

サイレージの含水率と側圧との関係

Simplified Equation for Silage Pressures with Moisture Variation

L. W. Neubauer

Trans. of ASAE, 9 (2), 295~296, 1966

サイロの設計は、一般に土地、基礎、壁の構造、補強鉄筋の量、屋根の配置、側圧、風の負荷等を考えおこなわれている。最も重要なことは、レンガ作りのサイロで補強材の適正な量と配置を決定することであり、円筒形サイロやアルミニウムサイロでは必要な金属の厚さや大きさを決定することである。補強材の必要量は、サイレージによって生ずる側圧の大きさ次第である。サイレージの型、長さ、牧草の成熟度、サイロに入れる速さ、分配の方法、含水率、サイロの直径と高さ、圧縮の程度などが影響する。これらの値が得られた時、簡単な計算法でサイロの高さ1フィート当りに必要な水平方向の補強材の量を求める。

$$A_s = whd / 2fs = Ld / 2fs$$

A_s : 補強材(鉄)の断面積 inch²

w : 投入する物の重量 lb/ft³

h : サイロの高さ(深さ) ft

d : サイロの内径 ft

f_s : 鉄の設計応力 lb/inch² (20,000)

L : 側圧 lb/ft²

w と L を決定するために、この基本式と次に述べる種々の方法で、サイロの構造計画の最も重要な補強材を解決できる。

基礎となる式

いくつかの研究所におけるテストで、側圧はサイレージの型や含水率によって変化し、同時にサイロの寸法によっても変化することが示されている。アメリカ、コンクリート学会(ACI)は次のような標準経験式を示している。

$$L = 3.3 h^{1.44}$$

この式は、含水率が75%を越えないグラスまたは、コーンサイレージのために用いる。一般状態では上記の式は、実際上は適切であるが直径と含水率は考慮されていない。これらのデータをプロットしてカーブに表したのがACIで示す図である。このデータは圧力においてかなりの幅と変化があることを示している。正確な平均や計算は必ずしも必要ではないが、このデータは最も有用な数字を与える。

簡単な算出法

上記の h の指数 1.44 をもつ式は、指数を 1.5 又は $\frac{3}{2}$ にした式ほど簡単には、計算ができない。指数を変えた場合の式では計算尺で計算できる。定数を調整することにより同式は

$$L = 2.66 h^{\frac{3}{2}} = \frac{8}{3} h^{\frac{3}{2}}$$

となり、一般に使用する範囲内では、よりやさしく扱うことができ、ほとんど理想的な結果を導くことが可能である。図には、過去に用いられた 11 lb/ft^3 と 20 lb/ft^3 の有効液体の圧力線を示しているが、この直線関係は正しくないことは明らかである。

直径の影響

J. R. McCalmont によって提唱されている直径の要素を含んだ式がある。

$$L = d h^{1.45} / 5$$

彼は、75~85%以下の含水率に保つために、湿ったサイレージには特別な排水管をつけることをすすめているが、含水率の影響について特別な処置は示していない。

含水率

図に示すデータから、含水率の影響は変化しやすく不確実なものであることが明らかである。しかし、さらに詳細に調べるとより明確な形となる。要約し平均することによって正しいはっきりした関係が側圧と含水率の間にあることがわかる。類似した関係は L と d の間にもみられる。結局変化するこれらの要素を集約すると

$$L = K h^a d^b m^c$$

となる。この関係を調べ出来る限り簡単にすると、 d や m の指数 (b 、 c) を 1 にして

$$L' = 0.0133 h^{\frac{3}{2}} (d - 6) (m - 50)$$

又は、 $L' = h^{\frac{3}{2}} (d - 6) (m - 50) / 75$

となり、与えられる状態に適応する。

その他の解法式

より正確な解法式を得るために、水分に対してバラつきのある図のデータを側圧に対してプロットしてみると、平均的なカーブがえられる。このデータを両対数グラフにプロットしてみると傾きは 4 であり、 m の指数が 4 であることを示している。このように大きな指数が求められるが、 m の値においては比較的小さい範囲の限界内では大して重要ではない。一方含水率においては、小さな変化が大きく影響することが明らかである。McCalmont の式より d の指数 1 を使って係数を 0.70 とすると次式が導かれる。

$$L = 0.70 h^{\frac{3}{2}} d m^4$$

この式は、他の式よりもおそらく実的であり適当なものと思われる。(m は小数)

直径の大きなサイロ

何人かの技術者は、近代的な大きなサイロは、前述のカーブや状態から外挿法で求めたものより、ずっと大きな側圧が生ずると考えている。1963年のWei Wen Yu らのレポートは直径 30 フィー

トに高さ60フィートのサイロでは、 $1,000 \text{ lb/ft}^2$ に圧力が上昇するとしている。これらは深さ1フィート当り $10 \sim 17 \text{ lb/ft}^2$ であるか、または、やや図に示すよりも少ないくらいで極端には違わない。

低水分のサイレージ

ある地方では、水分の低いサイレージで貯蔵する傾向が強い。高水分のサイレージが使われないのが確かならば、含水率の要素を含んだ式で計算すれば、より低い圧力を示し要求される強さは小さくなり非常に経済的である。

応用の限界

利用すべきデータは、実際の状態では制限をうけるべきで著者はある範囲内でのみ、応用するように指示する。次の範囲内で使用するようにすすめる。

$$h : 5 \sim 75 \text{ ft}$$

$$d : 10 \sim 30 \text{ ft}$$

$$m : 60 \sim 90 \%$$

非常に湿った状態では、この範囲内に m が保たれるように良い排水管をつける必要がある。最大の含水率のサイレージは、サイロを水で満たした時に近い状態になり、 624 lb/ft^3 であり側圧は3倍以上となる。従って相当した強い設計が要求される。

極端な例として、図のSDで乾いたサイレージ($m=60$)を小さなサイロ($d=12$)に入れると小さな側圧となり、逆にLWのように大きなサイロ($d=18$)に湿ったサイレージ($m=80$)を入れると高い側圧となることを示している。

総括

1. サイロにおける側圧は、サイロの高さ、直径、サイレージの型によるばかりでなく、含水率によっても変化する。
2. 高水分のサイレージで満たす時は非常に大きな圧力がかかるかもしれないので、含水率は考慮すべきである。
3. サイロの設計のために、便利な式が要望されているが、変化のある状態では正確さを保証できない。
4. 実際の正確さをもつ主要要素を考慮し、かつ使用しやすさを失なわない式として次の式を提示する。

$$L' = 0.0133 h^{3/2} (d-6) (m-50)$$

$$\text{又は } L = 0.70 h^{3/2} d m^4$$

これらの式は、農業技術者にとってサイロの高さ、直径、サイレージの含水率を考慮した現実的な設計を行なう時に助けとなる。

(北大農学部 松田従三)

