

プレボーリング拡大根固め工法 (MRXX工法)

林 隆浩・荒井昌彦

既製杭埋設工法の中でも、プレボーリング工法は、低振動、低騒音であり社会的需要の高い工法であり、その中でもプレボーリング拡大根固め工法は大きな先端支持力が得られるため益々需要が高まり、さらに先端根固め球根径の拡大率は増大傾向が高まっている。

そうした背景の中で、従来技術である逆転式拡大ヘッドの技術を流用設計したヘッドでは、拡大時の急激な負荷の増加は否めず、拡大率の増加に伴って高馬力のアースオーガが必要となる傾向にあった。また、従来技術の流用では、安価ではあるものの、拡大動作、収縮動作時に礫塊を挟み込むなどの、確実性に欠ける側面を持っていた。

本工法は、従来技術では解決しにくかった拡大率の増加、動作の確実性の向上を主眼に、周辺機器にも配慮し、「施工のしやすさ」も追求して開発を進めた工法である。

本報文では、工法開発において特に重要な装置である、拡大ヘッド、同心2流路カプラ、下部油圧スイベル装置、管理装置などの装置の開発について簡単に紹介する。

キーワード：油圧機構、油圧拡大ヘッド、管理装置、品質、ST杭

1. はじめに

近年、高支持力杭の工法が各社で開発されているなか、MRXX工法（エムアールダブルエックス：Milk of revolution XX files）の開発は平成12年に着手し、平成15年5月16日付けで財団法人日本建築センターにおける性能評価を取得した。平成15年7月3日付けで国土交通大臣認定を取得し、さらに平成18年3月22日付けで仕様等の追加で性能評価を取得した。平成18年5月8日付けでさらに国土交通大臣認定を取得し、フルスペック化で、現在に至っている。

ここでは、本工法で開発した施工機材である、「油圧拡大ヘッド」、油流路の接続に使用する「同心2流路油圧カプラ」、アースオーガの改造を必要としないアタッチメントである「油圧用下部スイベル装置」と、拡大径の確認が可能になり施工の品質（信頼性）が向上した「管理装置」について簡単に紹介する。

