

仕様は予告なく変更する可能性があります。また、一部開発中の画面を含みます。

NITTOC

令和3年度 中国地方建設技術開発交流会

吹付作業を機械化した吹付のり面の省力化技術

「スロープセイバー」

発表者: 石垣 幸整

(日特建設(株)技術開発本部ICT開発部 課長)

法面における吹付工の生産性

- モルタル吹付工 (t=10cm、金網張り工除く) の場合

生産性 = 直接工事費 / 労働者数と定義すれば...

労働者1日あたりの生産性は下記のとおり

$$\frac{4,790\text{円/m}^2(\text{市場単価}) \times 100\text{m}^2/\text{日}}{9\text{人/日}} \approx 53,000\text{円/日}\cdot\text{人}$$

地盤改良の高圧噴射攪拌工(二重管工法)の場合

約210,000円/日・人

一例ではあるが、地盤改良の約25%に留まっており、モルタル吹付工の生産性は比較的低い

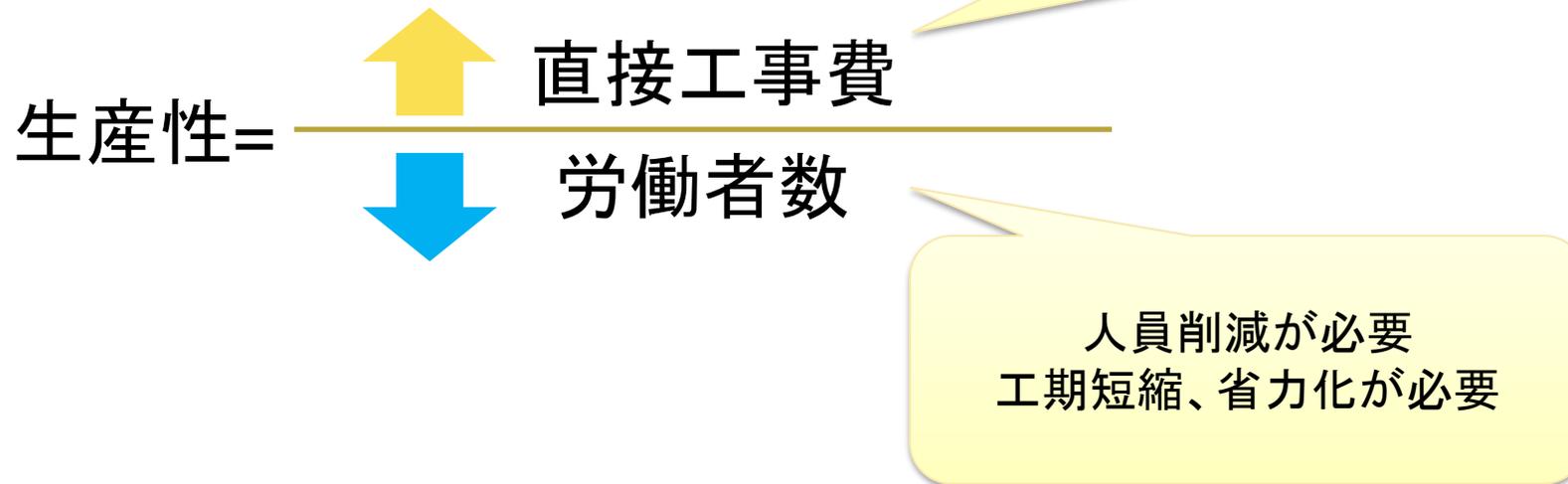


企業が積極的に取り組まず、技術改良が進まない原因の一つになっているのでは？技術の衰退が進む可能性有り(労働者不足を引き起こす要因にもなり得る)。

法面における吹付工の生産性

- 吹付工の生産性を増加させるためには

生産性 = 直接工事費 / 労働者数 と定義すれば・・・



吹付作業を機械化した「スロープセイバー」の開発

工法概要と特徴

ベースマシンのバックホウに吹付アタッチメントを取り付けた施工方式。材料供給は大容量ポンプ吹付方式を採用。これらの施工方式と、吹付厚と吹付面積のリアルタイム計測機能を備えた施工支援システムにより、大容量吹付施工が可能となっている。

