

解説

土圧（泥土圧）式推進工法の解説と施工事例

さ の あ き お
佐野 哲雄

アルティミット工法協会
広報委員長
機動建設工業(株)
関東支店部長



1 はじめに

アルティミット工法協会（以下、当協会）が発足した1996年当時は呼び径に片寄りなく土圧（泥土圧）式推進が出件されていて、現在ではほぼ見かけなくなった呼び径1000～1200での「圧送排土方式」での施工もあった。特に都市部では泥水式に比べ小さな敷地で施工できる土圧式が設計採用されることが多かったと記憶している。それが2002年に「下水道用設計標準歩掛表」（（公社）日本下水道協会発行。以下、「白本」）に後発工法の「泥濃式」が採用されてからは徐々に土圧式の設計採用が減少していき、特に呼び径1800以下の中口径が減っていった。

しかし、近年はゲリラ豪雨に代表される雨水対策などの大口径管推進のニーズにより、後述する土圧式の特徴が発揮できる呼び径2000以上での設計採用が増加傾向にあるのではないかと感じている。

工法である土圧（泥土圧）式だが、推進工法における施工件数は1割に満たないのが現状である。これは密閉式機械式推進3工法の中で泥水式と泥濃式は白本に歩掛があるのに対し、土圧式の公の歩掛は（公社）日本推進技術協会発行の「推進工法用設計積算要領 土圧式推進工法編」（以下、青本）のみであることが工法検討時に土圧式が除外される要因となり、泥濃式の歩掛がない呼び径2400以上でのみ土圧式が検討に加わる場合が多いからではないかと考える（表－1）。

表－1 積算基準と適用管径

工法 項目	泥水式	泥濃式	土圧式
積算基準	下水道用設計標準歩掛表（白本） 日本下水道協会発行	下水道用設計標準歩掛表（白本） 日本下水道協会発行	推進工法用設計積算要領土圧式推進工法編（青本） 日本推進技術協会発行
適用管径	呼び径 800～3000	呼び径 800～2200	呼び径 1000～3000

2 土圧式推進の特徴と留意点

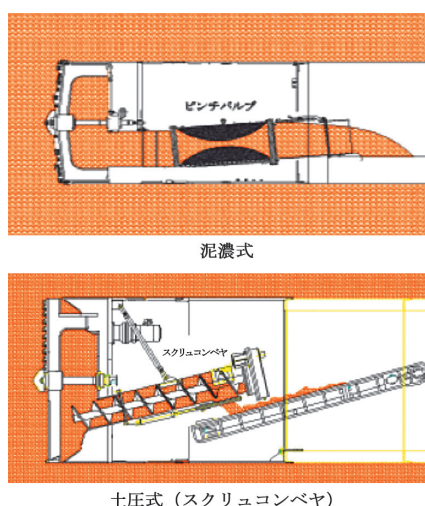
ここでは普通土における「土圧式圧送排土方式」について他工法（主に工法原理が近い泥濃式）との比較などにより土圧式の特徴と留意点を記述する。

2.1 積算基準

シールド工法では施工件数の7割以上を占める主流

白本では泥濃式の歩掛は呼び径2200以下としている。泥濃式は切羽土砂を排土管の排泥バルブを開放して取り込む、そのため切羽と大気圧下の掘進機内が一時的に直結するリスクを伴う（図－1（上）、写真－1）。よって従来は大口径には向かないとされていた。実際に白本に採用される以前は青本での適用呼び径は1650ま

であった。一方で土圧式は切羽から切削土砂を、スクリュコンベヤ（プラグゾーン）を介して坑内に取り込むため、切羽と掘進機内が直結開放されることはないので大口径でも事故リスクが小さい工法である（図－1（下））。



図－1 泥濃式（上）と土圧式（下）の概要



写真－1 泥濃式排土バルブ

2.2 圧送排土方式の適用管径

当協会会員でも以前は呼び径1000に設置できる圧送ポンプを所有していたが、中口径での土圧式施工件数減少に伴い、呼び径1350未満に設置できる圧送ポンプは見かけなくなった。小さな圧送ポンプがないので、中口径では泥濃式と同様に吸引排土方式での施工が行われているのが現状である。青本では圧送方式適用呼び径は1000以上としているが、当協会では圧送ポンプが設置可能な呼び径1350以上としている。