2. 機械構成

本工法の施工装置の構成は、アースオーガと油圧用下部スイベル装置、ロッド・スクリュウ、油圧拡大ヘッドを取付けた構成である（図-1）。

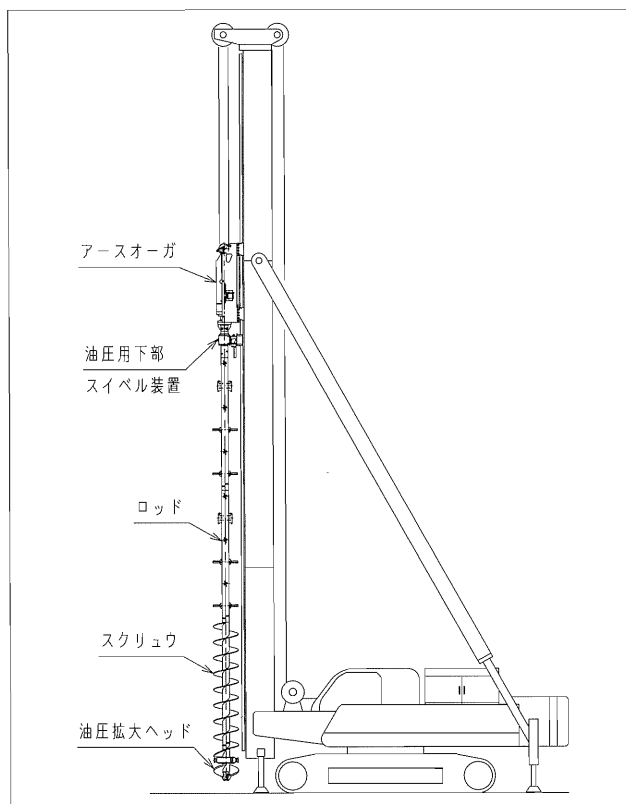


図-1 機械構成

3. 工法概要

施工方法は、水または掘削液を注入しながら所定支

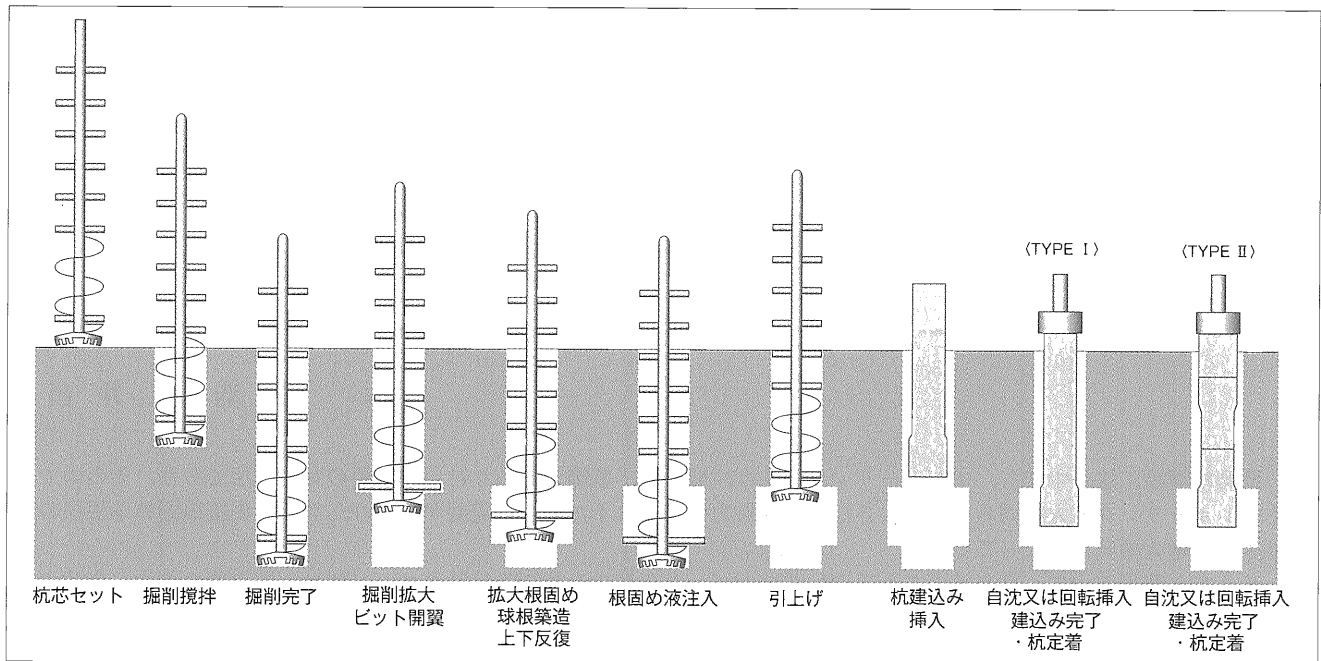


図-2 MRXX工法 施工手順

持地盤まで掘削し、所定支持地盤に到達後に油圧拡大ヘッドの拡大・上下反復を数回繰返しながら根固め液の注入・攪拌で拡大根固め球根の築造を行う。球根築造完了後、油圧拡大ヘッドを収縮させ、杭周固定液を注入しながら引上げ、杭を自沈または回転埋設し杭を定着し、建込み完了となる（図-2）。

4. 開発の目標

従来技術である地盤の反力に頼った拡大方式ではなく、自ら積極的に拡大を行う方法として油圧機構を採用し、主な開発目標は下記の3点である。

- ①油圧により拡大径を任意に調節ができる油圧拡大ヘッドの開発を行う。
- ②油圧拡大ヘッドの拡大率は、杭径の $1.0D \sim 2.0D$ で対象の杭径を網羅できる最大の拡大率にする。
- ③掘削先端と拡大先端の高低差を1m以内にして余掘り量の低減を図る。

5. 施工機材の開発の経緯

開発当初に製作した油圧拡大ヘッドは、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式を採用し、油圧スイベル装置は、市販品を使用した。

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の油圧拡大ヘッドは、油圧シリンダをヘッド本体に軸方向に内蔵しリンクを介して2枚の拡大翼を縦方向に拡大する方式である（写真-1）。

