

タイムラプス動画を活用した 斜面对策工における施工管理効率化と 技術力向上の取組み

金山 和樹¹・竹内 信²

¹滋賀県長浜土木事務所木之本支所 道路計画課 (〒529-0426 滋賀県長浜市木之本町黒田1234)

²(公財)滋賀県建設技術センター 技術課 (〒525-0059 滋賀県草津市野路6丁目9-23)

近年、豪雨災害や法面老朽化により土砂災害リスクが高まっているが、特に地方では建設業の担い手不足が深刻化しており、斜面对策工を推進出来ない状態に陥ることが懸念される。

これに対応するため、インフラ分野における生産性向上や技術伝承を目指した「インフラDX」が推進されているが、地方自治体や中小施工者向けには、手軽で安価なICT技術の導入が求められる。本研究では、斜面对策工におけるカメラを活用したDXとして、一定間隔で撮影した写真をコマ送り動画に編集した「タイムラプス」に着目し、施工管理の効率化・安全性向上と、施工解説動画による技術力向上の効果を検討した。本稿では、その結果を報告する。

キーワード タイムラプス、施工管理、技術力向上、グラウンドアンカー、斜面对策工

1. はじめに

(1) 研究の背景

近年、気候変動が進行しており、これに伴い我が国では豪雨災害が激甚化・頻発化している。特に、土砂災害の年平均発生件数は2003年からの10年間に比べ約1.2倍に増加し、死者・行方不明者数も約2倍に増えていることから、土砂災害防止を目的とした斜面对策工の重要性が一層高まっている。

その一方で、斜面对策工を実施するために必要な建設業の担い手の不足は年々深刻化している。特に地方においては、建設業の担い手不足が顕著で、熟練技術者の高齢化や若手技術者の確保・育成が課題となっている。また、滋賀県職員採用試験においても、総合土木職への応募人数の減少傾向が続いている。このような人材不足に対応するには、担い手確保に向けた取り組みに加え、施工の生産性向上・安全性向上や技術伝承に寄与する新たな取り組みが求められる。

(2) インフラ分野におけるDXの推進と重要性

(1)に述べた課題に対処するため、国土交通省では建設現場の生産性向上や業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方の変革を目的として、平成28年度より「i-Construction」及び「インフラ分野のDX」を推進している。令和6年4月には、新たな建設現場の生産性向上の取組として「i-Construction 2.0²⁾」が策定されたところである。

「i-Construction 2.0」は、「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」を3本の柱とした指針である。ただし、斜面对策工においては、高所かつ急傾斜地での配筋作業、吹付作業、削孔作業が主となることから、土工のようにICT建設機械を活用して施工をオートメーション化するのは難易度が高い。そのため、斜面对策工では出来形管理など施工管理におけるICT技術の活用が先行しており、令和2年度には3次元計測技術を用いた出来形算出要領が策定され、吹付法枠工がi-Construction適用工種に追加されるなど、施工管理分野でのDXの導入が進んでいる状況にある。

しかしながら、地域に根付いた中小規模施工者・地方自治体がDXを導入するにあたり、高価なICT機器および高度なデジタル技術を当初から活用するのはハードルが高い。例えば、3Dレーザスキャナやドローンの導入には高額な設備投資が必要であることに加え、機器操作や新たな管理手法の学習も求められるため、全ての施工者が容易に取り入れることは難しい。

こうした状況の中、比較的コストかつ操作が容易であると同時に、施工の生産性向上・安全性向上や技術伝承に貢献できる技術として、例えば「工事記録映像活用試行要領・同解説³⁾」(以下、「映像要領」という)などにより、ビデオカメラ等で施工状況を記録した映像の施工管理への活用が検討されている。滋賀県においても、カメラを活用したDXの取り組みとして、遠隔臨場など

あらゆる業務場面における360°カメラ・ウェアラブルカメラの導入⁴⁾や、一定間隔で撮影した写真をコマ送り動画に編集した「タイムラプス」により記録した施工動画の公開⁵⁾などを進めてきた。

さらに本研究では、斜面对策工における施工管理の効率化・安全性向上や技術伝承を目的として、タイムラプスで撮影した施工記録映像による施工管理手法の提案や、タイムラプス映像と施工上重要なポイントを組み合わせた「施工解説動画」の作成・活用について検討を行った。本稿では、その結果を報告する。