2.3 適用土質

青本での圧送方式適用土質は表－2のように粘性土・砂質土（1）、粘性土・砂質土（2）、岩盤（1）である。

表－2 圧送方式適用土質（青本より）

設定区分	土質分類
粘性土・砂質土（1）	粘性土（1）：N値10未満 砂質土（1）：N値50未満、礫径20mm未満、礫分30%未満
粘性土・砂質土（1） 岩盤（1）	粘性土（2）：N値10以上、一軸圧縮強度5MN/m ² 未満 砂質土（2）：N値50以上、礫径20mm未満、礫分30%未満 岩盤（1）：一軸圧縮強度5MN/m ² 以上10MN/m ² 未満

2.4 設計日進量と施工日進量

表－3のように普通土「粘性土・砂質土（1）」では土圧式の設計日進量では泥濃式に劣る。しかし実施工においては距離が短い場合を除き泥濃式に劣ることはない。その理由は①切羽土砂の取込効率、②掘削土の輸送効率、③発生土処分量 において土圧式の方が有利だからである。

表－3 普通土質「粘性土・砂質土（1）」での日進量（青本より）

呼び径	土圧式（圧送方式）	泥濃式
1350	5.1	6.3
1500	5.0	6.2
1650	4.9	6.0
1800	4.9	5.8
2000	4.6	5.6
2200	4.4	5.3

①切羽土砂の取込効率

土圧式は切羽土砂をスクリュコンベヤにより連続排土されるが、泥濃式は切羽土砂を排土管の排泥バルブ（エア－ピンチ）バルブの開閉により間欠的に排土されるため、掘削土の取込効率は土圧式の方が良い。

②掘削土の輸送効率

土圧式は掘削土砂を圧送ポンプにより連続的に輸送するため輸送管内は泥土で満たされた状態で搬出される。それに対し泥濃式の吸引排土は空気の圧力差により掘削土を間欠的に輸送する空気輸送なので、輸送に対する空気の割合が大きい（呼び径2000以上では吸引排土設備を2基必要とする）。よって土圧式の方が輸送効率に勝る。

③発生土処分量

発生土処分量については次項で説明するが普通土の場合、土圧式は掘削土量の約1.3倍、泥濃式は約1.7倍である。土圧式は発生土の輸送量が少ないためこの点からでも輸送効率が良い。

これらの要因により土圧式の方が泥濃式より施工日進量は大きくなる。小さな呼び径では掘削土量が少ないので、それほど日進量に影響しないが、呼び径が大きくなるのに比例して日進量に影響する。ただし土圧式は初期掘進後に圧送ポンプを設置する工程があるので推進延長が短い場合はその限りではない。泥濃式が土圧式に比べ設計日進量が大きいのは泥濃式が後発工法であったことも影響しているのではないかと思う。当社の施工実績では2000、2200の泥濃式で2本（4.86m）以上の日進量を確保するのは困難なので、呼び径2000以上での設計日進量は過剰ではないかとも思える。

2.5 発生土処分量

土圧式の発生土処分量は青本には算出方法は記載されていない。掘削土量として設計されている場合もあるが、切羽土砂と掘削添加材が混合され塑性流化した泥土状で排出されるため添加材の注入率に左右されるものの施工実績からは掘削土量の1.3倍前後である（添加材の注入率は掘削土量の20%～40%）。泥濃式の場合は「発生土処分量＝（掘削量）＋（高濃度泥水使用量）－（オーバカット部の50%相当量）」で算出され、こちらも高濃度泥水の注入量によるが普通土の場合は掘削土量の1.7倍程度である。

呼び径が大きくなると発生土量も増大する。両工法とも発生土は汚泥（産業廃棄物）処分であるため大口径で土圧式は産廃処分量が削減される利点がある。最近では人手不足、働き方

