

【討 議】

田 中 宏 共著 “充腹構造物の自励振動における空気力の特性” への討議
伊 藤 学

(土木学会論文報告集第 168 号, 1969 年 8 月所載)

討議者：白石 成人 (京都大学工学部)
宇都宮 英彦 (京都大学工学部)

上記論文は、充腹構造物の空力安定現象について、非常に複雑な要因が数多く含まれているにもかかわらず、適確に分析し、自励振動現象の特性を明確に解明している点で敬意を表するものであります。実験データ、結論等について 2,3 不明の点がありましたので質問致します。

(1) 自励振動特性と空気力係数の関係

p. 24 に述べられた結論第 2 項によれば、曲げねじれフラッター型に対し $L_{\phi I} > 0$, $M_{\eta I} > 0$ なる条件が与えられています²、Theodorsen 関数によって表示された $L_{\phi I}$ は式 (3),(4) の関係から、

$$L_{\phi I} = -\frac{2}{k^2} G(k) - \frac{1}{k} [1 + F(k)]$$

として与えられ、 $F(k)G(k)$ が常に正であることを考えれば $L_{\phi I}$ は常に負の値を取るようになります。したがって結論および p. 19 右欄 8 行目以下に述べられた内容と矛盾するように思われます。

また 図-6 に示された空気力 $L_{\phi I}$ のグラフについては閉床に対する値が記載されていませんが、本論文の定義式に従えば、理論的には負の値を取るのではないでしょうか。その場合 $\phi=0.15$ に対する曲線は特異な傾向を示すこととなりますが、これらについてのご見解を伺いたいと思います。

(2) 充腹桁の振動特性

H 型等の場合、 $h/2b=0.1\sim 0.2$ において失速フラッター型の最小限界風速が得られています (p. 20, 図-12) p. 23 に示された表-2~表-4 のデータを参照するとき、限界風速は必ずしも失速フラッター型の不安定振動で最小値を取っていないように思われます。これらは、 ω_1 , ω_2 と質量慣性モーメント、 $h/2b$ 等の影響が総合的に現われて自励振動の型を変化させると考えられま

すが、失速フラッター型を最も警戒すべきであると結論された論拠についてお尋ねいたします。

(3) 開床平板の限界風速に対する Selberg の近似式について

式 (20) によれば開床平板の限界風速は

$$V^* = (1-\phi)^{-3/2} V_0^*$$

で与えられるとしています。本論文によれば幅員 $2b$ を開床率 ϕ に応じて $2b(1-\phi)$ と減少させたとしています²、この近似式について次のような疑問を持ちます。

Selberg の近似式は

$$V_F = 0.44 b \omega_2 \sqrt{\left\{1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2\right\} \frac{\sqrt{\nu}}{\mu}}$$
$$\nu = 8 \left(\frac{r}{b}\right)^2, \quad \mu = \frac{\pi \rho g}{4 W} b^2 \dots \dots \dots (a)$$

とされています。式 (20) は開床率 ϕ による b の変化が上式の他のパラメーターに何ら影響をおよぼさないと考えたものと推察いたします²、実験等でパラメーターを変化させる場合たとえば、平板などでは ϕ により、重量 W および回転半径 r はそれぞれ $\bar{W} = W(1-\phi)$, $\bar{r} \cong r(1+\phi)^{1/2}$ となり、これによって (a) を変形すると式 (20) に相当するものとして

$$V^* = (1+\phi)^{1/4} (1-\phi)^{-1/2} V_0^* \dots \dots \dots (b)$$

$(1+\phi)^{1/4} \cong 1$ とすると

$$V^* = (1-\phi)^{-1/2} V_0^* \dots \dots \dots (c)$$

という結果が得られます。この結果を用いれば $\phi=0.2, 0.4, 0.6$ に対し式 (b) では V^* は $1.18 V_0^*, 1.4 V_0^*, 1.77 V_0^*$ となり、図-11 に示された Model 2P に対応するものと非常に良い近似を与えています。実験的に開床率の影響を求める場合、限界風速に関係する重量 W 、回転半径 r は、模型以外の付属部分の効果もあり、単純に上の議論を応用するにはもとより問題があり、また空気力学的考察が必要であるにもかかわらず、式 (b),(c) が本報告の実験値 (図-11, Model 2P の曲線) と比較的良く一致する点に注目したいと思われます。これについてご見解を賜りたいと思います。

