

日本帆布製品販売協同組合

ドローンを活用した革新的施工サービスの効果検証試験実施報告書

1. 実施すべき業務の内容(日本帆布製品販売協同組合様の「見積依頼書」記載事項)

令和3年1月8日付け貴「ドローンを活用した施工サービスの効果検証試験」に係る見積依頼書」では、当社が実施する施工試験に関し以下のように記載されている。

- ① 「ドローンを活用した革新的施工サービス事業」の展開を目指し、令和2年度「厚労省働き方改革推進支援助成金事業」において、実際の施工現場で下記「ドローンを活用した施工サービスの効果検証試験」を行う。

(今回行う事業は1月5日・6日に行った「施工前業務試験」に続いて行うドローンを活用した施工後の「効果検証試験」である。)

施工現場での試験名称	実施する試験・検証内容
【効果検証試験】 (好事例の収集、普及啓発の事業) ドローンを活用した施工サービスの効果検証試験(ドローンを活用した「効果検証試験」)	「ドローンを活用した帆布業界の革新的施工サービス・モデル」の効果を具体的に検証し、組合員企業へ普及啓発するために、実際の施工現場(2ヶ所)でドローンを活用した施工作業を行い、ドローンを活用しない場合との効果の比較検証を行って具体的な作業効果と構造物の精密さ、デザイン性、全体調和性を以下の点から検証する。 <ul style="list-style-type: none"> ① 取り付け構築物の設計作業において ② 取り付け施工工事において ③ 完成後の立体的外観イメージの把握において ④ 全体的な作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証 ⑤ その他、全体的な観点から

- ② 今回の「効果検証試験」以下の内容で行う。

検証実験予定日、実験場所は以下のとおり。

検討試験の場所	G鉄工所様(大阪市北区)	T畜産様(丹波篠山市)
現場準備	1月27日(水)7:30~12:00	1月30日(土)7:30~12:00
効果検証試験実施	1月27日(火)12:30~16:00	1月30日(土)12:30~16:00
現場撤去・清掃	1月27日(火)16:15~19:00	1月30日(土)16:15~19:00

③ 効果検証試験の実施内容

下記内容をそれぞれ「従来型の高所作業車や足場を組んで行う方式」と、「ドローンを活用して行う方式」とで行い、それぞれの作業について、かかった時間、コスト、安全性、働き方改革性、等の面から比較できるデータをとる。

	屋内(高所)での作業	屋外(高所)での作業
施工工事中の作業	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の状況把握 ・各部分の工事進捗状況把握 ・問題点の視認・写真撮影 	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の状況把握 ・各部分の工事進捗状況把握 ・問題点の視認・写真撮影
施工後(作業完了時)の作業	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の完了状況把握 ・完了した工事の各部分の完成状況把握 ・顧客への説明・報告用写真撮影 ・施工企業用の記録用写真撮影 	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の完了状況把握 ・完了した工事の各部分の完成状況把握 ・顧客への説明・報告用写真撮影 ・施工企業用の記録用写真撮影

④ 今回の効果検証試験で取得するデータ

上述した室内・室外での下記内容の効果検証試験を「従来型の高所作業車や足場を組んで行う方式」と、「ドローンを活用して行う方式」とで行い、時間、コスト、安全性、等から検証に必要なデータを取得する。

【室内作業】

1	工事完了物件の高所からの全体の画像による把握
2	下からは確認できない箇所の工事完了物の確認・評価
3	行った工事のポイントとなる部分の高所からの確認・評価
4	上記ポイントとなる部分のズーム画像による確認・評価

【屋外作業】

1	屋上作業完了物件の上空からの確認・評価
	・上空から屋上作業完了物件が入った全体の視認による確認・評価
	・施工作业完了物件のポイントとなる部分の視認による確認・評価(ズーム等による)
2	高所の壁面等の施工作业完了物件の状況把握(施工完了後)
	・下からは見えずらい高所壁面の作業完了箇所全体の視認による確認・評価
	・特に下から隠れて見えないところの施工上のポイントとなる完成した高所壁面部分の視認による確認・評価
3	・上記ポイント部分の角度・高度を変えた視認による確認・評価
	その他、検収用・完了委報告書に添付する写真撮影(ズームでの撮影、他)

(ドローン操作は日本帆布製品販売協同組合会員企業関係者・委員が実施する。)

