

ものつくり大学 紀要 2013

The Bulletin of INSTITUTE OF TECHNOLOGISTS

4

# 目次

## 巻頭言

- 1 ものづくり産業の変容に機敏に反応して教育内容の見直しを！ 稲永 忍

## 論文

- 4 両頭平面研削盤による切り込み量の計算法 平岡尚文, 高柳映介, 高橋敏夫
- 10 ドーム型超大画面ディスプレイに関する研究  
菅谷 諭, 平井 聖児, 香村 誠, ビチャイ サエチャウ
- 16 セラミック軸受の高温寿命特性に関する研究 (第1報)–高温・無潤滑における基本動定格荷重–  
市川茂樹, 川口悟史, 瀬山知亮
- 22 PC オーディオシステムにおける動作環境とデジタル信号上の jitter との関係  
三井 実, 金子 大介, 赤堀 肇, 石川 智治, 宮原 誠
- 29 軸継手に関する研究 (第1報) –試験装置の試作– 川崎浩太郎, 高橋正明
- 33 Cube 型ボス供試体の開発 菊田弘之, 澤本武博, 篠崎徹, 森濱和正, 袴谷秀幸
- 39 養生方法の違いがコンクリートの表層品質に及ぼす影響 望月昭宏, 澤本武博, 樋口正典
- 45 コンクリート表面の仕上がり状態における評価指標の構築に関する一考察  
荒巻卓見, 大塚秀三, 高橋宏樹, 三井実, 中田善久, 赤谷樹一郎
- 53 異形鉄筋を切り取ったコア供試体の圧縮強度の補正方法に関する一考察  
大塚秀三, 中田善久, 大木崇輔
- 61 散水によるコンクリート表面の明度変化に基づく構造体コンクリート強度の面評価の試み  
前田真佑, 大塚秀三, 荒巻卓見, 高橋宏樹, 三井実, 赤谷樹一郎
- 69 シラン系表面含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の表面保護効果に及ぼす  
養生温度および養生期間の影響 降旗翔, 大塚秀三, 八木修, 荒巻卓見
- 76 わが国初めての民鉄 (高崎線) と行田市の関わり 関 正寿, 増淵文男

## 解説

- 84 “トヨタ生産方式” と “みえる化” の取り組みについて 藤井宣仁

## 報告

- 88 国登録有形文化財 深谷商業高等学校記念館の復原整備について 横山晋一, 林秀樹, 梶芳晴
- 97 GFRPトラス橋の建設 –第2連絡橋「野村東太橋」–  
増淵文男, 澤本武博, 大窪力司, 村上幸一, 片山豊廣, 石井 隆, 吉澤清三, 加藤 博, 高橋辰雄
- 103 ものづくり大学平成24年度青少年教育活動報告 松本宏行
- 113 ものづくり大学同窓会 平成24年度 地域貢献活動報告  
加藤大樹, 上原苑子, 大塚秀三, 川辺憲一

## 記録

- 117 平成23年度教員研究業績一覧
- 131 平成23年度教員著作一覧
- 134 平成23年度教職員学外役職 / 審査員等一覧
- 139 平成23年度海外出張実績

## ものづくり産業の変容に機敏に反応して教育内容の見直しを！

原稿受付 2013年4月10日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 1~3

稲永 忍

ものづくり大学 学長

ものづくり大学（以下、本学という。）は技能工芸学部のみからなる単科大学で、その下に製造学科と建設学科を置いている。本学は私立大学ではあるが、国や地元自治体、産業界から大学設立の資金や設備の支援を受けて2001年に発足した。その背景には、1999年3月に公布されたものづくり基盤技術振興基本法がある。この前文には、「ものづくり基盤技術は、我が国の基幹的な産業である製造業の発展を支えることにより、生産の拡大、貿易の振興、新産業の創出、雇用の増大等国民経済のあらゆる領域にわたりその発展に寄与するとともに、国民生活の向上に貢献してきた。また、ものづくり基盤技術に係る業務に従事する労働者は、このようなものづくり基盤技術の担い手として、その水準の維持及び向上のために重要な役割を果たしてきた。我々は、このようなものづくり基盤技術及びこれに係る業務に従事する労働者の果たす経済的社会的役割が、国の存立基盤を形成する重要な要素として、今後においても変わることのないことを確信する。しかるに、近時、就業構造の変化、海外の地域における工業化の進展等による競争条件の変化その他の経済の多様かつ構造的な変化による影響を受け、国内総生産に占める製造業の割合が低下し、その衰退が懸念されるとともに、ものづくり基盤技術の継承が困難になりつつある。このような事態に対処して、我が国の国民経済が国の基幹的な産業である製造業の発展を通じて今後とも健全に発展していくためには、ものづくり基盤技術に関する能力を尊重する社会的気運を醸成しつつ、ものづくり基盤技術の積極的な振興を図ることが不可欠である。ここに、ものづくり基盤技術の振興に関する施策を総合的かつ計画的に推進するため、この法律を制定する。」と謳われている。

本学は、前文に示されている「ものづくり基盤技術に係る業務に従事する労働者」、すなわち研究開発・設計といった上流工程だけでなく、上流工程の意図を的確にくみ取り、中・下流工程にあたる現場をマネジメントできる人材の育成にも焦点を当てている。言い換えれば、生産工程全体を俯瞰しながら製品の品質や生産時間（リードタイム）の短縮、コスト競争力の最大化を推進できる人材の養成である。製造学科では生産技術者、建設学科では施工管理者の育成がそれに相当する。いうまでもなく、大学の顧客は学生と企業である。その大学は、教育と研究を通じて、個々の学生が能力を伸ばし、夢を実現できるよう支援するとともに、企業等が求める人材を育成するところである。そして、学生と企業の双方のニーズをマッチングさせるという重要な役目を担っている。

ここで一方の顧客のひとつである製造業の動きに着目してみよう。周知のように、今日、我が国の製造業は厳しい低コスト競争に曝されている。たとえば、かつて我が国が世界第1位を占めていた太陽電池や液晶テレビの生産量は、ものづくり基盤技術振興基本法公布

の数年後には中国、台湾、韓国に追い抜かれ、今では大きく遅れを取っている（日経シェア調査など）。こうした凋落はわずか10年足らずの間での出来事である。その結果、我が国の製造業は、国内の名目GDPに占める産業別割合（内閣府「国民経済計算」）第1位の座を、2005年度を境にサービス業に取って代わられた。我が国の製造業は主に輸出によって利益を上げているが、技術優位性のある製品分野であっても、軒並み世界市場でのシェアを急速に落とし、十分な利益の確保が困難になってきているという。その原因について「平成23年度ものづくり基盤技術の振興施策」（2012年6月、経済産業省・厚生労働省・文部科学省）は、概略次のように述べている。すなわち、製造業の分野では、CAD（コンピュータ支援設計）・NC（数値制御）加工等の普及により、ものづくりのデジタル化が急速に進んでいる。新興国でも、そうした高性能な生産設備を導入することにより一定の品質でものづくりが行えるようになってきている。人件費の安い新興国での大量生産によるコスト低減のメリットを享受すべく、すり合わせが不要な製品設計（モジュール化）が拡大し、製造・組立工程での付加価値が低下しつつある。こうした背景もあって、アップルなどに代表される欧米のメーカーは、製品（及び製品に付帯するサービス）の企画・開発に特化し、製造工程以外から付加価値を獲得する動きを顕在化させている。一方、アジアの新興国では、欧米企業からの発注元ブランド名による製造（OEM）などを通じて、大量・低コスト生産に特化した数多くの企業が急成長しつつある。他方、人件費の高い我が国の製造業は新興国とのコスト競争に勝てず、業績が悪化し続けているという。

また、製造業やその国内市場の大きさは、人口動態の影響も強く受ける。国立社会保障・人口問題研究所が2013年3月に発表した「2040年までの人口推計」によれば、2020年代には人口減少と高齢化の両方が日本全土で進むという。基準年の2010年と比べた2040年の人口減少率は全国平均で16.2%。65歳以上が総人口に占める割合は、基準年の23.0%から2040年の36.1%へ、また、75歳以上が占める割合も基準年の11.1%から2040年20.7%へとそれぞれ増加する。生産年齢人口（15～64歳）は、基準年の8173万人から2040年の5786万人へと、2387万人（29%）も減少する。高齢社会（総人口に占める65歳以上の人の割合が14%を超える社会）では、製造業は我が国が比較優位性を有する分野に特化すると思われる。また、国内市場が確実に縮小することから、企業の海外志向は一段と強まるであろう。こうした人口減少と高齢化は我が国に限ったことではない。時間差を置いてアジア各国でも見られるようになる。朝日新聞（2013年2月25日）によれば、我が国が高齢社会になったのは1994年、国連の推計では韓国とシンガポールも2020年までに、また中国とタイは2025年までに高齢社会になる見通しであるという。

こうした情勢の変化を受けて最近、産業人材の育成に係わる提言が次々と打ち出されている。たとえば、産学協働人材育成会議（日立製作所など企業20社と東京大学など12大学で構成）は、その「アクションプラン ～日本復興・復活のために」（2012年5月）において、我が国が新たな成長と発展を遂げるには、グローバルな視点で持続的にイノベーションを創出するフロントランナーとして世界をリードし、新たな世界標準を作ることが必要と述べている。そして、そのためには、新しい日本社会を牽引する人材として、世界を舞台にリーダーシップを発揮して活躍できるグローバル人材、既存概念にとらわれないアイデアやモデルで「新たな価値」や「解」を創出するイノベーション人材の育成が

急務であると提案している。

また、日本を元気にする産業技術会議は、その提言（2012年12月）において、「“もの”、“こと”、“ひと”づくりで日本を元気にしよう！」とのメッセージを発している。そしてその実現には、1) 俊敏なオープンイノベーションの推進によりグローバルな成長市場をつかむこと、2) グローバル課題の解決に率先して挑み、世界が必要とする新しい価値を創造すること、3) ものづくり一辺倒から脱し、新しい価値作り（ことづくり）重視へ、産業の転換を進めること、4) イノベーション拠点を国内に創設し、産業のグローバル展開が国内にも高度人材の雇用を増す成長の道筋を見つけること、5) プロデューサー型の才能を育て、人材の開国（海外からの頭脳流入）を急ぐこと、が重要としている。また、重点分野として、1) エネルギー・資源、2) 革新的医療・創薬、3) 先端材料・製造技術、4) IT・サービステクノロジー、5) 人材育成、6) 国際標準化、を挙げている。

製造業の最前線で陣頭指揮を執る、日立製作所の中西宏明社長は、「日立グループが実現する社会イノベーション」と題する講演(2012年7月19日 Hitachi Innovation Forum 2012)において、次のような基本戦略を披露している。すなわち、ハードだけで商売する時代は終わった。これからは得意分野のハードを改良しつつ、それにソフトをプラスして商売を営む。今、世界では、経済の急速な発展を遂げる国や地域の増加に伴って、ビジネスや人々の生活を支える社会インフラストラクチャー（道路・鉄道・港湾・情報などの産業基盤の社会資本、および学校・病院・公園・社会福祉施設等の生活関連の社会資本など）へのニーズが高まっている。成熟期を迎えたといわれる日本は、世界で最も充実した社会インフラストラクチャーを持つ国のひとつである。日立グループは、社会インフラストラクチャーの構築・運用や高度化が、より豊かな社会への革新をもたらすと捉えており、日本のインフラストラクチャーを支えてきた100年の実績とITをはじめとする先端的な技術でこれを加速できると考えている。具体的には、日立が強みとする鉄道事業とIT（運用システムの効率的な制御・業務のシステム化）を結びつけた事業、ストレージ事業（大量データの活用）、海水淡水化プロジェクト、インテリジェント・ウオーターシステム、スマートグリッド、ガスタービン保全システム、都市のアセット（資産や財産）マネジメント、地域エネルギーマネジメント（ITと社会インフラの融合）、デマンドレスポンス（モニタリングと管理）、人流シミュレーション技術（例えば「駅中」システム）などの分野を選択して集中を図るという。

本学の設立から12年が過ぎた。以上にみたように、この間の製造業を中心とするものづくり産業の変容は予想を上回る速さで進んでいる。本学の使命である学生と企業の双方のニーズをマッチングさせるためには、製造業などのものづくり産業の変容に機敏に反応してカリキュラムの改良や学生の就職指導などに当たることが極めて大切である。

---

論文 Article

## 両頭平面研削盤における切り込み量の計算法

原稿受付 2013 年 3 月 5 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 4~9

平岡尚文<sup>\*1</sup>, 高柳映介<sup>\*2</sup>, 高橋敏夫<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 学生<sup>\*3</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科 非常勤講師

## Calculation Method for Predicting Grinding Depth in Double Disc Grinding

Naofumi HIRAOKA<sup>\*1</sup>, Eisuke TAKAYANAGI<sup>\*2</sup> and Toshio TAKAHASHI<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Student, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Part-time Lecturer, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## Abstract

A method to calculate grinding wheel surface shape of double disc grinder and grinding depth was described. Coordinate transformation using rotation and translation matrices was applied to calculate the tilted and dressed grinding wheel surface and processed workpiece shape. Simple actual procedure of calculation using a spreadsheet program was shown. Calculated contour map of the grinding wheel surface could indicate and explain the grinding process.

**Key Words** : Grinding wheel, tilting, dressing, coordinate transformation, simulation

## 1. はじめに

両頭平面研削盤は、対向して回転するディスク型の砥石の間に加工物を連続通過させることにより、加工物の両端部平行面を同時に高精度、高能率に平面研削する工作機械である<sup>1)</sup>。平行度、平坦度、幅寸法等が $\mu\text{m}$  オーダの精度で加工可能であり、ベアリングの内、外輪の両平面(加工の基準面)、ブロックゲージ、ピストンリング等、多くの製品の研削加工に使用されている。

砥石は、平行に対向配置された位置から3次元的に微小に傾斜させて使用される(スルーフィード方式)。これによって両砥石間の距離に微小な大小が付き、加工物の砥石間への進入・加工・脱出がスムーズになされるようになる。現状、砥石傾斜量と加工量の関係は定量的に予測が困難であ

り、熟練作業者が経験と勘によって傾斜量の標準値を決めている。このため、加工物の変更のたびに調整に時間がかかり、また最適条件で運用しているとは必ずしもいえない状況にある。

シリコンウェーハ等の研削においては、インフイード方式と呼ばれる、通常砥石に傾斜をつけない研削法が用いられることが多いようである。このような場合に研削量等を予測する試みは比較的行われている<sup>2~7)</sup>が、スルーフィード方式における研削量予測に関する報告は、筆者らの知る範囲では本報でもその手法を参照する1件<sup>8)</sup>があるのみである。

本研究はこの状況を鑑み、砥石に任意の傾斜を与えたときに予測される砥石間空間形状と切り込み量を求める簡便な計算法を示すものである。

## 2. 両頭平面研削盤概要

図1に両頭平面研削盤の外観を示す<sup>9)</sup>。横軸型と呼ばれる、砥石回転軸が水平に配置された形式の例である。その機構の模式図を図2に示す。初期には平行に配置される二枚の砥石は、それぞれ図3に示す砥石対向面表面に固定した座標系において、 $x$ 、 $y$ 軸まわりに回転可能な機構となっている。

加工前には砥石を傾斜させた後、ドレッシングを行う。それに用いられるドレッシング装置の模式図を図4に示す。砥石面外に回転中心を持つアームの先端に取り付けられたドレッサが、傾斜前の砥石表面( $x$ - $y$ 平面)に平行にスイングされ、砥石表面を削る。砥石は2軸まわりに回転され、ドレッサのスイング曲線に対して3次元的に傾斜しているため、ドレッシング後の砥石形状は予測の難しい独特な曲面となる。

加工物の砥石間空間の通過の様子を図5に模式的に示す。加工物の通過方法は直線的に送られる方法もあるが、ここでは比較的良好に用いられるロータリーキャリア式と呼ばれる、キャリア円板上に円周方向に加工物を並べて固定し、円板回転によって加工物を送りこむ方法を示してある。

砥石間の空間は砥石の傾斜とドレッシングによる表面の曲面化により、微小な高低差を持つものとなる。適切にこの空間を設定し、加工物を通過させると、高→低→高の空間を連続的に通過し、図5に示したように「荒研削→仕上げ研削→スパークアウト(加工物の弾性回復分の研削過程)」が連続的に行われ、精度、効率の高い加工が行える。しかしながら、このときの加工量をあらかじめ予測するのは非常に複雑な作業となり、困難と考えられていた。

## 3. 計算方法

### 3.1 計算方法の概念

砥石研削面上に固定した座標系(図3参照)に回転の座標変換を施すことにより、傾斜後の砥石間距離を変換後の平面の $z$ 座標として読み取る計算方法が文献8)に示されている。本計算はこれを

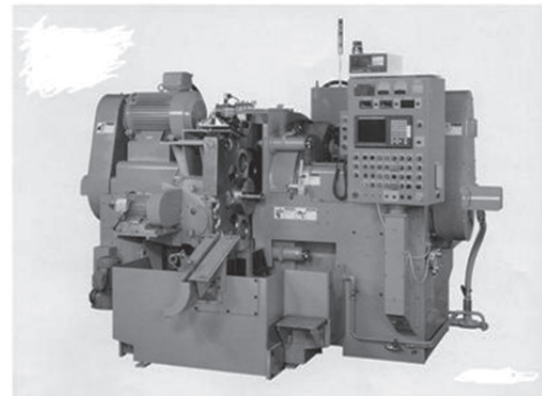


Fig.1 Photo of double-disc-grinder<sup>9)</sup>

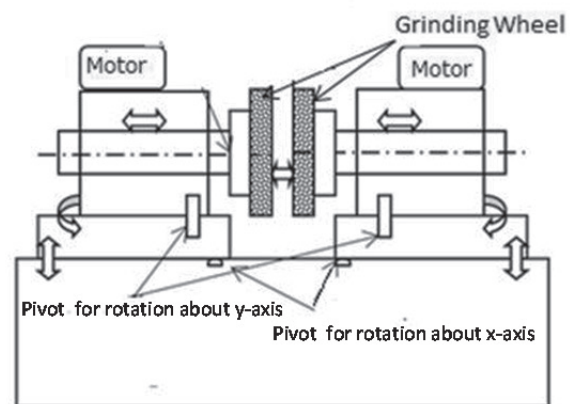


Fig.2 Schematic of double-disc-grinder

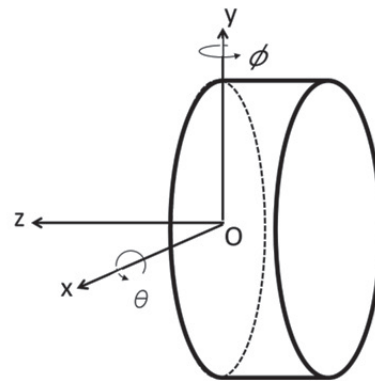


Fig.3 Coordinate system on grinding-wheel

基本とし、砥石の平行移動と、実際の加工量に大きく影響するドレッシングによる砥石の形状変化を考慮し、加工物の研削面形状を3次元的に求められるものとする。

研削盤を平行なまま用いるインフィード方式や、傾斜量が非常に小さい場合は、加工により生じる砥石の摩耗による変形が加工量や加工能率に大きく影響する<sup>3,8)</sup>が、本計算では研削盤を調整する際

