

水平力をうけた井筒の安定計算について

(著者 池原武一郎・横山 章; 土木学会誌 38 卷 12 号所載)

正員 後 藤 尚 男*

本論文は従来から広く慣用されている物部博士の橋脚井筒の水平方向の安定計算法に、井筒基礎底面の向上反力をあわせて考慮したもので、実用的な設計計算法として大いに注目されると思う。

討議者も井筒底面反力を考慮して主として橋脚井筒の振動性状を取扱ってきたので、この論文を興味深く拝見した結果、次の二、三の点について、御回答をお願いする次第である。

1. 井筒構造で安定計算をする場合、井筒の断面形状から次の3つに分類できると思う。

- (A) 線対称断面薄手方向 (橋軸に平行方向)
- (B) 線対称断面厚手方向 (橋軸に直角方向)
- (C) 点対称断面両方向

いま著者の表-1中の図 (p.21 左上) を借用し、同表の図を上から順次 ①, ②, ……⑦ と番号を付けると、⑤ は上記 (A) に、④ は (B) に ②, ⑥ は (C) に属し、①, ③, ⑦ は $a >, =, < b$ に従つて (A), (B) (C) に属する。さて p.20 の著者の仮定、

- a) 井筒は剛体とし、その弾性変形は考えない
- b) 井筒壁面と地盤との摩擦は無視する

を上記分類 (A), (B), (C) と関連させて検討してみよう。

(1) 仮定 a) は地盤軟弱で K が小さいほど、剛性 EI 及び剛比 I/l が大きいほど、是認されるが、この逆のときは一概に無視できないと思う。この仮定 a) は上記断面分類 (B) では是認されるが (A) では簡単に無視できないと思う。(C) でも $K, EI, I/l$ の大きさによるが、著者両氏が 3. の計算例で取扱っている寸法ではちよつと無視できないように思うがどうであろうか。

(2) 仮定 b) は水平方向の摩擦と解釈すると、井筒側面と地盤との摩擦面が平面のときは無視できないと思う。従つて仮定 b) は断面分類 (A) または (C) の円形断面には是認されるが、(C) の正方形断面、特に (B) に対しては相当影響を与えると思うがこの点はどうであろうか。

(3) 従つて仮定 a) を是認し、仮定 b) のもとに進められた著者両氏の理論式は K が小、 $EI, I/l$ の大きな (C) の円形断面井筒にはそのまま適用され、従来の物部式に対して非常に有効な実用式だと思ふが、

実在橋脚では (A), (B) が多く用いられるので、上記 (1), (2) の両事項は考慮しなければならないと考える。

2. 著者両氏の論文中で井筒底面の形状による α を算定した点、底面反力の合力 R が底面の核外にでるときをも取扱われた点、かつ数式運算の妥当な点等に大いに敬意を表する。

以下比較的小さな事項であるが、次の諸点を御説明願いたい。

(1) 図-2 の P_0, M_0 はいずれも水平震度 k に 1 次比例とおけるから、式 (2.7), 式 (2.8) は $\theta \propto k, p_1 \propto k$ となるが、式 (2.8) の p_1 、根入決定式 (3.1) は K_2/K_1 には関係するが、 K_1, K_2 の大きさ自身には無関係となつている。

これは仮定 a) に基づくもので物部式と同様「 p_1 から計算した井筒の必要な根入深さ l は地盤の深さ、すなわち K_1, K_2 の大きさには無関係である」ということになりちよつと厳密性を欠くという結果にはならないだろうか。

(2) 結語中で井筒の周辺摩擦 (上下方向) も厳密には横方向の安定計算に影響を及ぼすという文意のようにも読みとれるが、本論文のような静的計算では井筒周辺の摩擦支持力 $\mu(N_0 + w_1 l)$, $0 < \mu < 1$, は $\Sigma N = 0$ には関係するが、 $\Sigma M = 0$ には関係しない (p.20 下から 2 行目定積分第 2 項と同様に消失)。従つて上下方向の摩擦力は横方向安定計算には無関係と思われる。

(3) K_1, K_2 は井筒に無関係とするとほぼ同値であると言われている。計算例に用いた地質でも $K_2/K_1 = 3$ という値よりもつと接近した値となるのではないだろうか。

(4) $q_2 < 0$ かつ K_2 が大で、 q_1 が順次大となり $q_1 \rightarrow \infty$ となる間の回転中心 m の位置を御説明願いたい。

