

解説 礫・玉石に挑む

礫・玉石地盤の推進工事における安全・安心な推進管を考える

～実は、推進管の仕事はこんなに過酷です～



ふたむら けいいち
二村 恵一

日本スーパーラインパイプ工業会
中部支部長

1 はじめに

近年の推進工法は、施工技術の目覚ましい発達により、あらゆる地盤条件において広範囲にわたり施工実績を積み重ねています。そのような中において推進工法には不可欠である工法用管材（推進管）も比較的難易度の低い地盤から、今回のテーマとなっている礫・玉石地盤といった非常に難易度の高い地盤に至るまではほぼ全域をカバーしています。しかし、もちろんそこにはさまざまな問題が起こっていることも現実です。それは実際には意外に知られていない推進管の過酷な現状や、実は推進管には大きな負荷が掛かっているのです。そこでこのような難易度の高い地盤条件にこれまで数多くの実

績を収めてきましたセミシールドパイプSSP（下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管 JSWAS A-8、以下、SSP）をその特長とこれまでの「対策と効果」と併せて今後の設計の提案についてこれより述べたいと思います。

2 礫・玉石地盤推進は難易度が高い

推進工法は先頭の掘進機が地山を掘削し元押し部のジャッキで推進管を順次推すことで地中を進んでいきます。従ってシールド工法のセグメントとは違い、推進管には施工中、軸力方向の推進応力とともに、曲線部での地山からの反力といった負荷が常時管体にかかります。さらにそれに加えて礫・玉石地盤においては、管の外

と地山との空間であるテールボイドに、地山から落下した固い礫や玉石が悪さをすることがあります。推進管が前に進むときに、大人しくしてくれれば問題はないのですが、グラウト注入孔部の窪みや、継手部の段差にそれらの礫・玉石が引っかかったりすると、地山からの押された時の強いカム作用（転動）が働いて推進管に極めて大きな応力（負荷）が掛かります。軽微な場合でもクラックが発生し、これが重度になると孔あき等の大きな破損に至ります。

推進管のコンクリート圧縮強度は、通常では50N/mm²、70N/mm²程度ですが、一方対抗する固い礫や・玉石になると100N/mm²、200N/mm²はざらです。もっと固い種類になれば

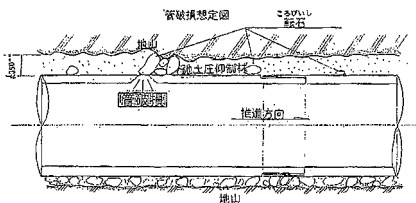


図-1 テールボイドにおける玉石のカム作用
(出展：CMT工法協会)



写真-1 礫による管破壊状況



写真-2 玉石による管破壊状況

300N/mm²程度のものもあり、そのような固い礫や玉石が推進管の外面に強力な一点集中荷重が掛かれば、いかに鉄筋コンクリート製の推進管といえどもひとたまりもありません。損傷がひび割れ程度なら軽度と言えますが、重度になると大きく孔が開いて補修が不能となり、最悪の場合は推進工事ができなくなってしまいます。

推進中に礫・玉石が推進管に加える力は、主に一点集中荷重であると言われています。推進力のように推進管端面のある一定の面積にかかる推進力や、曲線区間で推進管が受ける側方反力のように、推進管側面のある一定の面積にかかる押付け力とは異なり、礫や玉石から一点に集中的に加圧されるものです。管の損傷は、推進距離や推進力に関係なく発生し、1箇所だけでなくほとんどのケースが連続的に発生します。このような経験から、礫・玉石地盤の推進工事は、当該地盤の推進工事実績とリスクおよび対策を考慮に入れた工法選定をする必要があると考えます。

3 難易度の高い地盤に管材も挑戦

これまでに述べましたとおり、礫・玉石地盤での推進工事は、掘削の難易度の高さに負けるとも劣らないほど推進管にも極めて大きな荷重が掛かっています。一般には特に気にすることなく管種選定を行い、見かけ上は何ら問題なく竣工してきたことも多くあったと思います。そのような中で、これまで設計段階から推進管の採用管種の検討を慎重に行った結果、採用されたSSPは全国各地の礫・玉石地盤で非常に多くの施工実績を取ってきました。しかしながらSSPもあくまでも鉄筋コンクリート管であり、決して無敵の推進管ではありません。そこでその性

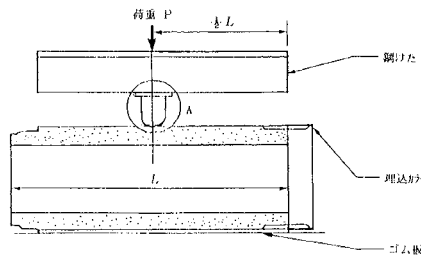


図-2 一点荷重試験方法



写真-3 一点荷重試験状況

能・強度を超えるような困難な施工が待ち受けていると予想されるときには日本下水道協会規格にとらわれず、さらにバージョンアップした製品を提案してより安全性の向上に努めてきました。そこで私共はまずSSPの基礎的な性能データを確認するため、一点集中荷重に対する管の耐荷力試験を行いました。実証実験では玉石の代用として鋼製の治具（ブロック）を製作し、SSPの天井に破壊（穿孔）まで一点集中荷重を加えて破壊性能を確認しました。

【提案その1】… 特厚管

このデータを基に一点集中荷重による穿孔（孔あき）抑制性能をさらに高めるため、特厚管の提案を行いました。例えば規格呼び径1000mmの標準管の管厚は100mmですが、これを若干厚くすることで礫・玉石から掛かる巨大な応力に対抗させようとする提案です。

表-1の一点荷重試験データの通り、SSPは構造的な特性から、特厚管にすることで破壊（穿孔）強度が飛躍的に向上することが確認できました。

これまで愛知県江南市で呼び径

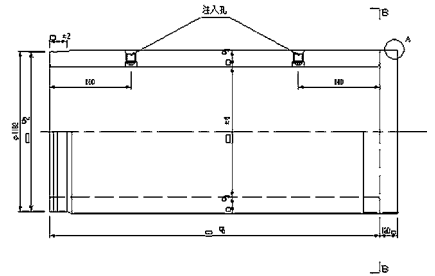


図-3 特厚管 (D960mm・T120mm)



写真-4 一点荷重試験による破壊（穿孔）状況（白く見えているのがガラス繊維）

表-1 一点荷重試験データ

呼び径	管種	管厚 (mm)	破壊（穿孔）荷重 (kN)
900	SSP-1種	90	240
1000	SSP-1種	100	304
1000	SSP-1種	120	600

1000mmの型枠を使用して管厚を20mm増やし内径を960mmとしたSSPを提案し、数多くご採用をいただきました。当地区は北部に一級河川木曾川が位置し、特に一軸圧縮強度の非常に高い玉石が多数混在する地盤が多くあります。その中を1スパン300m級の推進工事をするのは厳しい施工条件であるといわれています。また、山梨県釜無川流域においては、呼び径1100mmの型枠を使用して管厚を標準の105mmから150mmと厚くして内径1010mmとした特厚管で、釜無川の近傍の礫・玉石地盤を1スパン500m超の推進工事に採用されました。礫・玉石地盤を通過する推進管は、例えていえば全周が「おろしがね」の状態の中をゴリゴリと管外面を削られながら進んでいるようなので、外層の