

発注者側監督員による 3D モデリング併用型配筋検査の試みとその考察

新潟市役所 土木部 西部地域土木事務所 非会員 志田 康徳

1 序論

建設業界では、少子高齢化等の影響により、技能労働者の急激な減少が予測されており、今後 10 年間で約 110 万人の離職が見込まれている。このような中、国土交通省では調査・測量から設計、施工等の全ての建設生産プロセスにおいて ICT（情報通信技術）を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を 2025 年度までに 2 割向上させることを目指している¹⁾。

この i-Construction 革命の波は急速に広まっており、見えてきた様々な課題を 1 つ 1 つ解決することで、今後は国土交通省の直轄事業だけではなく、地方自治体レベルの工事においても水平展開が進んでいくことが予想される。しかし、これらの ICT は受注者側の熟練技能労働者の減少に対する対策が根底にあるせいか、近年、技術力の低下が危惧されている我々地方自治体の発注者側監督員に対する、直接的かつ具体的な効果が現段階ではいまいちイメージしづらい。

そこで、本研究では、発注者側監督員が日常業務として行っている配筋の段階確認検査において、3D モデリングを併用し、その直接的かつ具体的な効果を考察した。

2 検査対象工事

新潟市が進める新潟中央環状道路整備事業のうち、北陸自動車道黒埼 PA（上り）近傍に位置する（仮称）北陸自動車道跨道橋の橋台新設工事を対象とした。

橋台 2 基のうち A2 橋台について 3D モデリング併用型配筋検査（段階確認検査）を実施した。

なお、A1 橋台は現在施工中であるため、今後実施する予定である（図-1、 図-2）。

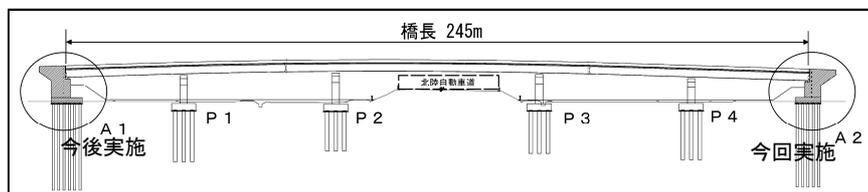


図-1.（仮称）北陸自動車道跨道橋 概略側面図

鋼少数鉄桁+鋼細幅箱桁橋

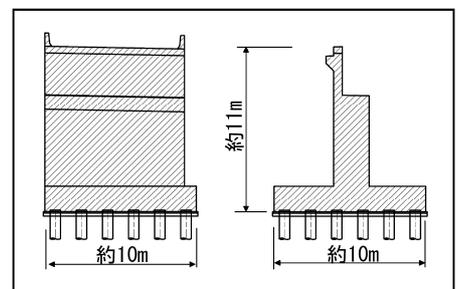


図-2.（仮称）北陸自動車道跨道橋

A1・A2 橋台 概略断面図

3 3D モデリング設計

本研究では、コストを抑えて直接的かつ具体的な効果を考察することに主眼を置いたため、3D モデリング設計については外部委託をせずに発注者側監督員自らが行った。また、既に所有していた汎用 3DCAD ソフトを使用し、CAD 導入コストも削減した。配筋等に特化した専用 CAD ではないため、2次元の橋台配筋図の配筋を 1 本 1 本インプットする必要があり、橋台 1 基の 3D モデリング作業には合計で約 40 時間を要した（図-3）。

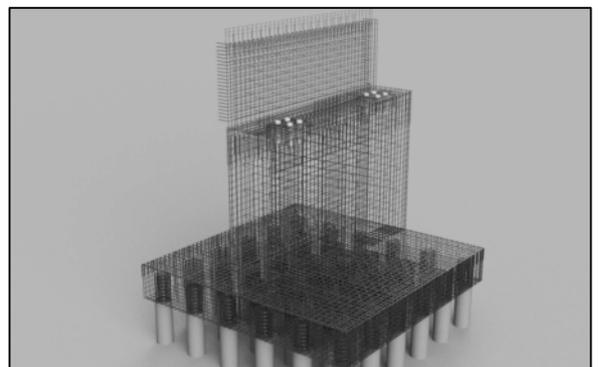


図-3. 作成した橋台配筋の 3D モデリング図

回転・拡大・注記・アニメーション・

有限要素法による応力計算等が可能

4 現場における 3D モデリング併用型配筋検査

4.1) 確認項目

新潟市では、監督員が橋台工等の鉄筋組立て完了時に土木工事監督技術基準に従って「使用材料」と「設計図書との対比」を段階確認することとしている。

写真-1 はタブレット端末でクラウドシステムにアクセスし、作成した 3D モデリング図を確認しながら配筋の段階確認検査を行っている状況である。

なお、スマートフォンを用いた同様の検査も可能である。



写真-1. A2 橋台の段階確認検査状況 (2019/7/2)

