

(VI-1) 円形逆巻き立坑の計算手法について

株式会社 近代設計 正会員 羽原 巧治
正会員 田中 智

1. はじめに

共同溝におけるシールド立坑は、路上工事に伴う種々の制約及び、参画企業等の制約により、従来矩形で設計施工されてきた。今回設計の立坑（掘削深さ 25.75m、直径 19.9m）は、国道 JCT(ジャンクション)下に計画されたもので、施工スペースに余裕があるため円形立坑の採用となった。

大深度の円形立坑は、一般的に地下連続壁を用いることが多いが、工費が高いという欠点がある。そこで、工費の縮減及び工期の短縮するため、山留め工法として SMW（柱列式地下連続壁）を採用し、本体壁を逆巻きにより構築するものとした。本文では、このような施工方法に対する設計手法を紹介し、設計を行なう上での課題点、留意点を述べる。

2. 発進立坑（円形立坑）に用いた解析手法（仮設時）

発進立坑は、先にも述べたように逆打ち施工で行なう。これは、本体側壁を支保工部材として用い、いくつかのロットに分割し、掘削しながら上から構築していく工法である（図-1 参照）。したがって、本体側壁は仮設時には水平リングとして解析を行なっている。

(1) 土留め壁

土留め壁は SMW 連続壁を用いた。根入れ長は、掘削底面の安定計算、弾塑性解析による定常性・弾性領域率から決定した。

(2) 弾塑性解析時の支保工パネ

支保工パネは、ロットを支保工部材として使うため、各ステップ毎に図-2 のような円環パネを求め与える。

(3) 各ロットの反力(R)は、変位(δ)と円環パネ(k)により算出することが出来る。

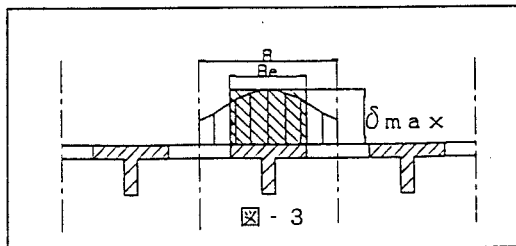
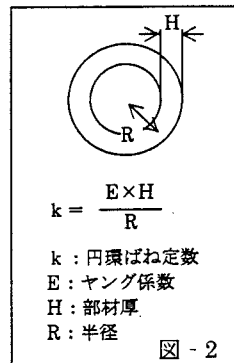
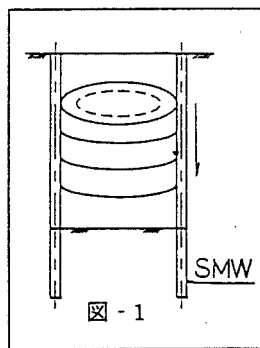
$$R = k \times \delta \text{ ----- (式1)}$$

今回算出された反力は、各ロット下端において局部的に大きな値となった。しかし現実には、コンクリート部材の一部分に荷重が掛かっても、塑性化によりその周辺に応力が平滑化されるのでこのように大きくならないと思われる。これは、弾塑性解析の際に分布パネとして与えているロットの円環パネが、ロットコンクリートの連続性を考慮していないからである。本設計では、この値をそのまま用いると過大設計なる可能性があることから、応力を受け持つ有効幅を別途検討し設定した。

(4) 有効幅の算定

ロットに作用する応力は変位量に比例することから、有効幅の算定は変位の合計が等価となる矩形ブロックにより行なう(図-3 参照)。弾塑性解析の変位分布をもとに、その変位の合計に等価となる矩形ブロックより有効幅 Be をそれぞれのロットについて求める (式2)。

