鋼構造躯体の施工における IC タグを利用した品質管理支援技術の開発

IC-TAG ASSISTED QUALITY CONTROL SYSTEM FOR THE CONSTRUCTION WORKS OF STEEL STRUCTURES

中島史郎 — * 1 多葉井 宏 — * 2
中川貴文 — * 3 浜田耕史 — * 4
平出 務 — * 5 染谷俊介 — * 6
渡辺徳明 — * 7 伊藤 弘 — * 8

Shiro NAKAJIMA — * 1 Hiroshi TABAI — * 2
Takafumi NAKAGAWA — * 3 Koji HAMADA — * 4
Tutomu HIRADE — * 5 Shunsuke SOMEYA — * 6
Noriaki WATANABE — * 7 Hiroshi ITO — * 8

キーワード：
IC タグ, 鉄骨工事, トレーサビリティ, 生産履歴情報, 施工管理

Keywords:
IC Tag, Steel construction for building, Traceability, Production history information, Construction management

The IC tags assisted inspection, information recording and tracing system was developed. In the system the IC tags were used as to give permission for conducting inspection and to give codes to receive and record information. The practicality of the system was verified on the construction site of the steel structure. The system worked well as to assist the inspection works but it required a certain amount of extra pre-works such as database preparation and IC-tags installation to the steel members. The system also required additional time in conducting the inspection works compared to the conventional inspecting methods.

1. 緒言

コンピュータや情報通信技術が飛躍的に向上したことによって、どんな場所でも必要な情報を簡単に入手し、どんな場所からでも新しい情報を発信することを可能にする技術基盤が整備されてきている。この技術を建築物の施工現場において活用することによって、施工管理に新しい展開をもたらすことができる。例えば、建築物の施工検査を行う際に、サーバから携帯電話などの携帯情報端末上の検査項目をダウンロードして検査を行い、検査後に検査データを携帯情報端末から施工現場事務所などのパソコンにリアルタイムで送ることができる。一方、近年 IC タグなどの識別媒体が建築の様々な分野において活用され始めている¹⁻⁵⁾。この IC タグを活用することによって、手間を掛けずに検査項目をダウンロードすることや見たと思う検査結果を閲覧することができる。

本研究では、建築物の品質管理と生産管理における IC タグや携帯情報端末の利用の可能性を探る⁶⁻⁸⁾ために、IC タグや携帯情報端末を利用して、効果的に鋼構造躯体の施工検査を行うとともに、鋼材の製造情報を管理することを可能にするシステムを試作した。また、試作したシステムを実施工現場において試行し、その有用性を確認した。本報では試作したシステムと検証実験の結果について報告する。

2. 鋼構造の躯体工事の品質管理と情報管理への IC タグの活用

IC タグと情報通信技術を活用した鋼構造躯体の品質管理と情報管理の流れを記した概念図を図1に示す。鋼材原板の製造から部材の加工、躯体の施工までの一連の生産過程における品質管理と情報管理を、可能な限り一貫した ID を用いて行い、さらに、建物が寿命に達して解体・再資源化される過程においても同じ ID を用いて情報を引き継ぐことによって、次の世代に情報を継承することを考えている。品質管理と情報管理への IC タグの活用方法の概要は以下に示す通りである。

図1 品質管理と情報管理のイメージ

本稿の一部は既発表9),10),11),12)のものである。

¹⁾ ㈱建築研究所建築生産研究グループ 上席研究員・博士(農学)
(〒305-0802 茨城県つくば市立原1番地)

²⁾ ㈱竹中工務店技術研究所先端技術研究部 主任研究員

³⁾ ㈱建築研究所材料研究グループ 主任研究員・博士(農学)

⁴⁾ ㈱大林組技術研究所生産技術研究部 上席研究員

⁵⁾ ㈱建築研究所構造研究グループ 主任研究員・博士(工学)

⁶⁾ ㈱竹中工務店技術研究所先端技術研究部 研究員

⁷⁾ 日本鋼構造協会 担当課長

⁸⁾ ㈱建築研究所 理事・工博

¹⁾ Advanced Researcher, Building Research Institute, Dr. Agr.

²⁾ Chief Researcher, Research and Development Institute, Takenaka Corporation

³⁾ Chief Researcher, Building Research Institute, Dr. Agr.