30m³/日

人力吹付の3~5倍程度の施工歩掛り

吹付アタッチメント

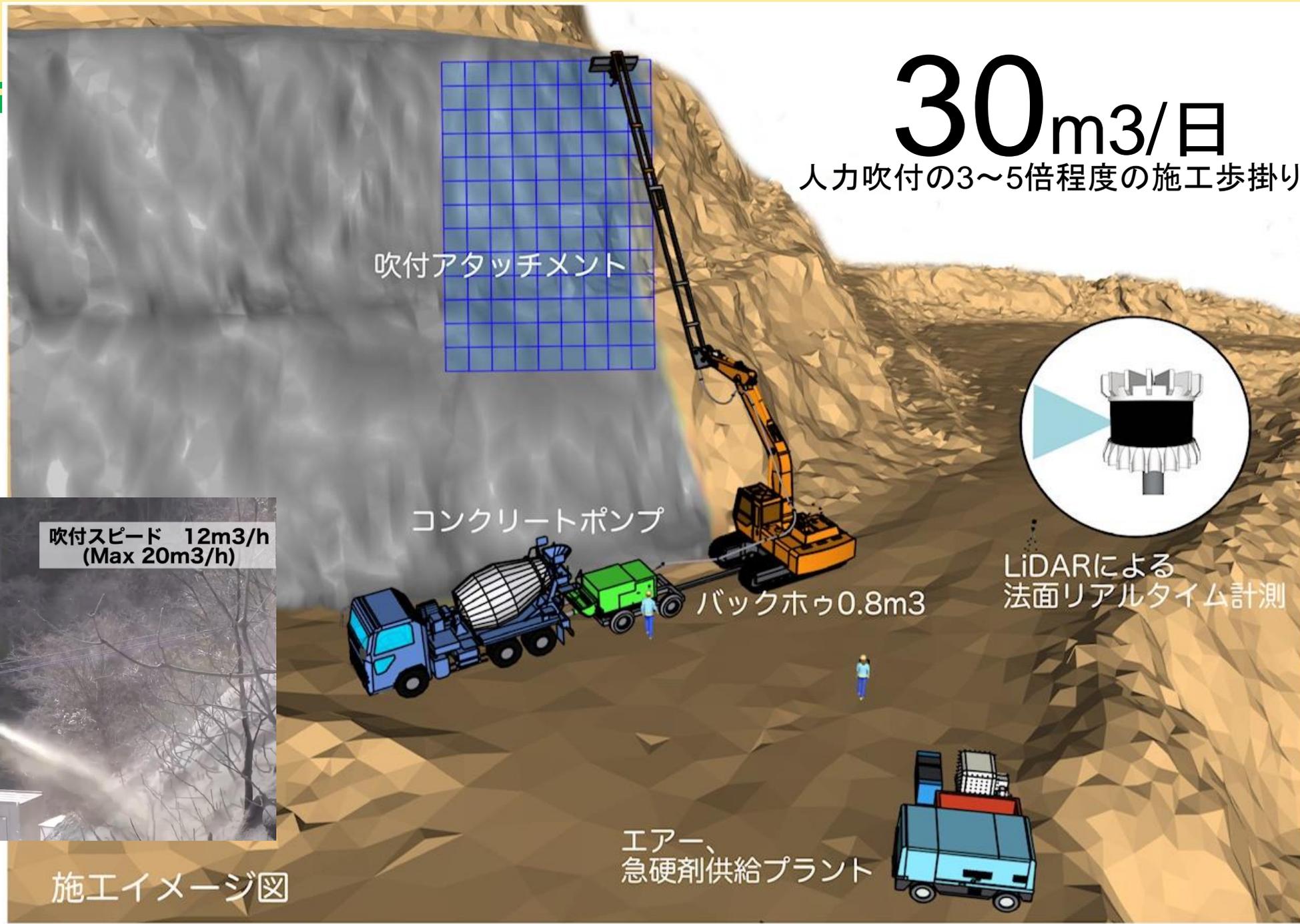
コンクリートポンプ

バックホウ0.8m³

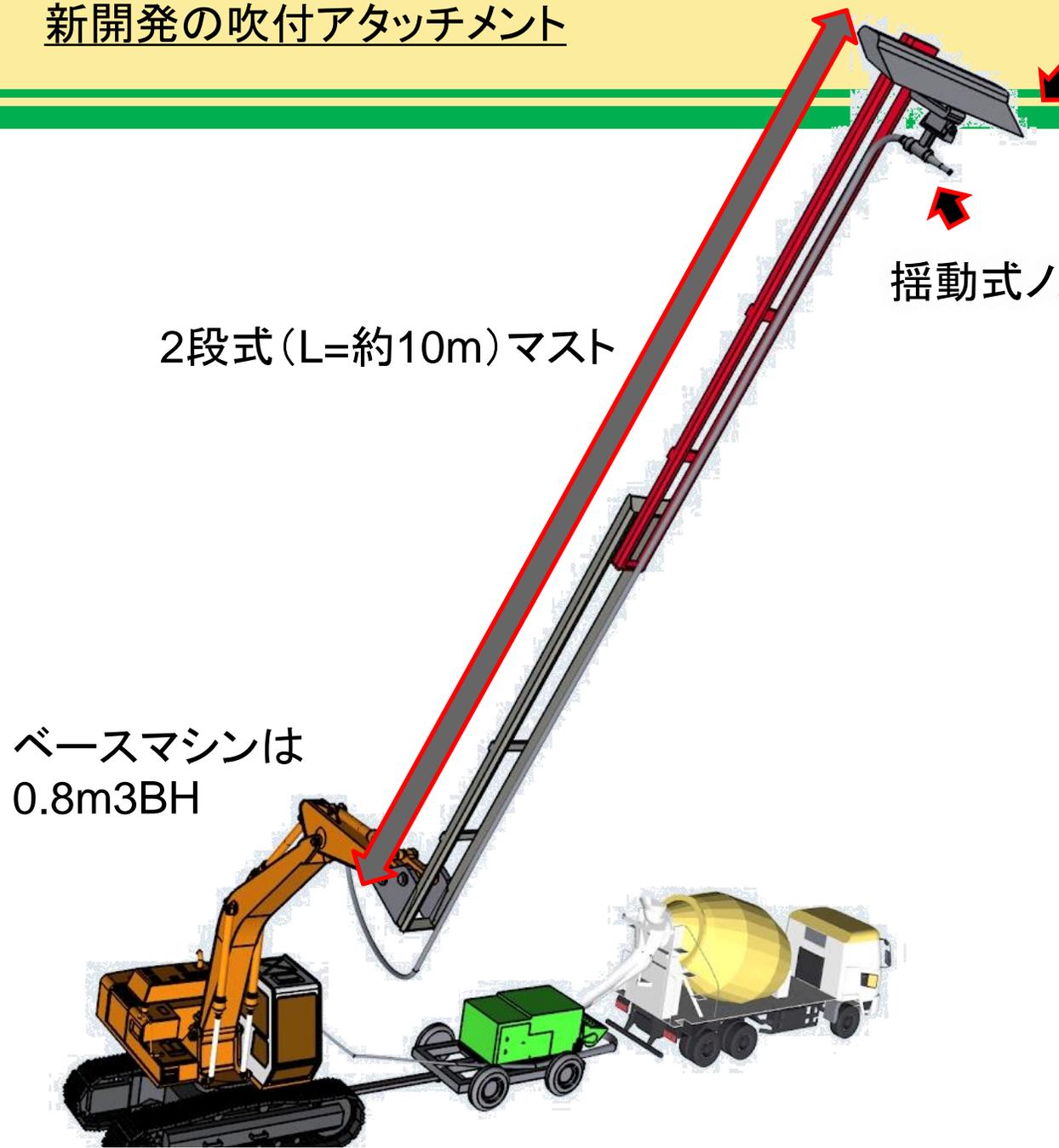
LiDARによる
