

VR を活用した品質管理教育システムの構築

Development of Education System for Quality Management Utilizing VR

山澤 晴康*1 細田 英一*2 門野 陽*3
Haruyasu Yamasawa Eiichi Hosoda Akira Kadono

要旨

建設業においては、生産性向上や働き方改革の重要性が増し、若手社員への現場 OJT による基礎教育に費やす時間が取りにくくなっている。しかし技術教育の中でも躯体工事における鉄筋工事に関する事項は特に重要であり、確実に知識の習得が必要とされている。

今回開発したシステムは、VR (Virtual Reality) 技術を用いたマンション工事の躯体工事施工状況 (柱・壁・梁・床配筋施工状態) の仮想空間内にて、教育受講生が配筋検査を行うものである。このシステムにより、会議室内で工事現場と同じ視線で効率的かつ均質的に配筋施工の品質管理基礎教育を実施できるようになる。

本報告では、当該システム開発の背景、目的、フロー、概要および今後の展望について紹介する。

キーワード：VR 仮想空間 教育 配筋検査 品質管理

1. はじめに

建設業界は工事量の増加に伴い、非常に繁忙な状況が続いている。ここ数年、若手社員の採用数は増加しているものの、生産性向上や働き方改革が進められる中、現場において上席者の仕事を見て学ぶもしくは手を動かして学ぶ機会が少なくなっている。また、躯体の PCa 化や S 造工事の増加などにより在来工法の RC 造現場が減少していることから、若年層において躯体工事の知識習得に個人差が生じている。

躯体工事における配筋施工は、特に重要かつ基本的な品質管理ポイントである。また、配筋不具合による施工ミスが起きると、大きな手戻りや手直し費用が発生する。

社員教育の基本は OJT であり、施工現場においては現場 OJT 教育を主として進めていくことが知識習得への一番の近道ではある。そのため、座学による一般的な集合研修に偏ることなく、より実際の現場 OJT に近い環境にて教育が行うことができるよう、また均質化された共通プログラムとして教育を行うことができるよう、当システムを開発することとした。

本報告では VR を活用した品質管理教育システムの目的、開発フロー、概要、および今後の展望について報告する。

なお、本システムの開発は、株式会社積木製作 (VR システム作成)、アド設計 (BIM データ作成) の協力体制のもとに進めた成果である。

2. システム開発の目的

本システムの目的および方向性を以下に整理する。

- 1) 基本的な配筋知識の向上により、配筋不具合による品質事故の防止につなげる。
- 2) 配筋検査要領の習得。
- 3) 技術者教育の効率化、均質化。
- 4) 座学による教育ではなく、3次元の体験型教育により記憶に残りやすいものとする。
- 5) 先端技術の積極的活用。
- 6) VR により構築された仮想空間内において、現場さながらの環境での教育実施。
- 7) 今後の仕上教育、設備教育への発展検討。

3. システム開発のフロー

3.1 仮想空間の設定

最初に教育に使用する空間の選定が必要である。次の 2 案を設定の候補とした。

- ・案 A 1つの仮想空間内に RC 造、S 造、基礎等をエリア割けて配置した種々のパターンでの配筋状況
 - ・案 B マンション 1 室分の各施工段階の配筋状況
- 検討の結果、配筋納まりや躯体工事のフロー等基本的事項を学ぶには、マンション工事の配筋検査が妥当であると考え、案 B を選択した。