4.2) 直接的かつ具体的な効果の考察

通常の 2 次元の配筋図では細かい箇所が非常に理解しづらいが、経験が浅い職員であっても、3D モデリング図と現物を対比することにより、配筋エラーの発見を容易に行うことが可能である。

A2 橋台に対する 3D モデリング併用型配筋検査により、直接的かつ具体的に効果があったと考えられる内容を以下に示す。

①鉄筋干渉箇所の確認

配筋図は複数枚の図面があり、それぞれを重ね合わせて 3D 化すると、干渉等の不具合箇所が可視化できる。このような箇所があった場合、事前に処置方法を確認し、構造や耐久性の観点から適切であるか検討を行うことができる。例えば A2 橋台では、図-4 及び図-5 に示すとおり、橋座部の箱抜き箇所や杭頭鉄筋部の干渉が発見でき、現場では処置を行った後の配筋状況を確認することができた。

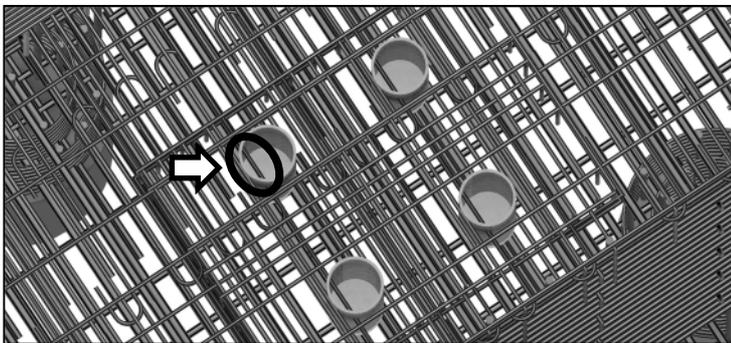


図-4. 橋座部箱抜き箇所と鉄筋の干渉状況

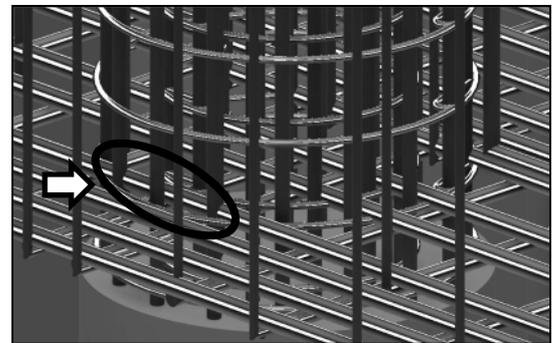


図-5. 杭頭鉄筋とフーチング下面主鉄筋の干渉状況

②たて壁部における帯鉄筋と中間帯鉄筋

たて壁部帯鉄筋は軸方向鉄筋の外側へのはらみ出しを防止することが役割の 1 つであり、帯鉄筋が軸方向鉄筋を取り囲むように施工がされていて、中間帯鉄筋のフックもしっかり帯鉄筋にかかり、拘束できているか 3D モデリング図と対比しながら確認を行うことができた。