法面リアルタイム計測

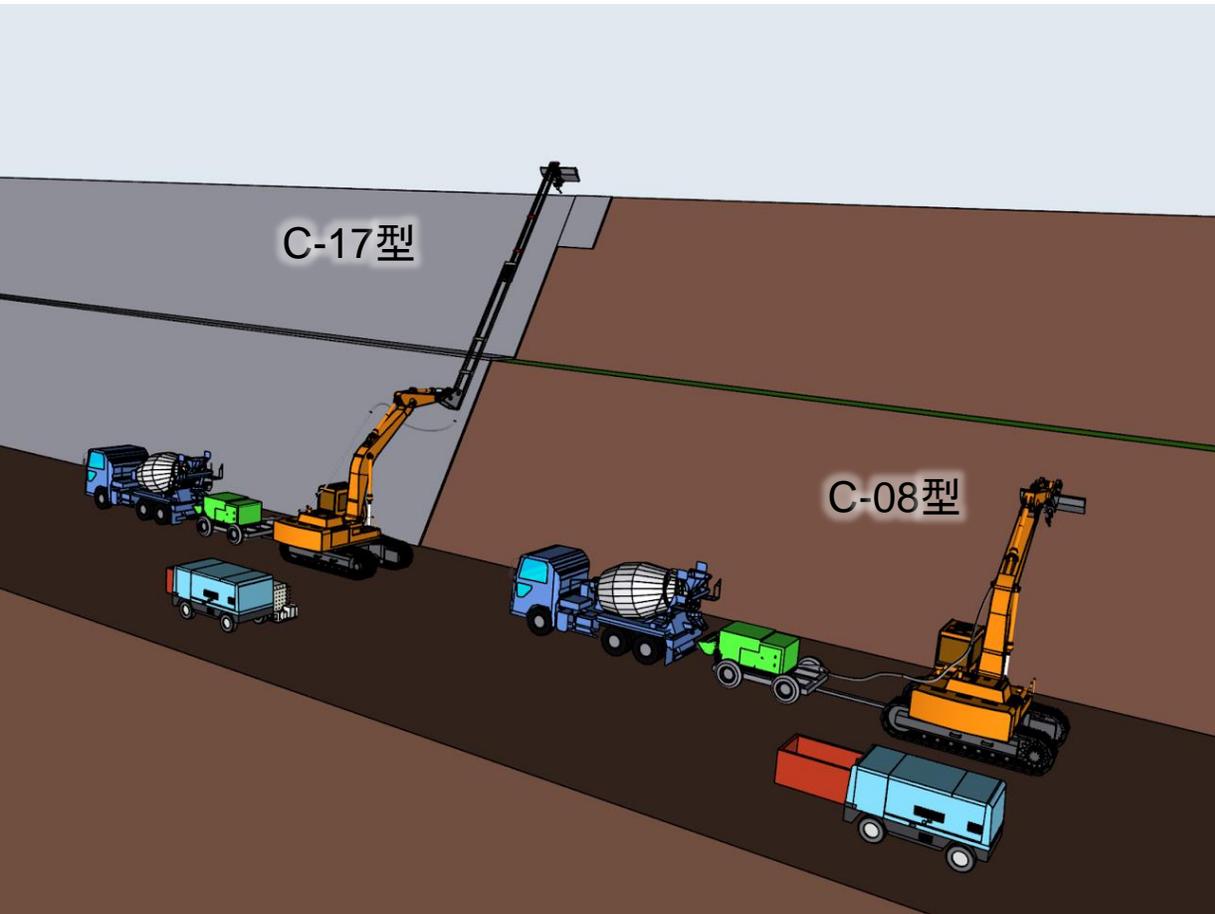
エアー、
急硬剤供給プラント

施工イメージ図



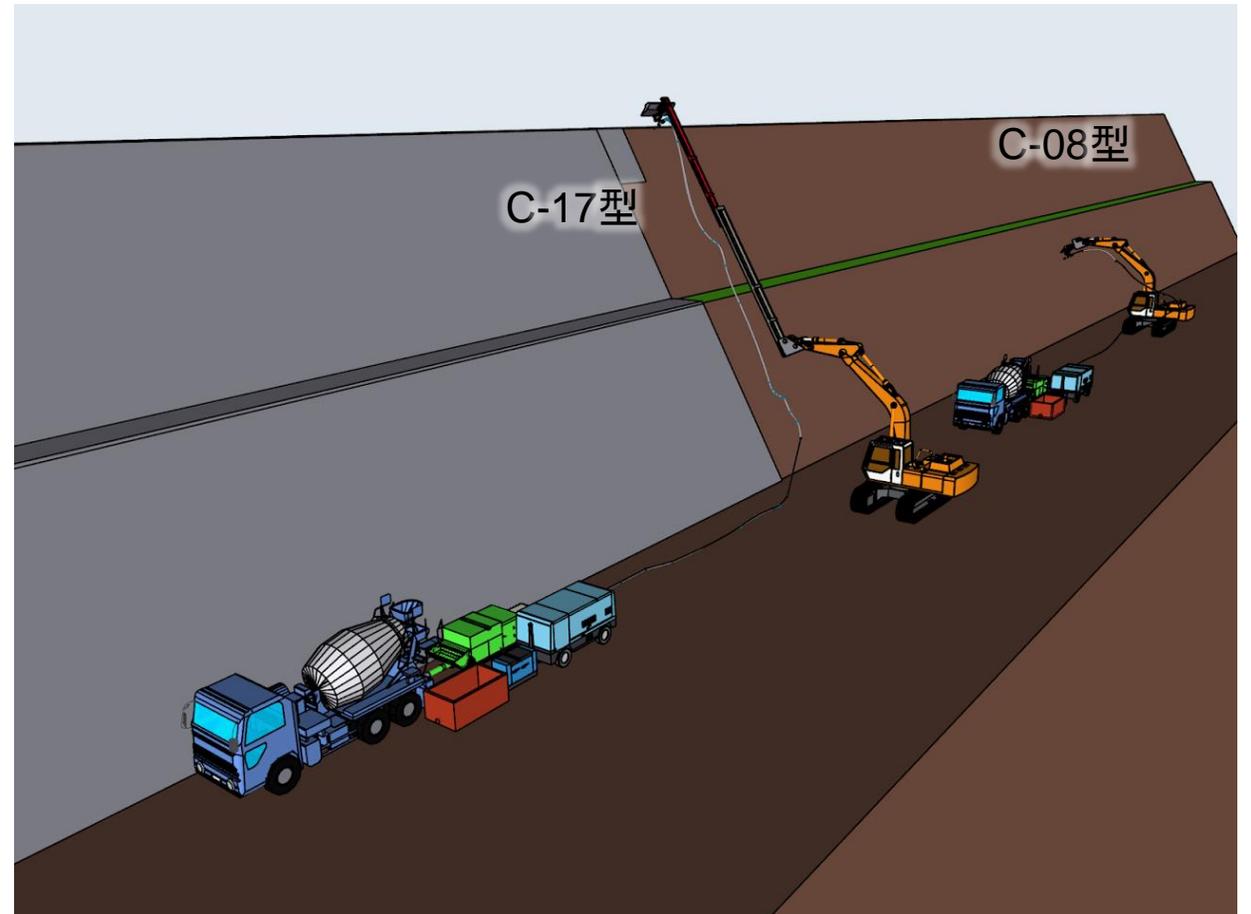
新開発の吹付アタッチメント





牽引式(標準方式)