2. タイムラプスとその活用

タイムラプスとは、一定の時間間隔をおいて撮影された静止画像を連続的に結合することで、時間の経過を視覚的に表現する手法である(図-1参照)。長期間にわたるプロジェクトの進捗状況を短時間で示すことができるため、特に建設現場においては、工事の全体像把握、進捗管理、透明性確保などの観点から有効である。



図-1 タイムラプスのイメージ図

タイムラプスによって生成された映像データは、メールやクラウドサービスを介して共有可能であり、遠隔地からも施工状況や進捗を直ちに確認できる。これにより、監督員が現場に足を運ばなくても工事の進捗を確認でき、監督業務の効率化が図られる。また、受注者と監督員のみならず、上司、本社、設計者、メーカー等、関係者間の情報共有も容易となる。

また、タイムラプス映像は、技術教育や訓練にも役立つ。実際の施工プロセスを映像化することで、新しい技術や手法を学ぶための教材として活用でき、若手技術者の育成にも寄与する。滋賀県と(公財)滋賀県建設技術センター(以下、「センター」という)では、令和2年度から滋賀県発注現場でのタイムラプス動画の収集・公開を連携して進めている。令和6年11月時点で、工事全体に関する動画が12本、工種別の動画が29本の計41本がセンターのホームページやYouTubeチャンネルで公開されており、「職員の技術力の向上」と「土木の魅力アップ」を主たる目的として利用されている⁵⁾。

本研究では、これらのタイムラプスの特徴を活かし、施工履歴の証明や現地立会の時間削減を目的とした施工管理、および技術力向上への適用性を検討した。

3. タイムラプスを用いた施工管理の効率化

(1) 検討方法

タイムラプス映像を活用した施工管理を導入するにあたっては、前述の映像要領⁶⁾を参考とした。また、タイムラプスカメラの設定には、センターのタイムラプス動画収集を通じて得られた撮影ノウハウを活用した⁷⁾。

さらに、筆者の所属する滋賀県長浜土木事務所木之本支所では、近接箇所でも複数発注していた斜面对策工事の施工者間調整会議の中で勉強会を立ち上げることにし、この勉強会の中で本研究に関する検討を行った。検討にあたっては、当該現場を撮影対象に選定するとともに、発注者と複数の施工者がこの勉強会を通じ意見交換を行った。

(2) 対象工種

本研究の対象工種は、グラウンドアンカー工である。

グラウンドアンカー工の施工現場環境の特徴に、斜面对策工として実施する場合は急傾斜地かつ高所での施工となり、現地で直接立ち合っでの確認が困難であることや、現場が山間部であり発注者の事務所や受注者の営業所からの距離が遠く、立会や技術支援を行う場合にも移動に時間を要することが挙げられる。また、削孔やアンカー体の構築は施工後に不可視となるため、厳密な施工管理が求められるとともに、施工履歴の適切な記録・保存も重要となる。

上記の理由から、グラウンドアンカー工の施工管理を映像で実施できる手法を確立することは、効率性のみならず安全面や品質面からもメリットが大きいと考え、グラウンドアンカー工を本研究の対象工種に選定した。

(3) 対象項目

今回タイムラプスの活用を検討した施工管理項目は、グラウンドアンカー工の削孔作業および適性試験である。

a) 削孔作業

削孔作業における確認項目の一部を以下に示す。

- ・削孔状況
- ・削孔長
- ・削孔角度
- ・グラウト注入状況

各確認項目のイメージは図-2に示すとおりである。

上記作業を現地で立会確認する場合、削孔の開始から完了まで現地に滞在する必要がある。しかし、削孔部の地質条件によって削孔にかかる時間は大きく変動することから、想定より削孔に時間を要した場合は立会者に現地での待ち時間が発生し、逆に削孔が想定より短時間で完了した場合は立会者が現場に到着するまでの間、施工者に待ち時間が発生する。このような時間のロスを解消するため、効率的な確認手法の導入が有効となる。

