円形立坑仮設連壁における設計の現状と課題

長岡工業高等専門学校 学生会員 阿部 広明 正会員 岩波 基

1. はじめに

大都市部の地下にトンネル構造物を建 設するためには大深度の立坑が必要であ り,その立坑の断面形状は円形が合理的と 考えられている.そして,大深度円形立坑 連続地中壁(以後,連壁と称す)の設計方 法は合理的な根拠が無いまま,浅い土留め 壁や円形立坑の設計方法を踏襲して行わ れている.さらに,設計計算モデルは,水 平方向のリングモデル,通常の土留め壁の 設計の弾塑性法にリングばねを考慮した モデル,そして一部3次元モデルを採用し ているのが現状である.

そこで本報告は,現行の円形立坑土留め 連壁に関する設計基準に大きな違いが有る ことと,基準にも定められている円形立坑 土留め連壁のはりモデルによる鉛直方向2 次元解析の精度についての現状を述べるも のである.

2. 設計基準の現状

大深度円形立坑の土留め壁の設計方法 を規定した基準類はほとんどない. 道路や 橋梁,下水道などの分野では,大深度の円 形立坑を構築した実績はあるものの,それ らの土留め壁の設計法については基準類 のほとんどでふれられていない現状にあ る.

大深度円形立坑の土留め壁の設計法は, 1982年に(社)日本トンネル技術協会の「地 中送電用深部立坑、洞道の調査・設計・施 工・計測指針」¹⁾で初めて規定された.そ の後,適用深度を規定してはいないが,円 形地下構造物の設計法として1986年に「電 力施設地下構造物の設計と施工」²⁾が発刊 された. 表-1 大深度円形立坑の現行基準の概要

		大深度土留め設計・ 施工指針(案)	深い掘削土留工設計法	地中送電線用深部立坑・洞道 の調査・設計・施工指針						
深	さ	30m以上50m未満	大規模土留工,15m以上	50m~60m						
形状		原則として掘削断面が対称 のもの	記載無し	記載無し						
地 盤		沖積層、洪積層	記載無し	未固結、低固結の地盤						
		解	析方法の考え	方						
解析断面		リングとして解析を行う。	応力の流れが鉛直方向よ りも水平方向に卓越する と考えられる構造系の物 は水平方向で解析しても 良い。(詳細については不 明記)	「鉛直方向よ 」に卓越する ら構造系の物 リングとして解析しても♬ 〒解析しても い。 こついては不						
Ø	鉛	弾塑性法でリングバネを考	原則として弾塑性法で行							
方	直	慮して行う	う。	記載兼し						
向	立 体	水平および鉛直で解析す る、もしくは3次元の立体 解析を行う。	記載無し	3次元の立体解析をするの が望ましい。						
地 盤 ば ね		「道路橋示方書・同解説」に 準拠 載荷幅 10m	トンネル標準示方書・同解 説に準拠 載荷幅 10m	「道路橋示方書・同解説」に 準拠 ケーソンの載荷幅 √A _h						
側	土 圧	静止土圧を採用する。 砂質土 KO=1-sin¢ 粘性土 KO=0.5:N≧8 KO=0.6:8>N≧4 KO= 0.7:4>N≧2 KO=0.8:2 >N	主働土圧および受働土 圧を採用する。	静止土圧に近い値を採用 する。 K0=0.5:N値<50の砂礫 N値<10の粘 性土, K0=0.3:N値≧50の砂礫 P=0.1~0.2Mpa:N値≧ 10の粘性土,泥岩,固結 シルト,土丹						
				静水圧分布とする。						
圧	水圧偏	トンネル標準示方書[開削 編] に準じる. 水平方向の解析時、静止	トンネル標準示方書[開 削編]に準じる.	根入れ部の水圧は、根入れ 先端で地山側と掘削側で 等しいものとする。なお、 土丹層や被圧層では層ご との間隙水圧を用いる。 水平方向の解析時、側圧の						

鉄道に関しては円形立坑の規定はほとんどないが、大深度を適用深度とした(社)日本鉄道技術協会「深い

キーワード 大深度地下 円形立坑 連絡先 新潟県長岡市西片貝町888 長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 電話&FAX 0258-34-92732 掘削土留工設計法」³⁾が1993年に出された.

1994年には(財)先端建設技術センターが「大深度土留め設計・施工指針(案)」⁴⁾において大深度の円形 立坑の土留め壁について記述している.また、2006年には(社)土木学会が「トンネル標準示方書「開削編]・ 同解説」^うで、これも適用深度を規定していないが、円形立坑の土留め壁について特記している.

「トンネル標準示方書[開削編]・同解説」⁵を除く上記の基準の概要を表-1に示す.施工後の解析条件が事 前解析と異なった点は,打設後3ヶ月間の外気温と相対湿度,最終乾燥ひずみ量そして打設後3週間散水した 境界条件である.その他の解析条件はコンクリート標準示方書^{1),2)}の一般値を採用した.

3. 解析

3.1 解析モデル

解析は2次元はりモデルで実施した.図-1に示すようにリングバネと床付け 以深の地盤ばねを考慮した弾性床上のはりとしてモデル化した. リングばねは、 偏圧を考慮した式より求めた.



3.2 解析条件

今回の検討では,白鳥大橋P3橋梁基礎⁶の円形立坑で計測された側圧と諸条件 を採用した.表-2に地盤条件,表-3に連壁の概略仕様そして図-2に最終掘削時の側圧分 布を示す.

4. 結果

図-3に最終掘削完了時において土留め壁に生じる鉛直 方向の曲げモーメントの分布について計測値と計算値と を比較して示す.

図-3より白鳥大橋では、最大曲げモーメントの計算 値が計測値の半分以下であり、深度方向の曲げモーメ ント分布も差違があることがわかる.計測値と計算値 の最大曲げモーメントは床付け付近で発生している.

5. おわりに

円形立坑土留め壁の設計は,合理的かつ学術的な根拠 に基づいた裏付けが希薄であり,側圧の算定や地盤反力 係数の取り扱いが各々の規準類で異なっているのが現 状である.実際の設計では技術者が判断し適切な設計を 行っているものと思われるが、10年以上前に制定された 基準が,蓄積された計測データをフィードバックして改 訂されていないのは問題がある. さらに, 鉛直方向の曲げモ

ーメントの発生挙動は、土留め弾塑性計算の場合にはリングばねの評価で大きく変化

表-2 地盤条件

深度 (m)	土質名	単位体積 重量 (kN/m ³)	粘着力c (kN/m²)	内部摩擦角	設計N値
36	砂質土	18	0	25	5
57	砂質土	19	0	40	16
110	砂質土	20	0	42	20
	粘性土	16	600	0	30





し、土留め壁の実挙動を再現するのに適しているとは言い難い. そこで、計算が煩 図-3 計測値と解析値の比較 雑ではなく,実際の挙動を再現できる解析手法の確立が必要と考える. 【参考文献】

¹⁾⁽社)日本トンネル技術協会:「地中送電用深部立坑、洞道の調査・設計・施工・計測指針」,1982

²⁾⁽社)電力土木技術協会:「電力施設地下構造物の設計と施工」, 1986.3

^{3) (}社) 日本鉄道技術協会:「深い掘削土留工設計法」,1993.5 4) (財) 先端建設技術センター:「大深度土留め設計・施工指針(案)」,1994.10

⁵⁾⁽社) 土木学会: 「トンネル標準示方書 [開削編] ・同解説」, 1997

⁶⁾ 熊谷ら:円形土留めによる超大深度掘削 -白鳥大橋第三橋脚O基礎工事-,土木施工シンポジウム, pp.137-142