台車を牽引することによって、配管長やホース長の制限を受けず施工できる

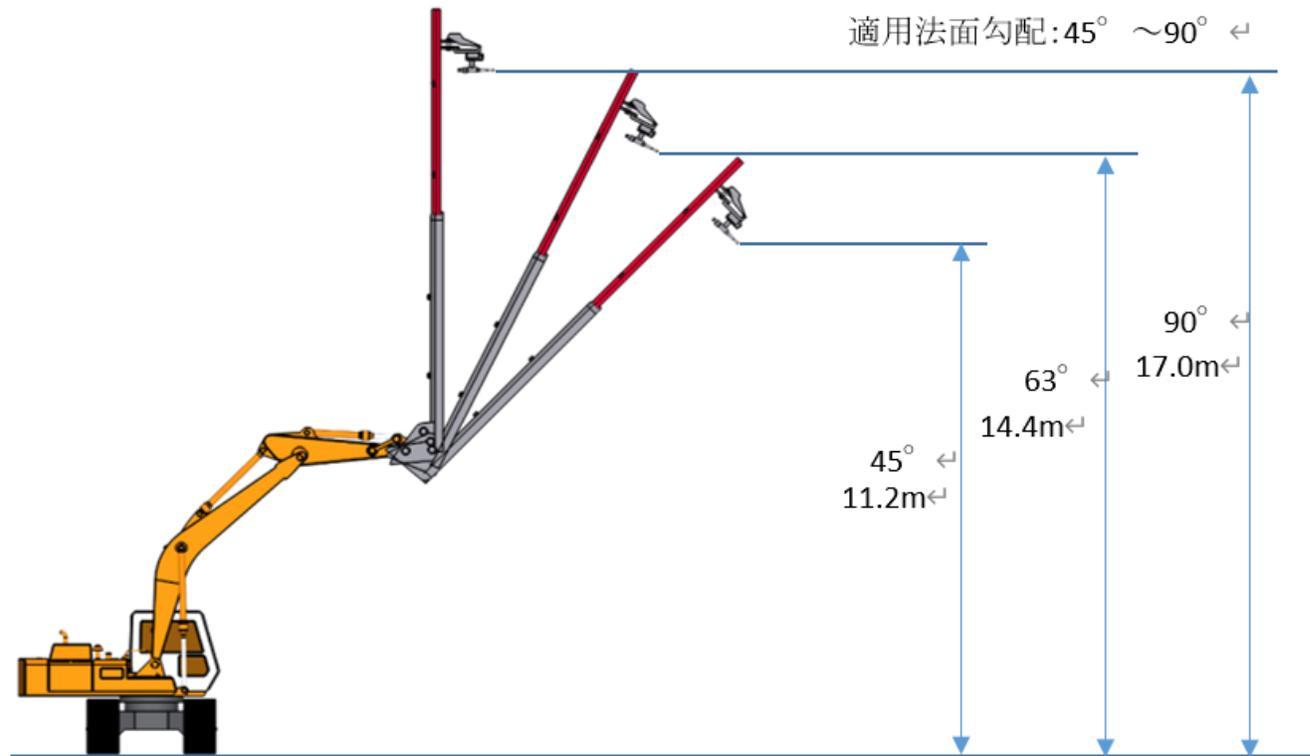


定置式

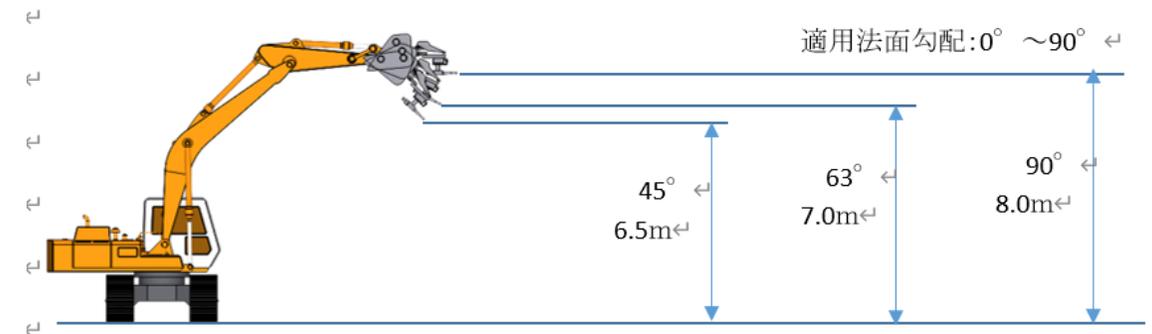
プラントを所定の場所に定置するため、配管長及びホース長に制限を受け、場合によってはプラントの移動を繰り返す必要がある

適用範囲及び施工範囲

本工法はモルタル吹付工及びコンクリート吹付工に適用します。施工条件毎に選定する施工方式により適用範囲が異なります。



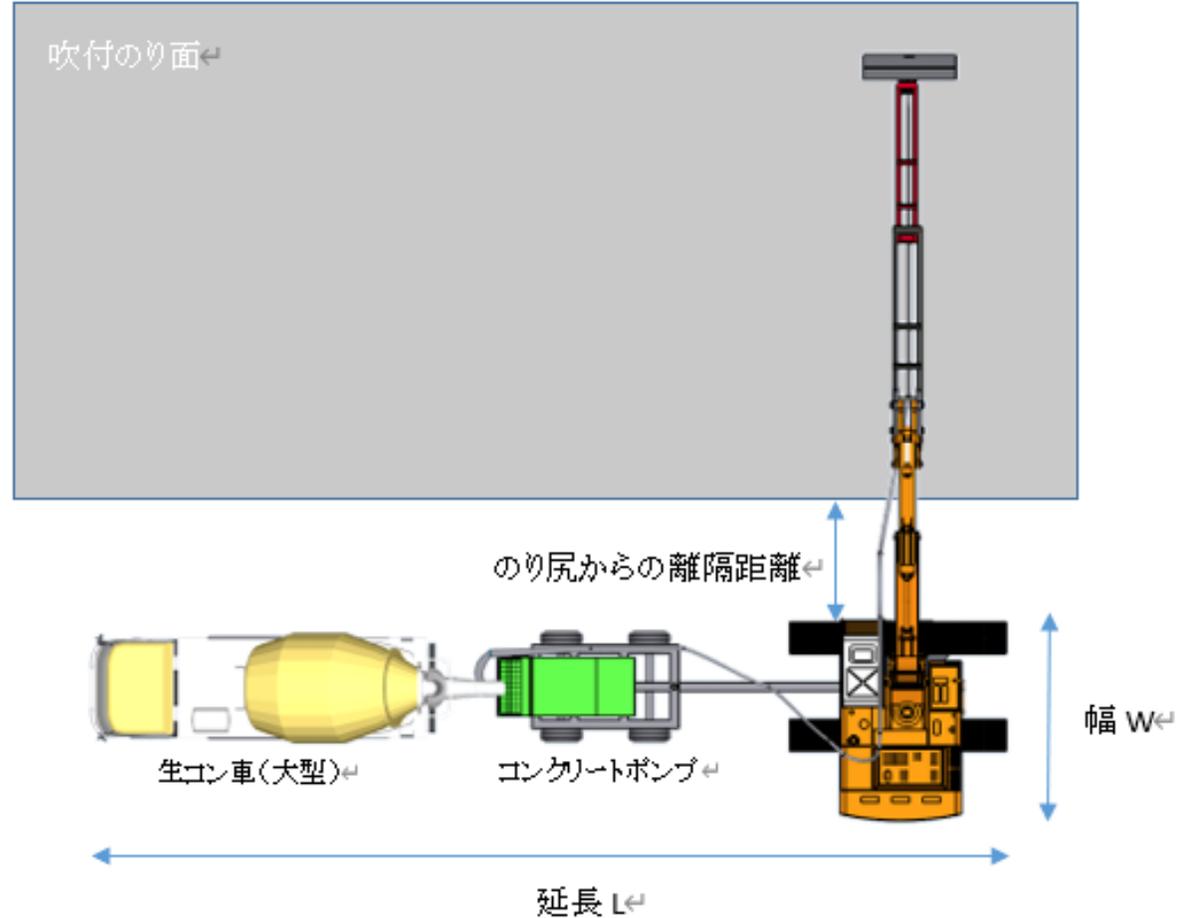
C-17型の施工範囲



C-08型の施工範囲

吹付機設置ヤード

勾配や吹付位置毎に、必要とするのり尻からの離隔距離が異なりますので、施工前に詳細な検討が必要です。



のり面勾配	延長 (L)	幅 (W)	のり尻からの離隔距離
1:1	20m	5m	6.3m
1:0.5	20m	5m	7.4m

プラント設置ヤード

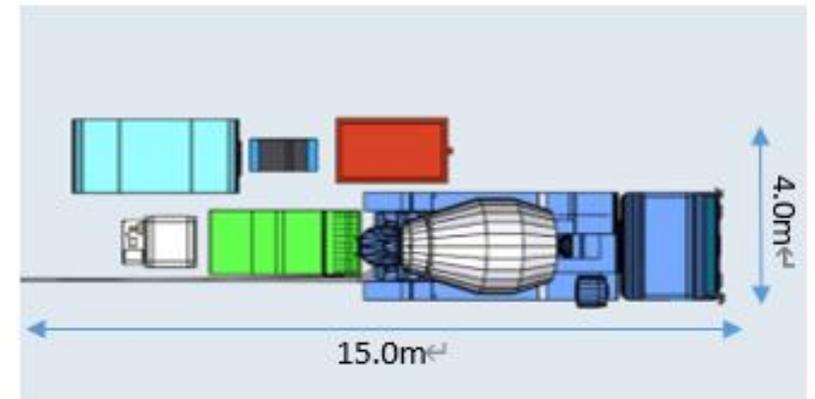
牽引式のプラントヤードは人力の現場練りプラントと比較してもコンパクトな設備となります。