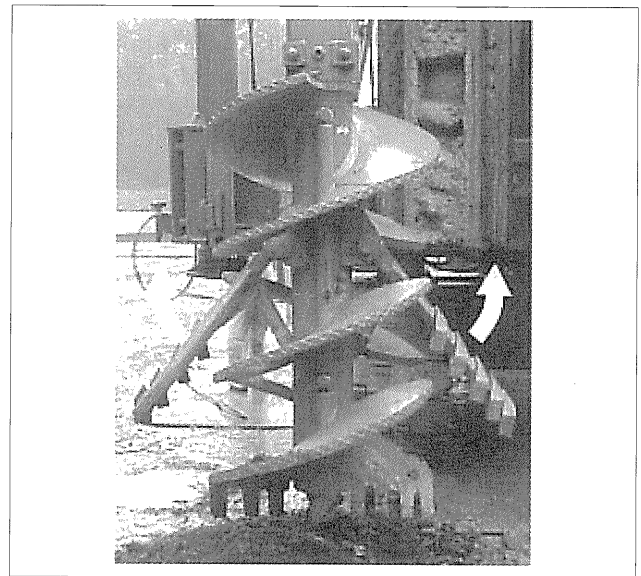


写真-1 軸方向シリンダ配置リンク拡大方式

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の油圧拡大ヘッドで施工実験を行った結果、ひとつは、市販の油圧スイベル装置では、オーガの改造が必要であること、もうひとつは、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式のため、拡大翼にヘッド上下時の外力抵抗が加わるとシリンダに圧力が加圧され、シリンダの許容圧力を超えてしまうこと、などの事象が発生した。

これらを踏まえたうえで、油圧拡大ヘッドの構造を決定していくことになった。

(1) 油圧用下部スイベル装置の開発

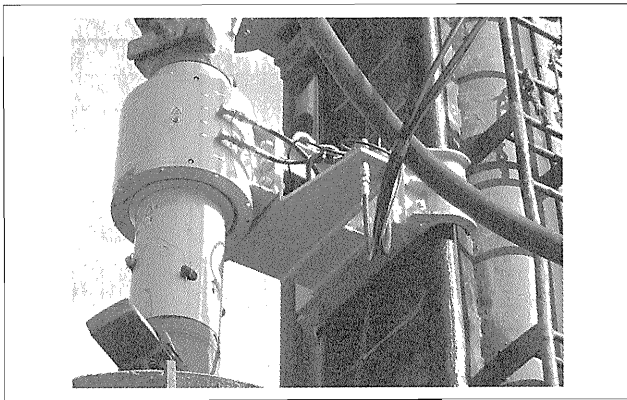
通常のスイベル装置は、アースオーガの1次側に設

置するのが一般的である。理由は、2次側では、アースオーガのトルクに見合う軸径を確保した上に、その外側にスイベル機構を設けることになり、装置の大型化、それに伴いシールの周速の増加、コストの増加などが考えられるためである。

しかしながら、アースオーガの1次側に油圧用のスイベル装置を設置するには、標準仕様アースオーガの場合、必ずアースオーガの改造を伴い、改造コスト、改造期間などが、普及のネックとなりかねなかった。

そこで、あえて2次側に簡単に装着できる「油圧用下部スイベル装置」の開発に着手した。

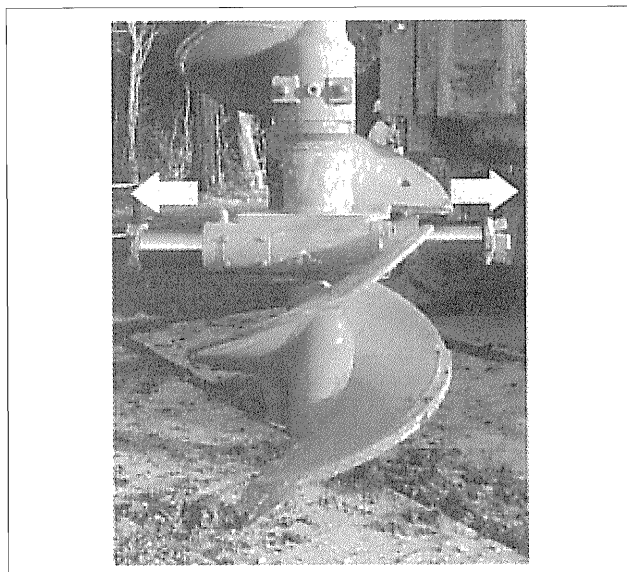
その結果、改造期間ゼロで標準仕様アースオーガが使用できるようになり、普及の障害を無くす事ができる「油圧用下部スイベル装置」が完成した（写真—2）。