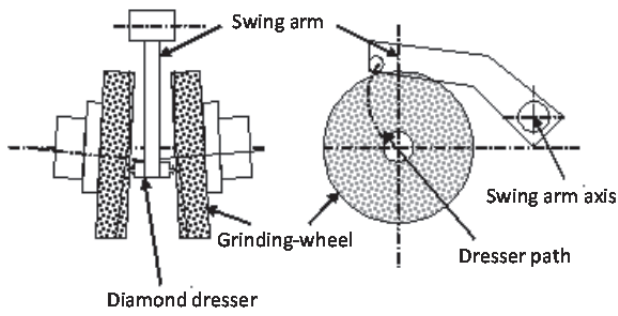


Fig.4 Schematic of dressing unit

の指針となる砥石間空間形状を求めることを目的とし、砥石、ドレッサ、加工物との幾何学的な干渉量のみを研削量として計算する。それらの変形や摩耗は考えない。

例として図3の $x$ 軸まわりにのみ砥石を回転させた場合について説明する。対面する2個の砥石の形状は同じ方法で計算でき、それを用いて両面間の距離も容易に求めることができるので、2個の砥石のうち、片方についてのみ示す。

図6は回転後の砥石を $x$ 軸の負方向に向かって見た図である。 $x$ 軸まわりに砥石を $-\theta$ 回転したとき、砥石表面に固定した $y, z$ 軸は $y', z'$ 軸に移動する( $x'$ 軸は $x$ 軸と一致)。この時ドレッサの軌跡(元の $x-y$ 平面に平行)を $x'-y'-z'$ 座標系で表せば、ドレッサ軌跡上の点の座標 $(x', y', z')$ における $z'(<0)$ そのものの絶対値が、砥石上の座標 $(x', y', 0)$ における砥石の削り込み深さ $d$ となる。

同様に、 $x$ 軸まわりに続けて $y'$ 軸まわりに砥石を回転したときには、 $x'-y'-z'$ 座標系を $y'$ 軸まわり回転した $x''-y''-z''$ 座標系における砥石軌跡上の点の $z''$ 座標値の絶対値が削り込み深さ $d$ となる。

### 3.2 具体的計算方法

砥石を図3における $x$ 軸まわりに角度 $\theta$ 回転させた後、回転後の $y'$ 軸まわりに角度 $\phi$ 回転させる場合を考える。実際の研削盤では回転の中心が砥石研削面中央にないことが多いので(図2参照)、座標系原点は回転と同時に平行移動する。 $x$ 軸まわり回転時の原点 $O$ の新しい原点 $O'$ への $y$ 方向、 $z$ 方向移動量をそれぞれ $s, t$ とし、 $y'$ 軸まわりに回転時の原点 $O'$ の $x', z'$ 方向への移動量をそれぞれ $u, v$ とする。これらの平行移動量は実物の研削盤の構造から幾何学的に求まる。

図3の $(x, y, z)$ 座標は、回転後以下のように

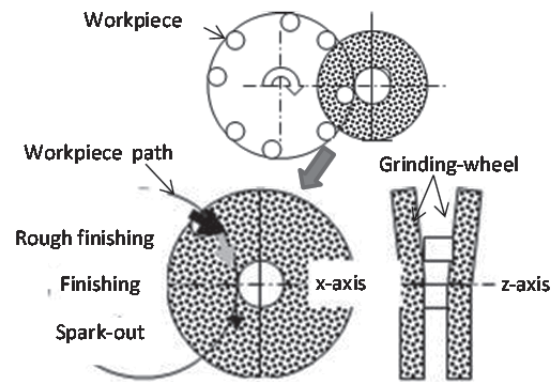
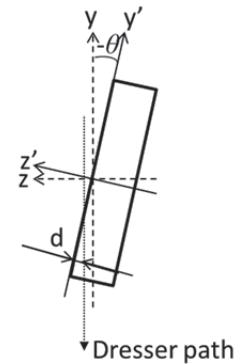


Fig.5 Schematic of grinding process

Fig.6 Relation between the dressing depth and  $y'-z'$  coordinates

$(x', y', z')$ 座標に変換される。

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix} = B(\phi) \left\{ A(\theta) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ s \\ t \end{pmatrix} \right\} - \begin{pmatrix} u \\ 0 \\ v \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$A(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$B(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

$A(\theta), B(\phi)$ はそれぞれ $x$ 軸、 $y'$ 軸まわりの回転(逆)行列である。

これを用いてドレッシング後の砥石形状を求める。ドレッサのスイング軌跡を

$$\begin{aligned} (x-a)^2 + (y-b)^2 &= r^2 \\ z &= c \end{aligned} \quad (2)$$



$a, b, c$ : ドレッサスイングアーム回転中心の  $x, y, z$  座標

$r$ : スウィングアーム回転中心からドレッサ先端までの距離

とおく. これを式(1)によって変換し,  $x''-y''-z''$  座標系で表したときの  $z'' (<0)$  が研削盤の削り込み深さである. この様子を図7に示す.

砥石は回転しているので, 砥石上の半径  $R = \sqrt{x''^2 + y''^2}$  のすべての位置での削り込み深さは, 砥石にドレッサが食い込む点  $(x'', y'', z'')$  における削り込み深さ  $d = |z''|$  となる. ドレッサの食い込み点異なる2点で同じ  $R$  となる場合は, 深い方の  $d$  が削り込み深さとなる. このようにして砥石の表面形状が定まる.

次に加工物の研削深さを求める. 加工物はドレッサ同様  $x-y$  平面内をスイングして砥石間に侵入してくる. この様子を図8に示す. 円筒状の加工物の端面を研削する例である. 円筒加工物端面上のある点  $M$  がスイングによって座標  $(x_M, y_M, z_M)$  にあるときの点  $M$  の研削深さ  $D$  は,  $z_M$  と, 先に求めた  $x''-y''-z''$  座標系の砥石表面形状を逆変換して  $x-y-z$  座標系で表したときの砥石上の点  $(x_M, y_M, z_g)$  における  $z_g$  との差で求まる ( $D = z_M - z_g < 0$ ).

点  $M$  はスイングによって砥石内部を弧を描いて通り抜ける. この軌跡に沿って  $D$  を計算し, もっとも深い  $D$  が点  $M$  の研削深さとなる. 加工物がアームに固定されている場合は, 図8に等高線として示すように, 加工物端面において点  $M$  と同じスイング半径上にある点が, すべて同じ研削深さ  $D$  を持つことになる. したがって, 計算点  $M$  をスイング半径方向に移動して計算することにより, 加工物端面全体の研削後の形状を計算することができる. 加工物が砥石との作用によって自転できるようにアーム先端に取り付けてある場合は, 加工物端面全体がほぼ計算上のもっとも深い研削深さに研削されると考えられる.

#### 4. 計算例

本章では表計算ソフト「Excel」を用いて, 離散的な座標値を使用し, 簡便な計算を行った例を示す.

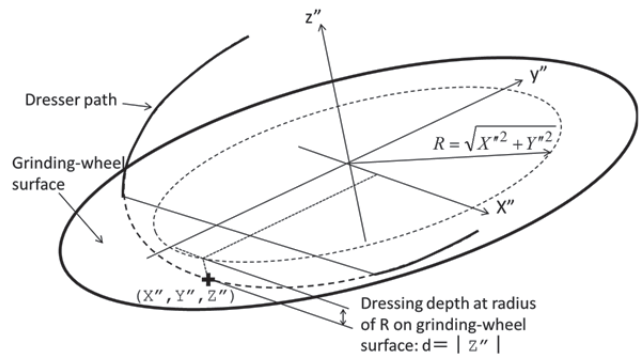


Fig.7 Relation between the dressing depth and  $x''-y''-z''$  coordinates

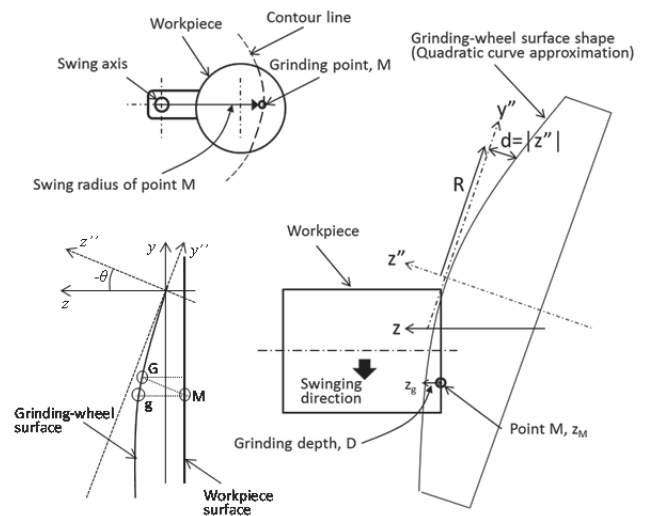


Fig.8 Relation between the tilted dressed-grinding-wheel and workpiece surface

まずドレッシング後の砥石形状を計算する. ドレッサのスイング軌跡上にある点を式(2)によって離散的に求める. 具体的には必要な精度に応じて点の数を決め, その各々の  $x$  座標を決めて式(2)によって  $y$  座標を計算する. こうして定めた  $x, y, z$  座標数値を式(1)に代入して  $x'', y'', z''$  の数値を求める.

これによって砥石形状は,  $x''-y''-z''$  座標系において半径  $R = \sqrt{x''^2 + y''^2}$  の位置で元の表面より  $|z''|$  だけ低い形状を持つ円盤として定まる. ただし, 半径  $R$  の位置は離散的にしか求められていないため, 後の計算のために砥石形状を半径  $R$  の関数として近似する. 今回の計算条件では Excel に付属の近似関数のうち, 2 次関数で近似することで  $\pm 3\%$  以下の誤差に収まった. この近似式を,

$$z_g'' = eR^2 + fR + g \quad (3)$$

$e, f, g$ : 定数

とおく．ここに  $z_g'$  は，半径  $R$  における砥石表面の  $z'$  座標である．

次に加工物の研削深さを計算する．正確には前述のように砥石表面を  $x$ - $y$ - $z$  座標系で表し，加工物の加工点  $M$  の座標  $(x_M, y_M, z_M)$  と，その  $x, y$  座標が対応する砥石上の点  $g$  の座標  $(x_M, y_M, z_g)$  を求める．これを砥石と加工物が干渉する範囲の座標で計算し，中でもっとも絶対値が大きい  $z_g$  を用いて  $D = z_M - z_g$  が求められる (図 8 における  $gM$ ) ．しかしながら，実際には砥石表面形状の  $z$  が任意の  $x, y$  に対して求められるように  $x'$ - $y'$ - $z'$  座標系から変換するのは非常に手間がかかるため，以下の近似を用いる．

$x$ - $y$ - $z$  座標系における加工点  $M$  の軌跡は式(2)と同様，円 (の一部) で表される．上記ドレッサと同様に，精度に応じて必要な数だけ軌跡上の点  $(x_M, y_M, z_M)$  を選定して  $(x_M', y_M', z_M')$  に変換し， $x_M', y_M'$  を用いて式(3)によって  $z_g'$  を求め， $(x_M', y_M', z_g')$  を逆変換によって再び  $x$ - $y$ - $z$  座標系に戻した点  $G (x_G, y_G, z_G)$  の  $z_G$  を  $z_g$  と近似する．この様子を図 8 左下に示す．

$(x_G, y_G, z_G)$  は  $(x_M, y_M, z_g)$  と一致しないが，次に示す計算例の計算条件のように  $\theta, \phi$  が  $10^{-2}^\circ$  のオーダーであれば， $x_G, y_G$  のずれ量は最大でも  $10^{-5}$  mm のオーダーであった． $z_G$  のずれ率は  $1 - 1/(\cos \theta \cos \phi)^2$  のオーダー，すなわち  $10^{-6}$  %程度と見積もられ，両者はほとんど一致する．さらに言えば，今回のよ

うな微小傾斜では，逆変換せずに図 8 の  $GM$  を  $gM$  と近似しても同程度の誤差に収まるはずである．

図 9 に傾斜後ドレッシングした砥石表面を傾斜前の砥石表面 ( $x$ - $y$  平面) から見たときの等高線 ( $z_G$ ) 計算例を示す．表 1 に計算条件を示す．図 9 左にはドレッサと加工物の配置状況を示した．また，砥石の半径を 200mm としたときの傾斜前の砥石外径 (傾斜後もこのスケールで表示するとほとんど変わらない) を実線の円で，加工物の右端，左端のスイング軌跡を破線の円弧で示してある．加工物は幅 100mm で，その端面は  $x$ - $y$  平面 (傾斜前の砥石表面) より 0.08mm 砥石にくい込んだ高度をスイングするとした．

図において色の薄い部分ほど標高が高いことを示している．砥石，加工物の弾性変形や摩耗を考慮せず，幾何学的干渉のみで考えると， $x$ - $y$  平面に平行な面内をスイングしてきた加工物は図中△の列で示す研削開始点で砥石と接触を開始し，◇の列で示す研削終了点でもっとも深く削れ，それ以降砥石と接触せずに砥石間から抜けてゆくことになる．

実際の研削現象では，加工物軌跡に沿う等高線の密度勾配から考えると，研削開始点直後が砥石表面の加工物に対する傾斜が比較的大きい荒研削領域，終了点手前が同傾斜が比較的緩やかな仕上げ研削領域となり，終了点直後は加工物の弾性回復によって砥石との接触が少しの間続くスパーク

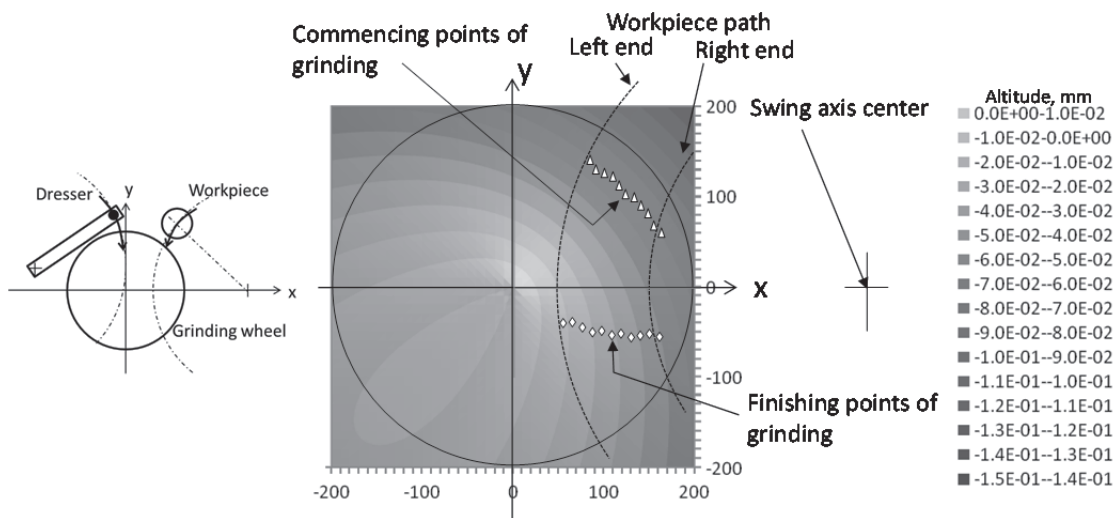


Fig.9 Contour map of the tilted dressed-grinding-wheel viewed from  $x$ - $y$  plane

Table 1 Calculation conditions

Grinding-wheel	Rotation angle about x-axis, deg.	Translation in y-axis, mm	Translation in z-axis, mm
	-0.01	0	0
Grinding-wheel	Rotation angle about y'-axis, deg.	Translation in x'-axis, mm	Translation in z'-axis, mm
	+0.01	0	0
Dresser	x-y-z coordinates of swing axis center, mm		Swing radius, mm
	-300, 80, 0		310
Workpiece	x-y-z coordinates of swing axis center, mm		Swing radius, mm
	400, 0, -0.08		250-350

アウトの領域となると推定される。

図 10 に加工物端面のスイング半径方向の研削深さの分布を示す。図 9 において加工物端面右側が図 10 では位置 0 としている。この加工条件では加工物が自転しないよう固定されている場合、100mm の幅で 40 μm ほどの傾斜がついてしまうと予想される。図 10 より平坦度については、数 μm に収まることがわかる。

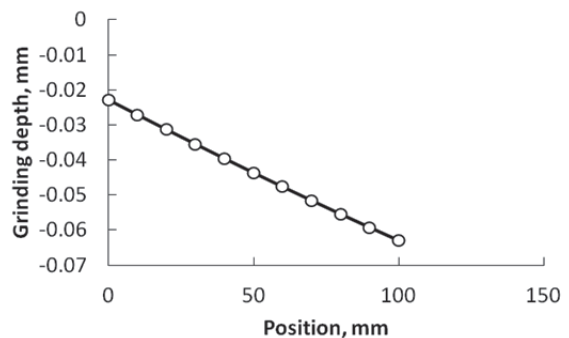


Fig.10 Grinding depth distribution along workpiece width direction

### 5. まとめ

座標変換を用いて、両頭平面研削盤の砥石が 2 軸まわりに傾斜され、ドレッシングを受けたときの表面形状と、その砥石を用いたときの切り込み量を計算する方法を示した。計算例によって荒削り-仕上げ削り-スパークアウトの研削現象の発生を視覚的に追うことができる図を示した。

### 文献

- 1) 田中勝：両頭平面研削加工とホイール，機械と工具，49，7 (2005) 51-54.
- 2) 松井正己：両頭平面研削に関する一考察，機械の研究，28，7 (1976) 859-862.
- 3) 竹崎源八：両頭平面研削盤の研削抵抗，応用機械工学，18，12 (1977) 126-133.
- 4) Z. H. Lin: An Investigation on the Accuracy of the Double Disc Grinding, Proc. Int. Machine Tool Design & Research Conf., 22 (1982) 329-333.
- 5) 村井史朗：両頭研削装置と加工特性，機械と工具，46，5 (2002) 29-32.
- 6) 石田浩修：両頭研削における加工シミュレーション，2004 年度精密加工学会秋季大会学術講演会講演論文

集，E63 (2004) 391-392.