*1 工務管理本部 技術統括部

*2 東京本店 建築技術部

*3 大阪本店 建築技術部

3.2 設計図・躯体図の作成

仮想空間の設定としてマンション1室を選定し、『VR マンション新築工事』として設計図（構造図）、躯体図の作成を行った（図1、2）。

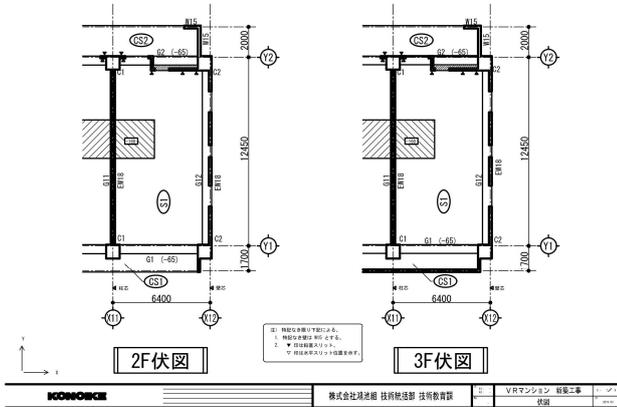


図1 設計図（構造伏図）

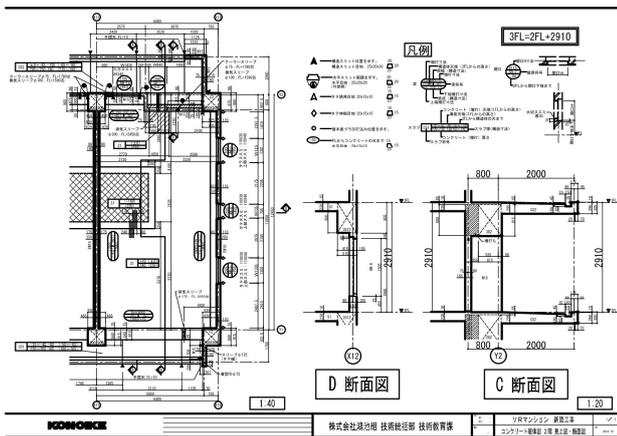


図2 躯体図

3.3 不具合問題の作成

本システムは仮想空間内において配筋検査を行い、不具合を指摘する形で教育を行うものである。設計図の作成と並行して、実際の現場配筋検査で指摘が多い項目、配筋検査における重要なチェックポイント等について難易度別(A～C)の不具合問題をリスト化した（図3）。

階	軸	種別	対象	部位	指摘事項	部位	指摘事項の補足	関係図面
1	1	A	柱	ZC1	主筋 K-V方向が間違っている	柱C1 (X11-Y1)	柱主筋のK-V方向の配置が間違っている。	S7 (S6), S9 (断面リスト)
1	2	A	柱	ZC2	主筋 本数が多すぎる	柱C2 (X12-Y1)	主筋の本数が多い。(S-D32のところ10-D32に多すぎる)	S9 (柱断面リスト)
1	3	A	柱	ZC1	主筋 高さが低い	柱C1 (X11-Y2)	主筋の高さが不足している。	S4 (E01)
1	4	B	柱	ZC2	主筋 かつり厚さが不足	柱C2 (X12-Y2)	主筋のかつり厚さが不足。	S3 (A07), S9 (断面リスト)
1	5	A	壁	EW18	差筋 重ね継手長さが不足	X11連YEW18	壁差筋(D13) 差筋の重ね継手長さが不足	S3 (A03), S9 (断面リスト)
1	6	A	壁	EW18	差筋 かつり厚さが不足	X12連YEW18	壁差筋(D13) 差筋のかつり厚さが不足	S3 (A07), S9 (断面リスト)
1	7	C	壁	EW18	差筋 斜め補強筋の差筋不要	X12連YEW18	斜め補強筋の差筋は不要	S6 (E07)
1	8	C	壁	EW18	差筋 開口補強筋がない	Y12連YEW18-Aの開口	EW18の開口補強筋の差筋が未施工	S6 (E01), S9 (断面リスト)

図3 不具合問題リスト

3.4 BIMデータの作成

仮想空間として作成した設計図、躯体図データから直接VRデータを作成することはできないため、基となるBIMデータの作成を行った。このBIMデータは設計図から実際の配筋施工状態を読み取り、本数、径だけでなく、定着長さ、曲げ角度等詳細まで反映されたものである（図4、5）。

また、このシステムによる研修は配筋検査時の不具合探しであり、仮想空間は正解モデル、不正解モデルの2種類が必要であるため、BIMデータも同様に2種類作成した。

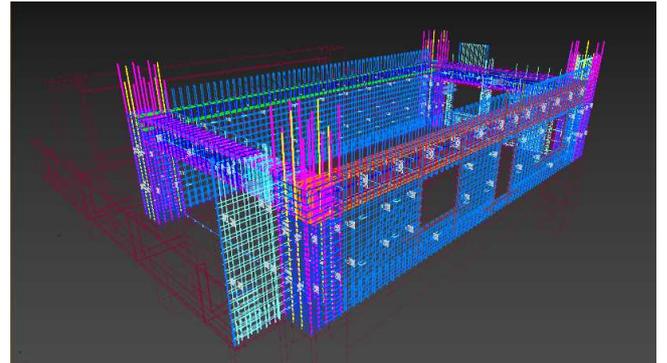


図4 BIMデータ

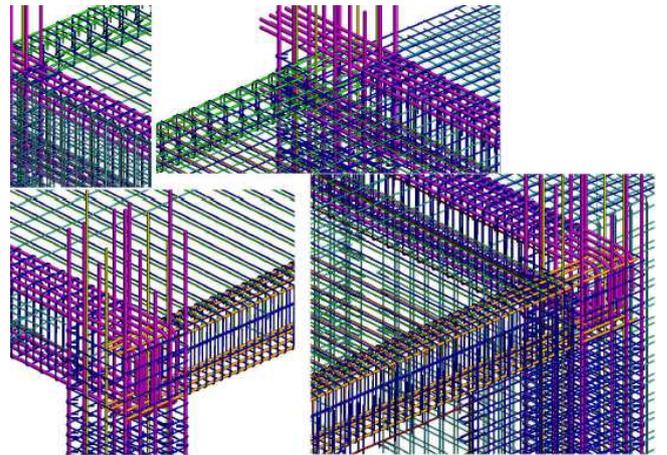


図5 BIMデータ部分詳細

3.5 VRシステムの作成

作成されたBIMデータを基にVRシステムデータの作成を行った。前述のBIMデータにおける鉄筋径の反映は、単線による色分けであったものが、太さ、異形鉄筋形状、色等がより実物に近い形で描かれ、現実空間に近いものが再現されるようになった。