⑤ 「従来型の高所作業車や足場を組んで行う方式」の時間、コストのデータは下表に基づいて計測・把握して記述する。

	屋内での人手による作業	屋外での人手による作業
必要人数		
必要作業時間		
必要機材		
必要機材の1日当りの概算費用		

2. 実施する効果検証試験の概要

「委員会での検討材料を得るための“検討試験”」(1月5～6日)において現場(G鉄工所様、T畜産様)で把握した状況認識を基に、今回の効果検証試験実施計画概略案(下表)をまとめて、1月18日に、日帆協様事務局へ報告し、了承を得た。

	G鉄工所様(大阪市北区) -構内での検討試験-	T畜産様(丹波篠山市) -構外(室外)での検討試験-
施工現場 (前回の「検討試験」に同じ)	建設資材加工場・下準備工場 有効寸: 間口8.8m、奥行16.5m、高さ7.3m	テント式倉庫(畜産/農耕器具・資材保管庫) 外寸: 間口15.0m、奥行11.0m、妻天6.9m(肩5m)、入口開口部、間口4.7m、高さ4.0m
状況 (1/18時点)	天井部に設置された可動式クレーン装置が2020年12月22日故障: ・モーターの電源が入らない ・クレーンの移動レールに異物が挟まった 1月5日、ドローン、及びローリングタワー(足場)を使用した構内での検討試験を実施。 1月14日可動式クレーン装置の修理完了。 1月14日天井部に取り付けられた棚板の一部の破損修理完了。 1月27日に、施工確認試験を兼ねた効果検証試験をドローン、及びローリングタワー(足場)を使用して行う件について後藤様の許可を得た。	テント式倉庫を建設: ・1月9日引き渡し済み 施工事業者が年末年始休暇中の1月6日、ドローン、及びローリングタワー(足場)を使用した屋外での検討試験を実施。 1月30日のドローンによる施工確認試験、及びローリングタワーによる施工確認試験作業は倉庫に触れない、登らないという条件で田中様の許可を得た。
今回実施する主な実験内容 (1/18時点での日帆協)	・可動式クレーン装置、移動レール、修理予定の天井棚について、ドローン、及びローリングタワー(足場)を使った「施工完了時確認作業という観点からの比較試験(時間、コスト、安全性、等)」の実施。	・ドローン、及びローリングタワー(足場)を使った「施工完了時確認作業という観点からの比較試験(時間、コスト、安全性、等)」の実施。 ・ドローンを活用した作業の効果検証試験を実施。

<p>様への申請内容)</p>	<p>・ドローンを活用した作業の効果検証試験を実施。</p> <p>【検証項目】</p> <p>① ドローン、及びローリングタワー（足場）を使った施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較検証</p> <p>② 構造物の精密さ、デザイン性、全体調和性を以下の点から検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計時に必要な情報の取得性（完成後の立体的外観イメージの把握等） ・施工工事計画立案のための情報の取得性 <p>③ 全体的な作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証</p>	<p>【検証項目】</p> <p>① ドローン、及びローリングタワー（足場）を使った施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較検証</p> <p>② 構造物の精密さ、デザイン性、全体調和性を以下の点から検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計時に必要な情報の取得性（完成後の立体的外観イメージの把握等） ・施工工事計画立案のための情報の取得性 <p>③ 全体的な作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証</p>
<p>事前準備の内容</p>	<p>① 実験を行うための場所づくり（G鉄工様の建設資材加工場の整備）</p> <p>② ローリングタワー（足場）の設営</p> <p>③ ドローン発着場所の設定</p> <p>④ ビデオ撮影の準備</p>	<p>① 実験を行うための場所づくり</p> <p>② ローリングタワー（足場）の設営</p> <p>③ ドローン発着場所の設定</p> <p>④ ビデオ撮影の準備</p>

3. 具体的な「施工完了時確認試験・効果検証試験」の実施計画

「ドローンを活用した革新的施工サービス方法の確立」のための標記試験を行うため、下記の実施計画を立て、日帆協様事務局へ確認し了承を得た。(1月22日)

3-1. G鉄工所様での「施工完了時確認試験・効果検証試験」の実施計画

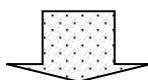
【実施する試験内容】

	実施する試験内容	ドローンによる作業*	ローリングタワーでの作業*
1	天井部に設置された可動式クレーン装置・モーター部分の工事完了状況把握……視認・写真撮影作業	2回実施	1回実施
2	クレーンの移動レールの工事完了状況把握……視認・写真撮影作業	2回実施	1回実施
3	天井部に取り付けけた棚板の工事完了状況把握……視認・写真撮影作業	2回実施	1回実施
4	その他必要箇所……視認・写真撮影作業	各2回実施	各1回実施