牽引式プラント設置状況の一例



牽引式のプラント



定置式のプラント

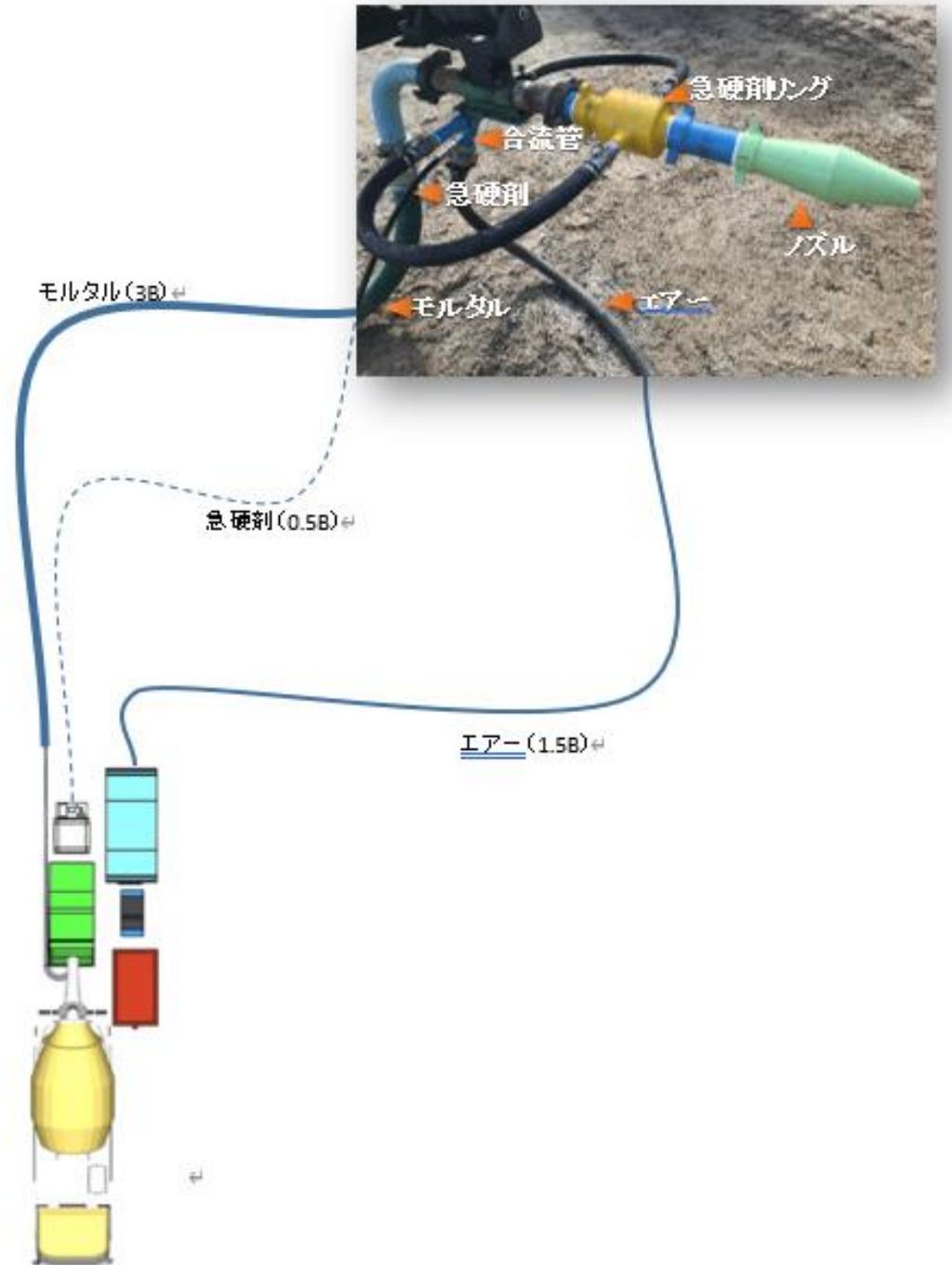
材料圧送方法

材料供給方式はトンネル吹付で多数実績のあるNATM工法で採用されている主な吹付方式と同様に、ノズル手前まで材料をコンクリートポンプにて圧送し、エアーと急硬剤を混合する方式です。なお、ポンプ圧送エアー併用方式を採用しているHiSP工法と組み合わせると長距離施工をすることも可能です。