また、同空間内に躯体図を反映させることにより、コンクリートや型枠もモデル化され、仮想空間がよりリアルに作成された。

作成する仮想空間については、現場で実際に行われる配筋検査段階に合わせて以下のように4つのステージを設定し

た(図6~9)。

- ステージ1：出来形および差筋検査
(下階コンクリート打設後)
- ステージ2：柱・壁配筋検査
(柱壁配筋完了状況)
- ステージ3：梁配筋検査
(上階梁配筋完了状況)
- ステージ4：スラブ配筋・差筋検査
(コンクリート打設前)

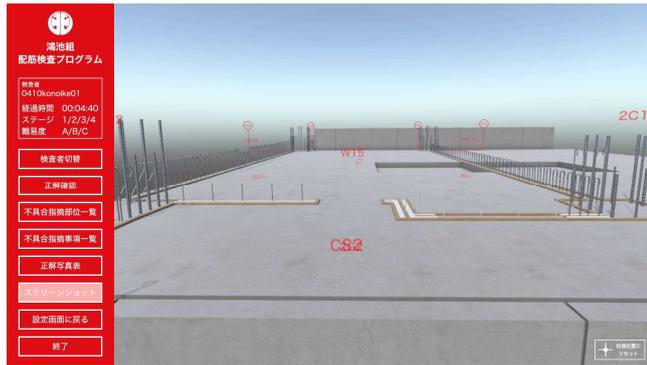


図6 ステージ1



図7 ステージ2

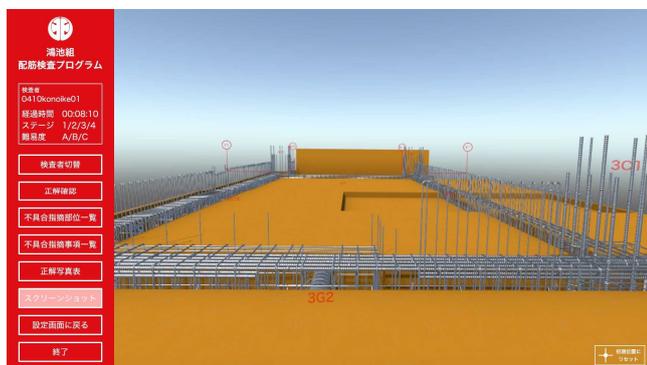


図8 ステージ3

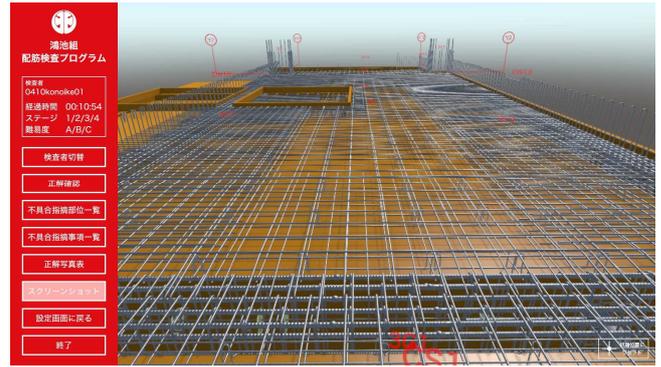


図9 ステージ4

VR空間を作成するとともに、システムのUI(User Interface)の作成を同時に行った。どのような手順で検査教育を進めていくか、どのようなエビデンスを残すか等の検討である。詳細については4.2にて記載する。

3.6 iPad版システム作成

仮想空間での体験型VRシステムは、システムとの1対1の教育であり、グループ教育を行う場合には待ち時間が発生する。待ち時間における自習のため、またシステムによる教育後の復習に活用するため、当システムのiPad版システムを同時に作成した(図10)。