⁴⁾ Senior Research Engineer, Technical Research Institute, Obayashi Corporation

⁵⁾ Chief Researcher, Building Research Institute, Dr. Eng.

⁶⁾ Researcher, Research and Development Institute, Takenaka Corporation

⁷⁾ Manager, Japanese Society of Steel Construction

⁸⁾ Deputy Chief Director, Building Research Institute, Dr. Eng.

2.1 原板製造

一つ一つの鋼材原板に ID を与える。原板ごとにミルシートなどの製造情報をコンピュータ上のデータベースに記録する。この際に、製造情報には前述の ID を付けて管理する。現状では、図 1 のように個々の情報保管者が保有するデータベースに製造情報が蓄積されている。以下、本稿では、これらのデータベースを「履歴情報データベース」と総称する。

2.2 切板製造

鋼材切板を製造する際には、原板の ID と板取表などの加工情報を束ねてコンピュータ上のデータベースに記録する。加工された切板にも ID を与え、履歴情報データベースに記録した情報をこの ID を用いて管理する。

2.3 部材製造

形鋼や構造部材を製造する際には、使用する切板等の ID と工作図や製品検査表などの組立情報を履歴情報データベースに記録する。個々の部材には ID を与え、組立情報をこの ID を用いて管理する。

2.4 躯体施工

施工、解体、再使用の各フェーズにおいて生じる情報も、部材に付けた ID と関連づけて管理する。全ての情報が一連の ID によって紐付けされるので、例えば解体された構造部材を構成する鋼材のミルシートなどを簡単に検索し確認することが理論上可能になる。

2.5 IC タグの役割

IC タグは原板、切板、構造部材に物理的に ID を与えるための媒体として使用する。

図2 検査のフローとICタグの役割

3. IC タグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムの概要

図2にICタグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムの全体フローを示す。ICタグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムでは、ICタグを構造部材の全ての端部（隣接する部材との接合箇所、以下、「接合部」と言う）に1つずつ貼る。このICタグを鋼構造躯体のボルト接合部や溶接部の検査に活用する。以下その概要について記す。

各接合部には必ず1つ以上のICタグを貼る。検査時にはこのICタグに記録されたIDをPDA等に接続したICタグ・リーダ・ライ

タを用いて読み、履歴情報データベースに送る。データベースには予め各接合部に対して行うべき検査支援情報をIDと紐付けて保存する。PDA等から送られてくるIDを検索キーとして、データベース内のデータの中から関連する検査支援情報を取得する。取得した情報はPDA等の画面上に表示される。検査者は画面上に表示される検査作業の手順に従って検査を行う。図3に検査を行う際のPDA上の操作画面を示す。図3(a)は検査者認証画面であり、検査者のIDを記録したICタグをICタグ・リーダ・ライタにかざして、検査者の確認を行う画面である。(b)は検査項目表示画面であり、接合部に

(a) 検査者認証画面
検査者のIDをICタグ・リーダ・ライタにかざして、検査者の認証を行う。

(b) 検査項目表示画面
接合部に貼ったICタグのIDを検索キーとして対象となる検査の項目を表示する。

(c) 写真撮影画面
携帯情報端末に搭載されている写真撮影機能を用いて、写真を撮影する。

(d) 検査結果確認画面
入力した検査結果の内容を確認し、履歴情報データベースに記録するための画面。

図3 検査結果を入力する際のPDAの操作画面

(a) 検査結果検索画面

部材に貼った IC タグの ID から、取得したい検査結果を検索する。

(b) 検査結果表示画面

取得した検査結果を表示する。検査結果と検査写真が表示される。

(c) 製造情報選択画面

製造情報を幾つかの項目の中から選択する。

(d) 製造情報表示画面

選択した検査結果を表示し、閲覧する。ミルシート、各種報告書が表示される。

図 4 検査結果を表示するための PDA の操作画面

貼られた IC タグを読むことによって、当該接合部について行うべき検査項目を表示させた画面である。(c)は写真撮影画面であり、PDA 等に搭載された写真撮影機能を用いて写真を撮影する画面である。(d)は検査結果確認画面であり、検査結果入力完了時表示される画面である。入力結果を履歴情報データベースに記録する操作も本画面において行う。