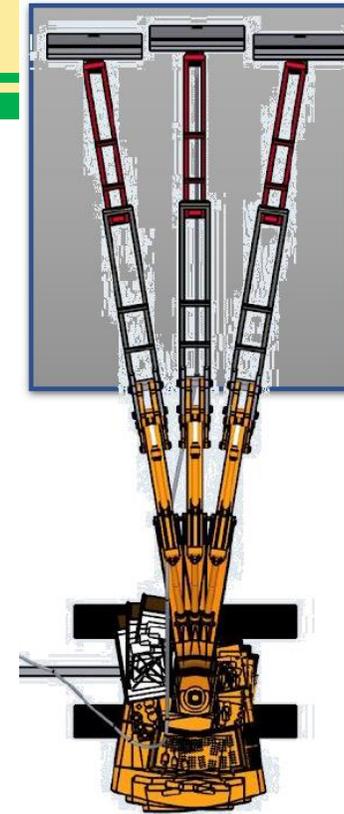
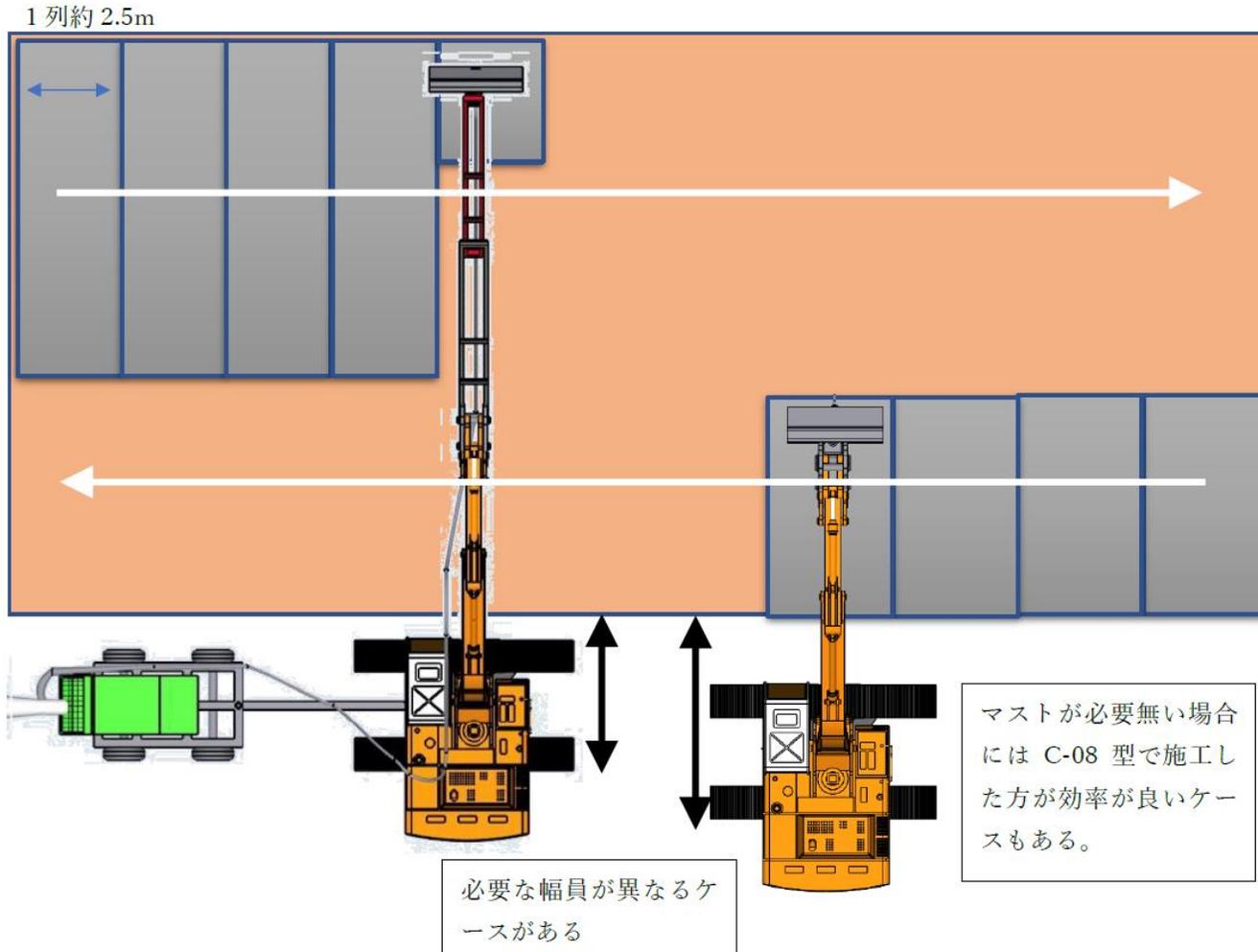
モルタルの標準配合

1m³あたり

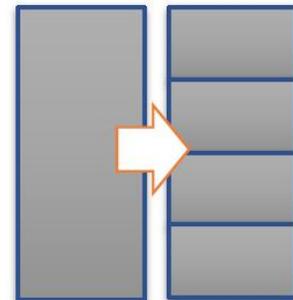
目標スランプ	水セメント比 (W/C)	普通ポルトランドセメント(C)	細骨材	高性能 AE 減水剤	急硬剤 ^{※1,2}
16~22cm	45~55%	480kg	1,440kg 程度	2.4kg	C×3~6%



施工方法の概念



機構的には3列(7.5m)の施工が移動無しに可能。ただし、施工性を考慮すると2列(5m)が標準の施工方法と考えられる。



1区画は上下スライドを用いずに施工できる範囲を一つのステップとして、そのステップ毎に吹付ける方式が望ましい。



1.2m

3m²

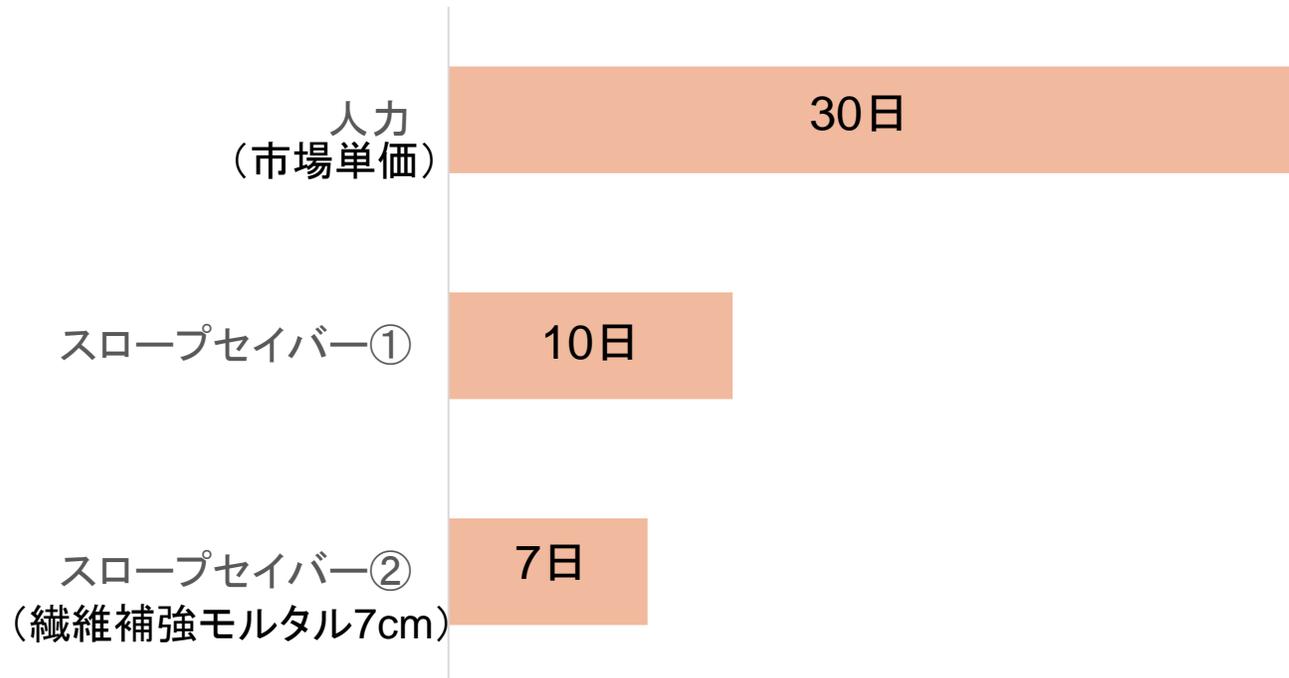
2.5m

1ステップで出来上がる面積

※法面の形状が一様でない場合は、別途施工法を検討する必要がある

吹付ロボット及びコンクリートポンプによる大容量施工が可能となり、工期短縮が図れます。

施工面積3000m²(10cm)