* 前回、1月5日に実施した「検討試験」で「ドローンによる作業」は3回、「ローリングタワーでの作業」は2回の作業を実施した。前回の「検討試験」で「施工工事前の確認データ」はほぼ取得できたことから、今回の「効果検証試験」では「ドローンによる作業」は1回、「ローリングタワーでの作業」は1回の作業によるデータを取得することにした。

(上記作業のポイント:今回は「施工完了時確認作業」の観点から実施する。)

- ・下からは見えない屋内高所の作業箇所全体の視認・写真撮影による施工完了時確認
- ・特に下から隠れて見えないところの施工上のポイントとなる部分の視認・写真撮影による施工完了時確認
- ・上記ポイント部分の角度・高度を変えた視認・写真撮影による施工完了時確認
- ・上部(高所)の工事箇所に関係する照明灯や棚、等への施工完了時の影響確認



【効果検証試験取得するデータ】

	取得するデータ項目(施工完了時確認のデータ)	ドローンによる対応	従来式対応
1	ドローン組み立て、稼働テストの時間・必要人数	○	
2	ローリングタワー(足場)の組み立て時間・必要人数		○
3	視認・状況把握・確認作業にかかった時間・必要人数 ・天井部の可動式クレーン装置・モーター部分 ・クレーンの移動レール部分 ・天井部に取り付けけた棚板	○	○
4	ローリングタワー(足場)のレンタル費用		○
5	その他かかった費用(車両代、他)	○	○

6	施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較	○	○
7	設計時に必要な情報の取得性(完成後の立体的外観イメージの把握等)の比較	○	○
8	施工工事計画立案のための情報の取得性の比較	○	○
9	作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証	○	○

(上記「従来方式」による作業では、視認・撮影のためにローリングタワーを移動させる場合には、その移動時間を含める。)

3-2. T畜産様での「施工完了時確認試験・効果検証試験」の実施計画

【実施する試験内容】

	実施する試験内容	ドローンによる作業	ローリングタワーでの作業*
1	屋根部分全体の状況把握、特に四隅のコーナー部分、全体の展張状況把握……視認・写真撮影作業	四隅を2回実施	1回(四隅部分)実施
2	4面の上部壁面の状況把握(ローリングタワーでの作業は上記屋根部分の作業と同時に実施する)……視認・写真撮影作業	4面を2回実施	
3	上空からの全体状況把握・確認…視認・写真撮影作業	全体を2回実施	ローリングタワーを前面・後面に移動させ1回実施
4	その他必要箇所(キズ・たるみ・汚れ、等の確認)…視認・写真撮影作業	1回	

* 従来の方法による「ローリングタワーでの作業」では、視認検査の場所が異なるたびにローリングタワーを移動させる必要があることから、「屋根部分と上部壁面の確認作業」、「上部からの全体チェックとキズ・たるみ・汚れ・等の確認作業」を一緒の作業で行うことにした。

またローリングタワーの移動時間は、作業時間に含めた。

* 前回、1月6日に実施した「検討試験」で「ドローンによる作業」は3回、「ローリングタワーでの作業」は2回の作業を実施した。前回の「検討試験」でデータはほぼ取得できたことから、今回の「効果検証試験」では「施工完了時確認」という観点から、「ドローンによる作業」は2回、「ローリングタワーでの作業」は1回の作業によるデータを取得することにした。

(実施する上表の作業内容)

・下からは見えない屋外高所の作業箇所全体の視認・写真撮影による状況把握

- ・特に下から隠れて見えないところの施工上のポイントとなる部分の視認・写真撮影による状況把握
- ・上記ポイント部分の角度・高度を変えた視認・写真撮影による状況把握
- ・上部(高所)の工事個所に関係する照明灯や電線、樹木等への施工完了時の影響確認

* 取得するデータ

	取得するデータ項目(施工完了時確認のデータ)	ドローンによる対応	従来式対応
1	ドローン組み立て、稼働テストの時間・必要人数	○	
2	ローリングタワー(足場)の組み立て時間・必要人数		○
3	視認・状況把握・確認にかかった時間・必要人数 (従来式対応では、ローリングタワーの移動時間を作業時間に含める。) ・屋根部分全体、特に四隅のコーナー部分、全体の展張状況の施工完了確認 ・4面の上部壁面の完了確認 ・上空からの全体状況把握・確認 ・全体のキズ・たるみ・汚れ、等の確認	○	○
4	ローリングタワー(足場)のレンタル費用		○
5	その他かかった費用(車両代、他)	○	○
6	施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較	○	○
7	設計時に必要な情報の取得性(完成後の立体的外観イメージの把握等)の比較	○	○
8	施工工事計画立案のための情報の取得性の比較	○	○
9	作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証	○	○