写真—2 油圧用下部スイベル装置

(2) 油圧拡大ヘッドの開発

軸方向シリンダ配置リンク拡大方式の経験を踏まえ、リンクロスやヘッド上下時の外力でシリンダが影響を



写真—3 水平配置複シリンダ直動拡大方式

受けない構造として、水平配置複シリンダ直動拡大方式の油圧拡大ヘッドの開発を行うことになり、施工実験で良い結果が得られ、本工法の主要油圧拡大ヘッドとして量産することになった（写真—3）。

油圧拡大ヘッドの構造が全く変わったため、設計に苦労したことは言うまでもなく理解して頂けるものと思う。

様々な開発苦労談はあるが、掘削径と必要拡大掘削径との差分のシリンダストロークの確保については、掘削中心とシリンダ中心をオフセットして解決した。

この水平配置複シリンダ直動拡大方式の開発により、リンクロスやヘッド上下時の外力抵抗によるシリンダへの影響が皆無となった。

(3) 油圧内管の開発

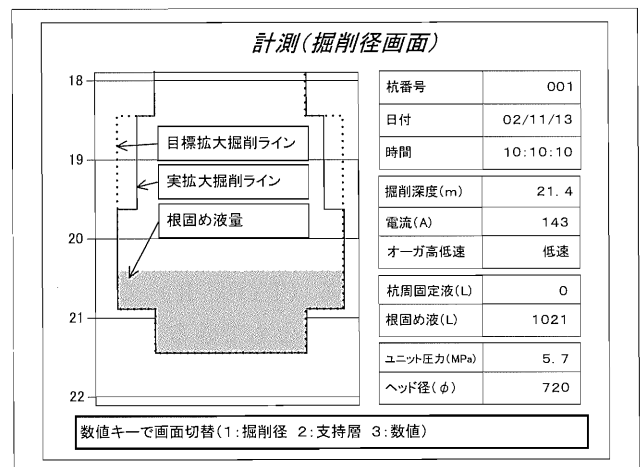
従来のロッド・スクリュウ内部の油圧内管は、送りと戻りの流路が平行して2本あり、必然的に軸中心からオフセットせざるを得なかった。そのためロッドやスクリュウの継手クリアランスを油圧内管の油圧カプラが吸収できるような構造が必要となり、また、そのような配慮がなされていない場合、油圧カプラが破損する事が考えられた。そこで本工法用に「同芯2流路油圧カプラ」も同時開発して、採用したのである。

(4) 管理装置の開発

管理装置は、支持層管理、拡大根固め球根管理、注入液量管理などを行っている。また、3点杭打ち機オペレータ室および管理者に常時モニタによる拡大状況が表示され非常に使いやすい装置に仕上がっているのが、MRXX 工法用管理装置の特徴である（図—3）。

管理装置で計測している項目は、下記の6点である。

- ①深度検出器による掘削深度
- ②電流検出器による掘削電流値



図—3 掘削径画面

- ③ 高低速検出ケーブルでアースオーガ 高低速切替え検出
 - ④ 流量検出器によるセメントミルク量, 流量
 - ⑤ 作動油の圧力検出による拡大力
 - ⑥ 油流量検出器によるヘッド拡大径
- 各計測器の配置は図-4のとおりである。

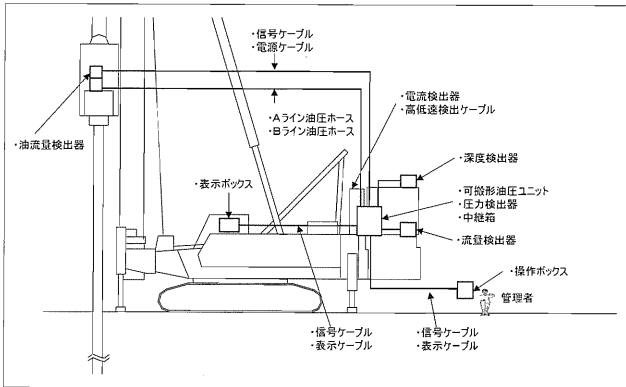


図-4 施工管理装置

(5) 結論

以上の開発により、目標であった、拡大径を任意に調節ができる油圧拡大ヘッドが完成し、アースオーガの負荷低減と攪拌不良の低減および、標準仕様のアースオーガの使用などを達成し開発を完成した。