改革により汚泥収集運搬車の確保が困難になっているので、その点からも産廃処分量が削減できることは大きなメリットである。

2.6 小土被り施工

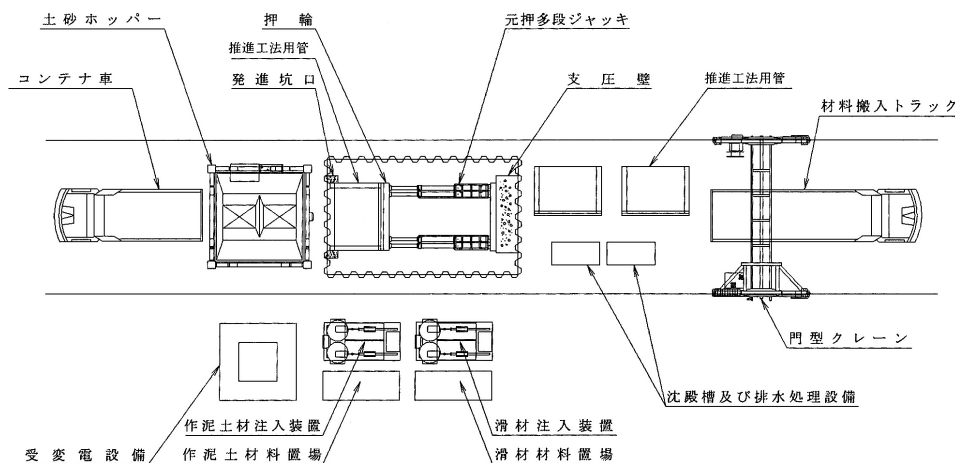
土圧式は切羽と隔壁間のチャンパ内に添加材と掘削土砂が混合された土砂（泥土）を充填させることにより切羽の土圧および地下水圧に見合う圧力を保持するため、切羽土圧が瞬時に大きく変動することはない。またスクリュコンベヤの制御によって掘削土砂をコントロールすることが可能なため切羽バランスの制御は容易である。泥濃式と比べてオーバカット量も小さいため土圧式は小土被り施工には最適な工法といえる。

2.7 他工法より小さな作業基地

シールド工法において土圧（泥土圧）式の採用が多い理由は、泥水式のような広い作業基地を必要としないことが大きい。泥水式では「泥水処理設備」が必要となるが、土圧式では大きな地上設備を必要としない。

推進工法でも泥水式と泥濃式に比べ一般的な施工条件下では地上設備が小さい。泥濃式では「吸引排土設備（呼び径2000以上は2基）」が必要である。

しかし土圧式は工法特有の大きな地上設備が必要ないため他工法に比べ小さな作業基地で施工が可能である。（圧送方式の場合でも、圧送機は坑内に配置される。）都市部では広い用地の確保が困難なため大口径管推進工法では土圧式が有利といえる（図－2）。



図－2 土圧式配置（推進工法体系I技術編89頁より）

泥水式では泥水処理設備の振動篩による振動・騒音、泥濃式では吸引排土装置による騒音が発生するが、土圧式は騒音の音源である圧送ポンプが坑内に設置されているため、地上設備において工法特有の振動・騒音などの発生源がないため環境負荷の少ない工法である（表-4）。

泥水式	泥濃式	土圧式
泥水処理設備	吸泥排土設備 (呼び径 2000 以上は 2 基)	圧送ポンプ (坑内)

可燃性ガスが発生する危険のある土質を推進する場合は防爆対策が必要とされる。推進工法においては坑内に掘削土砂が露出しない工法を採用し、推進中は管内を無人化することが望ましいとされている。