【回 答】

回答者：田 中 宏（東京大学工学部）
伊 藤 学（東京大学工学部）

著者らの、充腹構造物の自励振動現象に関する研究論文について精細なご検討を頂いたことに厚く感謝の意を表し、以下ご質問の順にしたがってお答え致します。

（１）自励振動特性と空気力係数の関係
空気力係数

$$L_{\varphi I} = -\frac{2}{k^2}G(k) - \frac{1}{k}[1+F(k)]$$

において、Theodorsen の原論文によれば

$$F(k) = \frac{J_1(J_1+N_0) - N_1(J_0-N_1)}{(J_1+N_0)^2 + (J_0-N_1)^2} > 0$$

$$G(k) = -\frac{J_1(J_0-N_1) + N_1(J_1+N_0)}{(J_1+N_0)^2 + (J_0-N_1)^2} < 0$$

であるから、 $F(k)$ は常に正である一方、 $G(k)$ は常に負であり、「 $L_{\varphi I}$ は常に負の値をとる」とはいえない。このことはまた平板に作用する空気力の測定実験結果からも確認されている。なおこの場合、Theodorsen 関数は

$$C(k) = F(k) + iG(k) = \frac{H_1^{(2)}(k)}{H_1^{(2)}(k) + iH_0^{(2)}(k)}$$

で定義されるが、場合によっては

$$C(k) = F(k) - iG(k)$$

と定義してある書物もあるので、とくに $G(k)$ の符号については注意を要する。また、この種の問題の参考書として広く読まれている

Fung, Y.C., An Introduction to the Theory of Aeroelasticity, John-Wiley & Sons (1955)

の 215 ページにある Fig. 6.8 の $G(k)$ は符号が逆（同書 214 ページの Table 6.1 参照）であることを指摘しておきたい。

以上から明らかなおと、

① 原論文の結論第 2 項の曲げねじれフラッター型不安定条件と 19 ページの記述内容とは矛盾しない。

② したがって、開床平板模型に対する空気力（図-6）のうち $\phi=0.15$ に対するものは平板理論値と同傾向を示すものであって、むしろ $\phi \geq 0.30$ の場合にこそ開床の特異性が現われているものと見るべきである。

（２）充腹桁の振動特性

限界風速が固有振動数や質量などによって変化するの は当然であるが、図-17からもわかるように、一般に失速フラッター型断面に対する限界風速は同様の構造特性をもつ曲げねじれフラッター型断面の限界風速よりはるかに低い。表-2, 3 および 4 の表題はそれぞれ「ねじれ 1 自由度実験の場合の限界風速」、「曲げ 1 自由度実験の場合の限界風速」および「曲げねじれ 2 自由度実験の場合の限界風速」とするほうが適当ではないかと考えられ、誤解を招きやすい表現を用いたことをお詫びしたい。すなわち、表-4 の結果のうちで実際に曲げねじれフラッター現象が観察されるのは B 05, B 10, H 05, H 05 の 4 種類で、B 20, B 30, H 10, H 20, H 20, H 20 の各断面は表-2 と同様の失速フラッター、H 30, H 30 の 2 種類は表-3 と同様のギャロピングである。

空気力係数は無次元表示されていて、ここでは断面形状以外の構造諸元の影響は受けない。したがって、「失速フラッター型をもっとも警戒すべき……」とは、一般に同様の構造特性をもつ場合には曲げねじれフラッター型の空力特性をもつ断面よりも、失速フラッター型の空力特性をもつ断面の方が限界風速が低いので、後者に属する断面の採用は警戒を要するという意味である。

（３）開床平板の限界風速に対する Selberg の近似式について

図-11は自由振動実験の結果ではなく、測定空気力から求めた計算値である。計算にあたって、重量 W , 回転半径 r , 全幅 $2b$, 固有振動数 ω_n , ω_ϕ および構造減衰 δ などの諸量はすべて一定とした。したがってこれらの結果を式 (20) と比較してもさしつかえないと考える。 b のみを変化させて他の諸元を一定と考えることはご指摘のとおり不合理ではあるが、ただ空気力特性のみの影響を調べるための手段として許されるであろう。したがって式 (20) においてのみ W , r の値を変化させることは不適当である。ご質問の中での式 (b), (c) が Model 2P の計算値と一致するのはむしろ偶然ではないかと思われる。ただ著者らとしても、式 (20) は原論文に述べたような推論にしたがって求めた、開床平板の限界風速について一つのめやすを与える式にすぎないことをおことわりしておきたい。