- 7) 鈴木幹雄：極薄ウェーハの研削と研磨技術，砥粒加工学会誌，52，3 (2008) 142-145.
- 8) N. Shanbhag: Analysis and Simulation of Double Disc Grinding, Trans. NAMRI/SME, 26 (1998) 111-116.
- 9) (株) 日平トヤマ カタログ.

### 補遺

x''-y''-z''座標系から x-y-z 座標系への逆変換は下記のようなである。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = A^{-1}(\theta)B^{-1}(\phi) \begin{pmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{pmatrix} + A^{-1}(\theta) \begin{pmatrix} u \\ v \\ t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ s \\ t \end{pmatrix}$$

$$A^{-1}(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$B^{-1}(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

論文 Article

## ドーム型超大画面ディスプレイに関する研究

原稿受付 2013年3月27日

ものつくり大学紀要 第4号 (2013) 10~15

菅谷 諭, 平井 聖児, 香村 誠, ビチャイ サエチャウ

ものつくり大学 技能工芸学部 製造学科

## A Study on Direct-View Type Super Large-Screen Dome Display

Satoshi SUGAYA, Seiji HIRAI, Makoto KOMURA, Vichai SAECHOUT

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## Abstract

There is a great need for direct viewing super large-screen dome display. We propose a direct-view type large-screen dome display using an optical fiber matrix array. This technique actualizes tiled vision and seamless panel in form and also in luminance, and actualizes super large-screen display. And this technique actualizes the display with arrangemental flexibility, such as a curved surface. Moreover, this technique also actualizes high definition easily. We inspect the possibility of this technique by experiments.

**Key Words** : super large-screen display, dome display, optical fiber matrix array, tiled vision, seamless panel

## 1. はじめに

大容量で高速な情報インフラが整備され、ハイビジョンなどの高画質映像による情報通信が主流になり、用途に応じた高性能なディスプレイがキーデバイスとして要求されている。今後は、高画質映像インフラの整備/充実に伴い、より臨場感の高いディスプレイ、および曲面などの配置自由度の高いディスプレイが要求されてくる<sup>1)</sup>。そして、新しい領域として、ホームシアター/会議室、あるいは小中規模シアターなどで使用される、高精細なドーム型超大画面ディスプレイの要求が非常に高まってきている<sup>2)</sup>。

現在、対角 100 インチ以下では、液晶ディスプレイ (LCD)、プラズマディスプレイパネル (PDP) などが直視型ディスプレイとして実用化されている。また、次世代ディスプレイデバイスとして有機エレクトロルミネッセントデバイス (ELD)、

電界放出ディスプレイ (FED) などの実用化研究が行われている。しかし、これらのデバイスで対角 100 インチを超える大画面ディスプレイを実現するためには、特大面積プロセスを必要とするので、コストなどの面から非常に困難である。

一方、これらのディスプレイユニットを複数利用した大面積ディスプレイが試作されているが<sup>3)</sup>、パネル周辺に取出し電極を持つために、ユニット間の境界に線が残ったり、境界の間隔が広がるため、形状的に不連続になる。また、ディスプレイユニット間に輝度の不連続部を形成すること、およびディスプレイユニット間の輝度差を有効に補償することが困難であるなどの問題点がある。したがって現状では、対角 100 インチ以上のディスプレイは、投写型ディスプレイ<sup>4)</sup>が用いられている。しかし投写型ディスプレイは、明るい所でのコントラストを高くすることが難しいため、通常的环境下では高画質化が難しい。また、直視型大画面ディスプレイとして LED (発光ダイオー

ド)を格子状に配置したLEDディスプレイがある。しかし、LEDディスプレイは高画質化が難しく、また素子バラツキが大きいと色むらが大きいという課題がある。

即ち、ホームシアターなどのニーズがありながら、明るい所で使用できる、対角100インチを超える大画面ディスプレイの有効なデバイスがまだ見つからないことになり、それを開発することは、非常に意義のあることである。

そこで、対角100インチを超える高精細直視型超大画面ディスプレイとして、光ファイバアレイと光走査／制御技術を用いた方式を提案した<sup>5)8)</sup>。さらに、ディスプレイユニットを複数枚貼り合わせて、タイル化可能性の実証を行い、超大画面化の可能性を確認した<sup>9)12)</sup>。今回は、赤緑青のLEDを用いた3色合成光源を開発して、フルカラー化可能性を確認した。また、3色合成光源を駆動するデコーダを開発して、ビデオカメラで写した映像を表示させることが可能となった。さらに、湾曲した表示面にも対応できることを確認して、ドーム型への応用可能性を確認したので報告する。

## 2. 基本構成

Fig.1 に示すように、光ファイバアレイの1本1本の光ファイバの一方の各端面が単位画素となるように配置して表示面を構成する。赤緑青3色合成光源から出射した光が、モータに設置されて回転するミラーにより光路が曲げられて、ミラーの回りに円周状に並べて配置した、光ファイバのもう一方の端面に入射するように構成する。映像信号を元に各光源を所定のタイミングと階調で発光させて、所定の光ファイバに入射させるようにする。これにより、映像信号を元に表示面に所定の映像を表示させることが可能となる。

細い直径の光ファイバを用いることにより、単位画素を小さくすることが可能となり、容易に高精細化が実現できる。また、光ファイバ出射端面以外の領域を黒色として反射率を抑えることにより、明るい所でのコントラストを大きくすることが可能となる。さらに、光源の高輝度化により表示部の高輝度化も容易に可能となる。

そして、ディスプレイユニット内の光強度を検出して、各ユニットの輝度補正を行うことにより、ユニット間の輝度不均一性を補償し、ディスプレイユニットを並べたときに形状的にも輝度的にも不連続が発生しない、境界レス画像化を実現できる。これにより、ディスプレイユニットを何枚でも貼り合わせて並べられるタイル化が可能となり、超大画面化が可能となる。

例えば、Fig.2 に示すように、100 × 100 画素で、100 × 100mm のディスプレイユニットを構成し、10 × 20 ユニットの格子状にディスプレイユニットを配置することにより、1 × 2m (対角約 100 インチ) の超大画面ディスプレイが実現できる。また、湾曲した表示面にも対応できるので、ドーム型への応用が期待できる。

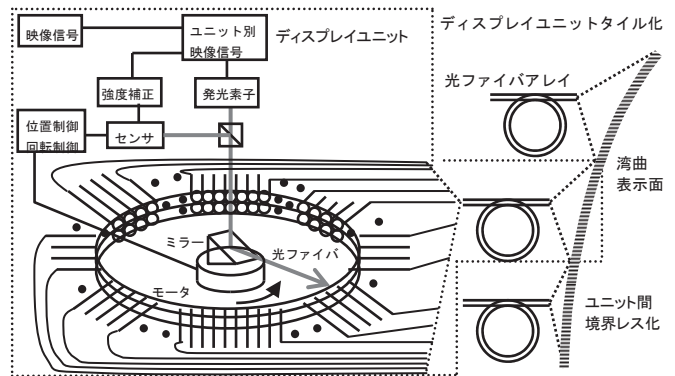


Fig.1 Schematic diagram of the direct-view type super large-screen spherical display using optical fiber matrix arrays.

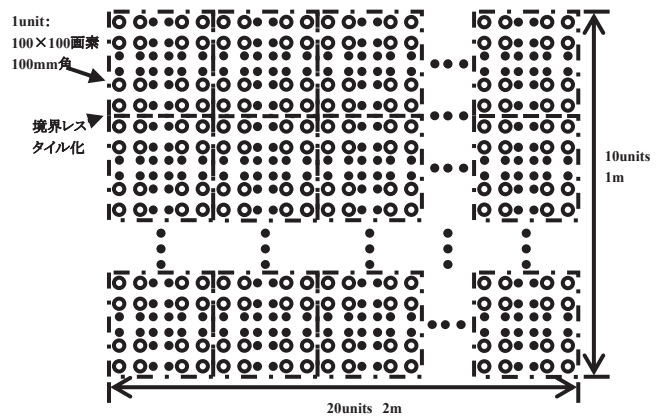


Fig.2 Composition example for super large-screen display.

### 3. 超大画面化

外径 0.75mmφ のプラスチック光ファイバ (POF) を用いて、画素ピッチ 2mm で、10 × 10 画素のディスプレイユニットを構成した。モータの回転に同期させて光源を駆動して、ミラーの回りに円周状に配置した POF の所定の端面に入射させることにより、文字などの画像が表示できることを確認した。モータは 3600rpm で回転させることにより、光ファイバの出射端面である各単位画素を、1秒間に 60 回点灯させた。

そして、Fig.3 に示すように、このディスプレイユニットを 3 × 3 の 9 枚貼り合わせた。ここで、中心部にあるディスプレイユニットは、上下左右すべての面で他のディスプレイユニットと接していることになる。このとき、境界における画素ピッチをディスプレイユニット内の画素ピッチと同じにでき、形状的な境界レス画像化が可能であり、ディスプレイユニットをタイル状に貼り合わせるタイル化が可能となり、超大画面化が可能であることを確認した。



Fig.3 Photograph of the display part for the possibility of tiled-vision. 9 display units arrange to 3 × 3. 30 × 30 pixels display is constituted.

### 4. フルカラー化

次に、Fig.4 に示すような赤緑青の LED を用いた 3 色合成光源を開発した。光源には、波長  $\lambda$  が、それぞれ 635nm, 532nm, 473nm の赤緑青の LED を用いた。安価に入手できる LED は、LD (半導体レーザー) と違って、点光源でないために光ビームを絞ることが困難であった。そこで、LED に取り付けられているプラスチックカバーを取り除き、Fig.5 に示すような光学系シミュレーションを元に、レンズ系を組み合わせることで、集光スポット径を約 2mm 程度に絞ることができた。そして、ビームスプリッターを用いて合成することにより、各色を同じ位置から出射することができた。

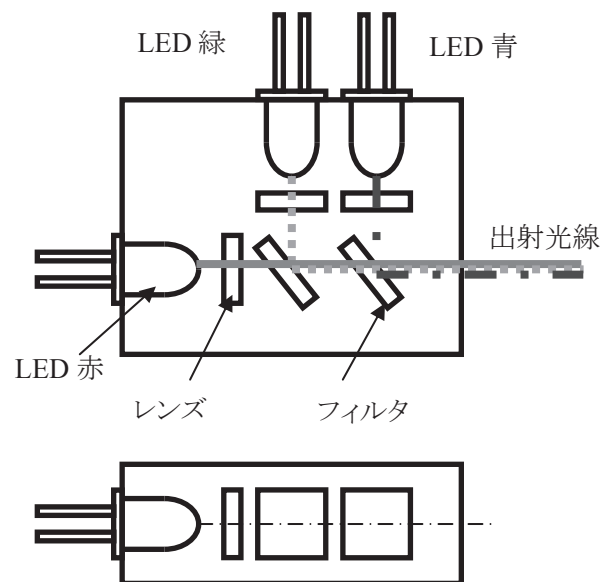


Fig.4 Three colors light source using red, green and blue LEDs.

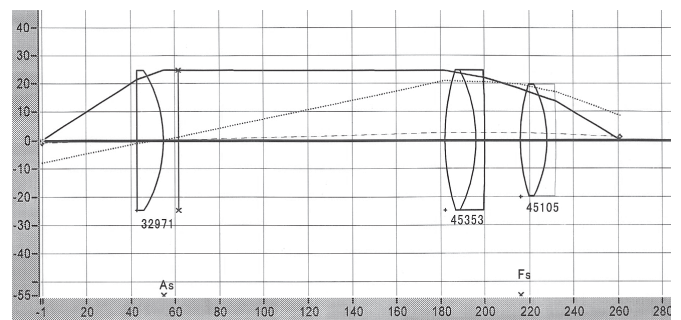


Fig.5 Simulation result of optical system for three colors light source.

開発した3色合成光源は、Fig.5に示すようなレンズ系を組み合わせたため、大きさが300 × 300 × 100t mmと非常に大きいものとなってしまった。これは、安価に入手できるLEDがLDと違って点光源ではないためである。これに対して、点光源を用いたときの3色合成光源の試作機をFig.6に示す。大きさは、60 × 40 × 10t mmに抑えられ、さらに小型化することが可能である。したがって、将来点光源に近いLEDが安価に入手できるようになれば、3色合成光源は、ディスプレイユニットの表示部と同程度の大きさに抑えることが可能であることが確認できた。

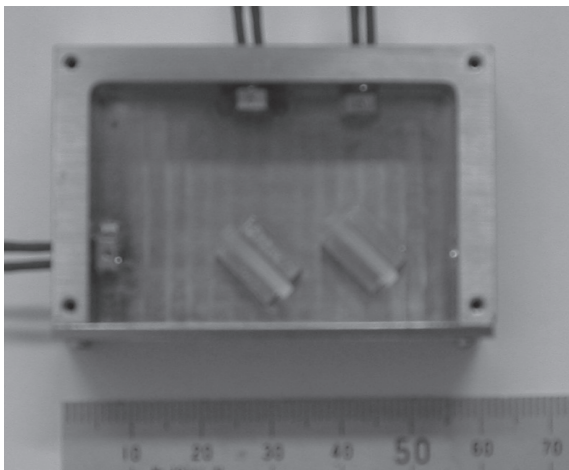


Fig.6 Photograph of three colors light source using point light sources.

また、集光スポット径が約2mmφより絞ることができなかつたため、光利用率などの関係から、使用したPOFの外径は0.75mmφとした。これも将来、点光源に近いLEDが安価に入手できるようになれば、集光ビーム径を小さく絞ることができ、さらに細いPOFを使用することができるようになり、高精細化が可能となる。現在、簡単に入手できるPOFの外径は0.1mmφである。

外径0.75mmφのPOFを用いて、画素ピッチ2mm、16 × 16画素のディスプレイユニットを構成した。モータの回転に同期させて光源を駆動して、ミラーの回りに円周状に配置したPOFの所定の端面に入射させることにより、文字などの画像が表示できることを確認した。このときの実験系の構成図をFig.7に、概観写真をFig.8に示す。

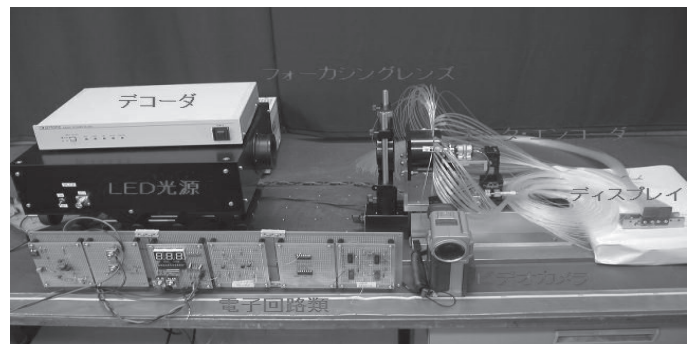


Fig.8 Photograph of the experimental system for the possibility of full-color.

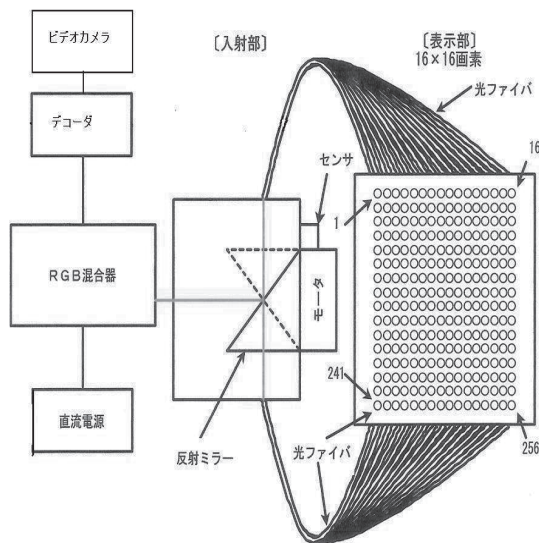


Fig.7 Experiment system for the possibility of full-color.

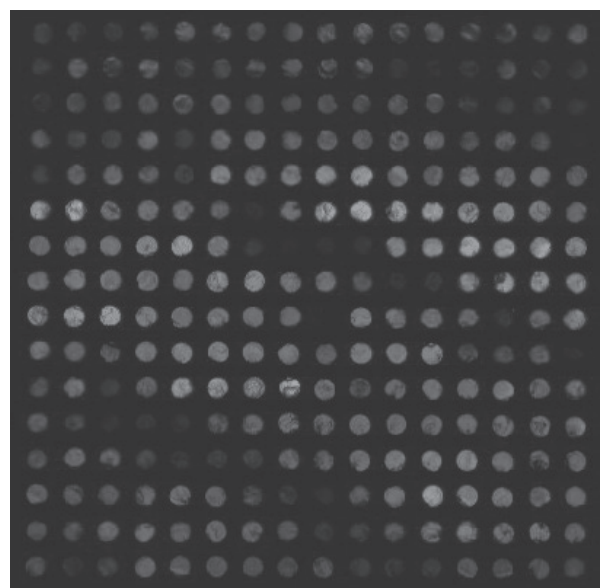
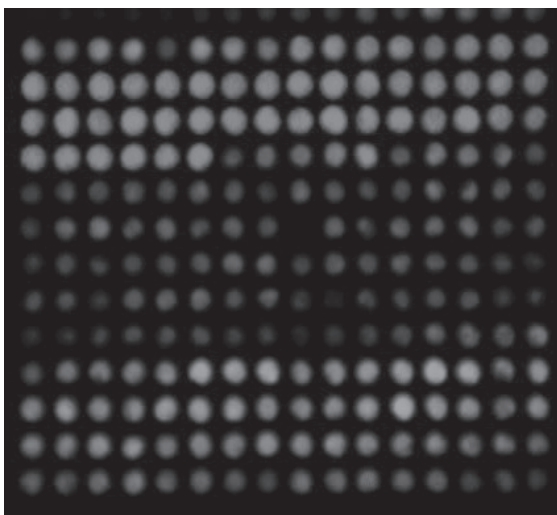


Fig.9 Photograph of the display part for the possibility of full-color.

