

住友建設株式会社

則武 邦具

"

鳥生 晃

"

正会員 水谷 淳

1. はじめに

サイロ構造物を設計する際に問題となるのは、サイロ壁体に作用する内圧についてである。わが国においてはサイロ設計における内圧の基準は確立されていない。サイロ内での静的内圧を算定する理論式としては力のつり合い条件による Janssen の式や Reimbert の式が広く使われている。また排出時には動的過動圧が生ずることが知られており、サイロの設計においては、排出時の最大圧力値の分布を把握する必要がある。各国の設計基準では静的圧力値に動圧係数を掛けて設計圧力値としている。ここでは FEM を用いて求めたサイロ内圧、実証サイロにおける実測内圧を、各国の設計基準値と比較しながら検討し、設計に使用する内圧について考察する。

2. 内圧の解析について

内圧の解析には FEM による数値解析の手法を用いた。FEM のような連続体としての解析手法では、サイロ構造物と貯蔵物との間に存在する不連続性をどのように評価するかが解析上問題となる。ここでは図-1 に示すように、境界面で同一座標を持つ二つの節点を考え、双方の節点間での力の伝達のみによって不連続性を表現し、変位の拘束と壁面での摩擦力、粘着力を考慮できる方法を用いた。

図-2 は不連続面での節点の状態を判定するための手順を示したものであり、 ϕ は壁面摩擦角、 C_0 は壁面粘着力である。境界面での節点は最初は全て結合の状態から始め、壁面抵抗力と節点力とを比較しながら、すべり、分離、結合の各状況を判定しながら計算を行う。

3. サイロ壁の傾きと内圧について

サイロの形状としては円筒形が一般的であるが、側壁を内側へ傾けた底開き形のサイロなども考えられる。各形状におけるサイロ壁体に作用する内圧の大きさは、サイロ形状の決定ともあいまって興味深い問題である。図-3 は、内圧解析より求められた各形状における内圧値の分布状態を示したものである。壁の傾きは垂線に対して内側へ 5 度傾けた。

貯蔵物は石炭とし、内圧の解析にあたっては

各物性値に次のような値を用いた。単位体積重量 0.9 t/m^3 、変形係数 75.0 t/m^3 、内部摩擦角 33° 、粘着力 0.5 t/m^2 、ポアソン比 0.23 などである。また壁面での壁面摩擦角は 26° 、壁面粘着力は 0.2 t/m^2 とした。

図-3 によれば、側壁に作用する内圧は底開き形サイロの場合には $0 \sim 0.5 \text{ t/m}^2$ と、円筒形サイロの場合に比べて小さい値となっている。一方、ホッパー部の内圧については、逆に底開き形サイロの方が円筒形サイロよりも大きく、内圧値は円筒形の場合の 1.5 倍程度の値となっている。底開き形サイロの場合は、側圧値は小さいが、その分ホッパー部の圧力が増加しホッパー部の構造を強化する必要がある。更に、底開き形

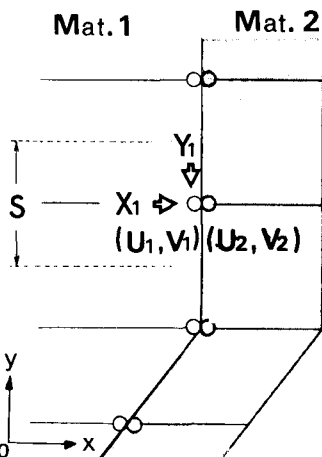


図-1 壁面での力学モデル

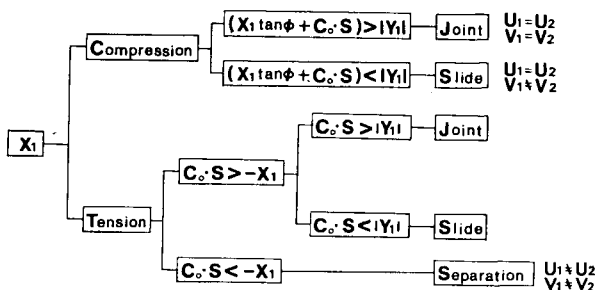


図-2 壁面でのすべり、分離、結合の判定手順

サイロの場合、実際の払出し時において、ホッパー部における動的な内圧値は解析値よりも大きめにできるのではないかと考えられる。

4. 各国基準と解析値、実測値との比較

図-4は各国基準による設計内圧値と、FEMによる解析値を比較したもので、基準値は各国でまちまちである。側壁部の圧力値では、フランス及びACIの基準値が解析値に近く、ソ連邦及び西ドイツ基準値は解析値よりも過大な値をとっている。解析値におけるホッパー取付部の最大値はACIの基準値とよく一致しているが、ACI基準値はホッパー下部で解析値と異なってきている。ソ連邦の基準値はホッパー部においても解析値及び他の基準値と比べて過大な値を与えている。西ドイツの基準値は側壁部で過大な値、ホッパー部においては小さめの値を与えている。フランスの基準値はホッパー部における解析値の最大値を若干下まわる値を示してはいるものの、解析値との整合性は最も良い。