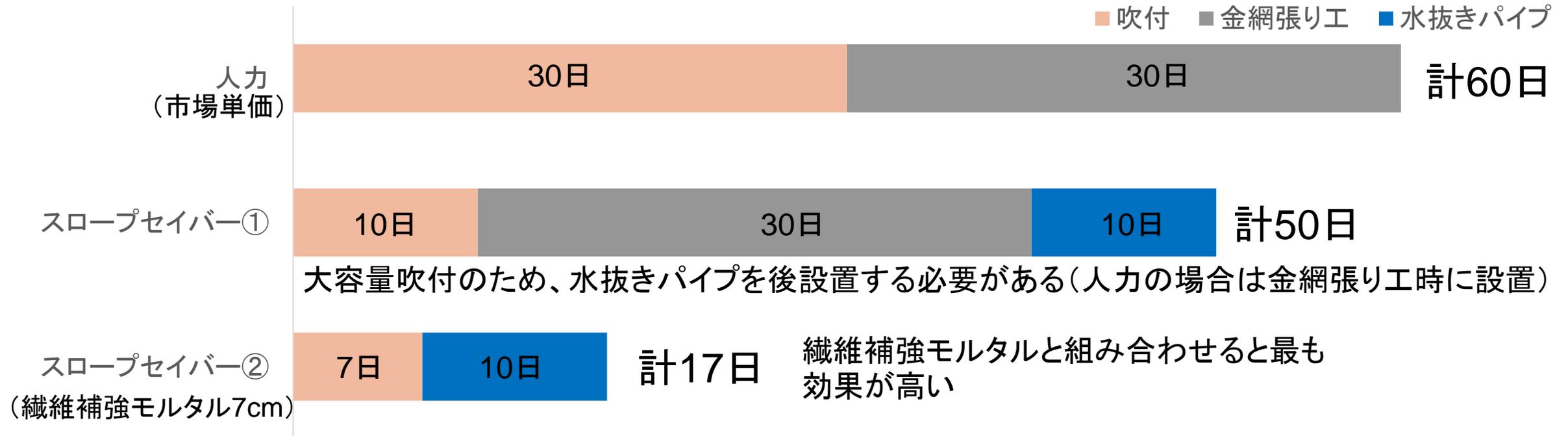


67%短縮

吹付工のみで比較した場合

吹付ロボット及びコンクリートポンプによる大容量施工が可能となり、工期短縮が図れます。

施工面積3000m²(10cm)



金網張り工まで含めた場合

富配合の生モルタル(工場練り)を使用するため、
材料品質が安定する上、一軸圧縮強さが増加し、
品質が向上します。

モルタルの配合割合

1:4

人カモルタル吹付



1:3

スロープセイバー

安全性

吹付作業において、吹付ロボットによる施工に変えたことにより、作業員の法面上の作業が無くなり、安全性の向上が図れます。

吹付時のロープ高所作業が不要



のり面保護工事でのロープ高所作業の例

今回の改正等のポイント

1. 安全帯を「墜落制止用器具」に変更します (安衛令(注1)の改正)

「安全帯」の名称を「墜落制止用器具」に改めます。
「墜落制止用器具」として認められる器具は以下のとおりです。

	安全帯	→	墜落制止用器具
①	胴ベルト型 (一本つり)	○→	胴ベルト型 (一本つり)
②	胴ベルト型 (U字つり)	×→	×
③	ハーネス型 (一本つり)	○→	ハーネス型 (一本つり)

②には墜落を制止する機能がないことから、改正後は①と③のみが「墜落制止用器具」として認められることとなります。

※ 「墜落制止用器具」には、従来の安全帯に含まれていたワークポジショニング用器具であるU字つり用胴ベルトは含まれません。なお、法令用語としては「墜落制止用器具」となりますが、建設現場等において従来からの呼称である「安全帯」「胴ベルト」「ハーネス型安全帯」といった用語を使用することは差し支えありません。

2. 墜落制止用器具は「フルハーネス型」を使用することが原則となります

(安衛則(注2)、構造規格(注3)等の改正、ガイドライン(注4)の策定)

墜落制止用器具はフルハーネス型が原則となりますが、フルハーネス型の着用者が墜落時に地面に到達するおそれのある場合(高さが6.75m以下)は「胴ベルト型(一本つり)」を使用できます。



3. 「安全衛生特別教育」が必要です

(安衛則・特別教育規程(注5)の改正)

以下の業務を行う労働者は、特別教育(学科4.5時間、実技1.5時間)を受けなければなりません。

▶ 高さが2m以上の箇所であって作業床を設けることが困難なところにおいて、墜落制止用器具のうちフルハーネス型のものを用いて行う作業に係る業務(ロープ高所作業に係る業務を除く。)

(注1)労働安全衛生法施行令 (注2)労働安全衛生規則 (注3)墜落制止用器具の規格
(注4)墜落制止用器具の安全な使用に関するガイドライン (注5)安全衛生特別教育規程