PDA などの機器上で作成した検査結果は、通信により履歴情報データベースに記録する。データベースには、工事名、接合部に貼った IC タグの ID、検査項目（最大 6 項目）、検査結果（最大 6 項目）、画像ファイル名、検査者 ID、検査者氏名、検査者所属、検査者連絡先、検査年月日、検査時間が記録される。

保存する一つ一つの検査データは検査開始時に取得した接合部の ID によって管理される。したがって、検査終了後はこの ID を介して必要な検査情報を入手することができる。例えば、建物の施工中にある特定の接合部の検査状況を確認したいときには、その接合部に貼ってある IC タグを読み、検査情報を PDA 上に表示する。IC タグのコードが検索キーとなり、膨大な検査記録データの中から必要なデータを抽出し、表示する。図 4 に検査結果等を閲覧する際の PDA 上の操作画面を示す。図 4(a)は、検査情報検索画面であり、接合部に貼ってある IC タグを読み閲覧したい検査項目を検索するための画面である。(b)は検査結果表示画面であり、(a)において検索した情報を表示するための画面である。検査結果、検査写真、検査日時、検査者の各情報が表示される。(c)は製造情報表示画面であり、選択した部材の製造情報（ミルシート、検査報告書、製品検査成績所など）を表示するための画面である。また、(d)は製造情報を表示させた画面の一例を示したものである。

4. 使用機器類

鋼構造躯体の施工検査支援システムを開発するにあたって、施工現場で使う機器として、PDA と携帯電話の 2 種類の媒体（図 5 参照）を用意した。両媒体を用いたハードシステムの構成は以下に記す通りである。

PDA を用いたハードシステムは、全て市販品により構成した。シ

ステムの構築に必要な PDA や IC タグ・リーダ・ライタなどを購入するための費用は概ね 12 万円から 13 万円程度であった。同システムでは、無線 LAN によりコンピュータとのデータの送受信を行うので、施工現場には無線 LAN 環境を整備しなけりななかつた。

一方、携帯電話を用いたハードシステムは、市販品の携帯電話と IC タグ・リーダ・ライタ（試作品）^{注1)}を組み合わせで作製した。同システムでは、携帯電話の通信網を利用してコンピュータとのデータの送受信を行うので、施工現場に新たな通信環境を整備しなくても良いという利点があった。

図 5 システムで使用する機器
(左) PDA、(右) 携帯電話

5. IC タグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムを導入するメリット

IC タグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムを導入するメリットは以下に記す通りである。

一つ一つの部材に IC タグを貼ることによって、躯体の施工工程において、IC タグを介して個々の構造部材の取付場所を特定することができる。また、IC タグを介して検査箇所や検査項目を特定することができることにより、検査に係わる情報を提供することができる。

一方、IC タグを活用した施工検査支援システムを導入することにより、検査を間違いなく効率的に行うことができる。個々の検査箇所に IC タグを介して ID が付与され、ID ごとに検査支援情報が紐付けされるので、検査者は IC タグを読み、携帯情報端末上に順次表示される内容に従って検査を行うという簡単な作業で検査を行うことができる。また、検査漏れなどのミスを軽減できる可能性がある。

さらに、全ての接合部に IC タグを貼ることによって、一つ一つの接合部を識別することができる。このことは、検査済みの接合部と未検査の接合部を、位置を特定しながら簡単に識別することができることを意味する。施工現場の監理者は、検査担当者の作業進捗状況をリアルタイムで把握することができ、検査結果に問題があった場合に迅速に対応できる。

一方、履歴情報データベースに記録される検査記録データは、建物の施工品質を担保する資料としての価値を持つ。全ての箇所を漏れなく、適切に検査したことを示す資料として活用することができる。

6. IC タグを活用した鋼構造躯体の施工検査支援システムの試行

鋼構造躯体の施工検査支援システムを実大の鋼構造躯体^{注2)}の施工現場において試行した結果について記述する。鋼構造躯体の施工検査支援システムを、図 6 に示す長辺 22.5m×短辺 17.6m、高さ 15.5m の実験用の鋼構造の躯体の施工工事において検証した。

図 7 に検証実験における作業の流れを示す。作業は事務所での作業、部材加工工場での作業、施工現場での作業に分類することができる。事務所では、部材に貼る IC タグの準備を行った。具体的な作業は、IC タグの貼付指示書の作成と IC タグの ID と検査項目を紐付けた履歴情報データベースの作成であった。前者については、各部材の何処にどの IC タグを貼るかを記載した指示書を作成した。こ