小径杭用のヘッドに関しては、今のところ、初期掘削面積内に、水平配置複シリンダ直動拡大方式の機構を収める事が困難であるという現実的な課題と、小径においては、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式でもリンク比が1に近い為、リンクロスによる拡大力の低下が少なく、ヘッドの上下動により生ずるシリンダへの加圧も少ないため、軸方向シリンダ配置リンク拡大方式を採用することにした。

6. 杭

本工法に使用する杭には、杭の先端に特殊金具を設けたST杭を使用することにした。これにより、杭と拡大根固め球根を確実に定着することができ、大きな先端支持力 ($\alpha=490$) を得る事に成功した (図-5, 表-1)。

また、拡頭杭を使用する (TYPE II) ことによって水平抵抗力を大きくとることもできる (図-6)。

7. 施工例・施工実績

施工例を図-7に、施工実績を表-2に示す。

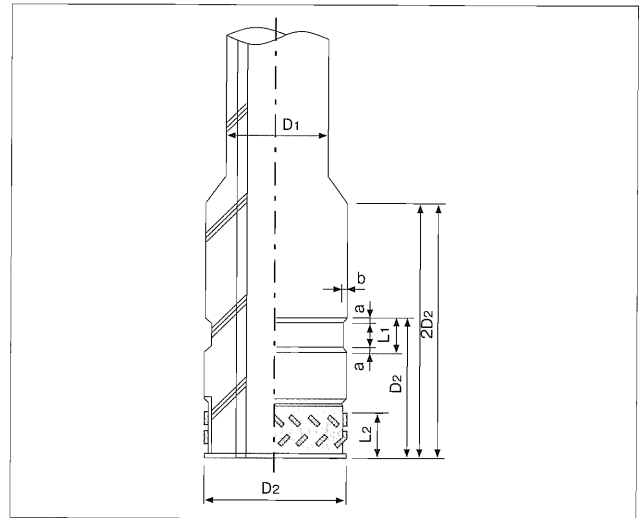


図-5 特殊金具の配置図

表-1 杭先端部の寸法と掘削径・拡大径

呼び名	D_1	D_2	L_1, L_2	a, b	掘削径	拡大径
3,035	300	350	80	10	400	525
3,540	350	400			450	600
4,045	400	450			500	675
4,050	400	500	120	15	550	750
4,550	450	500			550	750
4,555	450	550			600	825
5,060	500	600	160	20	650	900
6,070	600	700			750	1,050
7,080	700	800	200	25	850	1,200
8,090	800	900			950	1,350
80,100	800	1,000			1,050	1,500
90,100	900	1,000			1,050	1,500
90,110	900	1,100	240	30	1,150	1,650
100,110	1,000	1,100			1,150	1,650

