

シールドトンネル用大深度立坑の実績調査

中部電力(株) 正会員 ○ 滝川 真太郎 高澤 裕二
 (株)シーテック 恒川 修
 清水建設(株) 正会員 時田 秀往 正会員 植村 勇仁

1. はじめに

平成 13 年 4 月の「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」施行に先駆け、大深度のシールドトンネル用立坑について過去 10 年間（1990 年代）の施工事例を調査し、各データを集計整理することにより立坑の設計・施工に関する現状を把握した。調査範囲は、床付け深さ 30m 以深の立坑とし、全体で 72 件のデータをもとに分析した。「大深度山留め設計・施工指針（案）」（以下、大深度指針という。）において 1980 年代の実績を調査しているが、今回はその調査で対象となっていない掘削規模と構造寸法の関係性を調査し、更に設計及び施工方法の推移についても考察した。

2. 調査内容

調査内容は、発注者、施工時期、用途等の基礎データ、山留め工法及び形状に関するデータと設計方法、使用材料に関するデータとした。一般に立坑の断面形状としては円形と矩形があるが、今回、調査した案件では、2/3 が円形立坑で残りが矩形立坑である。また、立坑の用途としては地方自治体の上下水道のシールドトンネル用立坑が全体の半数以上を占めている。

3. 分析と考察

施工方法に関する調査では、以下の内容が判明した。山留め工法としては、全体の 60% 以上が RC 連壁で施工されており、それに続いてケーソン工法が 20% 程度である。また、図 - 1 に示すように床付け深さが深いほど、内空径が大きいほど円形 RC 連壁の利用が多く、床付け深さ 60m 以深では RC 連壁のみである。ケーソン工法は、今回の調査においては床付け深さ 55m 程度が最大のものである。これは、大深度化に伴い立坑周辺摩擦が増大すること等によるものと思われる。図 - 2 は、連壁及び S MW 工法における掘削底面の安定対策を示したものである。大深度では揚水圧が高いため、不透水層への根入れ、つり合い深さ、盤ぶくれ等の検討より山留め長を決めて対応するものが全体の半数程度であり、ディープウェルや底盤改良は各々 2 割程度である。

ここで、RC 連壁に着目し利用形式について分類した結果、図 - 3 に示すように純仮設と本体利用（単独、重ね、一体、分離）の比率はほぼ半々である。この傾向は、

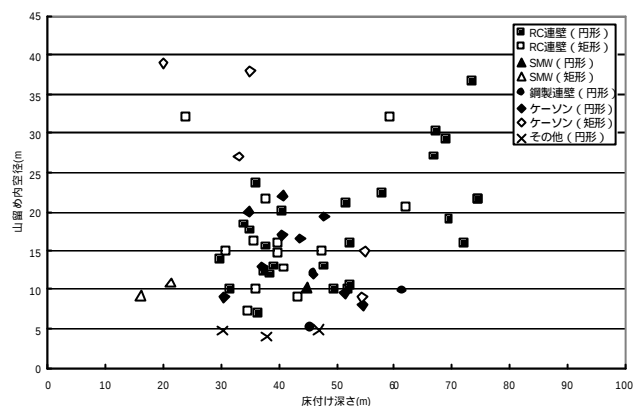


図 - 1 掘削規模と施工方法

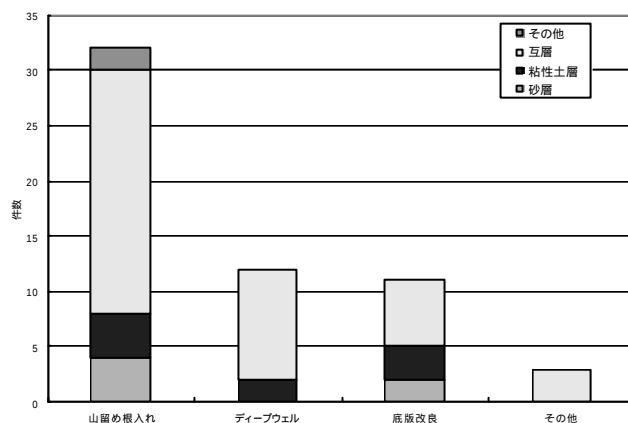


図 - 2 掘削底面の安定対策

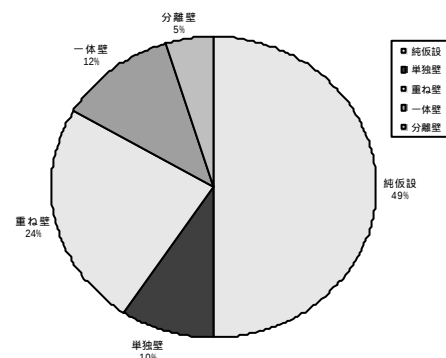


図 - 3 連壁の利用形式

キーワード：大深度、立坑、実績調査、山留め、連壁、施工、設計

連絡先：中部電力(株)中央送変電建設所 〒456-0022 名古屋市熱田区横田 2-3-24 Tel052-682-4579 Fax052-683-5617
 (株)シーテック土木建築本部 〒455-0054 名古屋市港区遠若町 3-7-1 Tel052-651-4074 Fax052-651-2349
 清水建設(株)土木本部設計部 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 Tel03-5441-0597 Fax03-5441-0511