図 6 検証実験を行った建物の外観

図 7 検証実験における作業の流れ

の指示書を見ながら、部材加工工場の担当者が IC タグを部材に貼った。また、後者については、IC タグに記録された ID と検査項目を紐付けして履歴情報データベースに記録した。

工場では、前述の IC タグ貼付指示書に従って、IC タグを部材に貼り付けた。施工現場では、部材に貼ってある IC タグを読み、ID を取得し、履歴情報データベースから検査支援情報を取得して検査を行った。また、検査結果を履歴情報データベースに送信し記録した。さらに、検査結果を IC タグの ID を用いて検索し、検査記録を閲覧した。また、検査進捗状況の確認作業などを行った。

検証実験において検討・確認した事項は、以下の通りである。

- ①IC タグの貼付位置の妥当性
- ②IC タグ貼付作業指示書の作成と IC タグの貼付の手間
- ③部材の出荷納品確認への利用効果
- ④接合部の施工検査への利用効果
- ⑤検査記録の確認への利用効果

7. 検証結果

以下に検証結果の詳細について記述する。

7.1 IC タグの貼付位置

IC タグは、個々の部材にある一つの接合部について一つ貼ることとした。IC タグの設置手間を軽減するために、一つの部材に対して、一つの IC タグを貼ることも検討したが、IC タグを読むための移動などによる検査時の手間をできるだけ軽減するために、各接合部に 1 枚ずつ IC タグを貼ることとした。

7.2 IC タグ貼付作業指示書の作成と IC タグの貼付

IC タグを部材の所定の場所に間違いなく貼るために、約 600 ページからなる IC タグ貼付作業指示書を作成した。作業指示書は、部材のどの位置にどの IC タグを貼るかを示した資料である。作業指示書を作成するにあたって、IC タグの読み取りが現場で容易に行えるように IC タグの貼り付け位置について配慮した。また、梁と柱に取り付ける IC タグは、H 形鋼の内側などの剥がれにくい部分を選んで張った。さらに、IC タグは接合部の施工検査に利用するため、各部材の端部に IC タグを設置し、読みやすくなるように工夫した。

作成した作業指示書をもとに部材加工工場の担当者と研究担当者が約 2600 箇所の接合部に IC タグを貼った。IC タグの貼付作業には、約 23 人日(約 4 人の作業者が約 6 日間作業)を要した。部材をファブ(部材加工工場)から施工現場に搬入し、組み立てるまでの間に剥がれたり、壊れたりした IC タグの数は 11 個であった。なお、使用した IC タグの全数は 2614 枚であった。

(a) 工場での出荷確認

(b) 施工現場での納品確認

図 8 出荷確認と納品確認を行っている様子

(説明) 出荷確認と納品確認はともに部材に貼った IC タグを携帯情報端末を用いて読むことにより行った。

7.3 部材の出荷納品確認への利用効果

部材の接合部に貼った IC タグは、部材加工工場からの出荷確認と施工現場での納品確認に利用した。図 8(a)に出荷確認を行っている様子、図 8(b)に納品確認を行っている様子をそれぞれ示す。出荷確認と納品確認の各作業を、部材に貼った IC タグを読むという簡単な操作によって行うことができることを確認した。また、一つの部材の納品確認に要した時間は概ね 2,3 秒程度であった。

一方、図 9 に示すように鋼材が重ね積みされている状態での納品確認において、IC タグの有効性が確認できた。検証実験では重ね積みした状態で鋼材の納品確認を行う場面があったが、このような状態であっても、鋼材どうしの隙間にリーダー・ライタを挿入して、IC タグを読むことができた。バーコードや QR コードのように図柄を識別する媒体では、図柄のはっきりと見える場所にバーコード等を貼っておく必要があり、重ね積みされた状態では読めなくなる可能性がある。検証実験では重ね積みされた部材に貼ってある IC タグの全てを読むことができた。

7.4 接合部の施工検査への利用効果

ボルト接合部の検査を試作したシステムを用いて行った。図 10 に検査の様子を示す。検査は、携帯情報端末の使用方法についての説明を受けた施工現場の検査担当者が行った。全接合部の検査を実