4. 「ドローンを活用した「施工完了時確認試験・効果検証試験」の実施

4-1.G鉄工所様(大阪市北区)での実施内容(1月27日実施)

【実施した作業内容とかかった時間・対応工数】

前回1月5日の「検討試験」は施工前現場確認という観点からの視認・確認作業であったが、今回は作業内容に似ているが、あくまでも「施工完了確認」という観点からの視認・確認作業を行った。

	試験作業の内容	ドローンによる対応		従来式対応	
		所要時間	対応人数	所要時間	対応人数
1	ドローン組み立て、稼働テスト	7:40~8:35 ⇒1.0H	2.0人	—	
2	ローリングタワー(足場)の組み立て・下準備	—		7:30~10:25 ⇒3.0H	3.0人
3	天井部に設置された可動式クレーン装置・モーター部分の施工完了時確認試験: 1回目	70秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	ローリングタワー移動:3分 確認時間:4分 昇降時間:1分	4.0人 視認者2名+サポーター2名
4	天井部に設置された可動式クレーン装置・モーター部分の施工完了時確認試験: 2回目	62秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	(実施せず)	
5					
6	クレーンの移動レールの施工完了時確認試験: 1回目 (ローリングタワー上からの作業は2か所で実施)	62秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	ローリングタワー移動: 1か所目移動: 3分 確認時間:3分 昇降時間:1分 2か所目移動: 3分 確認時間:3分 昇降時間:1分	4.0人 視認者2名+サポーター2名
7	クレーンの移動レールの施工完了時確認試験: 2回目	55秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	(実施せず)	
8					
9	天井部に取り付けた棚板の施工完了時確認試験:	30秒 (対応要員:操縦者1名、モニター	2.0人	ローリングタワー移動:2.5分 確認時間:2.5分	4.0人 視認者2名+

	1 回目	画面チェック 1 名:計 2 名)		昇降時間:1 分	サポ ート者 2 名
10	天井部に取り付けた棚 板の状況把握・確認作 業: 2 回目	32 秒 (対応要員:操縦 者 1 名、モニター 画面チェック 1 名:計 2 名)	2.0 人		
11					
12	構内高所のキズ・たる み・汚れ、等の施工完 了時チェック作業	120 秒 (対応要員:操縦 者 1 名、モニター 画面チェック 1 名:計 2 名)	2.0 人	3か所で確認 ローリングタワー 移動3回:8 分 確認時間:6 分 (2 分×3回) 昇降時間:3 分 (1分×3回)	4.0 人 視認者 2 名+ サポ ート者 2 名
13	ローリングタワー撤去	—		ローリングタワー 撤去時間:1.0H	3 名
14	ドローン分解・箱積み	30 分	2 人	—	
15	清掃・現場回復作業	30 分	1.0 人	30 分	4.0 人

【得られたデータのまとめ】

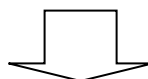
それぞれ行った施工完了時確認試験作業の平均値を下表に算出した。

	試験作業の内容	ドローンによる対応		従来式対応	
		所要時間	対応人数	所要時間	対応人数
1	ドローン組み立て、稼 働テスト	【計 60 分】	2.0 人	—	
2	ローリングタワー(足 場)の組み立て(組み立 て場所周辺の整理時間 を含む)	—		【計 180 分】	3.0 人
3	天井部に設置された可 動式クレーン装置・モー ター部分の施工完了時 確認作業	65 秒 (対応要員:操縦 者 1 名、モニター 画面チェック 1 名:計 2 名) 【計 65 秒】	2.0 人	ローリングタワー 移動:3 分 確認時間:4 分 昇降時間:1 分 【計 8 分】	4.0 人 視認者 2 名+ サポ ート者 2 名
4	クレーンの移動レールの 状況把握・確認作業(施 工完了時確認作業) (ローリングタワー上か らの作業は 2 か所で実 施⇒最低 2 か所から行 わないと把握できない)	60 秒 (対応要員:操縦 者 1 名、モニター 画面チェック 1 名:計 2 名) 【計 60 秒】	2.0 人	2か所で確認が必 要 ローリングタワー 移動: 1 か所目移動: 3 分 確認時間:3 分 昇降時間:1 分 2 か所目移動:	4.0 人 視認者 2 名+ サポ ート者 2 名