$$Be = \frac{\sum \delta}{\delta_{\max}} \text{ ----- (式2)}$$

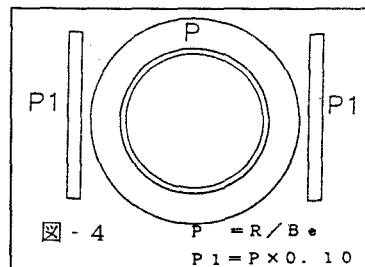


キーワード：円形立坑、逆巻き、開口の多い中床版

連絡先：東京都千代田区鍛冶町1丁目9番16号丸石第2ビル(株)近代設計 TEL 03-3255-6499 FAX 03-3251-9509

(5).荷重

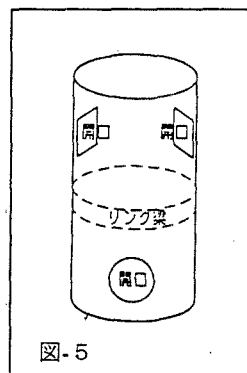
有効幅で一樣にした荷重により単位幅 (m) の水平リングとして解析する。この時円形リングにおいて、外側から等分布に荷重をかけても軸力のみ増加しモーメントは出てこない。したがって、偏荷重(10%)を加え、許容の割り増し(1.25 倍)をした。(図-4 参照)



3. 発進立坑 (円形立坑) に用いた解析手法 (本設時)

(1) 外壁の計算

立坑本設時の解析方法としては、3次元 FEM 解析が立坑全体の応力分布をよく捕らえ現実に近いモデルと考えられるが、解析に多大な労力が必要となり、設計費の増大にもつながることから、簡易に計算できる平面骨組解析によるものとした。発進立坑の簡易形状を図-5 に示す。ただし、中床版は開口部が多いため、外壁の計算モデルには入れていない。



(2) 中床版の計算

中床版は、ケーブルなどの収容で大きな開口が不規則に存在し、円形が基本形状となっているため、通常の平面骨組解析または板計算によるモデル化は困難である。したがって、特殊な形にも対応できる 2次元 FEM 解析を用いた。解析に使用したメッシュ図と、断面力図の 1 例を示す。図-6、図-7 参照。

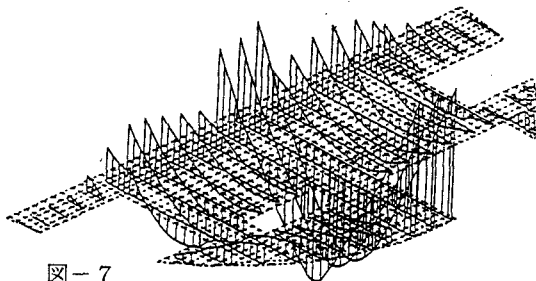
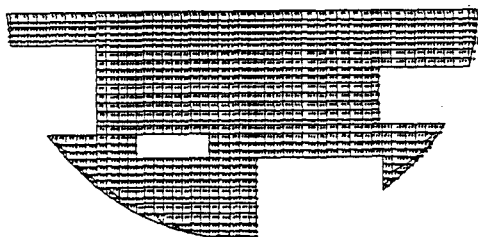


図-6

図-7

4. 設計上の注意点と今後の課題

今回の設計上の注意点の 1 つに、仮設時のロット有効幅の設定が挙げられる。基本的に、応力を負担する有効幅はロット幅の大きさにかわらずほぼ一定の値になると考えられる。ロット全幅を有効幅とした場合、ロット幅を大きくすれば応力は小さくなり過小評価となる可能性がある。そこで、変位の合計が等価となる矩形ブロックにより有効幅を設定すると、表-1 に示すように有効幅はロット幅より小さくなり、現実に近い結果となった。しかしながら、まだロット幅に多少依存しているように見られ、今後の更なる検討を要するものと思われる。

もう一つの注意点として、外壁モデル(平面骨組解析)と中床版モデル(FEM 解析)を独立モデルとして解くのではなく、互いの影響を考慮したモデルとして解かなければならない点が挙げられる。これは、立坑全体の設計において致命的になる場合があるので慎重に対処しなければならない。本設計では、中床版は大きな開口が多数あり、かつ外壁に対して版厚が小さいことから、荷重に抵抗する部材と考えにくい。そこで、上床版と側壁の接続部のモーメントが現実より小さくなることを避けるため、中床版を抜いたフレームモデルで解析した後、中床版接続部のモーメントの跳ね上がりを考慮するため、中床版も構造モデルとしたフレーム解析を行ない、前者モデルで決まった配筋で問題がないことを確かめている。

表-1 ロット有効幅

	反力(tf)	ロット幅(m)	有効幅(m)
第1ロット	85.7	4.00	3.67
第2ロット	119.4	3.30	2.99
第3ロット	94.3	4.40	4.03
第4ロット	54.6	3.00	2.94
第5ロット	239.9	3.00	2.59