モータの回転に同期させて、ファンクションジェネレータで作成した駆動パルスを用いて3色合成光源を駆動することにより、Fig.9に示すように、任意のフルカラー画像が表示可能であることが確認できた。



(a) Image taken with video camera.



(b) Photograph of the display part.

Fig.10 Image taken with video camera and image of display part.

さらに、ビデオカメラからの映像信号を元に、赤緑青の3色合成光源のそれぞれのLEDを駆動する信号に変換するデコーダを開発した。このデコーダを用いて、ビデオカメラからの映像信号を元に、3色合成光源を駆動することにより、ビデオカメラで写した画像を表示部に表示できることを確認した。ビデオカメラに写した元の画像、および表示部に表示させた画像を、それぞれ Fig.10 (a), (b) に示す。

## 5. ドーム型

外径 0.75mmφ の POF を用いて、画素ピッチ 2.54mm, 38 × 19 画素のディスプレイユニットを構成した。ディスプレイ表示部の曲率半径を 50mm にしたときの表示部の状態を、Fig.11 に示す。この結果から、本技術は容易に湾曲した表示面にも対応できることが確認でき、高付加価値製品として期待されている、ドーム型の応用可能性が確認できた。

さらに、ドーム型の超大画面ディスプレイの検討のために、Fig.12 に示すように、Fig.11 に示したディスプレイユニットを複数枚貼り合わせて、実用可能性の検討を進めた。



Fig.11 Photograph of the display part for the possibility of curving display.





Fig.12 Photograph of the display part for the possibility of direct-view type super large-screen dome display.

## 6. まとめ

対角 100 インチを超える直視型超大画面ディスプレイとして、光ファイバを用いたディスプレイを提案し、その実用可能性の検証を進めている。今回は、赤緑青の LED を用いた 3 色合成光源を開発し、任意のフルカラー画像が表示できることと、ビデオカメラで撮影した画像を表示することが可能となることを確認し、本技術のフルカラー化可能性を確認した。さらに、湾曲した表示面にも対応できることを確認し、高付加価値製品として期待されている、ドーム型ディスプレイへの応用可能性を確認した。

この技術は、ディスプレイ応用の中でも美術館や博物館などの超大画面ディスプレイやドーム型ディスプレイといった、ニッチな製品への展開が考えられる。さらにこの技術は、ディスプレイ応用だけでなく、太陽光発電、照明や広告灯、あるいは殺菌・脱臭装置などのさまざまな分野での応用が考えられる。そして、製品立ち上げが非常に低コストで済むという利点があるので、民生用の大量生産を主眼とする大手企業が手掛けないニッチな製品への応用展開が考えられる。

今後の課題は、ドーム型超大画面ディスプレイの実用可能性の実証を進めることである。

## 文 献

- 1) Gregory J. Kintz, "Properties and applications of spherical panoramic virtual displays," Proc. SPIE, vol. 3639, (1999), pp.428-435.
- 2) K. Ishimoto et al., "Cell Design and the Structure of the Plasma Tube Array Display", Proceedings of IDW'02, (2002), p.665.
- 3) T. Shinomiya et al., "A 40-in. (1-m) diagonal direct-view TFT-LCD by seamless-connection technique," J. Soc. Inform. Display, vol. 5, no. 4, (1997), pp. 363-365.
- 4) S. Morozumi et al., "LCD full-color video projector," Dig. Tec. Papers – SID Int. Symp., vol. 17, (1986), pp. 375-378.
- 5) 菅谷諭, "表示装置", 特願2003-103523, (2003).
- 6) 菅谷諭, 野村龍男, "光ファイバを用いた直視型大画面ディスプレイに関する研究", 2003年電子情報通信学会, C-9-5, (2003),p49.
- 7) 菅谷諭, 野村龍男, "光ファイバを用いた直視型大画面ディスプレイの提案", 静岡理工科大学紀要, 11, (2003),pp.197-203.
- 8) 菅谷諭, "光ファイバを用いた直視型超大画面ディスプレイ", 次世代超大画面ディスプレイ研究会資料, (2003).
- 9) 菅谷諭, 野村龍男, "光ファイバを用いた直視型超大画面ディスプレイのタイル化可能性", 2004年電子情報通信学会, C-9-8, (2004), p75.
- 10) 菅谷諭, 野村龍男, "光ファイバを用いた直視型超大画面ディスプレイのタイル化可能性", 静岡理工科大学紀要, 12, (2004), pp.119-136.
- 11) 菅谷諭, 野村龍男, "ドームタイプ直視型超大画面ディスプレイの検討", 2005年電子情報通信学会, C-9-2, (2004), p43.
- 12) S. Sugaya and T. Nomura, "A study on direct-view type super large-screen spherical display," The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Electronics Express, vol. 2, no. 14, (2005), pp.411-416.

## 論文 Article

## セラミック軸受の高温寿命特性に関する研究 (第1報)

—高温・無潤滑における基本動定格荷重—

原稿受付 2013年3月29日

ものつくり大学紀要 第4号 (2013) 16~21

市川茂樹<sup>\*1</sup>, 川口悟史<sup>\*2</sup>, 瀬山知亮<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものつくり大学 技能工芸学部 製造学科<sup>\*2</sup>航空自衛隊第1高射群整備補給隊<sup>\*3</sup>株式会社 前川製作所

## Studies on high-temperature life property of the ceramic bearing (Part 1)

— The basic load rating of the lubricating in high-temperature atmospheric air —

Shigeki ICHIKAWA <sup>\*1</sup>, Satoshi KAWAGUCHI <sup>\*2</sup> and Hajime SEYAMA <sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> JASDF 1st Air Defence Missile Group<sup>\*3</sup> MAEKAWA MFG.CO.,LTD

## Abstract

Practical use level has the ceramic bearing which is superior in a high temperature characteristic, and it is important to demand the rating lift of the ceramic bearing under various conditions. On the other hand, the staircase method is one of the statistical life test methods, and sample number a fewer than a conventional test method and the practice for the short time are possible. In a report of the application of this staircase method, we discussed the rating lift of the ceramic bearings in the unlubricated conditions with a high-temperature in the atmospheric air.

**Key Words:** ceramic rolling bearings, life test, basic dynamic load rating, staircase method

## 1. はじめに

セラミック軸受は、現在NC工作機械の主軸部品やさまざまな特殊環境下で用いられ成果を上げている。今後は宇宙空間、高温および真空中などの分野でも利用が期待される。特に、従来の鋼製軸受では、利用出来ない高温、無潤滑の領域において実用化されれば冷却を必要としないため熱間圧延ロールの搬送用軸受から宇宙空間まで応用範囲は極めて広いと言える。さらに、タービンやエンジン部品への利用が可能となれば、原動機の効率改善や燃料の節約にも貢献することが予測される。

一方、実際のセラミック軸受は、常温での利用が主なもので本来の高温特性に優れるセラミック

スの特性を生かし切れていない現状がある。その理由は、セラミック製品の加工能率と信頼性に問題があるためである。高温域の利用を考えると軸受部品は、使用する温度域によって材質や潤滑方法を選択する必要がある。特に、高温域では、軸受材質の限界温度より潤滑剤の限界温度が低い点が問題となる。例えば、500℃以上の使用を考えたときには、無潤滑で摩擦特性に優れた材質を選択することになる。現在、これに最も近いものがセラミック軸受であると言える。将来の利用を考えると、高温、無潤滑における寿命評価とその評価方法を確立することが実用化を図る上で重要である。本研究は、さまざまな使用条件において、できるだけ少ないサンプル数でかつ短期間に精度良

く軸受の定格寿命等の諸数値を求める方法の実用化を目指している。本報告では、高温域における潤滑の有無や軸受材質について検討し、各種軸受の摩耗特性を明らかにするとともにステアケース法による定格寿命の諸数値を求め基本データの構築を図る。

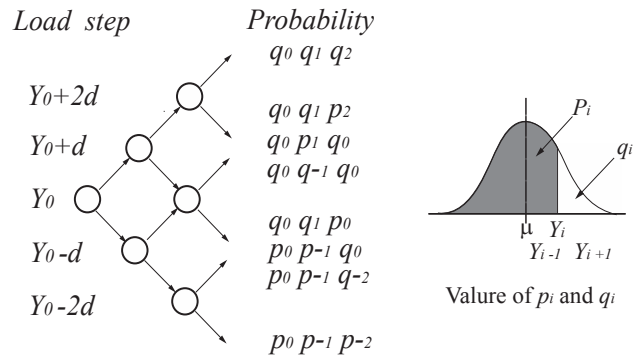
## 2. ステアケース法による寿命試験

### 2.1 試験方法および手順

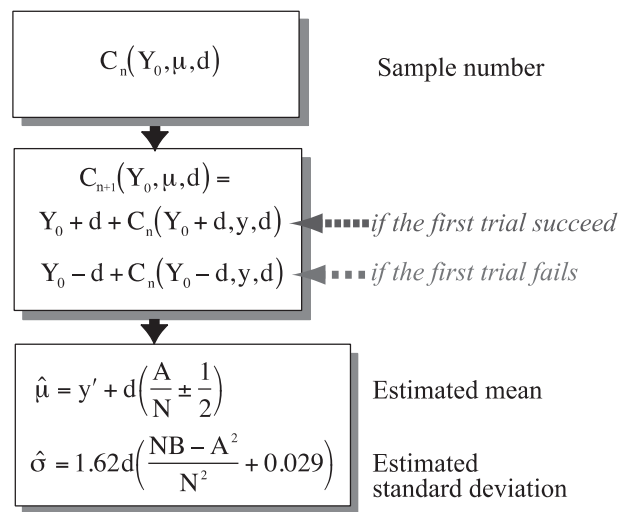
図 1 i) は、3 個のサンプルを用いてステアケース法を実施したときの試験方法とそのときの確率を示す。図中の正規分布における  $p_i$  は破壊した確率、 $q_i$  は未破壊の確率であり、最初に参考となるデータから  $\mu$  に近いと思われる第 1 番目の荷重  $Y_0$  で試験を実施する。このときに条件で定めた打ち切り回数までに試験片が破壊したなら荷重を  $d$  だけ下げ、逆に未破壊であったなら荷重を  $d$  だけ上げて第 2 番目の試験を実施する。この操作を用意したサンプル数のすべてについて実施する。試験終了後、破壊あるいは未破壊のサンプル総数の少ない方を用いて図 1 ii) で示す平均、標準偏差の期待値を計算する。次に、得られた平均、標準偏差の期待値を用いて破壊確率 10%の値を計算し、これを基本動定格荷重<sup>1)2)3)</sup>とする。

### 2.2 サンプル数と平均、標準偏差の期待値

これまでに K. A. Brownlee<sup>4)</sup>の研究を参考に著者等<sup>5)</sup>は、サンプル数  $n=20$  までの平均および標準偏差の期待値を計算し、その妥当性を明らかにしてきた。当初、サンプル数  $n=20$  は実際に用意することが可能なサンプル数と試験に要する時間、労力を勘案して決定していたが、実際には、次のような場合に 21 番目以降の試験を実施する必要があった。例えば  $\sigma$  に対して実際に荷重階差を小さく取った場合や第 1 番目の荷重が  $\mu$  から大きく離れた場合などである。このような場合には、これまで 21 番目以降も同様の試験を実施し、得られた結果からサンプル数に応じて推定平均、推定標準偏差を算出し、一定の精度を得るまで試験を継続した。以上の結果から、もう少し大きなサンプルサイズの精度について計算する必要があると考え、新たにサンプル数  $n=24$

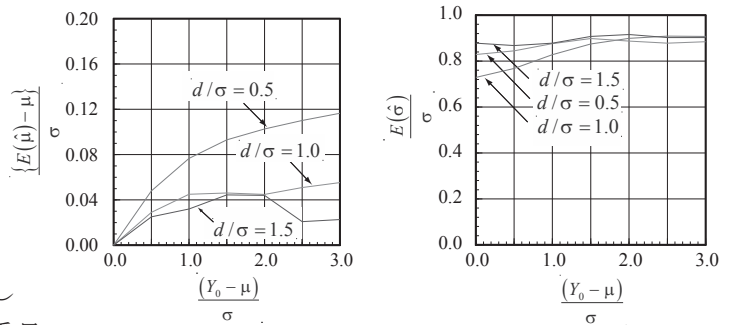


i) Probability in staircase method



ii) Calculation procedure in the sample size

Fig.1 Estimation of  $\hat{\mu}$  and  $\hat{\sigma}$  by staircase method



i) Estimated mean                      ii) Estimated standard deviation

Fig.2 Expected value  $\hat{\mu}$  and  $\hat{\sigma}$  with  $n=24$

のサンプルサイズについて計算を行った。ステアケース法の確率計算の手順は、図 1 ii) より、打ち切り回数までに破壊あるいは未破壊である確率が図 1 i) の正規分布の  $p_i, q_i$  に従うとすると、 $n$  個のサンプルがとる確率は  $2^n$  通りである。図 1 i) 中の  $n=3$  の場合は、全部で 8 通りの確率となる。 $n$  個のすべての確率を計算した後、破壊あるいは未

破壊のサンプル総数の少ない方のサンプルを用いて推定平均, 推定標準偏差を求めた. 図2 i), ii) は,  $d/\sigma=0.5, 1.0, 1.5$  としたときのサンプル数  $n=24$  の推定平均, 推定標準偏差の分布を示している. 推定平均の分布は左右対称であるので, ここでは  $Y_0$  が  $\mu$  から  $\mu+3\sigma$  まで変化したときの推定平均とした.  $d/\sigma=1.0$  以上で推定平均は極めて  $\mu$  に近づくことがわかる. 推定標準偏差においても個数を増すことで推定平均と同様に  $\sigma$  に近づくことがわかる. 荷重階差を小さく取った場合の  $d/\sigma=0.5$  は別とすれば,  $d/\sigma=1.0, 1.5$  の範囲で, 以前のサンプル数  $n=20$  が約  $0.8\sigma$  であるのに対し,  $n=24$  では  $0.9\sigma$  まで向上することがわかる.

2.3 試験装置および試験条件

試験装置および計測の構成を図3に示す. 軸受試験片は, 図中の上回転軸と下荷重軸間に設置した. 荷重は, 潤滑および無潤滑条件で分けて考え, 潤滑ではエアサーボ方式, 無潤滑では錘を用いた静荷重方式とした. 軸受を設置した炉の軸受周辺部内壁にはグラファイトカーボンを用い大気雰囲気中  $200^\circ\text{C}$  とした. 試験中の軸受の挙動特性は, 下荷重軸の底部に設置したロードセル, 渦電流式変位センサおよびトルク計の出力をパソコンに取り込みデータ処理を行った. 試験に用いた軸受の寸法形状および材質を図3付図に示す. 軸受は, 市販のスラスト玉軸受 (51103) 形状で要素部品の材質から全てが SUJ-2, SUS440C および転動体  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /周動盤 SUS440C を組合せた3種類とした. 試験条件を表1に示す. 大気雰囲気  $200^\circ\text{C}$  における潤滑では, ウレアグリースを用い試験開始前に充填した後は, 試験中の補給は行わないものとした. 一方, 無潤滑条件では軸受をアセトンで洗浄後, 大気雰囲気中  $200^\circ\text{C}$  で同様の試験を実施した.

3. 大気雰囲気中  $200^\circ\text{C}$  における軸受の高温摩擦摩耗特性

3.1 グリース潤滑による軸受の摩擦摩耗特性および各要素部品の破損

図4 i), ii) は,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ /SUS440C 材質の軸受を用いて試験を実施したときの繰り返し数に対する摩

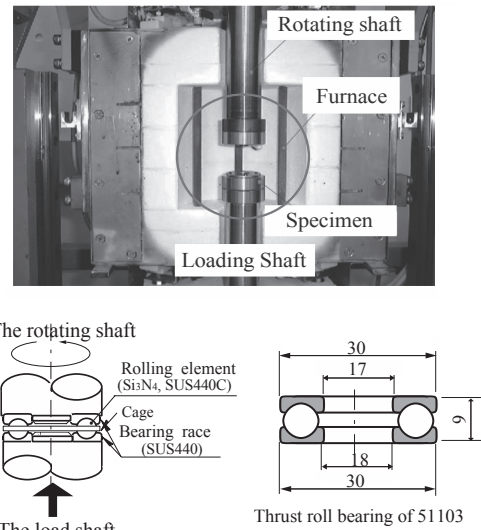


Fig.3 Life test apparatus for the high-temperature range

Table 1 Life test conditions

Ball number	3
Revolution speed	680 rpm
Lubricant	Unlubricating lubricating
Temperature	$200^\circ\text{C}$
Interrupted load cycle	$10^6$

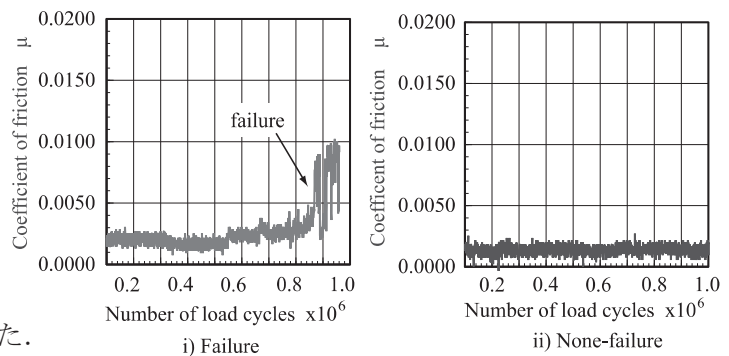


Fig.4 Life judgment of the rolling ball bearing

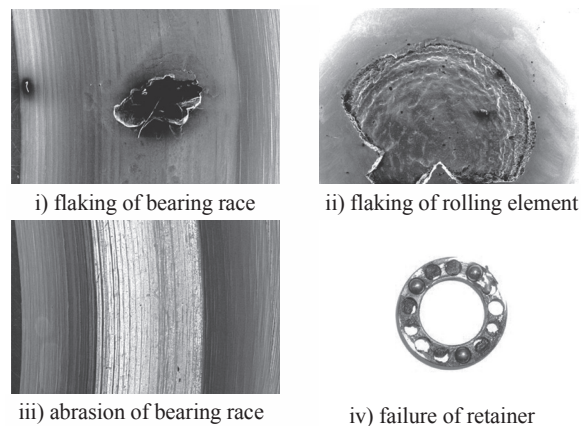


Fig.5 Failure characteristic of bearing component at atmospheric 200 degrees

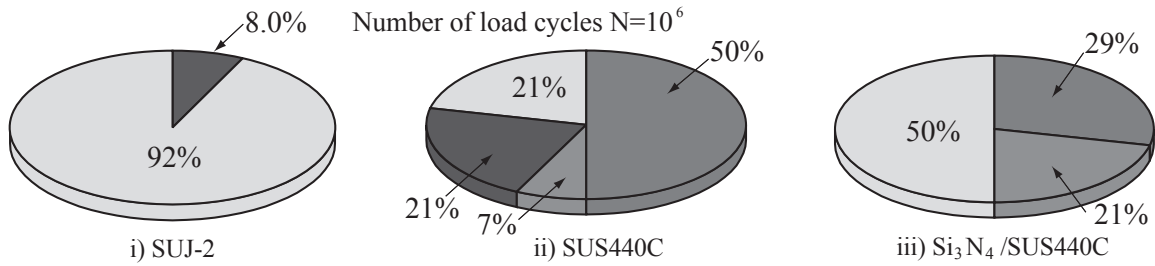


Fig.6 Failure mode of the component in the rolling ball bearings

擦係数を示す. 図 4 i)は, 打ち切り回数  $10^6$  までに摩擦係数が急激に変化し寿命に至る破壊の場合である. 図 4 ii)は打ち切り回数内で摩擦係数の急激な変化を伴わない未破壊の場合である. 潤滑における摩擦係数の変動は, 同一材質の SUJ-2, SUS440C に比べ異種材質の組合せ  $Si_3N_4/SUS440$  が僅かに大きくなる傾向を示した. これは, 転動体  $Si_3N_4$  と転がり接触する周動盤, 保持器との摩耗形態が異なるためと推測される. 軸受の寿命は, フレーキングによる疲れ寿命と摩耗により要素部品が破損に至る摩耗寿命に区分できる.