				3分 確認時間:3分 昇降時間:1分 【計14分】	
5	天井部に取り付けた棚板の状況把握・確認作業 (施工完了時確認作業)	30秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名) 【計30秒】	2.0人	ローリングタワー 移動:2.5分 確認時間:2.5分 昇降時間:1分 【計6分】	4.0人 視認者2名+サポーター2名
6	構内高所のキズ・たるみ・汚れ、等の確認作業	120秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名) 【計120秒】	2.0人	ローリングタワー 移動3回:8分 確認時間:6分(2分×3回) 昇降時間:3分(1分×3回) 【計17分】	4.0人 視認者2名+サポーター2名
7	ローリングタワー撤去	—		ローリングタワー 撤去時間:1.0H	3名
8	ドローン分解・箱積み	【計30分】	2人	—	
上記1~8までの作業を行うための所要時間・所要人数		96分35秒 ⇒1時間36分35秒/2人 ⇒所要工数:3時間13分 (工数:4時間として計算) 準備作業を除く施工完了時確認作業の時間:6分35秒		271分 ⇒4時間31分/4名 ⇒所要工数:18時間4分 (工数:18時間として計算) ローリングタワーの組み立て・撤去を除く時間:45分	

【かかった経費】

	ドローンによる対応	従来式対応
機器レンタル費用	—	・ローリングタワー・レンタル費用 ¥3,000/1日
人件費(1時間:4,400円として計算)	@4,400×4.0時間/1人= ¥17,600	@4,400×18時間/1人= ¥79,200
運搬費(タクシー代又はレンタル料金で算出)	タクシー代: ¥3,000	小型トラック1日レンタル料金: ¥35,000
計	¥20,600	¥117,200



【ドローンを活用した施工完了時確認作業の優位性】

上記、得られたデータ、かかった経費から見た「ドローンを活用した施工完了時確認作業の優位性は下表のようになると思われる。

	ドローンによる対応	従来式対応	ドローンの比較効果
業務実施時間	1時間 37分	4時間 31分	従来の 1/3 以下の時間
工数	3.0 時間/1人	19.0 時間/1人	1/6 以下の工数
経費	¥16,200	¥121,600	1/7 以下の経費
得られた情報	◎:全員が共有	○:ローリングタワーに登った人のみ	的確で大量の情報量が取得可能

(施工完了時確認作業を通じて判明したこと)

	比較項目	ドローンによる対応	従来式対応
1	施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較	<p>①準備作業を除く施工完了時確認作業の時間:6分35秒⇒従来方式の約1/7の時間</p> <p>②安全性:ドローンを飛ばせるところなら、150M以下の高度なら、どこからでもどのような角度でも視認が可能で、ヒトの安全性には全く問題ない。</p> <p>③確認精度:肉眼では見られないが、ドローンを飛ばせるところならズーム機能等を使い、様々な角度や位置から視認できる。今回行った視認精度にそれほど問題はない。</p> <p>④作業コスト:従来方式の1/7(上表参照)</p>	<p>①ローリングタワー(足場)の組み立て・撤去を除く時間:45分</p> <p>②安全性:ローリングタワー(足場)の上での作業は危険が伴う。まして足場を設けられない場所での作業は年配者には無理。安全確保のためには「命綱」等が必要で、その対応には時間がかかる。</p> <p>③肉眼で確認できるが、その範囲はローリングタワーの上から見渡せる範囲でしか見られない。全部を見るためには何度もローリングタワーを動かすしかない。</p> <p>④ドローンを使うより高額になる。</p>
2	設計時に必要な情報の取得性(完成後の立体的外観イメージの把握等)の比較	<p>①上空より俯瞰できるので全体調和の観点から形状や色彩についてイメージできる。</p> <p>②上空からの写真を基に、完成時のイメージを画像加工で確認できる。</p>	<p>①設計時に必要な情報の取得はこれまで通り。</p> <p>②完成後の立体的外観イメージはドローンに比べて把握しにくい。</p>
3	施工工事計画立案のための情報の取得性の比較	<p>①上空より全体を俯瞰できるうえ、様々な角度から事前に写真を撮ることができるので、施工手順を立てやすい。</p> <p>②また日々の進捗状況を把握できるので、工事状況に</p>	<p>①施工工事の計画立案は従来通り。予め全体を俯瞰すること等ができないため、問題に直面することが多かった。</p> <p>②問題が生じるたびに工事計画の変更を余儀なくされることが多かった。</p>