図 9 トラックの荷台に荷積みされた部材

(説明) トラックに重ね積みされた部材の出荷・納品検査も携帯情報端末を IC タグに近づけることによって、個々の部材の存在を確認できた。

図 10 ボルトの本締め検査を行っている様子

(左上) 接合部の IC タグを読み ID を取得している。(右上) 本締め状況の確認を行い PDA に検査結果を入力している。(右下) 接合部の写真を撮影している。(左下) 検査済み箇所に目印を付けている

施するのに、約 4 人日 (1 人が約 4 日間検査) を要した。検査に 4 日間を要した理由の一つは、一つ一つの接合部の写真撮影を行ったことにある。1 つの接合部の検査に要する時間のうちの約 8 割は写真撮影に費やされていた。携帯情報端末における写真撮影機能の向上、撮影箇所との絞り込みなど、今後検討しなければならない課題が残る。

一方、出荷納品確認と同様に、検査時においても IC タグの利便性が確認できた。IC タグはリーダー・ライタが届きさえすれば、読むことができるので、無理な体勢を取らなくても読むことができる。高所での検査など危険を伴う環境下において、無理な体勢を取らなくて良いことは、検査効率と安全性の向上につながるものと考えられる。

検証実験では、ボルトの締め忘れを 1 カ所確認し、手直しを行っている。施工状態を漏れなく確認し、検査箇所の ID と紐付けされた写真を記録することが建物の施工品質を確保につながる可能性があることを確認した。

7.5 検査記録の確認

施工現場で、出荷納品記録、検査記録などの情報を、携帯情報端末を用いて確認した。具体的な手順は、各部材の接合部に貼った IC タグを読み、携帯情報端末の画面上に必要な情報を表示させるというものである。IC タグを読み、ID を取得することによって、必要な情報を入手することができた。煩雑な作業現場でも、検索手間をかけずに必要な情報が入手することが可能であることを確認することができた。

一方、検査結果は、検査を行うと同時に、履歴情報データベースに記録されるので、施工現場から離れた場所からも検査の進捗状況を確認することができた。検証実験では、検査の進捗状況を施工現場の事務所のパソコン上に表示させ、検査担当者とともに検査済みの箇所の確認作業に利用した。

7.6 今後の課題

試作したシステムでは鋼構造躯体の接合部に設置した IC タグに記入された ID から検査内容を取得し、個々の検査結果に ID を付与してデータベースに記録するものであるが、システムの一部に不具合があった場合などに対するフェールセーフ機能については、今後の課題である。

また、本システムでは IC タグを機械的に読み、検査内容を取得し、取得した検査内容に沿って検査を行うという方法を採用し、なるべく人為的なミスが生じない工夫を行っているが、人為的な誤入力などに対するシステム側のチェック機能についても今後検討する必要がある。

一方、本研究で実施した実験では、製造プロセスに対するシステムについての具体的な検討を行っていない。このため前述のように、約 600 ページに及ぶ作業指示書を作成し、作業指示書に従って IC タグを貼るようにしたが、今後は鋼材の製造プロセスの一環として IC タグを取り付ける工程を組み入れ、IC タグの貼り付け作業時における誤りを軽減する方法について検討する必要がある。なお、本検証実験においては IC タグの貼り付けミスはなかった。

8. 結言

一般に施工現場での作業の合理化をはかろうとすると、その分、

下準備の手間が増える。開発したシステムも例外ではなく、実験に供した建物を構成する約 600 体の部材に対して総数 2614 個の IC タグを部材加工工場のフィールドで貼るために、約 23 人日を要した。今後の課題として、鋼材の組み立て工場のライン上で部材組立工程の一環として IC タグを貼る仕組みを考えるなど、IC タグの貼付手間を軽減する方法を構築しなければならない。

一方、IC タグ自体の物理的な扱い方にも課題が残る。部材加工工場で貼った 2614 個の IC タグのうち 11 個は、トラックへの積み込み、部材加工工場から施工現場までの約 30km の輸送、トラックからの積み降ろし、躯体の施工の一連の作業中に脱落した。IC タグが脱落したのは主に、IC タグに他の部材が接触してはがれ落ちたことによる。他の部材が当たらない比較的剥がれにくいと思われる箇所を選んで IC タグを貼ったが、それでも脱落する IC タグがあったことは、建設現場で IC タグを利用する上で解決しなければならない課題の一つである。

