

耐火被覆吹付けロボット



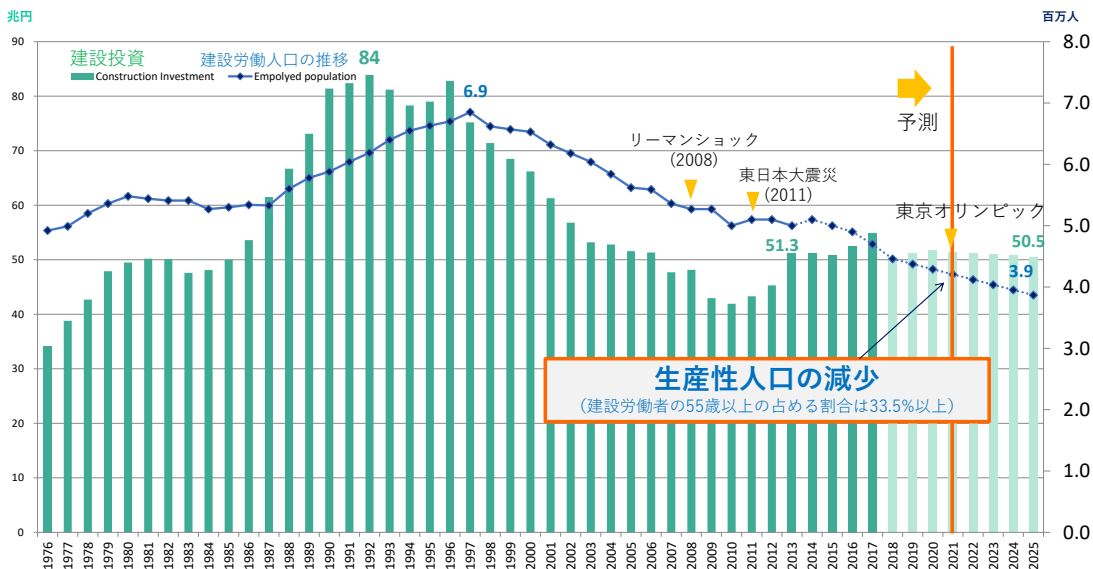
株式会社 大林組
技術本部 技術研究所 構造技術研究部

瀬川 紘史

1. ロボット開発の背景

①建設労働者数の減少

労働者数が減少する中、建設投資額は横ばい傾向の予測が続いており、**建設技能工不足が顕著に**



1. ロボット開発の背景

②建設受注環境の変化

■リーマンショック後の2008年～2014年頃

- ・建設コストの比較的安価な鉄筋コンクリート造の建物の需要が多くなり、型枠大工、鉄筋工が不足
⇒PCa化や一部、鉄骨造化などで対応

■2014年以降

- ・建設受注環境が改善し、東京オリンピックに向けて、早期に建物を使用開始したい市場ニーズが高まり、**鉄骨造の建物の需要が大幅に伸びる**
⇒元々、成り手が少なく、高齢化が顕著だった溶接技能者や**耐火被覆工の不足がより顕著に**

1. ロボット開発の背景

③日本国内における耐火被覆工法

- (1) 半乾式吹付けロックウール
- (2) セラミック系/石膏系吹付け
- (3) 巻付け系
- (4) ボード系（ケイカル板、石膏ボード）
- (5) 耐火塗料

⇒ コスト面から

- (1) **半乾式吹付けロックウール**の採用が多い



・日本国内の耐火被覆工事全体のうち、**当該工法のシェアは7割超** **主流**

・ロックウール（人工鉱物繊維）とセメントスラリーを混合して吹付け **粉塵**

・年中通して、全身ナイロン製の**過酷**な作業服、防塵マスク、ゴーグル等を装着

【検査項目】

- ・被覆厚さ規定値 … 1hr仕様 25mm、2hr仕様 45mm、3hr仕様 60mm（施工対象：梁の場合）
- ・比重 … 0.28以上

2. ロボットの概要

①ロボットの構成・仕様

あらかじめ登録した作業データに従って建設現場内を**自律移動・自動位置合わせ**して**耐火被覆を自動で吹付ける**



- ▼サイズ：3,300×1,150×1,500mm
- ▼重量：2,350kg
- ▼吹付け可能な階高：5m（昇降装置のストローク：2.3m）
- ▼吹付け対象：梁
- ▼吹付け可能な梁せい：1.5m
- ▼安全装置：レーザー測域センサー対角2個、バンパースイッチ、パトライト、メロディ
- ▼その他：
 - ・粉塵飛散防止ノズルを使用
 - ・対角に設置したレーザー測域センサーにて測位を行い、自律移動および自動位置合わせが可能
 - ・走行装置は、走行,横行,旋回が可能