(5) 誤植だと思ふが p.21 右欄中頃の式 (2.10) (2.11) はそれぞれ式 (2.6), (2.7) であり、式 (3.1) 中の p_0 は P_0 , p.22 右欄下から 3 行目 $P_0 = 61.71 t$ は $61.72 t$ であるべきだと思ふ。

井筒設計計算上非常に有用な本論文に対し以上二、三の点につき質疑と同時に感想を述べた次第である。

(A) に対し弾性変形を考慮した場合(土木学会誌 38-4), K_1 の分布, $K_1(y)$ を取入れた計算法, (B) に対し摩擦を考慮しなければならないこと等(昭.27.12 中頃投稿)を討議者も取扱つてみた。困難な問題も山

著者 池原武一郎
横山 章

われわれのささやかな報告を検討していただいたことを感謝する。質問に答える前に、この問題を考えた動機について申し上げたいと思う。

一般に井筒基礎を用いるのは、地盤が粘土等で普通基礎では十分な支持力を期待できない場合——国鉄の例ではこの場合は井筒の根入長さが通常 25 m 程度となる——と、地盤が砂あるいは砂利層などで支持力は十分にあるが、洗掘その他の理由から深い根入れを必要とする場合——国鉄の例では井筒の根入長さは 10 m 前後となる——とである。前者の場合は支持力より決まる井筒の根入長さが深いので、水平力に対する安定計算に従来の物部式を用いても十分であるが、後者の場合にはときに水平力に対する安定が根入長さ決定の因子となる。この場合底面圧力のかたよりを考慮したならば、根入長さを短かくとることができるのではないかと云うことが動機であつた。従つてわれわれの報告では根入長さが 10 m 前後のものを、また断面は円形または楕円形のものを、しかも最小寸法は外径で 4.0 m 程度のものを対象とした。

1. (1) 剛体の仮定について 厳密に云えば御意見のとおり井筒の弾性変形は考慮しなければならないが、われわれが主として対象としているような短かい井筒では弾性変形の量は、——厳密には簡単に計算しにくいと思うが略算してみると——0.1 mm のオーダー以下であり、土中のコンクリート構造物の設計において従来用いられている通念として、井筒を剛体と考えても間違いないものと思う。また理論に忠実に弾性変形を考慮してみても、土の特性の確実性、水平力そのものの仮定等と比較してみても無意味であり、かつ繁雑である。従つて少くとも井筒の設計に関してはこの仮定は妥当と考える。

もちろん、橋脚振動の特性等を考える場合はまた別の見方があると考えられるが……。

(2) 摩擦について 井筒では側面が平面であることはまずなく、これは通常ケーソンに限られる。ケーソ

ンを用いる場合は一般に根入れが非常に深く、水平力に対しては十分安定と考えられる。もし井筒で平面が用いられたとしてもこれは断面の長手の方向となる。しかし実際には井筒が傾くことによつて当然井筒壁面と地盤との間に摩擦が働くが、この摩擦を考えない方が安全であること、摩擦の作用面が一般に平面でないこと、摩擦力の推定が困難なことおよび計算を簡単にするために、これを無視して実用公式を考えてみた。

(* 京都大学助教授, 工学部土木教室)

(3) については (1)、および (2) から了承していただけたと思う。

2. (1) 「厳密性を欠く」と云う意味がわからないが、設計および計算の方便として上述のような仮定をたて、その下の計算では ρ_1 が K_1, K_2 の大きさ自身に無関係であるのは当然である。しかし井筒の根入長さ決定式 (3.1) は地盤の受働土圧係数 c' を含んでおり、従つて根入長さ l は地盤の特性には無関係でなく実感から遠いとは考えられない。

(2) 御説のとおり関係になるが「水平力に対する安定に対しては摩擦抵抗を無視したが、井筒の支持力計算の場合には当然周辺摩擦を考慮しなければならない」と云う文中の摩擦と云う語にはそのような厳密な区別はつけてなく文面のとおりである。

(3) 計算例に用いた $K_2/K_1=3$ の値はカサグランソ土質分類による K の値を用いて算出したものである。問題は K_2/K_1 にあるのだから、 K 値の性格も異なり少し粗雑とは考えたが、他によい値がなかつたのでこれを用いた。

(4) 普通用いられている井筒の状態では m の位置が中心線上から外れてもそんなに大きな距離ではなく、また $q_1 \rightarrow \infty$ になるようなときには井筒の傾き θ が大きくなり、井筒側面の影響も入つてくるので複雑な状態となる。もちろんこのような状態は通常の井筒では考えられないことである。

(5) 御指適のとおりミスプリントである。