検査作業にも課題が残る。検査は機器の使用法についての説明を受けた施工現場の検査担当者が実施したが、全接合部の検査を実施するのに、約 4 人日を要した。接合部一カ所の検査に約 1.5 分を要しており、現在の紙に記録する検査方法に比べ約 10 倍の時間を要した。検査に時間を要した主要な要因は、接合部一つ一つについて写真を残したことにある。検査時の写真撮影ルールを決めて、撮影箇所を限定するなどの工夫を行わなければならない。

付記

本研究は社団法人日本鋼構造協会と独立行政法人建築研究所との共同研究によるものであり、独立行政法人建築研究所の自主研究課題、並びに、府省連携「革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発プロジェクト」の一部として実施したものである。

参考文献

- 1) 半田雅俊, 野村善清, 香月泰樹, 宮下剛士, 高橋孝二, 金川 基: IC タグを利用した現場管理システムの開発と適用 (その 1 清掃工場解体における「管理区域安全管理システム」), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp776~777, 2005 年
- 2) 近藤 哲, 内田 茂, 金子智弥, 浜田耕史, 上宮晃雄, 汐川 孝: IC タグを利用した排水通水試験システムの開発 (その 1 システムの概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1, pp1419~1420, 2005 年
- 3) 金子 肇, 近藤 哲, 石井 勇, 椎野 潤, 浜田耕史, 高橋 暁, 多葉井宏: IC タグ利用による建設ロジスティックスの研究 (その 2 インフィル資材に対する IC タグ読み取りの基礎実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1, pp1425~1426, 2005 年
- 4) 宮丸史江, 大久保孝昭, 松本慎也: 建築工事における RFID 技術を活用した進捗管理システムの構築に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp571~572, 2007 年
- 5) 末田隆敏, 佐藤貢一, 長瀧慶明, 森川泰成, 吉田幹夫: 医療・福祉施設を対象にした RFID 技術の適用実験 (その 1 電子タグを持参した場合の歩行ナビゲーションシステム), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-2, pp571~572, 2005 年.
- 6) 中島史郎, 中川貴文, 根本かおり, 古賀純子: RFID を活用した

建物履歴情報管理手法の開発—システムの概要と改修工事における適用事例, 日本建築学会技術報告集, 第 27 号, pp17-20, 2008.6.

- 7) 中島史郎, 中川貴文, 根本かおり, 古賀純子: 構造躯体の検査情報の記録・検索への IC タグの活用, 日本建築学会技術報告集, 第 29 号, pp9-14, 2009.2.
- 8) 中島史郎: 建築履歴情報保管に関する取組み, 日本建築学会大会材料施工部門パネルディスカッション「無線情報技術は建築物・部材の維持管理を高度化できるか?」, pp11-19, 2008.9.
- 9) 中島史郎: 建築物の品質管理における IC タグとネットワークコンピュータの活用, 総合論文誌「ユビキタス社会と建築・都市のフロンティア」, 第 8 号, p69-72, 2010.2.
- 10) 中島史郎, 多葉井宏, 中川貴文, 染谷俊介, 平出努, 浜田耕史, 佐藤英雄, 伊藤弘: 鉄骨造躯体の施工に関する IC タグを利用した品質管理支援技術の開発, 第 25 回建築生産シンポジウム論文集, p59-64, 2009.7.
- 11) 浜田耕史, 中島史郎, 中川貴文, 平出努, 多葉井宏, 染谷俊介, 伊藤弘, 渡辺徳明: IC タグを活用した鉄骨工事のトレーサビリティシステムの開発 (その 1 研究開発の背景と概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集, p1295~1296, 2009.9.
- 12) 中島史郎, 中川貴文, 平出努, 多葉井宏, 染谷俊介, 浜田耕史, 伊藤弘, 渡辺徳明: IC タグを活用した鉄骨工事のトレーサビリティシステムの開発 (その 2 施工検査及び検査履歴の保存に対する支援技術), 日本建築学会大会学術講演梗概集, p1297~1298, 2009.9.

注

- 注 1) IC タグ・リーダー・ライタは日本電気株式会社が試作したものである。
- 注 2) 鋼構造躯体は、(社)新都市ハウジング協会、(社)日本鉄鋼連盟、(社)日本鋼構造協会による府省連携「革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発プロジェクト」において建設したものである。

[2010 年 6 月 17 日原稿受理 2010 年 9 月 1 日採用決定]