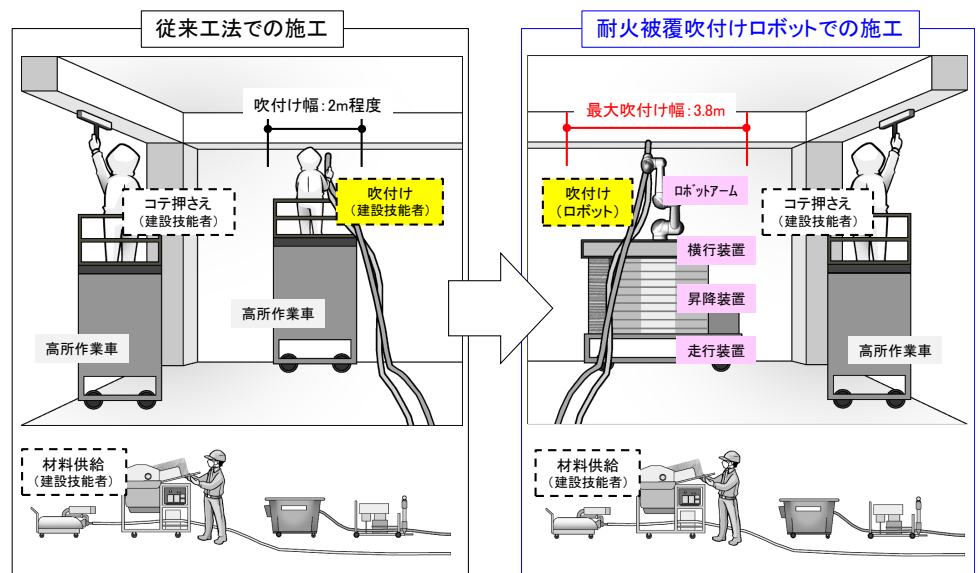
4

2. ロボットの概要

②ロボットの特長

特長(1)：高い自動化率

- ・半日もしくは1日単位の自律移動と吹付け作業を**自動化**
- ・吹付け作業の**技能工1名が省人化可能**
- ・ロボットのお守りは**最初と最後のみ**

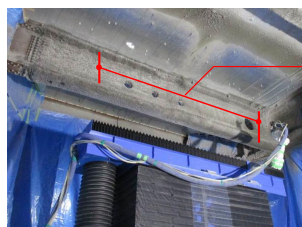


5

2. ロボットの概要

特長(2)：作業効率の向上

- ・一作業場所におけるロボットの作業範囲は、建設技能工の約2倍
- ・昇降回数が減ること、ロボットの作業効率が上昇



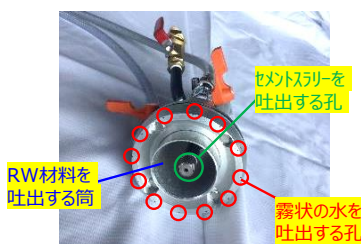
ロボットによる吹付け



建設技能工による吹付け

特長(3)：作業環境の改善

- ・吐出したロックウールを水ミストで包み込み、粉じん飛散量を大幅に低減
- ・粉じん飛散量が在来の吹付けノズルの1/3程度に



粉じん飛散防止ノズル



水ミストの噴霧状況

6

3. 建築現場への適用（適用目的、協力会社）

①適用したプロジェクト

弊社の某建築現場
4階建て鉄骨造の1階にロボットを据えて吹付け

②適用の目的

- (1)ロボット施工の実績データの収集
- (2)施工品質（被覆厚さ、比重）の確認
- (3)実現場における自動施工（自律移動・自動位置合わせ+自動吹付け）の有効性の確認