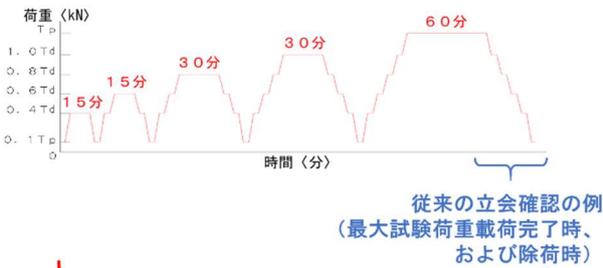


タイムラプスによる遠隔確認の実施

図2 削孔作業の立会確認イメージ

b) 適性試験

適性試験は、施工したアンカーに緊張力を試験的に与え、品質を確認する試験である(図3参照)。試験は段階的に载荷を行うことから数時間以上も時間をようすることから、現場での立会は最大荷重载荷時などを代表で確認することも多い。この場合、载荷過程での段階的な荷重設定や、荷重保持時間の設定が適切であるかは立会で確認できないことから、効率的にかつ信頼性を確保した形で試験結果を確認できる手法の導入が有効となる。



タイムラプスによる遠隔確認の実施

図3 適正試験の立会確認イメージ

(3) タイムラプス撮影時の設定

使用したカメラは、センターのタイムラプス動画収集でも活用しているBrinno (TLC2000) である⁹⁾。

フレームレート (fps) については、センターでのタイムラプス撮影の標準設定として30fpsが採用されていたことから⁹⁾、本研究においても30fpsを標準設定とした。

撮影インターバルについては、複数条件 (10秒に1枚、5秒に1枚、3秒に1枚、2秒に1枚) でテスト撮影を行い、作業内容を把握可能な値を事前に確認した。その結果、削孔作業、適性試験ともに5秒に1枚の撮影間隔であれば対象項目の作業内容を確認することが可能であったため、5秒に1枚を基本設定とした。

なお、上記のとおり5秒に1枚で撮影した動画を30fpsのタイムラプス動画とした場合、実際の2分30秒を1秒の動画に短縮でき、1時間の施工を24秒に短縮して作業状況を確認することが可能となる。

撮影位置については、削孔作業では全体像が把握できるように削孔機周辺を俯瞰できる場所にカメラを設置し、作業の全体的な流れと各工程の詳細内容が一目で確認できるように工夫した。適性試験では、荷重計の数値が読み取れるようにも留意して撮影位置を設定した。

(4) タイムラプスを活用した施工管理

図4～図7は、各施工段階のタイムラプス映像の切り抜き画像に、確認時のポイントをタグ付けしたものである。タイムラプス映像は早送りで再生されるため、事前に確認時のポイントを理解しているか否かで、得られる情報量に大きな差が生じる。このため、事前にタグ付けを行ったサンプル動画を作成し、そのタグに基づいて再生停止やスロー再生も併用しながら映像を確認できるようにしたことで、適切な施工が行われているかをタイムラプス映像で確認することが容易となった。

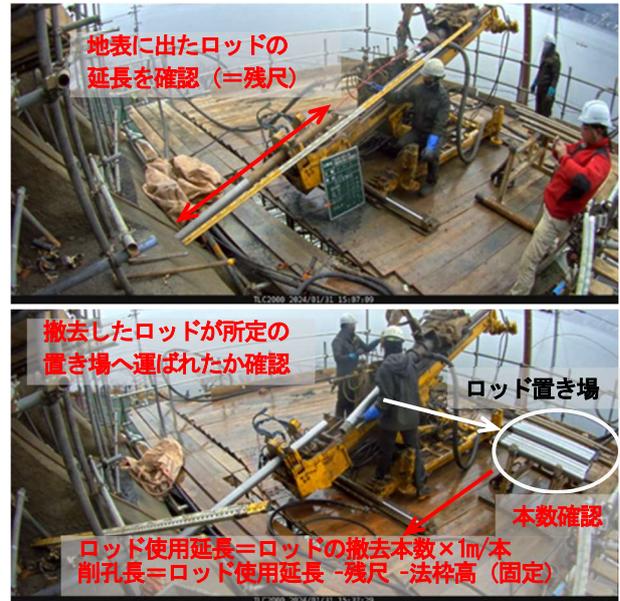


図4 タイムラプス映像による削孔長確認



図5 タイムラプス映像による削孔角度確認



図6 タイムラプス映像によるグラウト注入完了確認



図-7 タイムラプス映像による載荷荷重確認

削孔作業に関して、まず削孔長については、残尺の計測値や使用したロッドの本数をタイムラプス映像から確認可能であった。削孔角度は、今回のタイムラプス映像の解像度では正確な数値までは読み取れなかったものの、計測・記録行為が適切に実施されているかについては視覚的に確認できた。グラウトの注入完了確認においても、削孔穴の底から注入したグラウトが削孔穴上端で溢れる様子(リバーシ)を映像で確認できた。

