

A309

充填塔におけるフラッディング限界の計算法

(東理大・理) (正) 大江修造*

1. 緒言 充填塔のフラッディング限界(運転操作範囲の上限)は充填塔設計上の必須のデータである。Kister は広範囲に亘る各種充填物の圧力損失およびフラッディング限界の測定値を Packing factor (Fp) により相関した¹⁾。Fp は充填物の形状等を考慮に入れた係数であり、実測値により算出した値である。Kister の相関を検討したので報告したい。

2. フラッディング限界式の導出 充填塔の圧力損失式は円管内の圧力損失計算式であるファンニング式により導出され Chilton-Colburn 式として知られている。フラッディング限界式も同様にファンニング式から導出できる。

$$\frac{u_G^2 \rho_V}{2gm\rho_L F^2} = \frac{b(u_G/u_L)^2 \rho_V / \rho_L f_L}{[1 + b^{1/2}(u_G/u_L)(\rho_V f_G / \rho_L f_L)]^2} \quad (1)$$

ここに, $b = (\rho_L - \Delta p_G) / \Delta p_G$ である。(1)式は現在では使われないが、導出の課程で用いた

$$(u_G/u_L)(\rho_V/\rho_L)^{1/2}$$

はフローパラメータとして使われている。

3. フラッディング限界の相関 Sherwood の相関を改良した Sherwood-Eckert の GPDC (Generalized Pressure Drop Correlation, 1970)が提案された¹⁾。Kister は Sherwood-Eckert の GPDC の相関に基づき広範囲の個別の充填物について相関を行い、Packing factor Fp を新たに定義した。

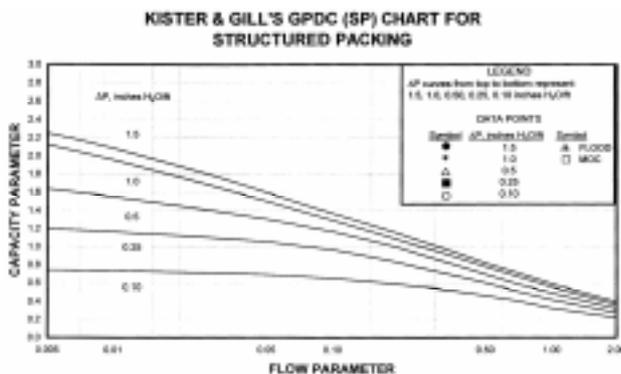


Fig. 1 GPDC による Capacity Parameter

Kister と Gill はフラッディング点における圧力損失 P_{FL} と Packing factor (Fp) との間に

$$P_{FL} = 0.115 Fp^{0.7} \quad (2)$$

なる関係のあることを見いだした²⁾。特筆すべきは P_{FL} が Packing factor のみの関数という点である。

これにより(2)式から求めた P_{FL} と相関図から、設計条件および物性により横軸の Flow parameter に対する Capacity Parameter(縦軸の値)

$$CsFp^{0.5 \cdot 0.05}$$

を読み取ることにより、フラッディング点における Capacity factor(Cs)を求める事ができる。

Capacity factor(Cs [ft/s])は空塔速度 U_s [ft/s]により次式で定義される。これによりフラッディング点を決定する

$$Cs = U_s \sqrt{v / (L - v)} \quad (3)$$

ことができる。

4. 推算結果

Raschig Super Ring No.2 のフラッディングを以下に示す運転条件下で推算する。

運転条件 蒸気流量 = 7.66kg/s, 液流量 = 7.66kg/s, 蒸気密度 = 5.212 kg/m³, 液密度 = 634.1kg/m³, 液粘度 = 0.218 CP におけるフラッディング時の $Cs=0.116$ m/s である。

フローパラメータは

$$L/V(\rho_V/\rho_L)^{0.5} = 0.0906$$

である。Raschig Super Ring No.2 のパッキングパラメータは Kister (3) によれば 15 であるから(2)式により

$$\begin{aligned} P_{FL} &= 0.115 Fp^{0.7} = 0.115 \times 15^{0.7} \\ &= 0.765 \text{ in H}_2\text{O/ft} \end{aligned}$$

である。

GPDC チャートより、横軸フローパラメータの値 0.0906 および圧力損失に対する Capacity Parameter を読むと 1.4 を得る。これから Cs を求めると 0.38ft/s となる。単位換算により 0.117m/s である。実測値は 0.116m/s であるから、殆ど実測値と一致した推算結果を得ることができた。

推算に用いたフラッディング限界の測定値は

FRI (Fractionation Research, Inc.) における工業規模の蒸留塔における実測値(塔径: 4 ft. 充填層高: 12.4 ft.) である。謝辞 協力頂いた米国蒸留研究機関 (F.R.I.) に記して謝意を表します。

参考文献 (1) Kister, H. Z., "Distillation design", MacGraw-Hill, 1992, (2) Kister, H. Z., D. R. Gill, Chem. Eng. Prog. 87(2), p. 32, 1991 (3) Kister H. Z. et al., AIChE Spring National Meeting, 2007, 446-489

*) Shuzo Ohe, ohes@ms.kagu.tus.ac.jp

Tel/Fax 03-3221-1570, <http://s-ohe.com>