		応じた計画の変更も立てやすい。	
4	作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証	<p>① 高所に登ることなく現場を視認することが可能になるため労災は起きにくい。</p> <p>② 高所の状況把握においてこれまでのやり方を一変させ、「働き方改革」に十分なりうる。</p>	<p>① これまでの方法では作業効率向上策を講じることは難しい。(高所作業車をフル活用する、等の対策しかない)</p> <p>② 高所作業での労災防止策は上記高所作業車をフル活用しかない。</p>

4-2. T畜産様(丹波篠山市)での施工完了時確認試験・効果検証試験の内容

(1月30日実施)

【実施した効果検証試験の作業内容とかかった時間・対応工数】

	効果検証試験の作業内容	ドローンによる対応		従来式対応	
		所要時間	対応人数	所要時間	対応人数
1	ドローン組み立て、稼働テスト	7:50~8:50 ⇒1.0H	2.0人	—	
2	ローリングタワー(足場)の組み立て	—		7:30~10:30 ⇒約3.0H	3.0人
3	屋根部分全体の状況把握、特に四隅のコーナー一部分の施工状況、全体の展張状態の施工完了確認: 第1回目	4分15秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	4隅確認のためローリングタワー移動:4分×残り3隅へ移動=12分 確認時間:1か所3分×4か所=12分 ローリングタワー昇降時間:1分×4か所=4分 (計28分)	4.0人 視認者2名+サポーター2名
4	根部分全体の状況把握、特に四隅のコーナー一部分の施工状況、全体の展張状態の施工完了確認: 第2回目	4分00秒 (対応要員:操縦者1名、モニター画面チェック1名:計2名)	2.0人	—	
5	壁面高所部(4面)の施工状況、壁面全体の展張状態の施工完了確認:	1面目40秒 2面目38秒 3面目44秒 4面目40秒	2.0人	ローリングタワー移動:4分×残り3面=12分 確認時間:2.5分	4.0人 視認者2名+

	1回目	計 162 秒 ⇒2 分 42 秒 ⇒約3分 (対応要員:操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名:計 2 名)		×4 面=10 分 ローリングタワー 昇降時間:1 分×4 か所=4 分 計 26 分	サポーター 2 名
6	壁面高所部(4面)の施工状況、壁面全体の展張状態の施工完了確認: 2 回目	1 面目 41 秒 2 面目 43 秒 3 面目 38 秒 4 面目 41 秒 計 163 秒 ⇒約3分 ⇒2 分 43 秒 (対応要員:操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名:計 2 名)	2.0 人	—	
7	上空からのキズ・たるみ・汚れ、等の全体展張状態の施工完了確認:	3分 30 秒 (対応要員:操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名:計 2 名)	2.0 人	—	
8	2隅に設置したローリングタワーの上からキズ・たるみ・汚れ、等の全体の展張状態の施工完了確認:	—	2.0 人	ローリングタワー移動:3 分×2 か所=6 分 確認時間:2 分×2 か所=4 分 ローリングタワーの昇降時間:1 分×2 か所=2 分 計 12 分	4.0 人 視認者 2 名 + サポーター 2 名
9	ローリングタワー撤去	—		ローリングタワー撤去時間:1.0H	3 名
10	ドローン分解・箱積み	30 分	2 人	—	
11	清掃・現場回復作業 (計算に入れない)	30 分	1.0 人	30 分	4.0 人

* 従来の方法による「ローリングタワーでの作業」では、視認検査の場所が異なるたびにローリングタワーを移動させる必要があることから、「屋根部分と上部壁面の確認作業」、「上部からの全体チェックとキズ・たるみ・汚れ・等の確認作業」を一緒に作業で行った。またローリングタワーの移動時間は、作業時間に含めた。

* 今回の「効果検証試験」では「施工完了時確認」という観点から、「ドローンによる作業」は 2 回、「ローリングタワーでの作業」は 1 回の作業によりデータを取得した。