適性試験については、荷重計の値を映像で読み取れたことから、試験計画書に沿って試験が行われていることが確認できた。荷重保持時間についても、タイムラプスでは撮影時刻が明示されるため映像での確認が可能となり、試験結果の信頼性も向上した。

また、直接立ち合わなくても施工状況の詳細が確認可能となったため、施工管理の安全性向上にもつながった。

なお、本研究での対象工事において、タイムラプス映像での現場確認を導入した場合の立会確認効率化効果の試算結果は表-1のとおりである。削孔作業の進行状況を現地で確認するためには、1本あたり約1時間程度現場に拘束され、移動時間を含めると削孔作業の立会には100分程度を要する。一方、本研究におけるタイムラプスの設定では、1時間当たりの作業を約1分で確認でき、立会に要する時間を大幅に削減可能との試算結果が得られた。

表-1 タイムラプスによる施工管理の効果(試算)

| 項目 | 従来立会 | タイムラプスでの立会 | 削減時間 | 削減時間(全数立会) |
|------|--------------------------|---------------|--------|-----------------|
| 削孔状況 | 100分/本 移動50分 立会50分 | 1分/本 動画20秒 | 99分/本 | 99分×61本=計6,039分 |
| 適性試験 | 105分/本 移動50分 立会55分 | 1分/本 動画22秒 | 104分/本 | 104分×4本=計416分 |

(5) AIによる画像認識を活用した施工管理

タイムラプスは連続した画像(フレーム)で構成されるため、(4)で述べたような映像でのチェック作業においてAIによる画像認識が適用可能であると考え、さらな

る施工管理の効率化に向け検討を行った。

今回検討した手法は、削孔に使用したケーシングの円形断面を画像認識で自動検出することによる、削孔長の自動確認である。画像認識の教師データには、図-8に示すようなテンプレート画像を用意した。画像認識AIのコーディングにあたっては、生成AI(ChatGPT)を活用することで、プログラミングの専門知識が無くとも短時間でコードの作成が可能であった。

画像認識AIによるケーシング検出結果の一例は図-9に示すとおりで、タイムラプス動画の各フレームから、ケーシングを自動抽出できた。さらに、経過時間とケーシング抽出数の関係を表したグラフの自動出力も可能で(図-10参照)、タイムラプス映像とグラフを照らし合わせながら検出結果の妥当性を確認することも可能であった。



図-8 画像認識AIの学習に用いた教師データの一例



図-9 画像認識AIによるケーシング検出結果の一例

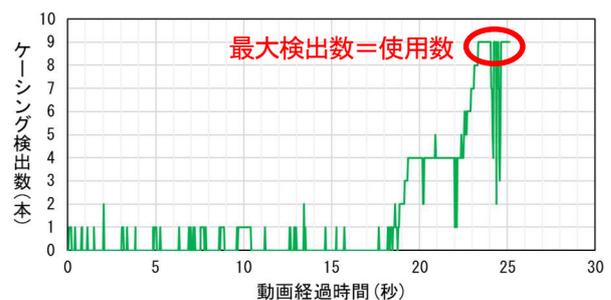


図-10 AIで作成した経過時間とケーシング抽出数の関係

4. タイムラプスを用いた技術力向上への取組

(1) グラウンドアンカー工に関する技術伝承

前述した施工者間調整会議勉強会の中で、グラウンドアンカー工の施工技術を学んだ方法について施工者へのヒアリングを行った結果、現場での実務を通じて学ぶことが多いことが確認された。実作業を通じた教育は、現場に密着しており実践的である一方、技術者不足や限られた工事機会の中で、若手技術者が今後も同様に経験を積むことは難しくなっている。さらに、技術者個人の技