また、フーチング内部における中間帯鉄筋は不要であるため、余分に配置されていないことの確認もできた (図-6)。

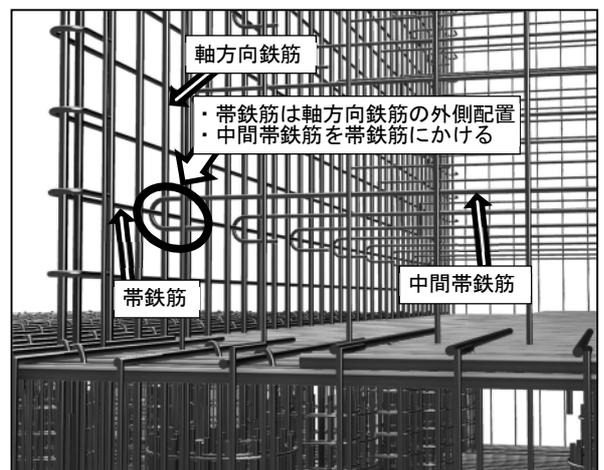


図-6. たて壁部の配筋状況

③フーチング部における端部補強筋

配筋を行う際は、施工性等の観点から配力鉄筋を主鉄筋

の外側に配置することが標準である。しかし、フーチングの端部補強筋は配力鉄筋の機能を兼ねているものの、主鉄筋の内側への配筋でなければ、補強効果が期待できない。このため、配力鉄筋であるにも関わらず、例外的に内側配筋とする必要がある。本モデルを使用したことで、この取り違えがないことの確認ができた。(図-7)。

④フーチング部におけるスターラップ

フーチング部のスターラップは、半円形フック部を引張側配力鉄筋にかけ、直角フック部を圧縮側配力鉄筋にかけることが標準である。フック部は2次元の図面では細かくて見づらいが、3Dモデリングを行ったことで、容易に確認を行うことができた(図-8, 図-9)。

また、フーチング部主鉄筋は前趾上面、前趾下面、後趾上面、後趾下面でそれぞれ径が異なることが多い。外力のかかり方をイメージして、鉄筋径の取り違えに気付けるようになるのが理想であるが、非常に重要な箇所であるため、本モデルにより確実な確認を行うのが望ましい。

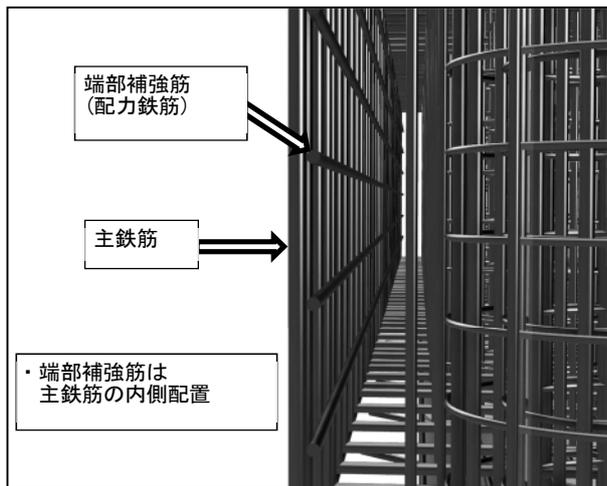


図-7. 端部補強筋 (フーチング)



図-8. 前趾下面の配筋状況 (フーチング)

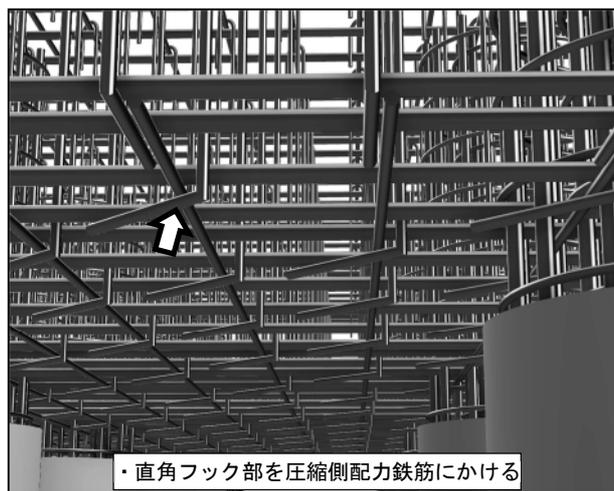


図-9. 後趾下面の配筋状況 (フーチング)

4.3) アンケート集計結果

本研究について、当事務所内で内容発表を行い、職員へのアンケート調査を行った。その結果、表-1に示すとおり「3Dモデリングデータを活用し、従来の方法より確実な配筋検査が実施できると思う」と全員が回答し、表-2に示す肯定的な意見も得られた。