【得られたデータのまとめ】

それぞれ行った効果検証試験の作業に要した時間・工数の平均値を下表に算出した。

	効果検証試験の 作業内容	ドローンによる対応		従来式対応	
		所要時間	対応人数	所要時間	対応人数
1	ドローン組み立て、稼働テスト	【計 60 分】	2.0 人	—	
2	ローリングタワー（足場）の組み立て	—		【計 180 分】	3.0 人
3	屋根部分全体の状況把握、特に四隅のコーナー部分の施工状況、全体の展張状態の施工完了確認	【計 4 分】 （対応要員：操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名：計 2 名）	2.0 人	【計 28 分】 4 隅確認のためローリングタワー移動：4 分×残り 3 隅へ移動=12 分 確認時間：1 か所 3 分×4 か所=12 分 ローリングタワー昇降時間：1 分×4 か所=4 分	4.0 人 視認者 2 名＋サポーター 2 名
4	壁面高所部（4 面）の施工状況、壁面全体の展張状態の施工完了確認	【計 3 分】 1 面目 40 秒 2 面目 38 秒 3 面目 44 秒 4 面目 40 秒 計 162 秒 ⇒2 分 42 秒 ⇒約 3 分 （対応要員：操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名：計 2 名）	2.0 人	【計 26 分】 ローリングタワー移動：4 分×残り 3 面=12 分 確認時間：2.5 分×4 面=10 分 ローリングタワー昇降時間：1 分×4 か所=4 分	4.0 人 視認者 2 名＋サポーター 2 名
5	上空からのキズ・たれみ・汚れ、等の全体展張状態の施工完了確認	【計 3 分 30 秒】 （対応要員：操縦者 1 名、モニター画面チェック 1 名：計 2 名）	2.0 人	—	4.0 人 視認者 2 名＋サポーター 2 名
6	2 隅に設置したローリングタワーの上からキズ・たれみ・汚れ、等の全体の展張状態の施工完了確認			【計 12 分】 ローリングタワー移動：3 分×2 か所=6 分 確認時間：2 分×2 か所=4 分 ローリングタワーの昇降時間：1 分×2 か所=2 分	

7	ローリングタワー撤去	—		【計 60 分】 ローリングタワー 撤去時間:1.0H	3 名
8	ドローン分解・箱積み	【計 25 分】	2 人	—	
上記 1～8 までの作業を行うための所要時間・所要人数		95 分 30 秒/2 人 ⇒所要工数: 192 分/1人 =約 3.5 人時		306 分/4 名 ⇒所要工数: 1,224 分/1人 =約 21 人時	

【かかった経費】

	ドローンによる対応	従来式対応
機器レンタル費用	—	・ローリングタワー・レンタル 費用 ¥ 3,000/1 日
人件費(1 時間:4,400 円 として計算)	@4,400 × 3.5 時間/1 人 = ¥ 15,400	@4,400 × 21 時間/1 人 = ¥ 92,400
運搬費(レンタル料金で 算出)	小型車レンタル代: ¥ 15,000	小型トラック 1 日レンタル料 金: ¥ 35,000
計	¥ 30,400	¥ 130,400

【ドローンを活用した施工完了時確認作業の優位性】

今回得られたデータ、かかった経費から見た「ドローンを活用した施工完了時確認作業の優位性は次表のようになると思われる。

	ドローンによる対応	従来式対応	ドローンの比較効果
業務実施時間	1 時間 36 分	5 時間 6 分	3.3 倍速い
工数	3.5 時間/1 人	21 時間/1 人	1/6
経費	¥ 30,400	¥ 130,400	1/4 以下
得られた情報	◎:全員が共有 ドローンが飛行でき るところはどこからで も情報が取れる	○:ローリングタワ ーに登った人の み、ローリングタワ ーを設置した範囲 4～5m以内。年配 者は無理。	

(施工完了時確認作業を通じて判明したこと)

	比較項目	ドローンによる対応	従来式対応
1	施工完了時確認作業の時間、安全性、視認・確認精度、作業コストの面からの比較	① 準備作業を除く施工完了時確認作業の時間:15 分 30 秒⇒従来方式の約 1/4 以下の時間 ② 安全性:ドローンを飛ばせる場所なら、どこからでもどのような角度でも視認が可能のため、作業者の安全性は確保できる。	① ローリングタワー(足場)の組み立て・撤去を除く時間:66 分 ② 安全性:ローリングタワー(足場)の上での作業は危険が伴うし、高所作業車や足場がない場所での工具なしの確認作業は危険が