この2つのシステムを併用することによって、より効果的かつ効果がある教育が実施できるようになる。

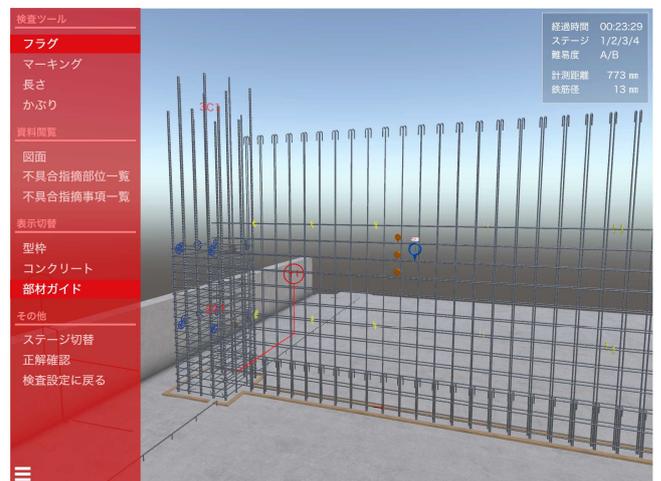


図10 iPad版

4. システムの概要と教育の運営

4.1 教育の環境

当システムは前述の通りVRによる3次元仮想空間内での教育システムを構築したものであり、ヘッドマウントディスプレイを装着することにより空間内を歩き回ることができる。また、ハンドコントローラーにより直感的に部材に

触れることができ、工事現場さながらの環境での教育が可能である。

教育実施場所は本支店の会議室等を想定しており、5m 対角程度のスペースがあれば可能である。プログラムをインストールしたシステム機材（パソコン）を用いるため、ネット接続等の環境は不要である（写真1）。



写真1 教育実施状況

4.2 教育の流れ

4つのステージの配筋施工状態の中には、合計90か所の間違いを設定しており、それぞれ3段階（A(易)～C(難)）の難易度を設定している。

研修実施の際は、ステージの選択と共に難易度の設定をA、B、C、A+B、B+C、A+B+Cの6パターン設定することができ、前述の4つのステージ選択と共に都度異なる設定での研修を行うことを可能としている。

教育時は受講者の選択後、ステージや難易度を定めてスタートする（図11）。



図11 教育スタート設定画面

教育は複数名（4～6名程度）のグループ教育とし、1名がVRによる検査を行っている間、他の者はiPadにて予習を行う。

ヘッドマウントディスプレイを装着した受講者は、VR空

間の中で配筋検査を行い、不具合内容を選択肢から選び、写真撮影を行う（図12）。受講者の成績は指摘した不具合の正解数に応じて点数化され、「不具合指摘事項一覧」（図13）、「不具合指摘部位一覧」（図14）、「不具合/正解写真」（図15）がエビデンスとして出力される。



図12 不具合指摘状況

配筋検査 不具合指摘事項一覧		工事名称	VRマンション新築工事		
ステージ 2 : 2階柱壁配筋検査		日時	20190423	検査者	0410konoike01
不具合部位No.	対象	部位	不具合事象	難易度	指摘正解
1	壁 EW18	斜め補強筋	方向が間違っている	B	○
2	壁 W15 (貫所)	縦筋	鉄筋径が間違っている	B	×
3	壁 W15	スリーブ	逆勾配になっている	C	○
4	壁 W15 (貫所)	縦筋	かぶり厚さが不足	C	×
5	壁 W15	縦止め筋	配筋されていない	A	○
6	柱 2C1	中子フープ	配筋方向が間違っている	A	○
7	壁 EW18	横筋	配筋間隔が広い	-	×

ステージ 2	難易度	A/B/C	指摘数	7	正答率	57%	正解数	4	不具合数	28	4 / 28 × 100 =	14点
--------	-----	-------	-----	---	-----	-----	-----	---	------	----	----------------	-----

図13 不具合指摘事項一覧（採点結果）

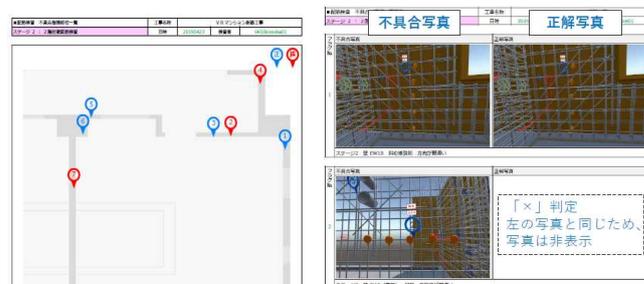


図14 不具合指摘部位一覧 図15 不具合/正解写真

5. 教育の運営と今後の展望

今回構築したVRシステムは、今後若手社員に対し新たな教育ツールとして活用していくこととなるが、配筋検査の基礎教育として3次元の体験型教育システムの導入により記憶に残りやすい効果の高いものとなることを期待している。

今後はこのシステムによる教育効果を検証した上で、新たな教育対象として仕上教育、設備教育等への展開を行っていく予定である。