③協力会社

耐火被覆業者（M2階の梁の施工を担当）
の協力のもと、ロボット施工を実施

7

3. 建築現場への適用（施工結果）

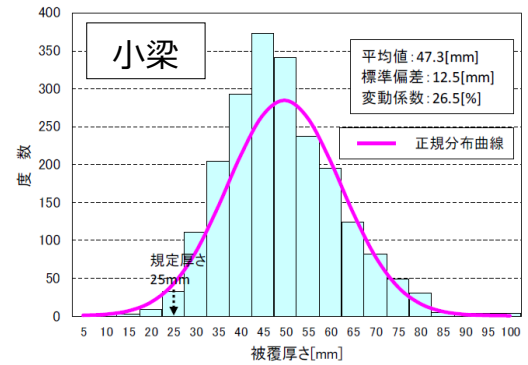
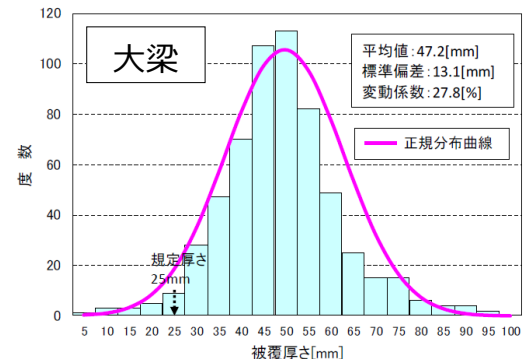
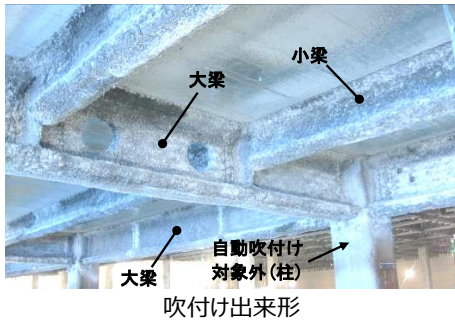
⑥施工結果

<施工品質>

・吹付けた被覆の厚さ（コテ押さえ実施後）

【測定ピン（手作業）による測定結果】

- 大梁・小梁とも、被覆厚さの平均値は1時間耐火仕様の規定値25mmを充分に上回った
（※測定した97%以上の箇所で規定値を満足）



3. 建築現場への適用（施工結果）

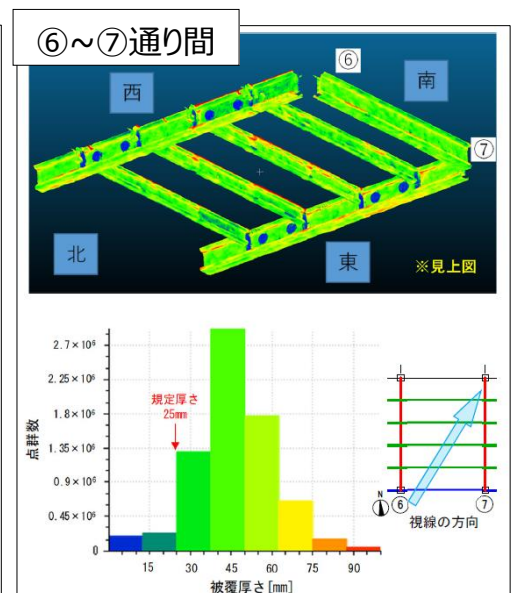
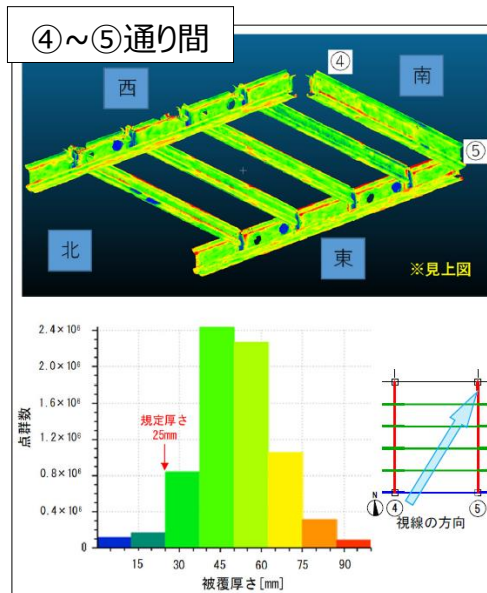
・吹付けた被覆の厚さ（コテ押さえ実施後）