図 5 i), ii), iii), iv)は, SUS440 軸受における各要素部品 (周動盤, 転動体および保持器) に生じた破壊状態の例を示す. 図 5 i), ii)は, 周動盤, 転動体に生じたフレーキングが破壊の原因となる場合, 図 5 iii)は主に周動盤の摩耗が破壊の原因となる場合である. 図 5 iv)は転動体と保持器が接触する部分から保持器が破壊した場合である. 図 5 i), ii), iv)の要素部品では, 破壊に至ると摩擦係数は急激に変動する. 図 5 iii)の摩耗寿命においても発生した摩耗粉は転がり要素部品間の隙間に入ると図 4 i)に示す変動曲線となり, 摩擦係数は激しく変動し破壊に至る. 図 6 i), ii), iii)は, 繰返し数  $N=10^6$  までに破壊したサンプルを図 5 に基づいて軸受部品の破壊原因を 4 つの破壊区分で整理したものである. SUJ-2 材質では, 92% が保持器の摩耗による破壊であり,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質では, 50%が周動盤の摩耗, 29%が転動体のフレーキングおよび 21%が保持器の摩耗となり, 主に摩耗による破壊が支配的と推測される. SUS440C 材質では,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質と SUJ-2 材質との中間的な破壊形態で, 周動盤の摩耗とフレーキングの割合が 21%と同値となり, フレーキングが 50%となる転動体が主な破壊原因となる.

### 3.2 無潤滑による軸受の摩擦摩耗特性および各要素部品の摩耗・破損

無潤滑における摩擦摩耗特性は, 潤滑の場合と同様, 転動体と周動盤および保持器との転がり摩擦により発生する摩耗粉が接触面に介在し破壊に至る摩耗寿命である. 無潤滑では, 軸受の繰返し数に比例して各要素部品は摩耗する. 発生した摩耗粉は, 転がり面に介在しなければ直接の破壊原因とはならないが, 摩耗粉が転がり面にあると要素間で摩擦係数の急激な変動を生じ破壊に至る. 無潤滑による寿命の判定も図 4 i), ii)と同様に摩擦係数の変動により判定することができる.

## 4. 高温域における各材質軸受の寿命

### 4.1 グリース潤滑による場合

図 7, 図 8 および図 9 は, SUJ-2, SUS440C,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質についてステアケース法を実施したときのチャートを示す.  $Si_3N_4/SUS440C$ , SUS440C の試験条件は, 第 1 番目の荷重  $Y_0=2.5kN$ , 荷重階差  $d=0.2kN$  とし, サンプル数は SUS440C が 25 個,  $Si_3N_4/SUS440C$  が 20 個とした. SUJ-2 では第 1 番目の荷重  $Y_0=2.44kN$ , 荷重階差  $d=0.1kN$  お

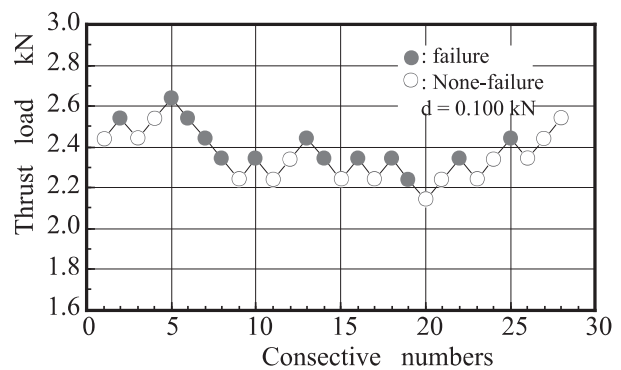


Fig.7 Staircase chart for steel bearings(SUJ-2) at atmospheric 200 degrees

よびサンプル数 28 個とし、それぞれの試験を実施した。例えば、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  材質の場合で説明すると試験結果から、破壊 11 個、未破壊 9 個であったので、少ない個数である未破壊のデータを用いて、まず推定平均および推定標準偏差を計算し、次にこの値を用いて基本動定格荷重を求めた。それぞれの軸受について得られた結果を表 2 に示す。基本動定格荷重を比較すると  $\text{SUJ-2} > \text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C} > \text{SUS440C}$  の順となる。 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$  のような異種材料の組み合わせでは推定標準偏差は大きくなる傾向を示す。得られた結果から  $d/\sigma$  を求めると  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$  で  $d/\sigma = 0.66$ ,  $\text{SUS440C}$  で  $d/\sigma = 0.79$  および  $\text{SUJ-2}$  では  $d/\sigma = 0.53$  となり、図 2 における  $d/\sigma = 0.5 \sim 1.0$  の範囲の期待値をとることがわかる。 $\text{SUJ-2}$  材質の基本動定格荷重を 1 とすると大気雰囲気 200°C の値は  $\text{SUS440C}$  材質で 83.9%,  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$  材質で 89.6% 減少する。

4.2 無潤滑による場合

高温、無潤滑では、ステアケース法を実施するにあたり参考となる荷重データが無いので、新たに 8 個のサンプルを用意して第 1 番目の荷重  $Y_0$ ,  $d$  を求める方法を検討した。一般に、統計的な疲労試験の信頼性は、多数の試験片を用意し S-N 曲線を求めなければならないが、傾斜部のみであれば 14S-N 試験法<sup>6)</sup>の傾斜部が利用できる。ステアケース法の第 1 番目の荷重  $Y_0$  をできるだけ  $\mu$  の近くに選ぶために、傾斜部の直線性の検定を用いる。これまでに傾斜部では、片対数座標上で直線にしたがい、かつ繰り返し数  $N$  の対数正規分布では  $\log N$  の分散  $\sigma^2$  は荷重段階には依存しない。同様に荷重の正規分布でも荷重の分散  $\sigma^2$  は繰り返し数  $N$  に依存しないことが実験的に知られている。そこで、打ち切り回数  $10^6$  までにかかわらず破壊が予測される荷重範囲を等間隔に任意の 4 段階に分け、各荷重段階でそれぞれ 2 個の試験を実施し破壊に至るまでの繰り返し数  $N$  を求める。図 10 は  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$  材質を用いた傾斜部の結果を示している。傾斜部の近似直線から繰り返し数  $N=10^6$  を与える荷重を求め、これをステアケース法における第 1 番目の荷重  $Y_0$  とし、このときの標準偏差  $\sigma$  を荷重階差  $d$  とした。図 11 および図 12 は、高温、無潤滑でステアケー

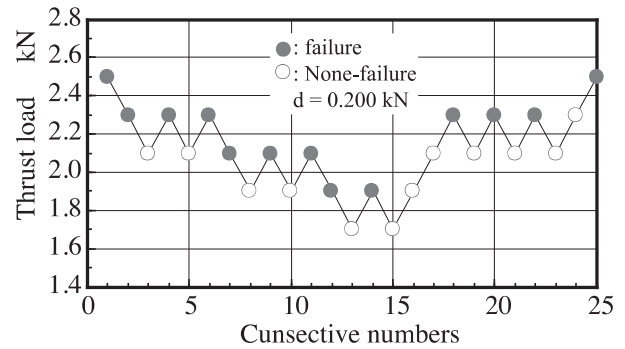


Fig.8 Staircase chart for stainless bearings(SUS440C) at atmospheric 200 degrees

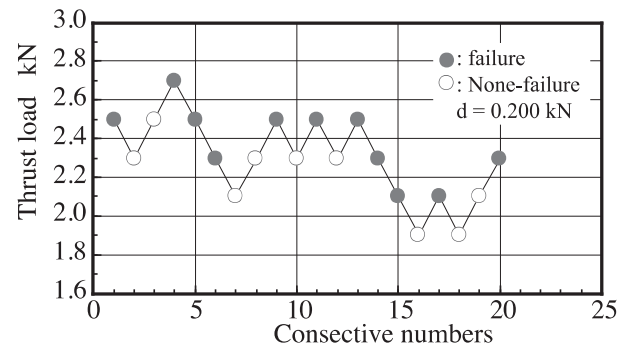


Fig.9 Staircase chart for ceramic bearings( $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$ ) at atmospheric 200 degrees

Table 2 The basic load rating at atmospheric 200 degrees

Materials	Unit: kN		
	$\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$	$\text{SUS440C}/\text{SUS440C}$	$\text{SUJ-2}/\text{SUJ-2}$
Mean life load $F_{50}$	2.289	2.100	2.359
Standard deviation	0.305	0.252	0.189
95 % confidence limits for $F_{50}$	Lower	1.987	2.263
	Upper	2.478	2.455
Expected level for 90 % life load $F_{10}$	1.898	1.777	2.118

Results of 14S-N testing method

No.	Thrust load (N)	Number of cycles
1	66	$39.12 \times 10^4$
2	66	48.02
3	59	59.00
4	59	46.12
5	52	65.26
6	52	79.22
7	45	97.64
8	45	81.04

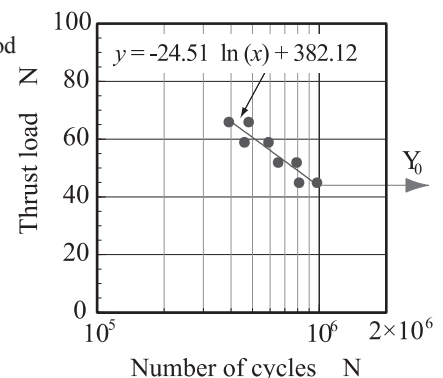


Fig. 10 SN curve (a high load portion) of the wear life by the 14-SN test method

ス法を実施したときのチャートを示している。試験条件は、図 10 の方法を用い  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SUS440C}$  材質では、第 1 番目の荷重  $Y_0=45\text{N}$ , 荷重階差  $d=3\text{N}$  およびサンプル数  $n=24$  とし、 $\text{SUS440C}$  材質では、第

1 番目の荷重  $Y_0=17N$ , 荷重階差  $d=4N$  およびサンプル数  $n=23$  として試験を実施した. 試験結果から,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質では破壊 14 個, 未破壊 10 個,  $SUS440C$  材質では破壊 10 個, 未破壊 13 個より, それぞれ少ない方のデータを用いて計算した結果を表 4 に示す. 基本動定格荷重を比較すると, その大きさは  $Si_3N_4/SUS440C > SUS440C$  となり,  $Si_3N_4$  転動体の有意差が認められる. 得られた結果をもとに  $d/\sigma$  を求めると,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質では  $d/\sigma=0.91$ ,  $SUS440C$  材質では  $0.98$  となり, その精度は図 2 中のほぼ  $d/\sigma=1$  近傍にあることがわかる.  $200^\circ C$ , 無潤滑では,  $Si_3N_4/SUS440C$  材質と  $SUS440C$  材質を比較した場合  $SUS440C$  材質に対し  $Si_3N_4/SUS440C$  材質は 1.46 倍の基本動定格荷重となる.

### 5. まとめ

$Si_3N_4/SUS440C$ ,  $SUS440C$  および  $SUJ-2$  材質の軸受を用いて高温摩擦摩耗特性を調べるとともにステアケース法による高温寿命特性を評価し, 以下の結果を得た.

- (1) 大気中  $200^\circ C$ , 潤滑における寿命に至る主な破壊原因は,  $SUJ-2$  材質の 92% および  $Si_3N_4/SUS440C$  材質の 50% が周動盤の摩耗である.  $SUS440C$  材質では, 50% が転動体のフレーキングである.
- (2) 大気中  $200^\circ C$ , 無潤滑における摩擦摩耗特性は,  $SUS440C$ ,  $Si_3N_4/SUS440C$  の材質とも破壊に至る原因は摩耗である.
- (3) 基本動定格荷重は,  $200^\circ C$ , 潤滑で  $SUJ-2$  材質が最も大きく,  $200^\circ C$ , 無潤滑では,  $SUS440C$  材質に比べて  $Si_3N_4/SUS440C$  材質の基本動定格荷重は, 高温特性に優れている.

### 文 献

- 1) 市川茂樹, ジュハルトノ, 小奈 弘, 吉本 勇: ステアケース法を用いた転がり軸受の寿命試験, 日本機械学会論文集(C編),62,595,(1996)1033.

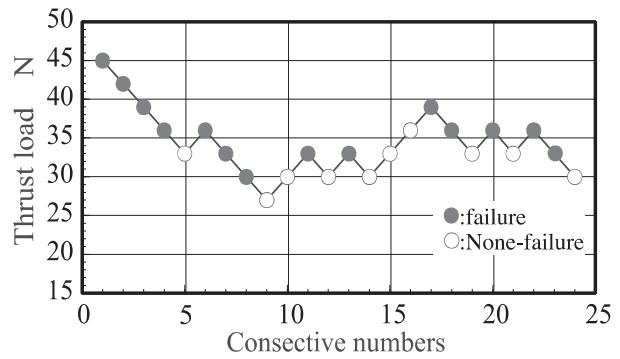


Fig. 11 Staircase chart for ceramic bearings( $Si_3N_4/SUS440C$ ) in unlubricating at atmospheric 200 degrees

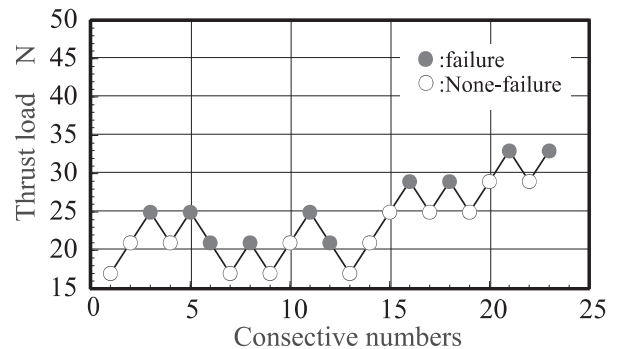


Fig. 12 Staircase chart for stainless bearings( $SUS440C$ ) in unlubricating at atmospheric 200 degrees

Table 3 The basic load rating in unlubricating at atmospheric 200 degrees

Materials	Unit : N	
	$Si_3N_4/SUS440C$	$SUS440C/SUS440C$
Mean life load $F_{50}$	33.0	22.5
Standard deviation	3.0	4.1
95 % confidence limits for $F_{50}$	Lower	19.1
	Upper	26.0
Expected level for 90 % life load $F_{10}$	28.8	17.2

- 2) ISO281 Rolling bearings-Dynamic load rating life,(1990).
- 3) JIS B1518:転がり軸受の動定格荷重及び定格寿命の計算方法,(1992).
- 4) K.A.Brownlee,J.L. Hodges and M. Rosenblatt:J.Amer.Stat. Assn.,8(1953),262.
- 5) 市川茂樹, ジュハルトノ, 小奈 弘, 吉本 勇: ステアケース法によるセラミック玉軸受の寿命試験, 精密工学会誌,61,12 (1995) 1740.
- 6) JSME S2002:統計的疲労試験方法(改訂版),日本機械学会(1994).
- 7) 市川茂樹, 小奈 弘: 高温におけるセラミック軸受の寿命試験, 2001年精密春期講演, pp393,2001.
- 8) 市川茂樹:高温,無潤滑におけるセラミック軸受の寿命試験, 2003年精密春期講演, M79,2003.

論文 Article

## PC オーディオシステムにおける 動作環境とデジタル信号上の jitter との関係

原稿受付 2013 年 4 月 2 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 22~28

三井 実<sup>\*1</sup>, 金子 大介<sup>\*2</sup>, 赤堀 肇<sup>\*3</sup>, 石川 智治<sup>\*4</sup>, 宮原 誠<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科<sup>\*2</sup>ものづくり大学 大学院ものづくり研究科<sup>\*3</sup>愛知工業大学 大学院工学研究科<sup>\*4</sup>宇都宮大学 大学院工学研究科<sup>\*5</sup>東京工業大学 世界文明センター

### The Relationship between Hardware Requirements of PC and Digital Signal Jitter on PC Audio Systems

Minoru MITSUI<sup>\*1</sup>, Dasuke KANEKO<sup>\*2</sup>, Hajime AKAHORI<sup>\*3</sup>,  
Tomoharu ISHIKAWA<sup>\*4</sup> and Makoto MIYAHARA<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Manufacturing, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Graduate School, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Graduate School, Aichi Institute of Technology<sup>\*4</sup> Faculty of Engineering, Utsunomiya University<sup>\*5</sup> Center for the Study of World Civilizations, Tokyo Institute of Technology

#### Abstract

In this paper, relationship between the hardware requirements of PC, the value of digital signal jitter was clarified. Recently, PC audio systems as sound reproduction equipment are popular. The sound quality deterioration would be affected by D/A conversion are performed inside PC. The other hand, it is said that the sound quality are deteriorated with the hardware requirements of PC. These causes might be digital signal jitter in clock signal of D/A conversion. Jitter is fluctuation of the time interval upon digital pulse waveform. If jitter is contained in digital signal, the analog output signal which should not change theoretically will change, and sound quality will be deteriorated. To clarify cause of these deteriorations of sound quality, we devised D/A Converter and PC audio system and measurement experiment was proposed. The significant difference in value of jitter in D/A conversion clock was measured when CPU and memory equipment of PC were changed.