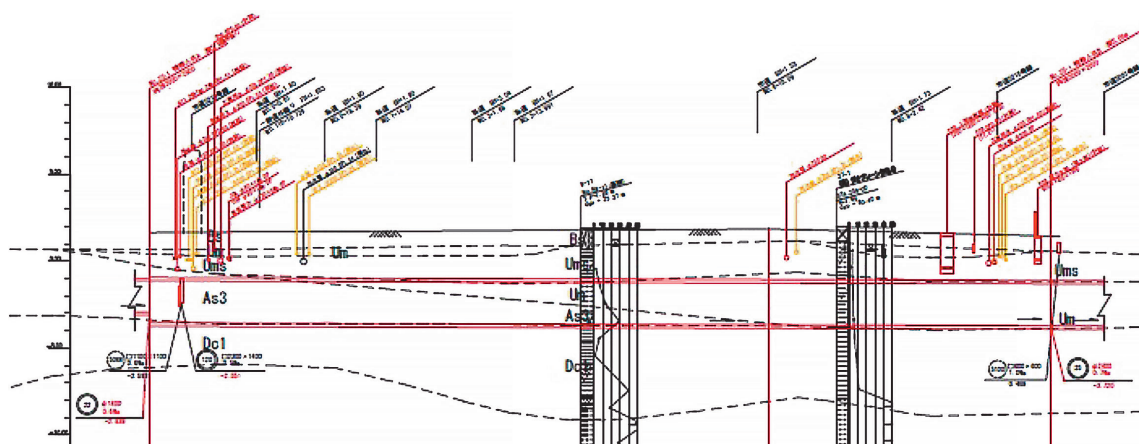
図-3 圧送ポンプ密閉接続

土圧式は圧送排土方式で施工可能な土質という条件付きではあるが防爆施工が可能である。土圧式の掘進機は機内操作が多いが、遠隔操作に改造することが可能である。スクリュコンベヤ排土口（掘削残土坑内排土口）と圧送ポンプを密閉接続し圧送ポンプを遠隔・自動で運転することにより、坑内の無人化と同時に、掘削土砂を露出させずに地上まで搬送することができる（図-3）。

ここでは今まで説明してきた土圧式の特徴を活かした採用事例を簡単に紹介する。

呼び径2400アルティミット工法土圧式推進

施工概要：呼び径2400 L=253m R=300m
 施工場所：千葉県内
 推進土質：シルト混り細砂
 土 被 り：GL-2.55～2.91m
 採用理由：小土被り施工



月刊推進技術 Vol.40 No.5 2026

管外径2.81mに対し、ほぼ全線において1D以下の小土被りであり近接埋設管も存在するため、直上への影響が小さな推進工法での施工が求められた（図－4）。

小土被り施工での実績があるアルティミット工法土圧式を提案し施工した。呼び径2400の大口徑管推進であったが自動滑材注入装置「ULIS」によりテールボイドには常に滑材を充満した状態にする等の対策をした結果、地盤の沈下・隆起等はなく埋設管に影響をおよぼすこともなく無事施工を完了した。

3.2 施工事例2

呼び径2200 アルティミット工法土圧式推進

工事件名：旧上瀬谷通信施設地区土地区画整理
事業基盤整備工事（その2）

発注者：横浜市 脱炭素・GREEN×EXPO
推進局上瀬谷整備推進課

施工概要：呼び径2200 L=582m R=200m

施工場所：神奈川県横浜市

工期：2025年11月～（施工中）

推進土質：粘性土（シルト、関東ローム）

採用理由：工程短縮

本工事は横浜市で2027年3月19日から開催される「GREEN×EXPO2027」に伴い会場敷地内での雨水管理設工事であった。後工事との調整により推進工事での工程短縮が求められ推進工法の検討を行った。推進土質が粘性土であったため泥水式一次処理では泥水処分が掘削土量の約3倍と膨大となる。二次処理をしてもフィルタプレスによる脱水回数が多くなり日進量が制限されるため除外した。

表－5のように泥濃式と土圧式を検討した。長距離推進であるため泥濃式より排土効率が良く施工日進量が大きな土圧式で施工すれば工程短縮が可能となる。また、

表－5 比較表（抜粋）

工法 検討項目	土圧式	泥濃式
日進量	8.5m/8時間	4.60m/8時間
掘進稼働日数	約70日	約129日
汚泥処分量	4,121m ³	5,400m ³
施工期間	約6.5箇月	約8.1箇月

土圧式は泥濃式に比べ汚泥処分量も少ないためその点においてもメリットがあった。工法検討の結果、長距離推進の実績が多いアルティミット工法土圧式が採用された。

推進施工は初期掘進後から工程短縮のため2交代（7：00～22：00）で施工をおこなった。汚泥運搬収集車を20台/日（5台×4回）確保し、掘進を開始してからは実働45日間で到達できた。2交代を実施してから平均日進量は14.5mと工程短縮に貢献できた（写真－2）。



写真－2 本工事で採用した掘進機

「GREEN×EXPO2027」のインフラ工事に本工法が微力ながら貢献できたであろうことは大変光栄であり、博覧会が大盛況となることを願う。

3.3 施工事例3

呼び径3000 アルティミット工法土圧式推進

施工概要：L=120m R=35、35m

施工場所：関東地域

施工時期：2020年7月～12月

推進土質：腐植土

採用理由：大口徑施工、急曲線施工、近接埋設物

本工事は呼び径3000大口徑管推進であり、軟弱土での急曲線（R=35m）S字施工であった。設計は泥濃式であったが、当時の泥濃式での施工実績は呼び径2600までであり、呼び径2800以上の掘進機は存在しなかった。呼び径3000推進埋設管直上には離隔606mmで呼び径1350の污水管が敷設されているため、切羽土砂を排土管の排泥バルブを開放して取り込む泥濃式で呼び径3000を施工することでの影響も懸念された。検討の結果呼び径3000での実績、埋設管への影響を