図-5、図-6は石炭を貯蔵した実証サイロにおける実測内圧と各国の基準値とを比較したもので、図-5は積付時、図-6は払出し時の値である。これらの貯蔵状態は浅槽サイロに分類されるものであるが、側壁部の実測内圧は基準値と等しい値を示している。ホッパー部における実測内圧は積付時、払出し時ともに基準値よりも大きめの値を示しており、払い出し時にはソ連邦の基準値に近い値を示している。

(参考文献)①伊勢田・棚橋：壁面摩擦を考慮したFEM解析、第14回土質土学研究発表会。②杉田：サイロ、板構造の解析(谷資信編), PP202~211, (1976), 技報堂。

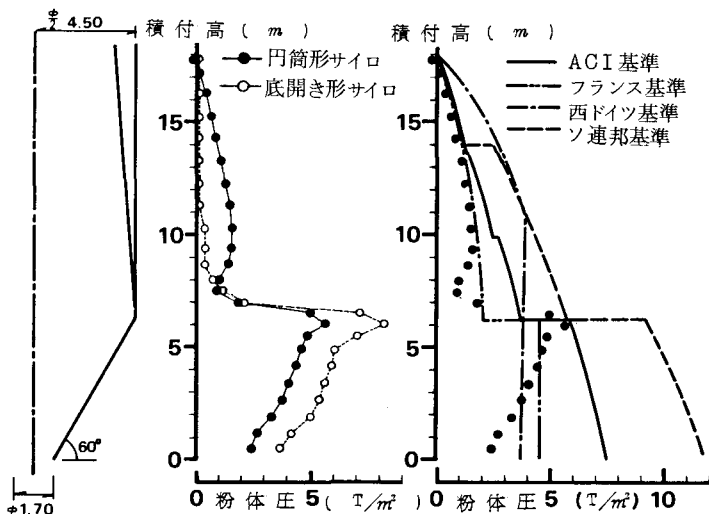


図-3 壁の傾きと内圧

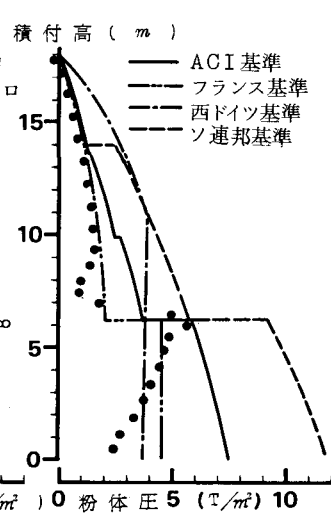


図-4 各国基準と解析値との比較

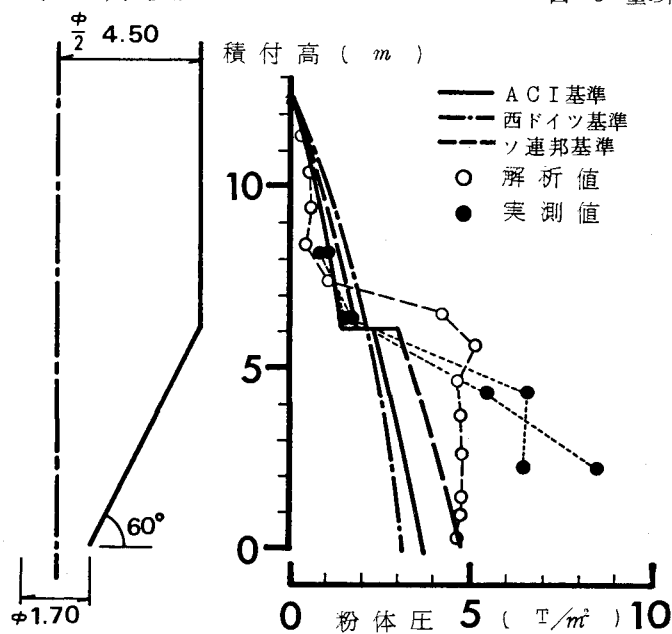


図-5 実測内圧と各国基準との比較(積付時)

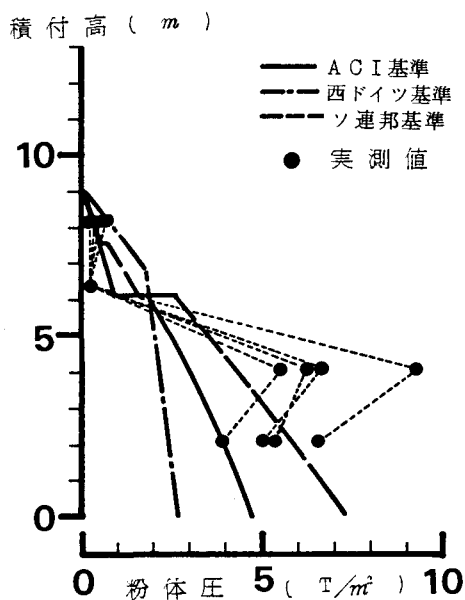


図-6 実測内圧と各国基準との比較(払出し時)