**Key Words** : Digital signal jitter, PC audio systems, Hardware requirements of PC,

## 1. はじめに

### 1.1 本研究の背景と目的

1990 年代以降, 「PC (Personal Computer) が持つ高い計算処理能力をオーディオに向けたらどうなるか?」という発想の元, 新しい切り口で PC

オーディオシステムを構築しようという動きが始まる<sup>1)</sup>. 2000 年以降, Apple 製の iPod や SONY 製 WALKMAN など, 記録媒体にフラッシュメモリや小型 HDD (Hard Disk Drive) を使用した DAP (Digital Audio Player) の登場により, 音楽データの管理・再生を PC で行うことが一般化してきて



いる。従来の CD プレイヤではデータの読み取り・再生を限られた時間の中で同時に行う必要があったが、PC はそれらを別々に処理することが出来るため理論上は音質が良いと考えられてきた<sup>2)</sup>。

しかし、PC 自体が様々なノイズの塊と言っても過言ではないため、D/A (Digital/Analogue) 変換を PC 内部で行うと、最終的に音質に直接的に影響するアナログ音声信号を劣化させてしまう。その方策として、現在の PC オーディオシステムでは外部 DAC (Digital to Analogue Converter) により D/A 変換部を PC 内部と切り離すことで、ノイズの影響を低減させる意図の製品が多い。デジタル信号しか扱わなくなった PC から出力される信号は理論的には劣化しないはずであるが、実際には外部 DAC で D/A 変換を行っても PC の動作環境により音質が劣化すると言われている。その原因として、デジタル信号に乗る jitter の影響が考えられる<sup>3)</sup>。

jitter とはパルス信号波形の時間軸方向の揺らぎである。PC 内部で何かしらのノイズが発生した場合、サンプリング Clock に jitter が乗る。すると、D/A 変換時のサンプリング間隔が変動する。サンプリング間隔が変動するとアナログ音声信号の時間軸方向に変調 (周波数変調もしくは位相変調) されてしまい、本来の音声信号を歪ませ音質劣化へと繋がる。

そこで本報告では、オーディオ用 PC の動作環境とサンプリング Clock の jitter との関係性に着目し、高品位音楽再生を目的とした PC オーディオシステムの構築を目指す。

## 1.2 関連研究と本研究の位置づけ

jitter と音質との関係を調査した研究は多数行われてきた<sup>4-15)</sup>。

その中で、蘆原らは DAC のサンプリング Clock jitter が、D/A 変換時に周波数・位相変調を引き起こすであろうと想定して、予め音楽データをデジタル信号処理により変調させ、その再生音を被験者に聴かせることで、数百 ns オーダの周波数・位相変調が人間の検知限であると示している<sup>9)</sup>。

また、赤堀らによる CD トランスポートの出力に jitter を付加した主観評価実験<sup>6)</sup>や、筆者らによる jitter 量の異なる再生機器を用いた測定および主観評価実験<sup>7)</sup>の結果から、数 ps オーダの jitter 特性の違いにより、被験者が D/A 変換後のアナログ音声信号の変化を知覚することが分かった。

更に、筆者らはデジタルオーディオ機器の様々な部位を測定し、jitter の音質への影響は、信号経路だけでなく、電源経路など、電気回路全般から伝搬する可能性を示唆した<sup>14)</sup>。

すなわち、本研究が目指す高品位な PC オーディオシステムの構築のためには、低 jitter なデジタルオーディオシステムが必要であり、構築に当たり PC 内部の動作環境や用いるパーツを熟考する必要がある。本報告では、まず、測定が容易であることと、改造が容易であることから、PC オーディオシステム全体を自作し、それらのパーツや動作環境を変化させ、jitter 量の測定を行った。

## 2. オーディオ機器の製作

### 2.1 実験用オーディオ専用 PC の構築

PC オーディオでは市販のデスクトップ PC やノート PC が使用されることが多いが、本研究では PC パーツの交換 (実験条件の変更) を容易にするためオーディオ専用 PC を自作した。各パーツには安定性を重視した部品を選定した。なお、ノイズ、振動などの外乱発生を極力抑えるための改造を PC 各部に施した。PC の構成を表 1 に示す。

Table.1 Component of PC

OS	Windows7 Home Premium 32bit
CPU	Intel Pentium G630T
CPU cooler	SCYTHE KABUTO CKBT-1000
Mother board	ASUS P8Z77-M PRO
Memory	Corsair CML8GX3M2A1600C9W
SSD	Intel 520 Series SSDSC2CW120A3K5
Power unit	Seasonic X series SS-400FL
Case	LIAN LIPC-C50B

Sound card	ONKYO SE-300PCIE
------------	------------------

### 2.2 外部 DAC の製作

市販の外部 DAC のほとんどは水晶振動子、同期回路を搭載し、DAC 内部で Clock を生成し PLL (Phase Locked Loop) により、前段の機器からの clock 信号に対して安定的に同期している。しかし、PC 内部で発生した jitter はケーブルを通して DAC の Clock 信号に影響を及ぼす<sup>14)</sup>ため、PC 側

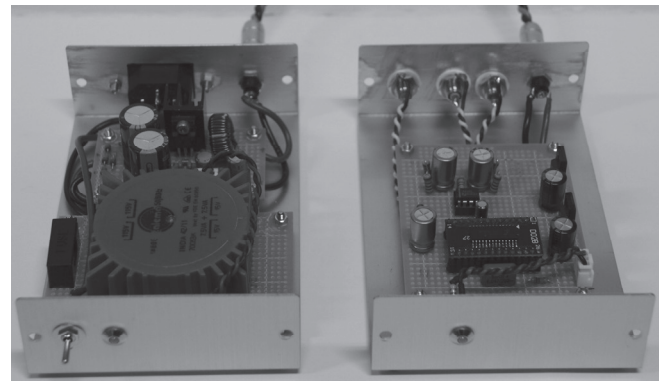
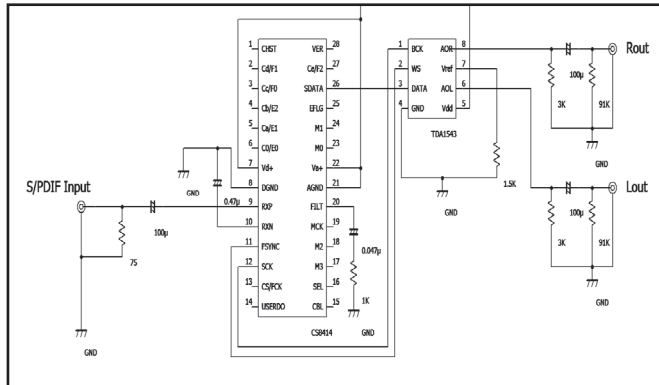


Fig.2 Digital to Analog Converter

以上の理由から、PC から伝送される Clock 信号を直接的に DAC の Clock 信号として利用できる DAC を設計・製作した<sup>16-17)</sup>。回路図を図 1 に、制作した DAC を図 2 に示す。

### 3. 実験概要

実験では市販のサウンドカード(ONKYO 製 SE300-PCIE) より出力したデジタル信号 (S/PDIF) を D/A Converter 内の Receiver で分離し、10,000 個分の Clock 信号パルス間隔の揺れ(標準偏差  $\sigma$ ) を jitter 量として測定する。測定には、横河電機社製の Time Interval Analyzer TA520 (時間分解能:25ps)を用いた。使用機器を表 2 に、実験に用いたシステムを図 3 に示す。

Table.2 Equipment list

PC	PC for Audio(self-produced)
DAC	DAC(self-produced) ・ Digital audio receiver IC : CIRRUS LOGIC CS8414 ・ DAC IC : PHILIPS TDA1543
Amplifier	AB-class Amplifier(self-produced) ・ Amp IC : Texas Instruments TPA1517
Speaker	6.5cm full-range(self-produced) Content : 2.1[L]
Measurement equipment	YOKOGAWA Time Interval Analyzer TA520

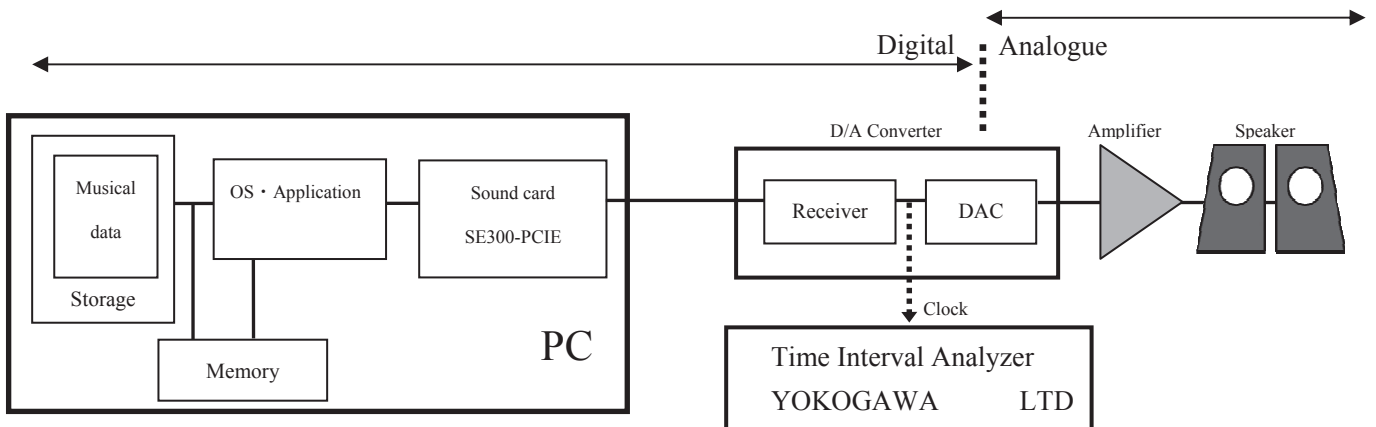


Fig.3 Equipment diagram

## 4. jitter 量測定実験

### 4.1 実験 1: 再生アプリの違いによる jitter 測定実験

市販のメーカー製 PC の内部は特殊な構造のため、パーツの交換は制限されている。そのため、一般的な PC オーディオでは再生アプリケーションによる音質改善を試みている場合が多い。このことから、PC の動作環境として、まず再生アプリケーションと jitter の特性に関係があるかを調べるため Clock jitter 量の測定実験を行った。

#### 4.1.1 実験 1 の測定条件

実験に使用する再生アプリは、一般的に音質に定評のある KMPlayer, PlayPcmWin<sup>18)</sup>とする。各再生アプリには音質改善を目的とした機能が組み込まれているので、それらも条件に加える。ReClock とはサンプリング Clock を調整するフィルター、WASAPI 排他モードとはカーネルミキサーをバイパスするプログラムである。以上の条件で図 3 に示したシステムにおいて測定実験を行った。

#### 4.1.2 実験 1 の結果

実験 1 の結果を表 3 に示す。本研究では PC から伝送される Clock 信号を直接的に Clock 信号として利用できる DAC を用いることから、jitter 量が揺れてしまうため、測定時の最低値と最高値の範囲を示す。表 3 より、ReClock 機能を使用した KMPlayer において、jitter 量が 100[ps]以上増加した。jitter 量の最小値と最大値の揺れ幅以上で全体的に jitter 量が増加していることが観測できた。測定器の時間分解能が 25[ps]であり、他の実験条件における jitter 量に比して、明らかに変動がみられるため、有意な差と考える。この jitter 量の増加は、ReClock によるフィルター処理のため CPU(Central Processing Unit)演算量が増加したことに起因すると考えられる。演算量増加による CPU ノイズの影響か、それとも PC ケース内のファンが回ることによるファンノイズの影響かを調べるため、実験 2, 実験 3 を行った。

Table.3 Result of experimental 1

Applications	KM Player		PlayPcmWin	
	Non-Reclock	Reclock	WASAPI	WASAPI exclusion
CPU utilization	2~7%		0~6%	
Memory usage	724MB		994MB	
Jitter value $\sigma$ (ps)	260~287	433~459	252~281	265~287

### 4.2 実験 2: 負荷の有無による jitter 測定実験

PC 内で情報処理を行う CPU は高速処理のために非常に高い周波数(1~3GHz)で動作している。GHz オーダの動作では CPU 自体が外部にノイズを放出し、動作周波数が高くなるほどノイズ量も多くなる。したがって、高周波数で動作する CPU に負荷がかかることに起因したノイズが Clock に影響を及ぼし、jitter 量が増加する可能性が考えられる。実験 1 での結果を踏まえて、CPU 起源のノイズの影響の有無を調べるため、無負荷時と、CPU に対して演算負荷をかけるソフトウェアを動作させたとき、DAC Clock jitter 量の測定実験を行った。

#### 4.2.1 実験 2 の測定条件

無負荷時は再生アプリケーションのみを起動して測定を行う。高負荷時はストレスツール Prime95 を起動し強制的に CPU 負荷を 100%にして測定を行う。用いた再生アプリケーションは、KMPlayer で、ReClock 無しのモードを用いた。

#### 4.2.2 実験 2 の結果

実験 2 の結果を表 4 にまとめる。表 4 より、CPU に演算負荷を掛けた場合でも jitter 量の最小値と最大値の存在域に、変化はほとんど見られないことが分かる。したがって、CPU の演算負荷と jitter 量の増加の関係性は認められなかった。再生アプリケーションによっては最小値と最大値の変化の幅に多少の違いが見られるが、いずれも測定器の時間分解能 25[ps]以内であるため、測定

器の誤差範囲と考えられる。

Table.4 Result of experiment 2

Computing load	non-loaded		high-loaded	
	KMPlayer	PlayPcmWin	KMPlayer	PlayPcmWin
Temperature of CPU	51°C		61°C	
Temperature of Motherboard	31°C		31°C	
Rotation number of CPU fan	1900rpm		2250rpm	
Rotation number of case fan	1150rpm		1350rpm	
Jitter value $\sigma$ (ps)	260~287	252~281	259~289	255~306

### 4.3 実験3：ファンの有無による jitter 測定実験

PC 内部には冷却用のファンが複数搭載されている。ファンが回転する際には必ずノイズや機械的振動が発生するため、Clock の jitter に影響を及ぼしている可能性がある。実験1での結果を受け、実験2では原因を探ることができなかったため、ファンノイズの影響を疑った。これを確認するため、通常通りケースファンを取り付け動作させた場合と、取り除いた状態で Clock の jitter 量の測定実験を行った。

#### 4.3.1 実験3の測定条件

CPU クーラーのファンを外した場合 CPU の冷却が追い付かず、熱暴走さらには、CPU 破壊の恐れがあるため、CPU ファンは外せない。そこで実験3ではケースファンのみ取り外す。なお、ケースファンは低ノイズタイプのもの (ENERMAX EVEREST UCEV12) に換装して実験を行った。用いた再生アプリケーションは、KMPlayer で、ReClock 無しのモードを用いた。

### 4.3.2 実験3の結果

表5に実験3の結果を示す。表5より、ファンの有無に関わらず jitter 量はほとんど変化が観測出来なかった。したがって、CPU 演算量の増加に伴ったファン動作によるノイズ、機械的振動と、jitter 量との関係性は認められなかった。高負荷、ファンなしの場合 CPU 温度が 70°C、MB 温度が 41°C となり、PC の動作環境としてはやや高い温度であることが観察できる。

Table.5 Result of experimental 3

Computing load	non-loaded		high-loaded	
	Fan		Fan	
Temperature of CPU	○	×	○	×
Temperature of Motherboard	50°C	56°C	60°C	70°C
Temperature of Motherboard	27°C	37°C	27°C	41°C
Rotation number of CPU fan	1900rpm	2250rpm	2170rpm	3139rpm
Rotation number of case fan	1150rpm	non	1205rpm	non
Jitter value $\sigma$ (ps)	283~362	289~364	293~367	282~362

### 4.4 実験4：メモリの違いによる jitter 測定実験

実験1において、PC 上で実行する音楽再生アプリケーションの違いにより、jitter 量に差異が観測出来た。このことから、原因を探るべく、CPU に演算負荷の影響を調べる実験2、ファンの影響を調べる実験3を行った。しかしこれら2実験では jitter 量にほとんど変化が認められなかった。その他の可能性として、再生アプリケーションの違いにより、作業領域や、データの一時格納領域が異なることから、メモリの品質が原因の一つではないかと考えた。そのため、メモリを他社製品のものに交換し Clock jitter 量の測定実験を行

った。

#### 4.4.1 実験4の測定条件

メモリを Corsair 製(動作電圧 1.35V, ヒートシンクあり)から CFD 製(動作電圧 1.5V, ヒートシンクなし)に交換し測定を行った。用いた再生アプリケーションは, KMPlayer で, ReClock 有りのモードを用いた。また, PC ケースファンは, 実験3において jitter 量との関係性が示せなかったため, 実験4では動作させた状態で測定した。

#### 4.4.2 実験4の結果

表6に実験4の結果をまとめる。表6から, Corsair 社製に比べ CFD 社製のメモリの方が jitter 量の最小値から最大値の幅が全体的に約 30[ps]増加していることが分かる。実験1において得られた約 100[ps]以上の違いから比べると, 測定器の分解能(25ps)ぎりぎりの少ない差異ではあるが, 両条件における, jitter 量の最小値と最大値の幅が重なっていないため, 差異が充分観測できていると考える。すなわち, メモリの違いにより, DAC clock の jitter 量が増加することが分かった。jitter 量が増加した原因として, メモリの構造の違いによる振動の影響が考えられる。またメモリを変えることにより, 動作周波数などの条件も関係してくるため, 次項では, BIOS レベルで動作周波数を変化させ, その時の jitter 量を測定する実験5を行った。

Table.6 Result of experimental 4

Application	KMPlayer	
ReClock	on	
memory	CFD W3U1333Q-2G	Corsair CML8GX3M2A16009W
Frequency of memory clock	1066MHz	
Jitter value $\sigma$ (ps)	465~483	435~456

#### 4.5 実験5: メモリの動作周波数の違いによる jitter 測定実験

##### 4.5.1 実験5の測定条件

実験1により得た jitter 量増加にはメモリの動作周波数も影響している可能性を考慮し, 実験を行った。実験1の結果より jitter 量が少なかった Corsair 製メモリに絞り実験を行う。動作周波数は BIOS にて 800MHz, 1600MHz に変更する。用いた再生アプリケーションは, KMPlayer で, ReClock 有りのモードを用いた。PC ケースファンを動作させている状態で測定を行った。