考慮して土圧式が最適であると判断された。

施工は急曲線施工で実績があるアルティミット工法土圧式を採用し以下の対策を実施し、污水管に影響を及ぼすことなく竣工した。

- ①曲線造成補助筒を追加し、掘進機の修正ジャッキとの2段の折れとした。
- ②軟弱土での急曲線であったため、曲線区間入口から中間点までの曲線外側を地盤改良した。
- ③推進管1/6管（0.4m）内側に目地開口制限装置を設置し均等な目地開きとなるよう目地開きを抑制した（図-5）。

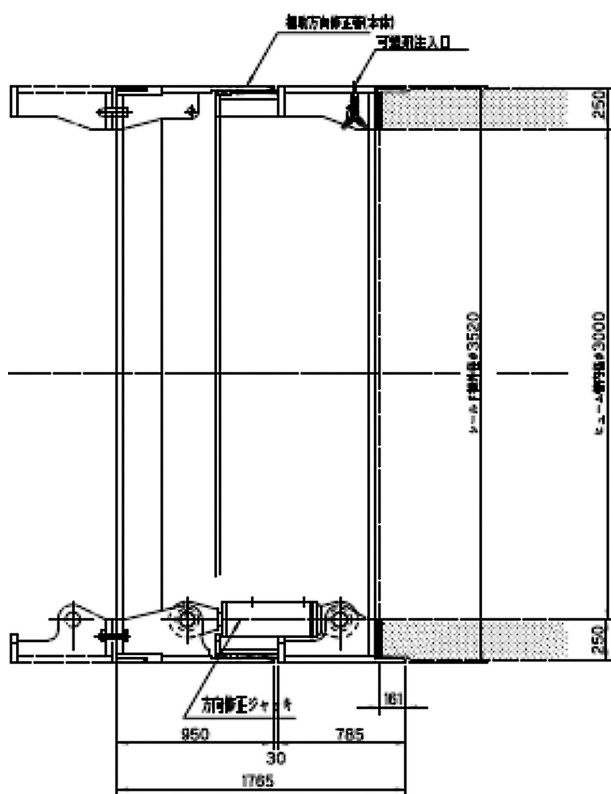


図-5 曲線造成補助筒

3.4 施工事例4

呼び径2400アルティミット工法土圧式推進

施工概要：L=653.45m R=150、150、300m

施工場所：関東地区

推進土質：砂質泥岩

採用理由：防爆施工、作業用地

本工事の推進対象土質である泥岩層から溶存ガスの存在が確認され、部分的にメタンガスの爆発下限界の値となる5vol%以上であったため、可燃性ガス対策を実施することになった。可燃性ガスが発生する危険のある場合は掘削土砂を坑内に露出させない工法を選定する必要があるため、まず掘削土砂を坑内に露出することなく地上まで流体輸送できる泥水式での施工を検討したが、作業用地が狭く泥水設備を設置できるスペースがなかった（図-6）ことから、土圧式にて可燃性ガス対策を実施して施工した。