【レーザー・スキャナーによる測定結果】

※吹付け前後の差分計算結果

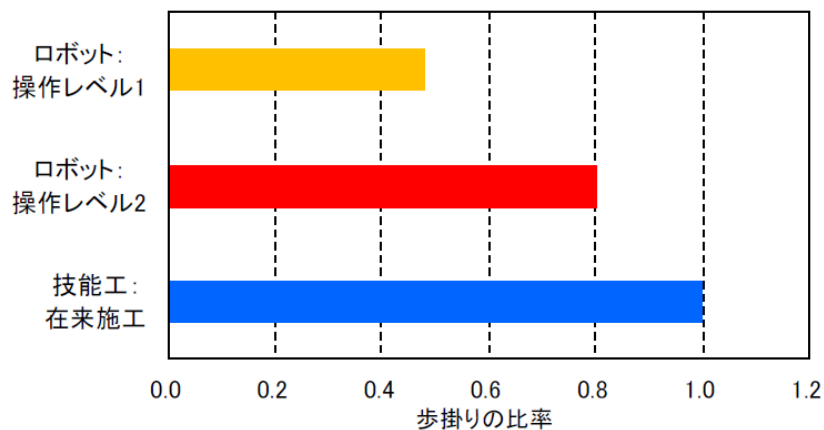
- 大部分の被覆厚さは1時間耐火仕様の規定値25mmを上回っている

（※貫通孔部や、大梁と小梁接合部のスチフナ周辺に25mm未満が多少みられる）



3. 建築現場への適用（施工結果）

<施工歩掛り>



操作レベル1 … リモコンによる手動操作で
走行・位置合わせ
してから自動吹付け

操作レベル2 … 自律移動・自動位置合わせ
してから自動吹付け
(自動施工)

- **操作レベル1**での歩掛りは、在来の**技能工の半分程度**
- **操作レベル2（自動施工）**での歩掛りは、**操作レベル1の1.7倍程度に向上**
(技能工比0.8程度) ※自動施工の有効性を確認

10

3. 建築現場への適用（施工結果）

<環境性>

・施工環境

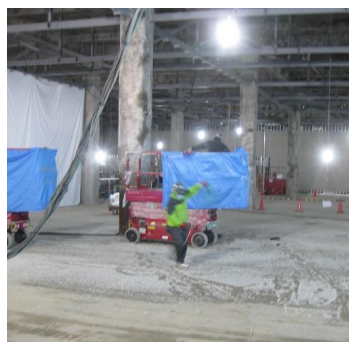
⇒**粉塵飛散防止ノズル**により**粉塵量が大幅に低減**
(シート養生による作業区画もほぼ不要なレベル)

・落綿率

床上に落ちた被覆材料を集め、重量測定して
落綿率を算出

⇒在来工法の2.5%に対し、ロボット施工は
平均2.7%

※**在来とほぼ同等**



在来工法



ロボット施工

落綿の状況

11

5. まとめ

今回の適用工事で得られた知見

- 建築現場において自律移動・自動位置合わせ、吹付け作業を自動化するロボットを開発した。
- 実現場の梁に対して、ロボットで吹付け施工を行ったところ、被覆厚さおよび比重とも規定値を満足する結果を得た。
- 自動施工は手動位置決めに対して、歩掛りが約1.7倍に向上し、その有効性が示された。
- 今後、ロックウール材料が詰まりにくいノズルを開発・使用し、休憩時間に自動施工を実施することで、施工歩掛りは耐火被覆工による在来工法と同等レベルまで向上する目途が立った。

今後について

- ロボット施工の歩掛り向上および現場適用