

単体鋼製サイロの解析と特性

大阪大学

大阪大学

㈱酒井鉄工所

正 員

学生員

正 員

前田 幸雄

○堀田 毅

石崎 茂

1. まえがき 近年、我国においては多数の鋼製サイロが建設されているが、その解析手法や構造挙動に関する研究は非常に少ないように思われる。本報告は、平屋根を有するホッパー式鋼製円筒サイロが静的穀物荷重、穀物流荷重、風荷重を受けたときのそれぞれの構造挙動を有限要素法¹⁾を用いて調べたので、以下に報告する。

2. 解析対象 図-1に示すように、解析対象は高さ35m、内径8.6mのホッパー式鋼製円筒サイロである。サイロの板厚は下端で12mm、上端で4.5mmで、その間は線形的に変化する。また、ホッパーと屋根の板厚はそれぞれ6mm、4.5mmである。境界条件はサイロ下端で変位 u, v, w のみが固定されている(図-2参照)。作用荷重としては、静的穀物荷重に対してJanssenの理論式²⁾、穀物流荷重に対してJenikeの理論式²⁾、DIN-1055の規定³⁾、

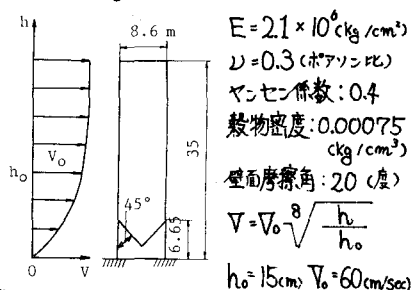


図-1 円筒サイロ

日本建築学会荷重基準⁴⁾を用いる。さらに、非対称荷重がサイロに及ぼす影響を知るために、空槽状態において、台風時を想定した風荷重を考慮する。

3. 解析結果 静的穀物荷重の影響: 変位 u の分布を図-3に示す。胴部における変位の分布は水平荷重の分布とほぼ同じ形状を示している。胴部とホッパー部の結合部では、内側に絞り込まれるような変形が生じている。これは、ホッパー部に作用する鉛直荷重と水平荷重によって結合部に曲げモーメントが生じるためである。このとき、図-4に示すように、

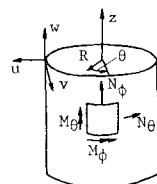


図-2 座標系

円周方向の合応力 N_θ はこの結合部分で大きな圧縮力を示している。したがって、ホッパー部と胴部との結合部付近に局部座屈が発生する可能性があり、これに対する検討が必要と考えられる。合応力 N_θ の分布を図-5に示す。 N_θ は胴部の下部に進むにつれて増加し、結合部でホッパー部がうけも

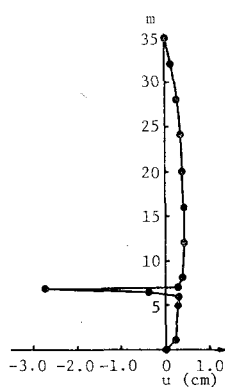


図-3 u分布

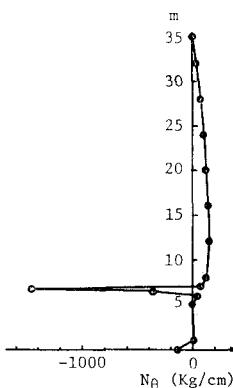


図-4 N_theta分布

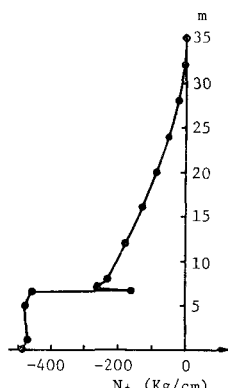


図-5 N_theta分布

ていた荷重が加わって急激に増加し、スカート部で一様な値となる。

穀物流荷重の影響：穀物流荷重は各算定式においてその大きさおよび分布形状がかなり異なる。各算定式に対する合応力 N_θ 、 N_ϕ の分布をそれぞれ図-6、7に示す。建築学会の算定式はJanssen式に修正係数を乗じたもので、ホッパー部にJanssen式よりも大きな荷重が作用するため、胴部との結合部にかかなり大きな N_θ