大深度指針の調査結果と同程度である。

更に、円形立坑に着目し内空寸法と構造寸法について分析を行った。側壁厚については、側圧によるフープコンプレッションに着目し、内空深さと内空径の積を変数とした関係を図 - 4 に示す。底版厚については、揚水圧や地盤反力による曲げモーメントに着目し、内空深さと底版径の 2 乗との積を変数とした関係を図 - 5 に示す。これらのグラフより、特に底版厚と内空寸法との間に相関性が見られ、対数関数として近似できるものと思われる。

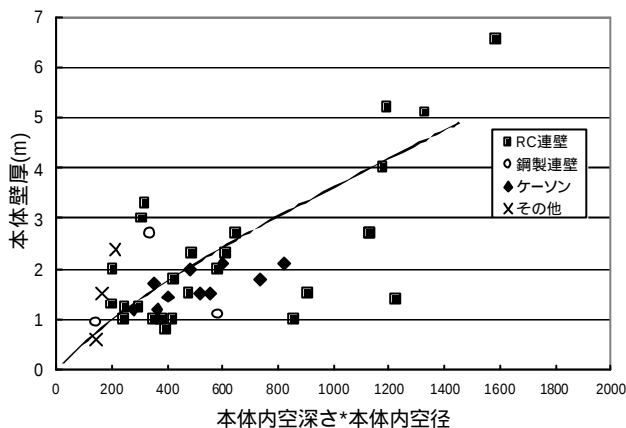
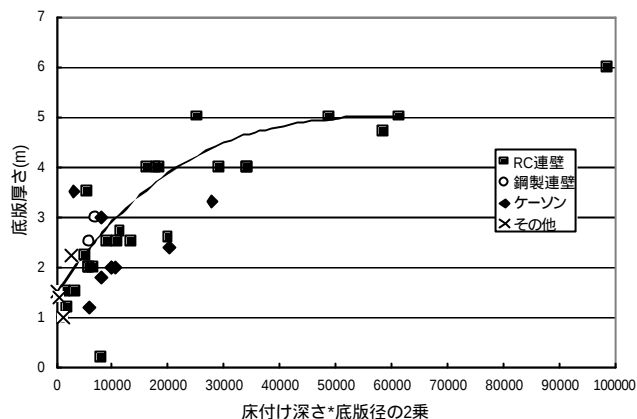


図 - 4 本体内空規模と側壁厚さ



図— 5 本体内空規模と底版厚さ

設計方法に関する調査結果から、以下の内容が判明した。掘削解析の約半分が弾塑性解析であり、3次元弾塑性解析も1割程度ある。本体の設計法は、約半分の30件が基準に準拠して底版と側壁を別々にモデル化して検討しているが、底版と側壁を2次元フレームモデルで検討したものが14件(25%)、さらに3次元モデルで検討したものが10件(18%)あった。また、近年では図 - 6 に示すように3次元モデルでの検討も増えてきている。これは、従来の個別にモデル化した設計法に比べ、壁厚、鉄筋量の削減が可能となること、解析コスト低減、解析の簡便化が進んでいること等によるものと思われる。設計荷重は、土水分離で静止土圧と静水圧を作用させる場合が大半である。本体に使用するコンクリートは、呼び強度 21N/mm^2 と 24N/mm^2 がほぼ同数となり、両者で全体の8割を占める。鉄筋は、SD295 と SD345 がほぼ同数で全体の9割を占める。

4. おわりに

過去10年間に施工された大深度立坑の実績調査を行い、設計及び施工方法の動向、円形立坑における内空深さ及び内空径と構造寸法の関係について考察を行うことにより、以下の内容が確認できた。

- (1)大深度立坑の場合は、円形断面の方が構造上有利となるため全体的に円形立坑の施工実績が多い。なお、円形断面においては、浮上りの安定がクリティカルとなるため、コンクリート強度を上げて壁厚を薄くする傾向は見られず、連壁については山留め根入れ長にて対応しているケースが多い。
- (2)大深度立坑の山留め工法では、連壁を採用した実績が多く見られ、その傾向は床付け深さが深いほど、内空径が大きいほど顕著となる。
- (3)円形立坑の内空深さ及び内空径と底版厚との間には相関性が見られる。
- (4)近年の大深度立坑の設計方法としては、経済的な構造を目指して3次元モデルを用いた検討が増えている。

【参考文献】先端建設技術センター：大深度山留め設計・施工指針（案）

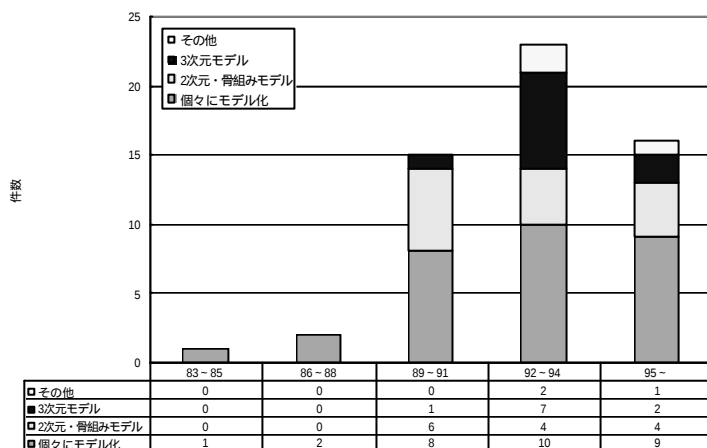


図 - 6 立坑の設計方法の推移