##### 4.5.2 実験5の結果

表7に実験5の結果をまとめる。表7から, 動作周波数が高いほど, jitter 量の最小値と最大値の幅は, 若干ではあるが全体的に低い値となることが観察できる。これらの差は測定器の時間分解能(25[ps])ぎりぎりの差分ではあるが, 両条件における, jitter 量の最小値と最大値の幅が重なっている領域が少ないため, 差異が観測できていると考える。すなわち, BIOS 上でソフト的に変更したメモリの動作周波数が jitter に影響していることが考えられる。

Table.7 Result of experimental 5

Application	KMPlayer	
Reclock	on	
Memory	Corsair	
Frequency of memory clock	800MHz	1600MHz
Jitter value $\sigma$ (ps)	423~451	397~428

#### 5. まとめと考察

本報告では, 高品位な PC オーディオシステムの構築を目指し, PC の動作環境を変化させたときの jitter 量を測定した。その結果, まず, 再生アプリケーションの違いで jitter 量が増加するこ

とが明らかになった。この原因を探るため、PC パーツを変更して、同条件で jitter 量を測定したところ、メモリの違いや、メモリの動作周波数の違いにより、若干ではあるが、jitter 量の違いが観測された。すなわち、PC の動作環境、特に再生アプリケーションと、メモリ関連の条件は jitter の変化を介して、音質に影響することを示唆できた。以上より高品位な音質再生が可能な PC オーディオシステムの構築のためには、最適な再生アプリケーションとメモリを選択する必要があると考える。現存する一般的なハイエンドオーディオにも回路の中にメモリが使われていることが多いため、これらの成果は、PC オーディオシステムに限った話ではなく、一般的なオーディオシステムにも応用が可能である。

## 6. 今後の展望

今後は OS, CPU, メモリ, 電源など PC の動作環境を多種に変更して実験を行い、デジタル信号の Clock jitter への影響を検証する。更に、主観評価実験を行い jitter 量と実際の再生音質との関係性を明らかにする。これが明らかになると、jitter の影響を取り除けるオーディオシステムが開発可能であり、今後、高品位再生が可能な PC の構築を目指していく。

## 参考文献

- 1) 麻倉 怜土, “高音質保障! 麻倉式 PC オーディオ”, pp.3-11, アスキー新書(2011).
- 2) “これ1冊で完全理解 PC オーディオ”, pp.6-9, 日経 BP 社(2012).
- 3) 島 幸太郎, “新版 PC オーディオガイドブック”, インプレスジャパン(2011).
- 4) 冬木 真吾, 小林 幸夫, 石川 智治, 宮原 誠, “デジタル音声信号の jitter に起因する高度感情報の欠落-“雰囲気”, “空気感(深々さ)”の激減衰比-”, 信学技報, EA97-104, pp.9-16(1998).
- 5) 小林 幸夫, 赤堀 肇, 宮原 誠, “高度感性情報を損なうデジタル信号ジッタの影響”, 信学技報, CQ99-48, pp.7-13(1999)ものだい太郎:教育用機器, 特開平 22-12345678 (2010).
- 6) 赤堀 肇, 石川 智治, 小林 幸夫, 宮原 誠, “デジタル・オーディオ・インターフェイス(AES/EBU)の jitter と音質の関係”, 信学技報, EA99-40, pp.1-18(1999).
- 7) 三井 実, 石川 智治, 小林 幸夫, 宮原 誠, “空気感再現とデジタルビットストリーム上の jitter との関係”, 信学技報, EA2001-60, pp.73-80(2001).
- 8) 蘆原 郁, 桐生 昭吾, “デジタルオーディオの時間ゆらぎによる音質劣化のシミュレーション”, 日本音響学会誌, 58 巻 4 号, pp.232-238(2002).
- 9) 蘆原 郁, 桐生 昭吾, 佐藤 宗純, “デジタルオーディオの時間ゆらぎ許容値及び検知閾”, 日本音響学会誌, 59 巻 5 号, pp.241-249(2003).
- 10) 三井 実, 石川 智治, 小林 幸夫, 宮原 誠, “デジタル信号の jitter と高度感性情報の伝達損失との関係”, AES 東京コンベンション予行集, pp.80-83(2003).
- 11) 三井 実, 米山 耕太, 石川 智治, 宮原 誠, “デジタルオーディオ機器における音質劣化と物理要因との関係の考察”, 映像情報メディア学会技報, Vol.30, No.68, pp.67-79(2006).
- 12) 西村 明, 小泉 宣夫, “AD/DA 変換器におけるサンプリング・ジッターの測定”, 日本音響学会講演論文集, 秋, pp.659-660(2001).
- 13) 西村 明, 小泉 宣夫, “デジタル・オーディオ機器におけるサンプリング・ジッターの諸様相とその要因”, 東京情報大学研究論集, Vol.7, No.2, pp.79-92(2004).
- 14) 三井 実, 石川 智治, 党 建武, 宮原 誠, “デジタルオーディオにおける深い感性に関連した音質劣化の原因究明”, 日本感性工学会研究論文集, Vol.7, No.4, pp.759-764(2008).
- 15) 小山 裕貴, 畑 淳, 吉田 孝博, 増井 典明, “電源環境がデジタルオーディオインターフェイスのジッタに及ぼす影響”, 信学技報, EA2010-118, pp.77-82(2011).
- 16) <http://ta2020.huuryuu.com/nosDAC.html>
- 17) [http://nontropo2010.web.fc2.com/dac\\_hitobashira.htm](http://nontropo2010.web.fc2.com/dac_hitobashira.htm)
- 18) PC オーディオ fan No.4, pp.31-42, 共同通信社(2011)

## 論文 Article

## 軸継手に関する研究（第1報）

— 試験装置の試作 —

原稿受付 2013 年 3 月 31 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 29~32

川崎浩太郎<sup>\*1</sup>, 高橋正明<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 元大学院生<sup>\*2</sup> ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

## Studies on the shaft coupling (1st Report)

- The trial production of the equipment for measuring -

Kotaro KAWASAKI <sup>\*1</sup>, Masaaki TAKAHASHI <sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> Student of Graduate School, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## Abstract

The shaft coupling connecting the drive shaft and the driven shaft, is a generic name of machine elements that transmit rotation and power. To match perfectly straight two axes is generally impossible. If there is a discrepancy between the two axes, excessive force or stress occurs.

In this paper, we propose a method to clarify the phenomenon that is caused by the power transmission shaft coupling. More specifically, the grasp force and moment measuring the pressure of the hydrostatic bearing pockets, with the rotation occurs.

**Key Words** : shaft coupling, hydrostatic bearing, straightness

## 1. はじめに

軸継手(カップリング)とは、軸と軸、駆動軸と被動軸を結合させ常時動力を伝達する機械要素の総称である。軸継手には回転する機械の軸と軸とを繋ぎ、動力やトルクを伝える働きがある。この2本の軸の高さや角度を合わせる事を芯出しと言い、2本の軸と軸との高さ、角度を合わせる事が望ましい。だが実際には軸と軸を完全に芯合わせすることは困難である。2つの軸を結合させる場合、芯ズレ(軸と軸とがずれている状態)や偏角(面開き)などが発生する。

結合する二軸が完全に一直線ならば問題はないが、二軸の芯合わせにズレがあれば軸・軸受・軸継手に余分な力が加わり、動力伝達のロスや摩擦

などが起こり、また、回転軸の回転精度に悪影響を与える為、加工精度悪化の原因と考えられる。現在でも心合わせをズレなく行う方法は確立されていなく、作業者の経験などによって行われている。

軸継手については、稼働時にどういう事が起きているかが、これまで明らかにされていない。機械要素等の教科書、文献<sup>1),2)</sup>などを見ても具体的な説明はほとんどない。そこで本研究では、軸継手のズレによる影響を調べることにする。

2. 測定の原理<sup>3)</sup>

上記の目的を達成するため、本論文では軸継手が回転に伴って発生する力を、静圧軸受のポケット圧を用いて測定することとする。

図1に静圧軸受内部の軸とポケットの状態を示す。外部から供給された流体は絞りを通じて軸受のポケットに供給される。軸に力がかかっていない場合にはポケット圧がつり合いほぼ等しくなり、軸は中央にとどまる。

軸に力がかかった場合、軸受隙間に変化がおき、左右の軸受け隙間に変化を生じる。図では、A側のポケット部の軸受け隙間が狭くなり、左側の軸受け隙間が広がる。それによって、ポケット圧力に変化が生じ、差圧が発生する。差圧による $F'$ が、外力 $F$ とバランスするまで、A部の圧力が上昇し、B部の圧力が減少する。

このように静圧軸受では、外力に比例して、対向する2つのポケットの圧力に変化を生ずる。ポケット部に圧力センサを配し、軸にかかった力を圧力の変化として検出することが可能となる。

### 3. 試験装置の設計について

#### 3.1 試験装置の概要

今回の試験装置製作のために、モデリングした外観を図2に示す。製作した試験装置の外形寸法は、横680mm、縦212mm、高さ175mm、である。

静圧軸受は、空気静圧軸受として販売されてい

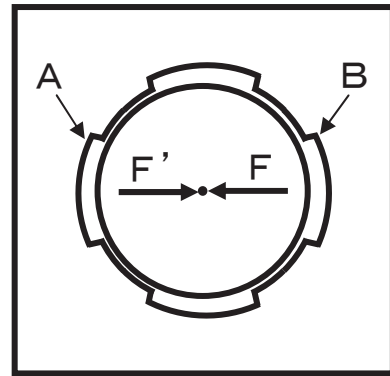


図1. 静圧軸受

る製品を用いることとし、静圧油軸受用にもその一部を修正して使用している。駆動源としてのモータの影響を確認できるように、静圧軸受を2つ用意し、モータ側の影響を同時に測定可能な構造としている。

その他の主な部品としては、モータ固定用の台等がある。このモータ用台座は製作にあたって、直角度を出すことが重要であるが、溶接ののち機械加工を行うなど、工程を工夫して製作していただいた。

また、静圧軸受と静圧軸受を乗せる台の2つとモータ用台は、長い試験台に乗せられる使用され

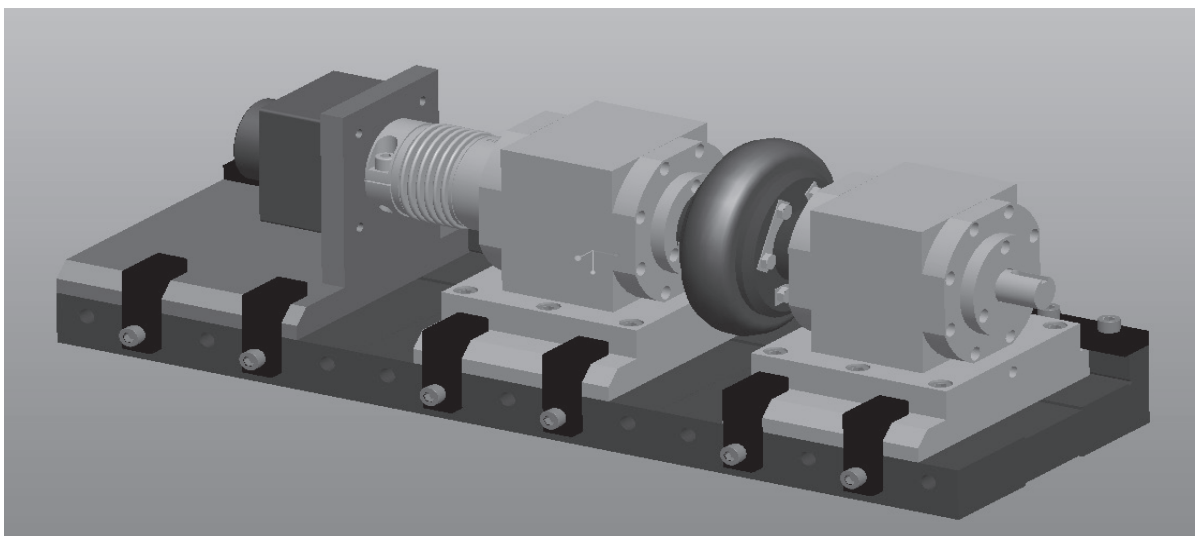


図2. 試験装置 (モデリング図)



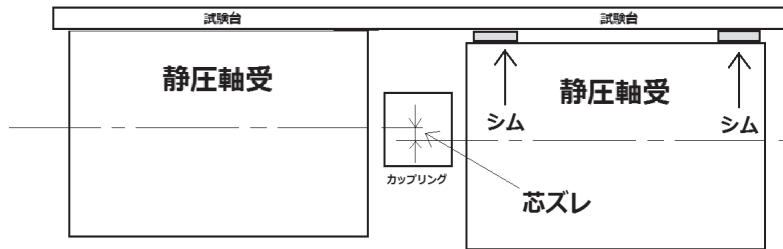


図3. 芯ズレの設定

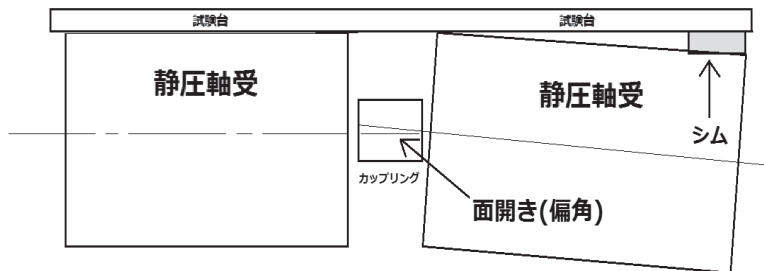


図4. 偏心の設定

る。軸継ぎ手は、駆動軸と被駆動軸を結合するものであるが、中心を合わせる必要があり、すべてを乗せる試験台の通り精度を確保するため、平行度を  $5\mu\text{m}$  として製作されている。

### 3.2 芯ズレ、面開きの設定について

今回の装置における、芯ズレ及び偏角の与え方を下記の図3, 図4に示す。試験装置において、芯ズレや面開きを起こし、回転軸への影響をみるため、静圧軸受と試験台に間に、図3.と図4.のようにシムとよばれるステンレスの金属板を挟む。

実験の条件によって、シムを  $10\mu\text{m}$  ~  $100\mu\text{m}$  程度の範囲で変更し、測定をおこなうこととする。このような方法によって、比較的簡易な構成で正確な芯ズレや偏角を与えるが可能となった。

## 4. 試験装置による測定

### 4.1 測定系の較正方法とその結果

試験装置の静圧軸受のポケット圧を測定するため、半導体ストレインゲージを使用した圧力センサ（株）ジェイテクト製 PMS-5M-2）を用いた。測定系の全体の構成を図5に示す。図中の、センサA、センサBはそれぞれ圧力センサを示し、対抗する2つのポケット圧を検出し、フルブリッジに組むことで差圧データを出力する。

また、図中で Amp としているのは、ANALOG DEVICES 社の高精度計装アンプ AD8211 を用いた直流増幅器で、低ゲイン・ドリフト、ローノイズの特性を持つ。

図6に重り（ $1\text{kgw}=9.8\text{N}$ ）を用いた較正した結果を示す。図では、重り2個を用いて荷重をかけている。この図より、 $1\text{N}$  程度の測定分解能があることが確認される。

ポケット圧の測定をおこなうことによって、軸にかかる力を測定可能なことが確認された。

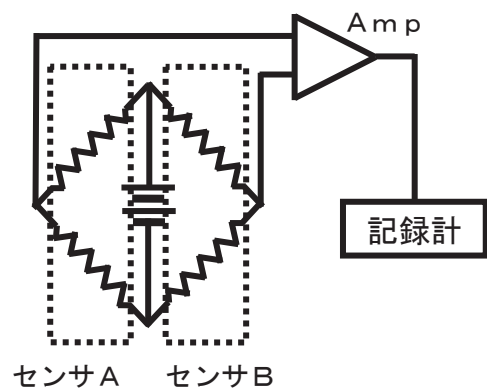


図5. 測定回路

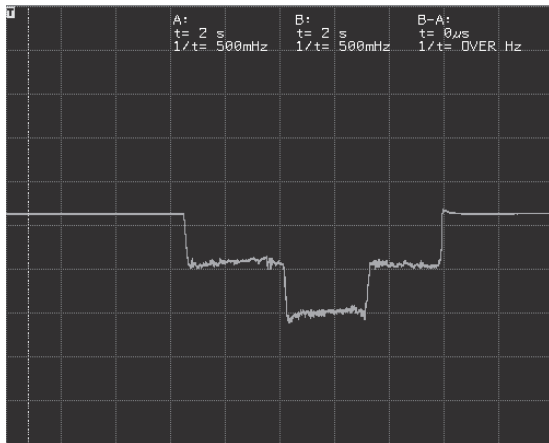


図6. 試験器の較正（約8.5N/div）

## 4.2 軸継手の測定結果

製作した試験装置を使用して、タイヤ型カップリング（図7）を対象に測定を行った例を図8に示す。軸心をほぼ合わせ、軸を約27rpmに回転させて、測定した結果を示す。図より、回転に伴って、約20Nの力が生じていることがわかる。

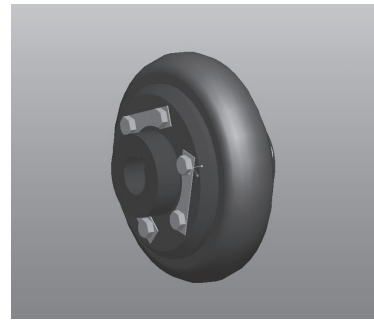


図7. タイヤ型カップリング

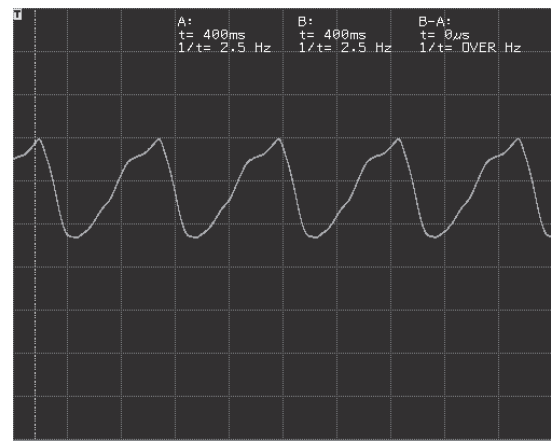


図8. 測定結果（約8.5N/div）

## 5. まとめ

軸と軸、駆動軸と被動軸を結合させ動力を伝達する機械要素・軸継手に生じている現象を明らかにするため、静圧軸受を用いた試験装置の製作を行った。

静圧軸受のポケット圧を測定することによって軸受にかかる力を求め、軸の回転に伴って、軸や軸継手に発生する力を測定できることを確認した。今後はまず、各種の軸継手について、回転に伴って生じる静力学的な検討を行う予定である。さらに動的な現象についても、検討を行う予定である。CAD等のシミュレーションの結果と合わせて、芯ズレの影響を明らかにしていきたい。

本試験装置を設計・製作するにあたってご協力頂いた、(株)三鷹精工・山下社長、(株)ナガセインテックグレックス（元都立航空高専）小泉先生に感謝いたします。

## 文献

- 1) 八木聡 回転機械におけるカップリング芯出しの重要性について メンテナンス Autumn (2004)99.
- 2) 島野善男 工作機械主軸向けカップリングについて、月刊トライボロジー 6 (2011)21.
- 3) 高橋, 金井, 宮下, 山本 高精度回転軸系におけるトルク伝達要素の研究 (第2報) 昭和55年度 精機学会春季大会学術講演会論文集,820.