		<p>③ 確認精度:ドローンを飛ばせるところならズーム機能等を使い、様々な角度や位置から視認できる。肉眼で見られなくても精度に問題がないことが今回の試験で確認できた。</p> <p>また、ズーム機能を使った写真画像は鮮明で、ローリングタワー(足場)に登って肉眼で見るより視認精度が高いことが分かった。</p> <p>④ 作業コスト:従来方式の1/4以下になる。(上表参照)</p> <p>若手のドローン操縦者が行うことで人件費も削減できる。</p>	<p>伴う。</p> <p>③ 確認精度:肉眼で視認するメリットはあるが、確認できるのはローリングタワー(足場)に登って確認した人のみ。ローリングタワーには施工スキルの高い年配者が登るには無理な状況。そのため経験の浅い若年者が登ることになり、視認の精度は落ちることになる。</p> <p>肉眼で確認できる範囲はローリングタワーの上から見渡せる範囲でしか見られない。全部を見るためには何度もローリングタワーを動かすしかない。</p> <p>④ 施工現場にもよるが、一般的にドローンを使うより高額になる。(足場設置、高所作業車使用料、工事車両車、等のコストがかかる)</p>
2	設計時に必要な情報の取得性(完成後の立体的外観イメージの把握等)の比較(施工完了時確認時の所感)	<p>①ドローンを使えば上空より施工場所全体を俯瞰できるので周囲の環境との調和の観点から形状や色彩について設計段階で具体的に検討することができる。</p> <p>②ドローンによる上空からの俯瞰写真を基に、完成時のイメージを写真画像加工等で確認できる。</p>	<p>① 設計時に必要な情報の取得はこれまで通り下からの情報しか得られない。</p> <p>② 周りの環境に配慮した完成後の立体的外観イメージはドローンに比べて把握しにくい。</p>
3	施工工事計画立案のための情報の取得性の比較(施工完了時確認時の所感)	<p>① 上空から全体を俯瞰できること、様々な高度や角度、ターゲットに接近した上にズーム機能による拡大等の機能により、多くの写真画像を得ることができるので、得られた画像を基に施工手順やスケジュールを立てやすい。</p>	<p>① これまでのやり方では、事前に全体を俯瞰することができないため、予期せぬ問題に直面することが多かった。またローリングタワー(足場)や高所作業車を使った事前確認は、「確認作業を行った人」にだけしか現場の状況が把握されないことが多く、状況認識が共有されないため、施工工事計画立案のための情報の取得性という意味では、</p>

		②必要な時点での進捗状況を全体的、部分的に把握できるので、工事状況に応じた対応や計画の変更をタイムリーに行いやすい。	ドローンに劣ると言わざるを得ない。 ②上述したような結果、これまでの方法では、問題が生じるたびに工事計画の変更を余儀なくされることが多かった。
4	作業効率の向上・怪我等の労災防止・働き方改革の観点からの検証 (施工完了時確認時の所感)	①下にいながら、高所に登ることなく現場を視認することが出来るため労災は起きにくい。(危険な作業の回避が可能) ②高所の状況把握や確認作業においてこれまでのやり方を変える「働き方改革」になる。	①高所の現場確認や状況把握は、もっぱら若年者の役割であったが、彼らは施工経験が浅いものが多い。そのため年配の熟練者が高所に登り、転落等の事故を起こすことが多かった。これまでのやり方では、作業効率の向上策を講じることは難しい。高所作業での労災防止策は上高所作業車の活用しかないと思われる。

【ドローンを活用した状況確認作業を行った作業者の所感】

今回の「効果検証試験・施工工事完了確認作業」を終えたのちの検討会で以下の意見が出された。

- ① ドローンは飛行可能なところのどこにでも行けるので、様々なポイントを角度や距離を変えてズーム機能を使用して視認での確認が十分できることができた。現場状況把握・確認作業はドローンから得られるモニター画像や写真画像で十分できる。
- ② 前述したように、ローリングタワー(足場)を使った視認作業は、上に登ることができる作業員が確認することができず、年配の施工作業の熟練者はローリングタワーに登ることが難しいため、実際に確認作業を行うことがなかなかできない。そのため、前述したようにドローンから得られた画像で十分判断できるため、管理者や年配者にとってドローンを活用した施工前・施工後の確認作業は極めて有効な方法であると思われる。(⇒働き方改革)
- ③ 特に施工前の現場状況把握が十分にできていれば、完成物のデザインや、塗装、工事計画に生かせるので、ドローンの活用は作業の質の向上に寄与する。(⇒働き方改革)
- ④ 現場での必要情報をドローンで得るためには、高度なドローンの操縦スキルが必要だと感じられた。そのため常日頃から「ドローン操作の人材」を育て、経験を積ませることが必要だと思われる。
- ⑤ 「検討試験の実施報告書」にも記したが、ドローンを活用すると作業効果が上がり、得られる情報が多い。施工前の設計段階や、施工工事に極めて役に立つ。今後、ドローンは高所の施工工事に必須のツールに間違いなくなると感じる事ができた

以上