- 高い粘性によるコストダウン
- 高い膨潤
- 少ない沈澱
- 品質安定

業界に絶対信用ある…
山形産ベントナイト
 基礎工事用泥水に

クニゲル

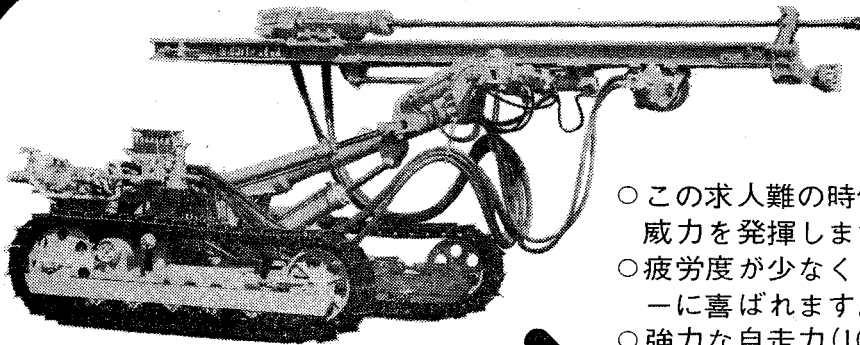


国峯砒化工業株式会社
ベントナイト産業株式会社

代理店

本社 東京都中央区新川1-10 電話(552)6101代表
 工場 山形県大江町左沢 電話 大江 2255~6
 鉱山 山形県大江町月布 電話 貸見 14
 東京都港区新橋2-18-2 電話 東京 (571)4851-3

お金にはかえられない利得があります



- この求人難の時代、数人分の威力を発揮します。
- 疲労度が少なく、オペレーターに喜ばれます。
- 強力な自走力(10HP×2)により、登坂力は抜群。
- 耐久性が高く、故障知らずのタフなドリフター。
- 強力な打撃力・回転力で長孔さく孔もらくらく。

トヨサクガンキ

発売元

東洋サク岩機販売株式会社

東京本店 東京都中央区日本橋江戸橋3の6
 支店・営業所 東京・大阪・名古屋・福岡・札幌・仙台・高松・広島

製造元・広島 **東洋工業株式会社**

TYCD-10
クローラードリル

サクガンキづくり36年 トーヨーサクガンキ

特許

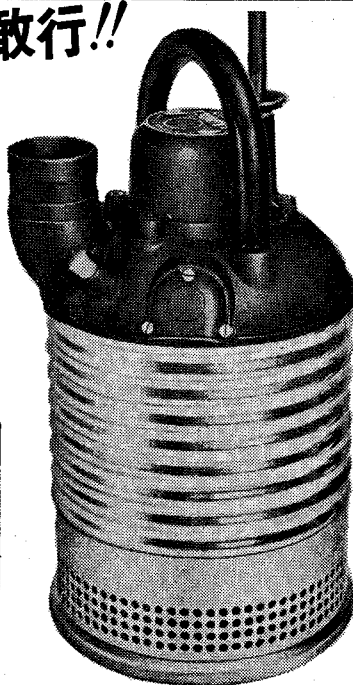
グリンデックス 水中ポンプ



1,000 時間昼夜連続運転敢行!!

(重量濃度25%の
サンド・ベントナイト混合液中)

建設機械化研究所に於て
業界初の本格試験実施。



■重量・他社のポンプの1/3
移設費・仮設費ゼロ!!

■連続ドライ運転OK!!
(特許空冷バルブ装備)

〈御一報次第資料送呈〉

型式	口径 in	重量 kg
19H型	6, 4	140
19型	8, 6	140
5H型	4, 3	48
5型	6, 4	40
3型	4, 3	35
2型	3, 2½	23
1型	2½, 2	17



総発売元

ラサ商事株式会社

本社 104 東京都中央区日本橋茅場町1の12(郵船茅場町ビル) 電話(03)668-8231
 大阪支店 530 大阪市北区宗是町1(大ビル) 電話(06)443-5351
 北海道営業所 065 北海道札幌市麻生町3丁目801 電話(0122)71-8564
 仙台営業所 983 仙台市小田原山本1番地(金剛ビル) 電話(0222)57-4251
 名古屋営業所 460 名古屋市中区錦1丁目18-16(グリーンビル) 電話(052)211-3300-1
 福岡営業所 812 福岡市東浜町1の1(ターミナルビル) 電話(092)64-4431-4
 東京機械工場 136 東京都江東区東砂1丁目3の41 電話(03)646-3881-2