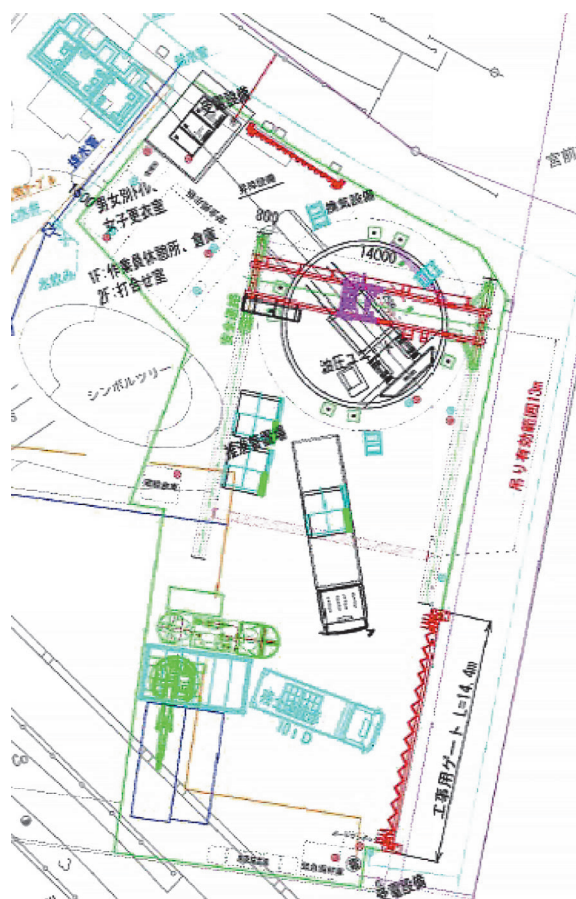


図-6 作業基地配置

主な土圧式防爆対策を以下に記す（図-7）。

- ①送・排気を併用した換気方式より危険区域が限定的し、エアカーテン方式により危険域をエアカーテンより切羽側を防爆区域、エアカーテンより後ろ側は非防爆区域とした

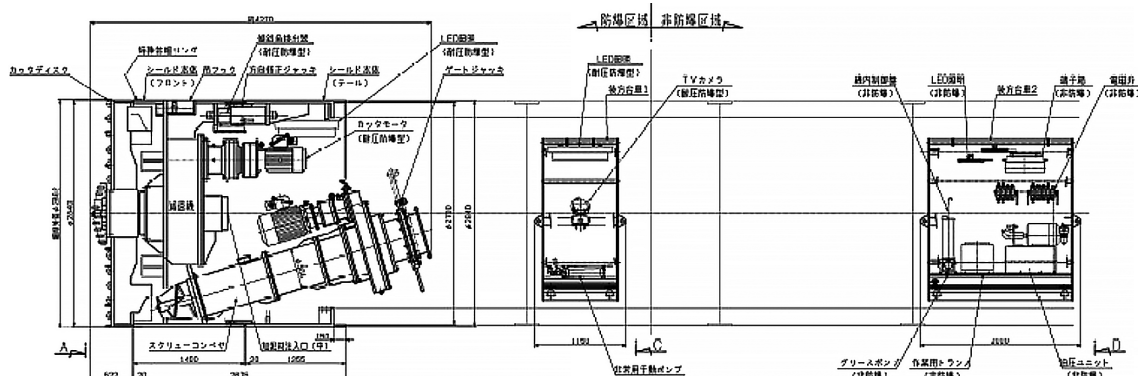


図-7 防爆改造機器

- ② 防爆区域の掘進機および後方台車等の電気機器類を防爆（耐圧構造）仕様とした
- ③ 掘進機スクリュ排土口と圧送ポンプホッパ部を配管にて接続し、掘削土砂を坑内に露出することなく地上まで搬出することで掘削土による坑内への可燃性ガスの侵入を防止した
- ④ 圧送ポンプを自動運転とし、掘進機および圧送ポンプを立坑内に設置した操作室にて遠隔操作とすることで坑内を無人化し可燃性ガスによる危険を回避した

4 おわりに

ここまで説明してきたように土圧式推進工法は密閉式機械推進工法の中で最も小さな作業基地で施工でき、発生土（産廃）処分量も少なく、工法特有の騒音・振動が発生しない環境負荷が少ない工法となり得る。これにより、都市部での推進工事には最適な工法であり、施工日進量も普通土であれば他工法に劣ることはない。そのような土圧式推進工法の実績が大中口径管推進工

法全体の1割にも満たないのは残念でならない。土圧式の有効性が再確認され下水道事業の指針である「白本」に歩掛採用され、今よりもっと採用が検討されることを望む。

【参考文献】

- 1) 「下水道用設計積算要領 管路施設（推進工法）編 2014年版」（公社）日本下水道協会
- 2) 「推進工法体系 1 推進工法技術編 2023年度版」（公社）日本推進技術協会
- 3) 「推進工法用設計積算要領 土圧式推進工法編 2021年改訂版」（公社）日本推進技術協会
- 4) 「推進工法用設計積算要領 泥濃式推進工法編 2021年改訂版」（公社）日本推進技術協会

○お問い合わせ先

アルティミット工法協会
〒553-0003 大阪市福島区福島4-6-31
Tel：06-6458-7087
E-mail：info.ult@ultimate-method.jp