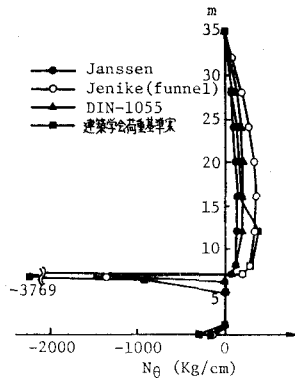


図-6 N_θ 分布

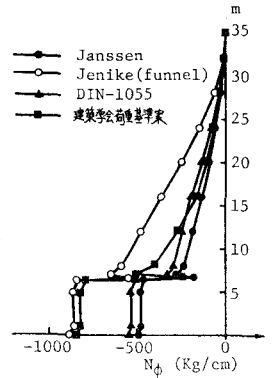


図-7 N_ϕ 分布

が生じ、 N_ϕ もかなり急激に増加している。一方、Jenike式ではJanssen式よりも小さい荷重がホッパー部に作用するため、逆に小さい値が生じている。穀物流出荷重の算定式に関する研究が一層望まれる。ところで、屋根部を取りはずした計算も行なったが、得られた結果はここで得られた結果と同じであった。したがって、穀物荷重のような軸対称荷重に対して屋根部はサイロの挙動にあまり影響を及ぼさないとと思われる。

風荷重の影響：風荷重の円周方向分布は文献[4]による分布式を用いる。風の正面の合応力 N_θ の分布を図-8に示す。屋根部を有する場合には、胴部で圧縮力が生じ、サイロ下部で引張力が生じているが、ホッパー部の存在によってスカート部の引張力は減少している。一方、屋根部をもたないサイロでは、引張力のみ生じ、屋根部をもつものに比べると大きい合応力が生じて

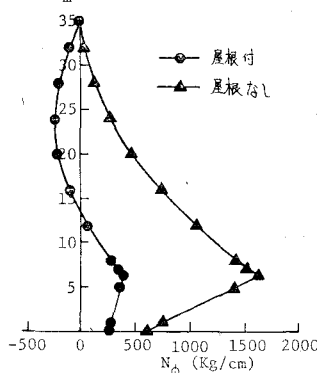


図-8 N_ϕ 分布

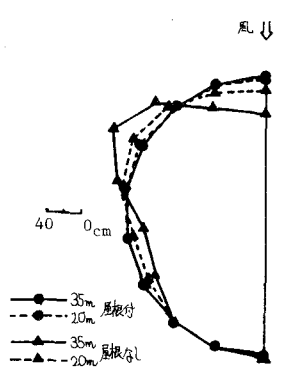


図-9 断面変形

いる。サイロ上端および高さ20mの位置の断面変形を図-9に示す。屋根部がサイロ上端ばかりでなく、サイロ全体の断面変形を抑制することがわかる。

4. 結論 穀物荷重が作用した場合、ホッパー部と胴部の結合部に曲げモーメントが生じ、円周方向にかかなり大きな圧縮力が生じる。風荷重が作用した場合、屋根部は各応力の増加を抑制し、サイロ断面の変形を抑制する効果がある。

参考文献 1) 34回年講義要集 (I-18)。 2) Jenike, A. W., Johansen, J. R. and Carson, J. W. : Bin Loads - Part 2 : Concepts, Part 3 : Mass Flow Bins, Part 4 : Funnel Flow Bins, J. Eng. Ind., Feb., 1973。 3) 土木学会鋼構造進歩調査小委員会 : 鋼製サイロに関する調査研究報告書, pp 8~16, 1979。 4) Jerath, S. and Boreasi, A. P. : The Analysis of Covered Cylindrical Storage Bins Subjected to Unsymmetrical Loading by Shell Bending Theory, Report No. 419, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Univ. of Illinois, Urbana, Sept., 1979。