以上のことから、本研究で試みた内容は発注者側監督員にとって十分な効果が見込めると考える。

表-1. アンケート集計結果

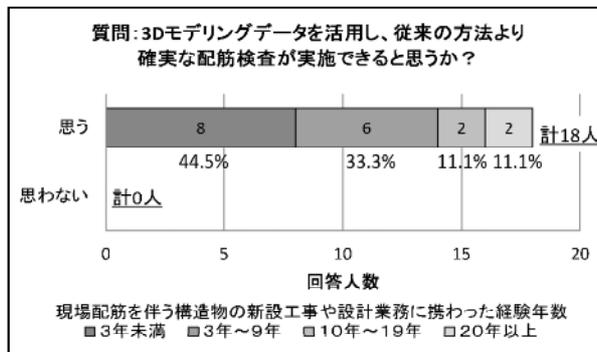


表-2. アンケートで得られた主な意見

2次元の図面では読み取りにくい部分が、より分かりやすく確認でき、段階確認検査には最適だと思う。	
構造物の維持管理・補修用の引継データとしての利用価値もあると思う。ただし、その膨大なデータの保管や管理をどうするかが課題である。	
ただ現場に行って、言われるがままに確認してしまいがちであるが、3D化することで、どこを見れば良いか考えられるようになる点が効果的だと思う。	
検査する側が自ら3Dデータを作ることで、構造の詳細を把握でき、密な検査ができると思う。	検査所要時間が短くなって良いと思う。
配筋に限らず、地元説明会で活用ができれば、分かりやすく説明ができると思う。	施工計画立案の段階での活用が非常に効果的だと思う。

5 他に考えられる活用事例

本研究では、配筋の3Dモデリング図を発注者側監督員が活用するケースを想定しているが、今回の考察を通して、本技術は以下のようなケースにも活用できる可能性がある。

①現場作業手順策定時の活用

現場作業において以下のような活用が考えられる。

- ・鉄筋が密になり、ジャンカが発生しやすい箇所を容易に推定することが可能となり、入念な締固めが必要である重点ポイントを割り出すことができる。
- ・段取り筋が必要な箇所の推定が可能となり、さらにアニメーション機能を使用することで、技能労働者等に対して組立手順の説明を迅速・確実に行うことができる。

②教育材料としての活用

配筋に関する経験が浅い職員に対して、本モデリングだけでも十分な教育材料であるが、3Dプリンタにより縮小模型を出力することで、3D形状をリアルに把握することができる。

③ユニット鉄筋としての活用

前述したとおり3Dプリンタで出力を行う際、相応の引張強度・耐久性・品質等を有する造形材料が開発されれば、将来的にはユニット鉄筋として現場への活用ができる可能性を秘めている。

6 結論

本研究では、既に設計済であった2次元の各種橋台配筋図を基に、自ら3DCADによる3Dモデリングを行った。また、作成した3Dモデリング図を実現場で活用し、配筋状況の段階確認検査を行うとともに、我々発注者側監督員に対する直接的かつ具体的な効果の考察を試みた。

その結果、通常の2次元の配筋図では細かい箇所が非常に理解しづらいが、経験が浅い職員であっても、3Dモデリング図と現物を対比することにより、配筋エラー等の発見を容易に行えることが分かった。

近年、橋梁の新設工事は減少傾向にあり、我々地方自治体の職員は橋梁の建設に携わる機会が大幅に減少している。このことから、橋梁の新設工事に関する技術力の低下はやむを得ない状況であるが、本研究のように3Dモデリング技術を活用することで、不足している技術力を大幅に補うことが可能となる。

7 今後の課題

当初、この研究の目指すところは、3Dモデリングだけではなく、モデリングしたデータを3Dプリンタで出力し、縮小模型を現場に持参して実物対比検査を行うことであった。しかし、FDM方式の3Dプリンタでは、最小鉄筋径13mmのモデルを手の平サイズに縮小して出力することは、いかに工夫を施したとしてもプリント精度やフィラメント強度の観点から困難であった。これらの出力に関する諸問題を、低コストでどのように解決するかが今後の課題である。

この3Dモデリングの分野は建設業界ではまだ発展途上であり、可能性と希望に満ち溢れている分野だと考えている。今後も3DCAD技術、3Dプリント技術を駆使し、建設業界の様々な課題解決に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書，353pp.(p.42)，2019