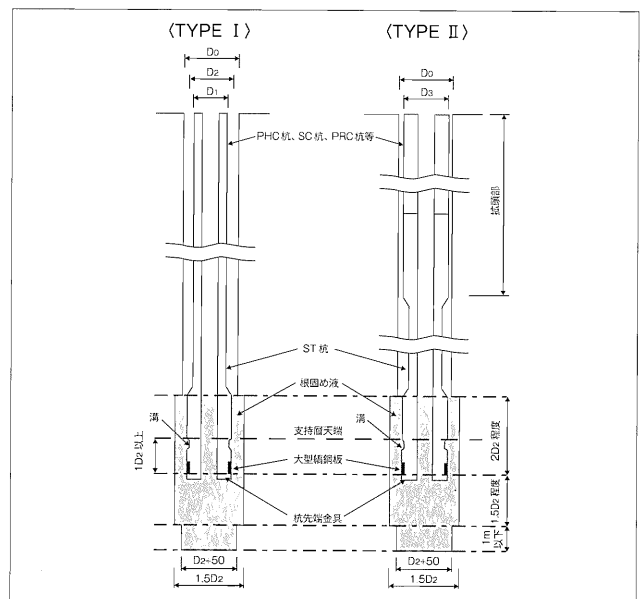


図-6 杭施工完成概要図

平成 18 年 10 月現在、総施工件数 201 件、総施工本数 13,805 本、杭長 300,000 m、杭質量 167,000 ton の実績に達した。

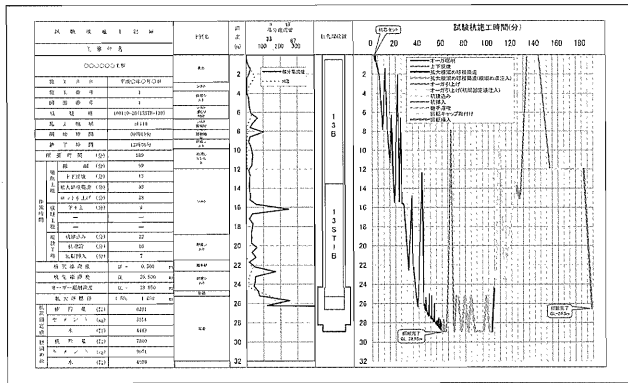


図-7 施工例

表-2 主な工事実績

工事件名	杭呼び名	杭本数 (本)	施工長 (m)
東京大学(柏)メディアセンター新営工事	4,050~ 6,070	85	1,700
大井清掃工場プラント更新工事	6,070~ 8,090	251	5,414
大田第8号大岡山駅自転車駐車場建設工事	4,050~ 8,090	37	354
都営住宅17H-104西(武蔵野緑町二丁目第3)工事	6,070・ 7,080	39	354
江戸川区立船堀第二小学校校舎増築工事	4,550~ 6,070	25	1,025
新宿区立西早稲田中学校建設建築工事	4,555~ 8,090	153	2,295

掘起こし杭を写真-4に掘起こし杭の輪切りを写真-5に示す。

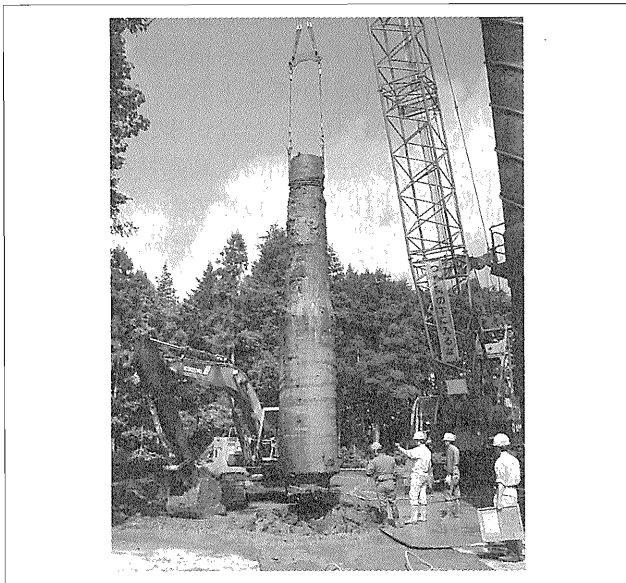


写真-4 掘起こし杭

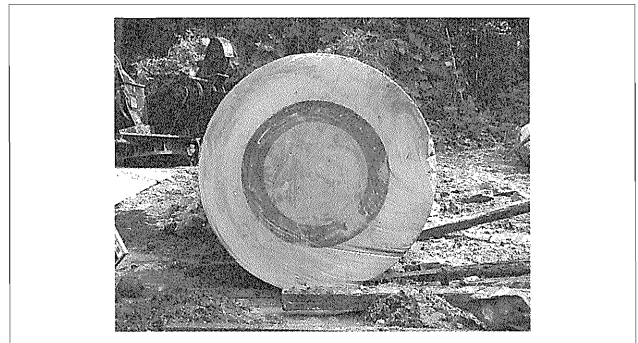


写真-5 掘起こし杭の輪切り

8. おわりに

平成18年4月1日より、財団法人ベターリビングによって地盤改良・杭基礎等品質評価業務が開始された。本件は、杭基礎等の設計・品質の確保、信頼性の向上等を支援するものであり、杭基礎工法業界の登録第1号として平成18年6月30日付けで、MRXX工法が登録されたことにより、杭基礎等の品質評価の依頼を受けることができるようになった。

今後、施工実績をさらに積重ねて、現場に適した施工機械の改良、及び信頼性、経済性、施工性、安全性の向上を図り、MRXX工法が発展・普及していくよう努力したい。

JICMA

【筆者紹介】



林 隆浩(はやし たかひろ)
株式会社トーヨーアサノ
技術部
統括部長



荒井 昌彦(あらい まさひこ)
三和機材株式会社
技術部
オーガグループ