吹付ロボットの使用及びコンクリートポンプによる材料供給を採用したことにより、編成人員が少なくなり省人化され施工性が向上します。

吹付作業時の班編制

9人/日



4人/日

国土交通省 土木工事標準歩掛り
仮設用モルタル吹付工から参照

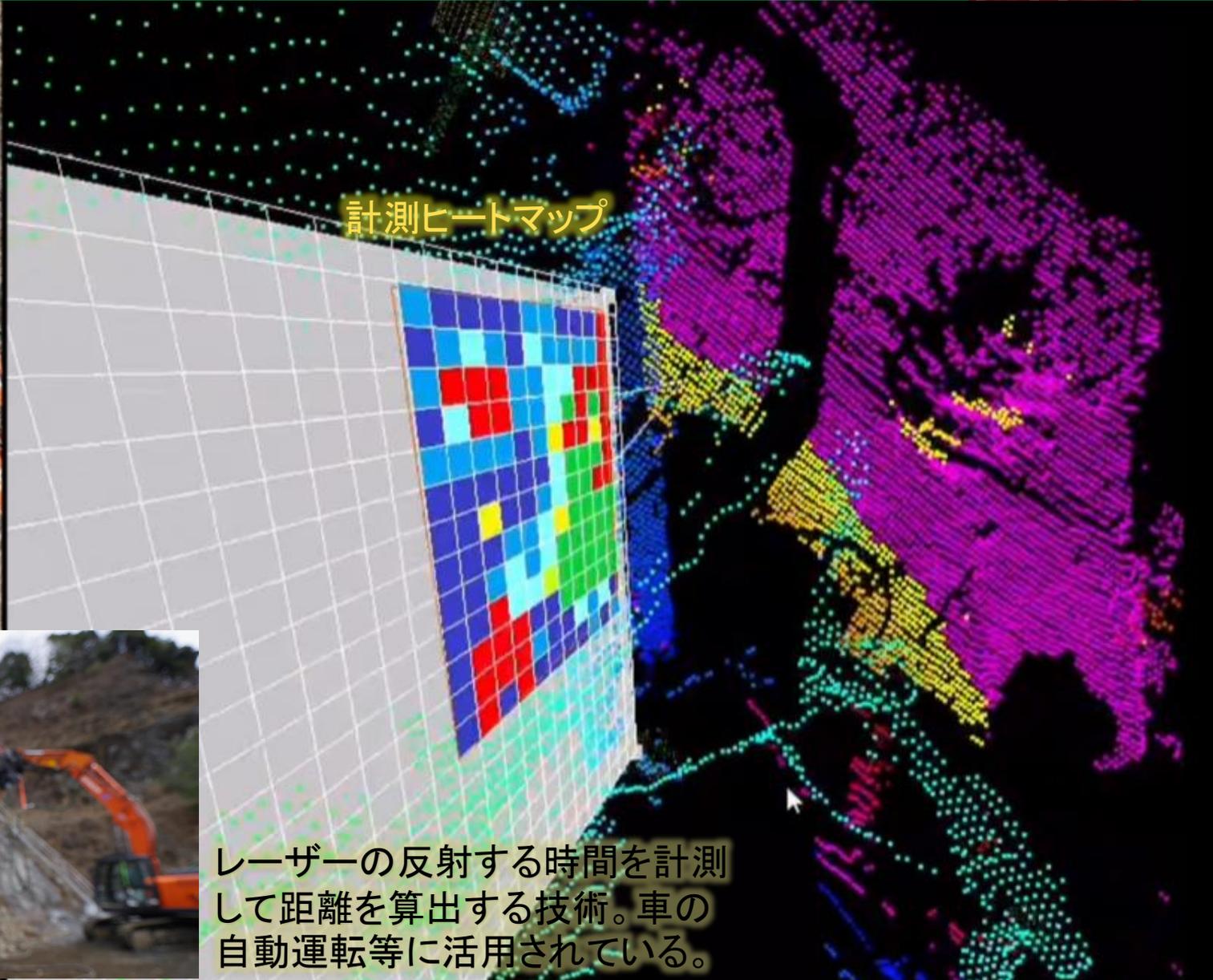
スロープセイバー

3,000m²(10cm)の総計作業員数で比較すると

270人→40人

約85%の削減

LiDARを用いた吹付厚のリアルタイム自動計測(オプション)



周辺環境への影響

生モルタルを使用することにより、袋セメントからの粉塵が発生せず作業環境が向上します。



経済性

工程短縮により、向上しますが、機械費や材料費により低下します。

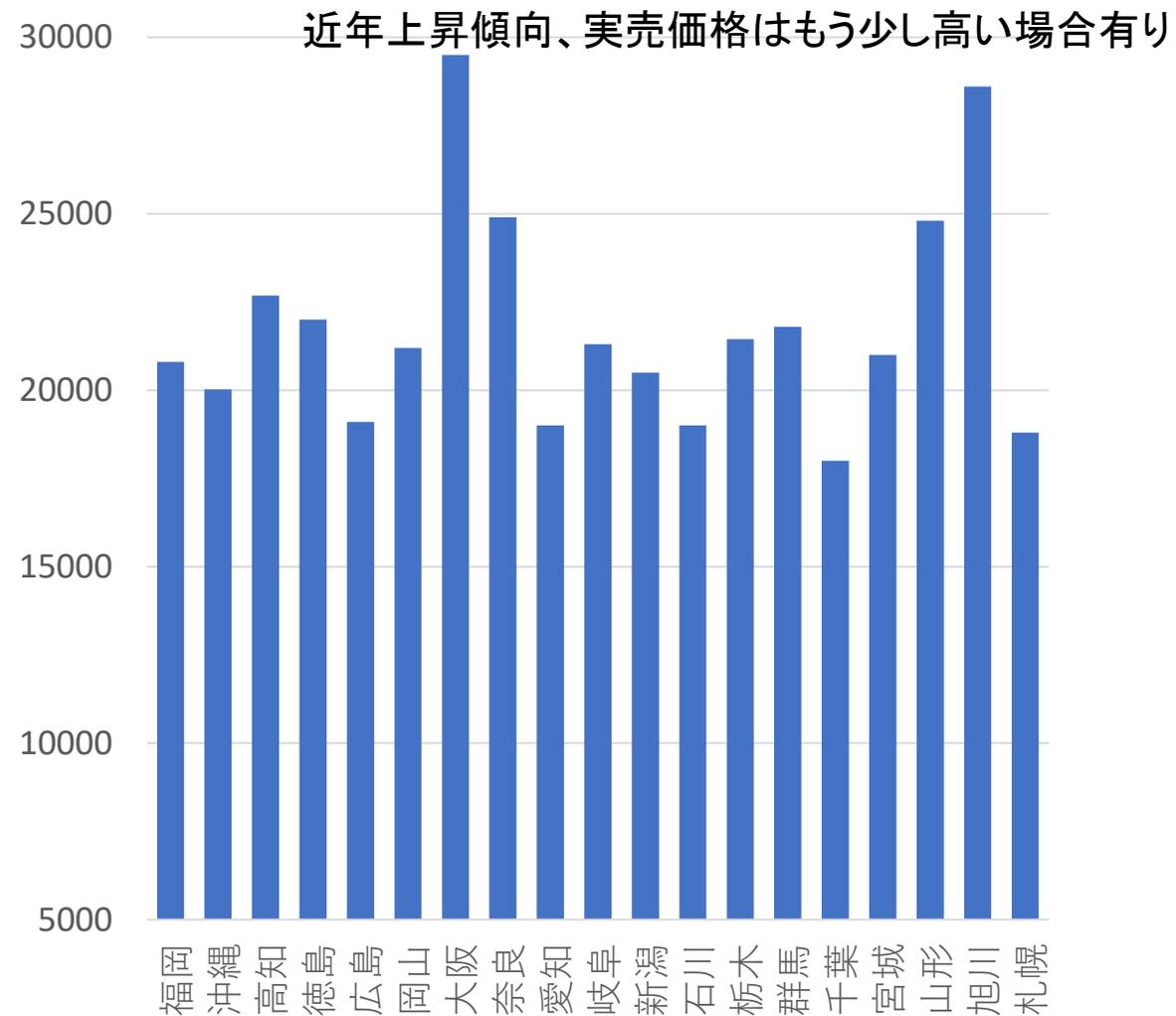
120%

人力モルタル吹付の市場単価を100とした場合

※300m³以上の施工量

※モルタル単価20,000円/m³の場合

※施工規模が少ない場合、市場単価と比較し1.2～1.5倍程度の施工単価となります(生モル20,000円/m³の場合)。



1:3生モルタルの価格

(一般財団法人建設物価調査会 月刊 建設物価 2021年4月)

スロープセイバーの生産性

NITTOC

工期短縮と施工単価の増加により、
人力モルタル吹付と比較し、大きく生
産性が向上します。

吹付時(金網張り工除く)の生産性の比較

53,000円/人

人力モルタル吹付(市場単価)

1日あたり477,000円



357,750円/人

スロープセイバー

1日あたり1,431,000円

金網張り工や水抜きパイプ設置を含めても、施工人
員の削減が期待できることから、生産性は向上する

留意事項

- ・配車計画を早期に立案し、生コン会社との調整が必要です。
- ・必要な作業ヤードを確保できることを確認して下さい。
- ・現場条件により歩掛かりは大きく変わることがあります。
- ・予告なく仕様変更の可能性ががあります。



今後の予定

NITTOC

- ・法面作業0を目指した、水抜きパイプ設置の代替工法の検討
- ・LiDARの計測情報を利用した施工管理書類の自動出力
- ・小規模現場に対応した施工システムの開発
- ・道路下法面や、高所施工へ対応できる施工システムの開発
- ・モルタル吹付工以外の吹付工種への適用

ご静聴ありがとうございました。