能、知識、また教え方に内容が依存するため、その内容、レベルにばらつきが発生しやすい。

こうした課題に対し、映像による学習は、次のような点で教育効果を高めることができる。

a) 施工プロセス全体の把握

作業工程の全体像が一目で分かるため、通常の現場教育では断片的にしか把握できない作業の流れを、体系的かつ順を追って理解できる。

b) 学習の効率化

実際に現場へ行かずとも、繰り返し視聴できるため、現場での実作業に依存せず、何度も確認しながら学習することが可能である。現場の施工がない期間でも、技術の学習を継続できる機会を与えられる。

c) 技術の標準化

基準書に基づいた解説を加えることで、現場毎の作業のばらつきを排除し、標準化された施工手順を確認するための教材となる。

上記のうち、タイムラプスは施工プロセス全体の把握および学習の効率化に長けていることから、施工管理での活用を目的に取得したグラウンドアンカー工のタイムラプス映像をベースに、拡大写真や設計基準・施工管理基準など技術の標準化につながる情報を加えることで、技術伝承効果の高い「施工解説動画」の作成を試みた。

(2) 施工解説動画の作成

動画制作にあたっては、施工プロセス全体を可視化することを目指した。特に、作業工程を正確に記録し、視聴者にとって視聴しやすいよう動画時間に留意し、概ね10分程度を目安とした。

続いて、動画作成のプロセスを以下に示す。

a) 対象者の設定

施工解説動画を作成するにあたっては、視聴対象者を以下のとおり設定し、初学者でも理解できる基礎的な内容を軸に、技術的な解説を含めた構成とした。

①発注者側の若手監督員

グラウンドアンカー施工の全体管理や品質管理の視点を強化するため、施工管理のポイントや、工法上のリスクとその対策についての知識の習得を目標とする。

②施工者側の若手技術者・技能者

グラウンドアンカーの出来形・品質・工程等の施工管理や安全対策を適切に行えるよう、グラウンドアンカー工の基本的な内容に加え、作業全体の流れや現場条件を踏まえた対応を講じるための知識の習得を目標とする。

b) 内容の計画

動画制作に先立ち、構成案（シナリオ）の作成と技術的情報の整理を行った。

①シナリオの作成

グラウンドアンカー施工の全工程を段階的に解説する構成とした。まず初めに、グラウンドアンカー工の構造

や用語の説明を行い、次に施工の各プロセスを順に解説する。準備工、削孔、グラウト注入打設、品質保証試験・定着緊張、頭部処理の各段階について、それぞれの施工方法と留意点を解説する構成とした。

②技術的情報の整理

シナリオの案が完成した段階で、前述した施工者間調整会議勉強会を開催して施工者にヒアリングを行い、現場でのノウハウや経験を抽出した。ヒアリングの結果から、参考図書⁶⁾に記載されている技術的内容に加え、クレーンの作業半径や使用する足場の構造といった現場条件を踏まえた留意点なども追加することとした。

c) 撮影

施工プロセスの録画は主に施工管理に使用したタイムラプス映像を用いたが、各工程における特に注意すべきポイントや作業上のコツ、品質管理のための要点といった重点的に撮影する必要があるものについては、別途通常動画や拡大動画の撮影を行った。また、視聴者が見逃しやすい箇所については、映像内で強調表示を行った。

d) 編集

撮影した映像を整理し、次の手順で編集を行った。

①映像の整理

各ステップの映像を整理し、適宜セクションを設定することで、全体の流れが理解できるように調整した。

②ナレーションの追加

施工の重要なポイントをわかりやすく伝えるため、ナレーションを追加し、技術的な解説だけでなく、施工中のリスクや注意点についても言及するようにした。また視聴条件に左右されないよう、字幕を常に表示した。

③グラフィックやテキスト、アニメーションの挿入

作業内容を補完するために、グラフィックやテキストを挿入し、視覚的に理解しやすくした。

④参考図書の紹介

より深く学習する際の参考として、関係図書(グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説【公共社団法人地盤工学会】⁶⁾など)の紹介も動画の最後に加えた。

なお、編集作業の様子は図-11に示すとおりである。編集作業には市販の動画編集ソフトを使用しており、収集・整理した動画や技術的情報を組み合わせ、一本の動画に取りまとめた。



図-11 動画の編集作業の様子

作成した動画のイメージは図-12 に示すとおりである。作成した動画の本編は、下記 web ページで公開している。



図-12 作成した動画のイメージ

(3) 施工解説動画の効果

作成した動画について、関係者に視聴を依頼した結果、「学習素材として効果的」との意見が多く得られた。今後、施工解説動画の公開や研修資料としての利用を進め若手技術者の技術力向上につなげるとともに、熟練者による技術指導の支援ツールとしても役立てたい。

