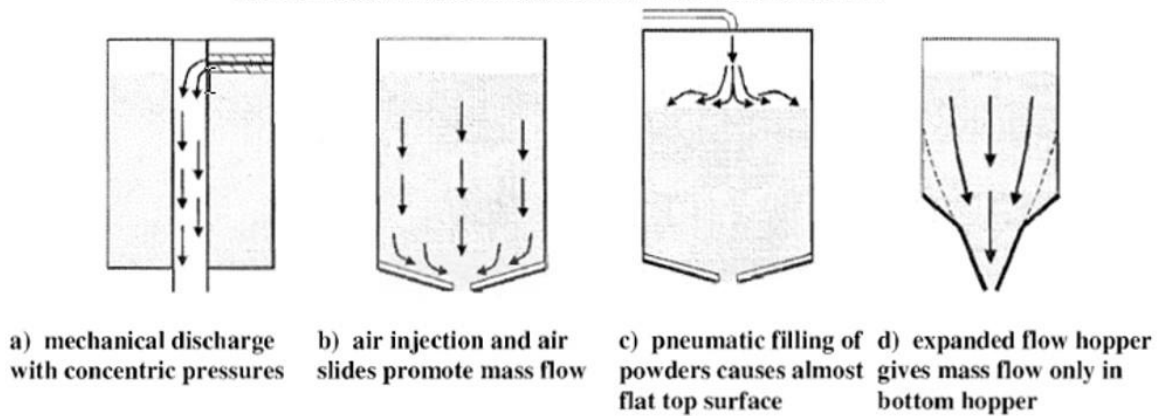


Figure 3.5: Special filling and discharge arrangements

ข้อกำหนดหรือ Code ในการออกแบบมีหลายประเทศที่ทำการออกมา โดยมีสมมติฐานในการคำนวณแรงที่กระทำต่อโครงสร้างถังในสภาวะต่างๆ แตกต่างกัน ขออนุญาตนำตารางเปรียบเทียบที่ได้มีการศึกษาไว้มาให้เป็นข้อมูลในการเลือก code ที่ใช้ในการออกแบบ ดังตาราง

	IS 4995 - 1974	ACI 313 - 97	DIN 1055 -6: 2005 - 03	BS EN 1991 – 4: 2006
Materials stored is defined as	Granular & Powdery	Granular	Bulk material	Stored solids
Silo Classification	No	No	Based on slimmess & wall thickness	Based on slenderness & wall thickness
Vital Parameters	Bulk Density W, Angle of internal friction ϕ , Angle of wall friction δ , Pressure ratio λ	Weight per unit volume γ , Lateral pressure ratio k , Coefficient of friction μ'	Specific Gravity γ , Coefficient of wall friction μ , Angle of internal friction ϕ , Horizontal load ratio k	Bulk unit weight γ , Coefficient of wall friction μ , Angle of internal friction ϕ , Lateral pressure ratio k
Numerical Values of Solids properties	Directly given for each materials	No values	Obtained from tests & provided as lower and upper limit value	Obtained from tests & provided as lower and upper limit
Loads during filling & discharging	Horizontal load, vertical load & Frictional load	Horizontal load, vertical load & Frictional load	Symmetric load & Reference surface load	Symmetric load & Patch load
Computation of Loads	Based on materials	Based on materials	Based on Silos	Based on Silos
Limitations	No	Effect of hot stored material is not considered	Geometric, Materials, Filling & discharging arrangements.	Geometric, Materials, Filling & discharging arrangements.
Classification of action assessment	No	No	Based on Capacity of stored material	Based on Capacity of stored material
Flow Pattern during discharge	No	Walls – Concentric and Asymmetric flow, Hoppers – Funnel and Mass flow	Mass flow, Funnel flow and Mixed flow	Mass flow, Pipe flow and Mixed flow
Applicable hopper shapes for design	All shapes	Conical and Pyramidal hoppers	Conical and Cuneiform hoppers	Conical and Wedge shaped hoppers
Pressure zone consideration	No	For calculation of wall pressure	No	No
Crack Width calculation	Check and limitations are given	Calculation given	As per DIN 1045 – 1	As per EN 1992
Particle size	No limitation	No limitation	$\geq 0.03 d_c$	$\geq 0.03 d_c$
Reinforced details, Column & Foundation design	Mentioned	Mentioned	No	No

นอกจากแรงกระทำภายในโครงสร้างถังเนื่องจากวัสดุที่เก็บแล้ว ในการออกแบบโครงสร้างถังจำเป็นต้องคำนึงถึงแรงอื่นๆ ด้วย เช่น แรงกระทำจากแรงลม แรงจากแผ่นดินไหว และแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิ เป็นต้น

References:

1. IS 4995, Indian Standard: Criteria for Design of Reinforced Concrete Bins for The Storage of Granular and Powdery Materials
2. EN 1991-4, Eurocode 1- Actions on structures – Part 4: Silos and Tanks
3. AS 3774, Australian Standard: Loads on Bulk Solids Containers
4. DIN 1055-6, Actions on structures - Part 6: Design loads for Buildings and Loads in Silo Bins
5. ACI 313-97, Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials
6. S.Chithra and G.Indupriya, Contributions of Different Standards and Codes for The Design of Silo

เรียบเรียงโดย

- ภาควัฒนิต วานิชกมลนันท (วย. 1924)