【視聴者からの意見】

a) 施工者の声

- ・施工手順が一目で理解でき、分かりやすい。
- ・映像であることから学習までのハードルが低く、土木未経験者でも興味を持って視聴できた。
- ・今後の社内教育にも積極的に活用したい。

b) 発注者の声

- ・グラウンドアンカーの監督経験が無くとも大まかな内容を把握でき、映像の持つ伝達力を確認できた。
- ・注意すべきポイントが理解しやすく、施工プロセスを把握する上で発注者の業務の一環として有益であった。

5. 今後に向けて

(1) タイムラプ映像による施工管理の普及

タイムラプ映像による施工管理の普及に向けては、まずその有用性の認知が不可欠であり、今後も現場で積極的に取り組みたい。加えて、映像活用に伴う既存書類の削減や、映像データの受け渡し方法の効率化も普及に向け有効と考えられることから、今後検討していきたい。

一方、タイムラプ映像で施工プロセスが可視化されると、施工者は「発注者に監視されている」と感じる可能性もある。撮影は監視目的ではなく、受発注者間の早期情報共有によるミス防止や協議の迅速化、受発注者双方の技術力向上が目的である点の強調も必要と考える。

(2) 施工解説動画の他工種への応用

タイムラプ映像を用いた施工解説動画の作成は、他工種でも有効と考える。また、作成作業を通じて筆者自

身のグラウンドアンカー工の知識の習得にもつながったことから、作成者自身の技術力向上の観点からも有意義である。しかし、施工解説動画の作成には、撮影の手段に加え、シナリオ作成、情報収集、撮影許諾や基準書使用申請など、多くの労力を必要とする。(公財)兵庫県まちづくり技術センターなど他府県のセンターにおいても施工解説動画の作成・公開に取り組まれていることから、作成・公開を効率的に進めるべく連携を深めたい。

(3) 画像認識AIによる施工管理の汎用化

画像認識AIによる施工管理を様々な現場で汎用的に活用するには、映像から情報を得やすくするための対象物の配置の工夫が有効であることに加え、大量の教師データによる学習が不可欠となる。教師データとなる映像の収集に向けては、本研究で提案した動画による施工管理の普及や、産学官の枠組みによる動画活用の推進により、施工映像が自動で収集される仕組みの構築が求められる。

6. まとめ

本研究では、比較的安価で取り扱いが容易なタイムラプス映像を活用した斜面对策工施工管理の効率化について検討を行い、その有用性が確認できた。また、取得したタイムラプス映像に解説を加えて作成した施工解説動画が、技術伝承に効果的であることも確認できた。

タイムラプス映像は、汎用的なカメラでも撮影でき、地方自治体や中小規模施工者にとっても手軽に導入可能で魅力的な選択肢となり得る。本研究での開発技術が、地方の建設現場へのDXの導入を加速させる一助となり、施工管理の負担軽減や精度向上に寄与することを期待し、引き続き技術の開発と普及に取り組んでいきたい。

謝辞：本稿執筆にあたり、ご協力頂いた長浜土木事務所木之本支所、(公財)滋賀県建設技術センター、および各受注者の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 気候変動を踏まえた砂防技術検討会：気候変動を踏まえた砂防技術検討会令和5年度版とりまとめ, p.1, 2024.
- 2) 国土交通省：i-Construction2.0～建設現場のオートメーション化～, pp.6-16, 2024.
- 3) 工事記録映像活用研究会：工事記録映像活用試行要領・同解説 [改訂版], 2018.
- 4) 曾我愛実, 竹内信：令和6年度近畿地方整備局研究発表会論文集, イノベーション部門I:No.5, 2024.
- 5) 一色一平, 尾井純奈：令和5年度(第55回)滋賀県土木技術研究発表会論文集, pp.108-113, 2023.
- 6) 公共社団法人地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012.
- 7) 公益財団法人兵庫県まちづくり技術センターHP：[https://www.hyogo-ctc.or.jp/ctc/training/webken/explanation_site/\(2024.11.1閲覧\)](https://www.hyogo-ctc.or.jp/ctc/training/webken/explanation_site/(2024.11.1閲覧))