## 論文 Article

## Cube 型ボス供試体の開発

原稿受付 2013 年 3 月 27 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 33~38

菊田弘之<sup>\*1</sup>, 澤本武博<sup>\*2</sup>, 篠崎徹<sup>\*3</sup>, 森濱和正<sup>\*4</sup>, 袴谷秀幸<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生<sup>\*2</sup> ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*3</sup> 千代田建工株式会社<sup>\*4</sup> 独立行政法人土木研究所<sup>\*5</sup> 戸田建設株式会社

## Development of Cube Mold for Boss Specimen

Hiroyuki KIKUTA<sup>\*1</sup>, Takehiro SAWAMOTO<sup>\*2</sup>, Toru SHINOZAKI<sup>\*3</sup>,  
Kazumasa MORIHAMA<sup>\*4</sup>, Hideyuki HAKAMAYA<sup>\*5</sup><sup>\*1</sup> Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> CHIYODAKENKO Corporation<sup>\*4</sup> Public Works Research Institute<sup>\*5</sup> TODA Corporation

## Abstract

As a method of estimating the strength of structure concrete, the core specimen is generally used. If the method of core specimen is used, the damage to the structure and the necessity for repair will arise. Therefore, the BOSS specimen with little damage to the structure was devised, and it has been a standard for NDIS number 3424. However, the present BOSS specimen is a 100×100×200mm prism, it does not correspond to ISO. In this study, the BOSS specimen which size was 100×100×100mm cube was devised, and the effect of form of BOSS Specimen on compressive strength of concrete was investigated. As a result, the placing of fresh concrete to the cube BOSS specimen was good, and the standard deviation of compressive strength of concrete was also small.

**Key Words** : Concrete, Non-destructive testing, BOSS specimen, Placing, Compressive strength

## 1. はじめに

圧縮強度試験用の供試体は、国内では一般にφ100×200 mmの円柱供試体が用いられているため、ボス供試体の寸法も円柱供試体と同様に供試体の高さと載荷面の一辺長さとの比(h/d)を 2:1 としている<sup>1)</sup>。しかし、ISO では圧縮強度試験用の供試体は、立方体を用いることが標準となっているこ

とから、ボス供試体も同様の形状にすることにより国際的にも活用できると考えられる。そのため、著者らは、これまでに 100×100×200 mmのボス型枠(100 ボス型枠)、100×100×100 mmのボス型枠(Cube ボス型枠)および円柱型枠に直接コンクリートを打ち込み、供試体の形状、寸法と圧縮強度の関係を検討してきた<sup>2)</sup>。

本研究では、100×100×100 mmの Cube 型のボス

Table 1 Mix proportions and test results (Test for placing of fresh concrete)

Fresh concrete	W/C(%)	s/a(%)	Unit content(kg/m <sup>3</sup> )					Test result		
			W	C	S	G	Ad	Slump(cm)	Air Content(%)	Temperature(°C)
Low-slump concrete	50	44	160	320	797	1049	0.58	3.0	2.0	27.8
Normal-slump concrete		45	165	330	805	1018	0.59	6.0	4.5	24.0
		47	170	340	831	969	0.61	16.5	7.2	25.1
		48	175	350	838	940	0.63	17.5	5.8	27.2
High-slump concrete		40	190	380	673	1044	0.68	22.0	3.0	31.4

供試体(Cube ボス供試体)を開発し、現在使用されているボス供試体とのコンクリートの充てん性および強度特性について比較検討を行った。

## 2. Cube ボス供試体の充てん性に関する検討

### 2. 1 実験概要

#### (1) ボス型枠の種類

実験で使用したボス型枠は、図1に示すように Cube ボス型枠、100 ボス型枠および従来の 75×75×150 mmのボス型枠(75 ボス型枠)の3種類とした。

#### (2) 充てん性確認用型枠作製とボス型枠取付け

各ボス供試体へのコンクリートの充てん性を確認するため、充てん性確認用型枠(高さ 450 mm, 長さ 370 mm, 幅 100 mm)を2体作製した。ボス型枠の取付けは、図2に示すように充てん性確認用型枠の両側面に設けた開口部の片側に Cube ボス型枠を取付け、もう一方の側面には 100 ボス型枠または 75 ボス型枠を取付けた。

#### (3) コンクリートの配合および打込み

使用したコンクリートの配合は5種類で、水セメント比を50%とし、スランプを3.0~22.0cmに変化させ、充てん性確認試験は、各コンクリートの配合ごとに行った。コンクリートの配合およびその試験結果を表1に示す。

充てん性確認用型枠にコンクリートを打ち込むと、ボス型枠にも充てん性確認用型枠の開口部からコンクリートが充てんされる。充てん性確認用型枠の締固めは、硬練りコンクリートの場合には棒型振動機を、それ以外の場合は、突き棒で締固めを行った。また、ボス型枠の締固めは、ボス型枠の側面を木槌で軽く叩き、充てん性の確認は、型枠上部の空気孔からのブリーディングと打音で



100BOSS

75BOSS

CubeBOSS

Size : 100×100×200 mm 75×75×150 mm 100×100×100 mm

Fig.1 Molds used for this experiment



1. Installation of the BOSS specimen

2. Placing of concrete

3. Washing of coarse aggregate

Fig.2 Test procedure

行った。

#### (4) 粗骨材充てん率試験方法

粗骨材の充てん率試験は、コンクリートが固まる前に充てん性確認用型枠からボス型枠を取り外し、直ちにボス型枠内からコンクリートを採取し、JIS A 1112「フレッシュコンクリートの洗い分析試験方法」<sup>3)</sup>に準じて行った。粗骨材の充てん率は、採取したコンクリートを5mmのふるいを用いてモルタル分を洗い流し、粗骨材のみを採取し、その後、表乾質量を量り計量した粗骨材の質量を配合上の粗骨材質量で除して求めた。なお、いずれのスランプにおいても、各供試体の個数は、Cube ボス供試体を2体、100 ボス供試体および75 ボス供試体を1体ずつとした。一連の試験手順を図2に示す。

## 2. 2 実験結果および考察

スランプと粗骨材充てん率の関係を図3に示す。今回開発した Cube ボス型枠の場合は、いずれのスランプにおいても概ね90%以上の粗骨材の充てん率であり、ボス型枠の開口部によってコンクリートは材料分離することなく充てんされたと考えられる。これは、今回開発した Cube ボス型枠の開口部寸法は高さ 65 mm×長さ 80 mmとしたが、この開口部でも十分充てんが確保できることが確認できた。

一方、現在使用されている 100 ボス型枠(開口部寸法:65×180 mm)の場合は、いずれのスランプにおいても概ね90%以上の粗骨材充てん率があり良好な結果となった。また、75 ボス型枠(開口部寸法:50×130 mm)の場合は、一部硬練りのコンクリートおよび分離ぎみのコンクリートで粗骨材の充てん率が80%程度のもも認められたが、概ね良好な結果であった。実際の建設現場では、本実験のようなスランプ 3 cmの硬練りコンクリートやスランプ 22 cmの分離したコンクリートは、打ち込まないので75 ボス型枠を使用しても問題はないと思われる。

## 3. Cube 型ボス供試体の強度特性に関する検討

### 3. 1 実験概要

#### (1) コンクリートの配合

実験では呼び強度 27 および 60 の 2 種類のレディミクストコンクリートを使用した。コンクリートの配合および試験結果を表2に示す。

#### (2) 実物大壁試験体およびボス型枠の取付け

実物大壁試験体(壁試験体)は、図4に示すような高さ 1100 mm、長さ 1500 mm、幅 400 mmの試験体を4体作製した。壁試験体へのボス型枠の取付け個数は、壁試験体 A 面に Cube 型ボス型枠を上下 3 個ずつ計 6 個、壁試験体 B 面には 100 ボス型枠

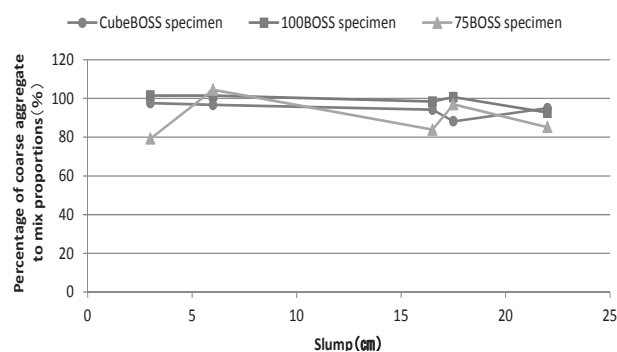


Fig.3 Relation between slump and percentage of coarse aggregate to mix proportions

を上下 3 個ずつ計 6 個とした。

#### (3) 壁試験体およびボス供試体の養生方法

壁試験体は呼び強度ごとに 2 体の試験体を作製し、コンクリートの打込み後、材齢 7 日で型枠を脱型し、その後、それぞれの試験材齢まで気中養生および現場水中養生とした。気中養生をした壁試験体のボス供試体は、図5に示すように、試験材齢 28 日までボス型枠を脱型しない(封かん養生)で、そのままの状態を取付けて置き、一方の図6に示すように現場水中養生をした壁試験体は、材齢 7 日でボス型枠も脱型し、壁試験体にボス供試体を取り付けた状態で試験材齢まで養生した。また、円柱供試体は JIS A 1132 に準拠して作製し、ボス供試体と同様の条件で養生した。

#### (4) 圧縮強度試験

各ボス供試体は、圧縮強度試験前に両壁試験体から割取り、また、コア供試体は、壁試験体 A 面のボス供試体近傍から上下 4 本ずつ採取した。圧縮強度試験では、ボス供試体は NDIS 3424、コアおよび円柱供試体は JIS A 1108 に準拠して材齢 28 日で圧縮強度試験を行った。ボス供試体の圧縮強度は、壁試験体ごとに上部 3 個、下部 3 個のそれぞれの平均値で、コア供試体も同様の壁試験体ごとに上部 4 本、下部 4 本のそれぞれの平均値とした。円柱供試体の圧縮強度は、養生条件ごとにそれぞれ 6 本の平均値とした。

Table 2 Mix proportions and test results (Test for compressive strength of concrete)

	Nominal strength	Gmax	W/C(%)	s/a(%)	Unit content(kg/m <sup>3</sup> )					Test result			
					W	C	S	G	Ad	Slump(cm)	Slump flow (mm)	Air Content(%)	Temperature(°C)
Normal strength	27	20	53.5	47.4	182	341	822	924	4.092	19.5	—	3.6	22.6
High strength	60	20	31.0	48.4	170	549	773	851	7.686	—	593×623	5.2	26.2

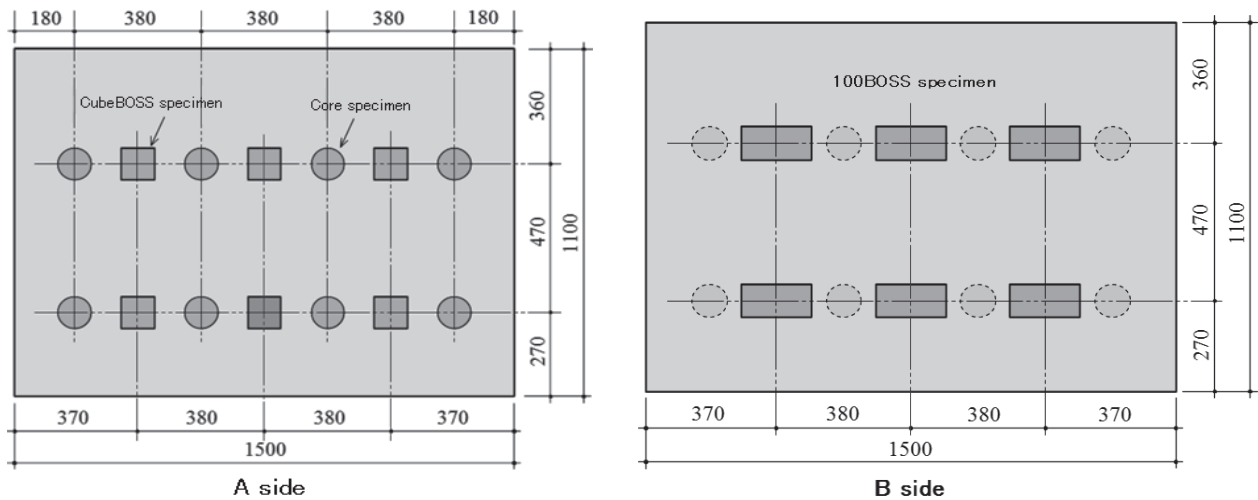


Fig.4 Plan of wall specimen

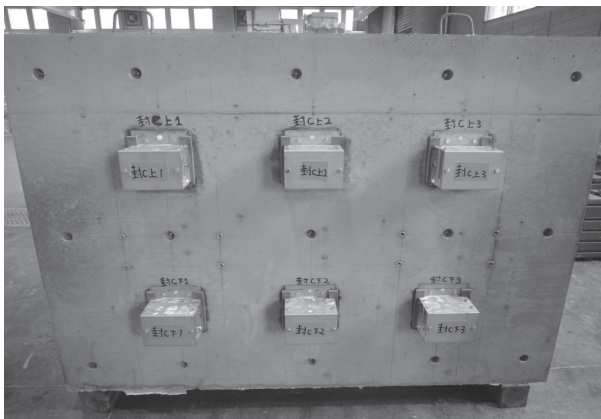


Fig.5 Sealed curing of BOSS specimen

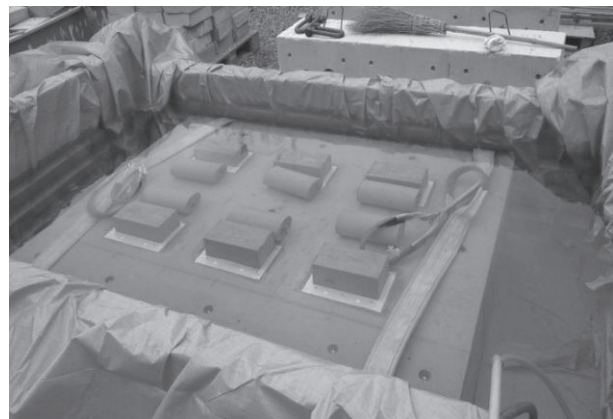


Fig.6 Underwater curing of BOSS specimen

### 3. 2 実験結果および考察

100 ボス供試体, Cube ボス供試体, コアおよび円柱の圧縮強度の関係を図 7 および図 8 に, 標準偏差を図 9 および図 10 に示す. 各供試体の圧縮強度を比較すると概ね Cube ボス供試体が一番高く, 100 ボス供試体, コアの順となっている. コア供試体の圧縮強度試験における高さ補正<sup>4)</sup>や ISO における円柱供試体の圧縮強度と立方体供試体の圧縮強度の関係<sup>5)</sup>から供試体の形状や寸法による強度への影響を考えると, ほぼ適正な結果であると思われる. そして, Cube ボス供試体の割取り面も良好であった. また, 各供試体の標準偏差を比較

すると, 普通コンクリートで, Cube ボス供試体の標準偏差は  $0.2 \sim 1.4 \text{ N/mm}^2$  程度, 高強度コンクリートで  $1 \sim 5 \text{ N/mm}^2$  とばらつきは小さく, 100 ボス供試体, コアおよび円柱供試体と大差なかった.

既往のデータ<sup>2)</sup>に本研究のコア強度と Cube ボス供試体強度のデータをプロットすると, 図 11 のようになる. NDIS では, 100 ボス供試体強度をコア強度の値に補正(換算)する際には, ボス強度から  $1 \text{ N/mm}^2$  差し引く(補正係数)こととなっているが, Cube ボス供試体の場合は, 供試体の高さが低いため, それ以上の補正が必要になると考えられる.

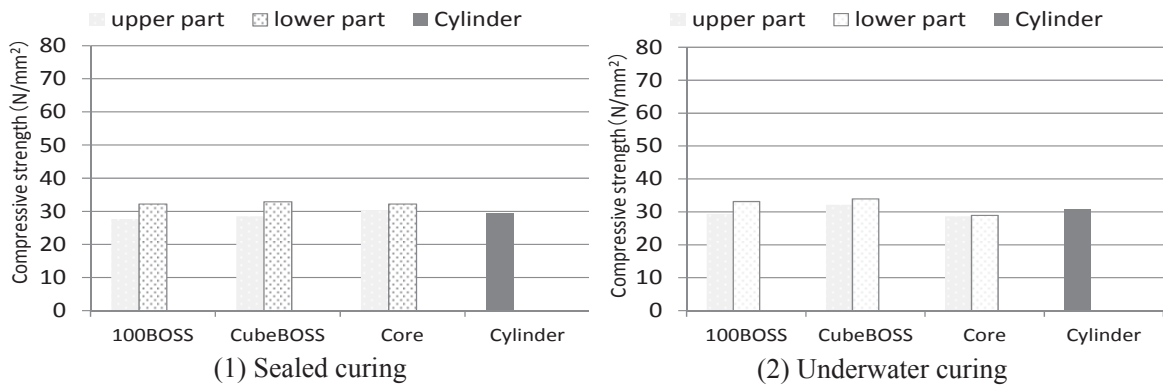


Fig.7 Relation between type of specimen and compressive strength of concrete (Normal strength)

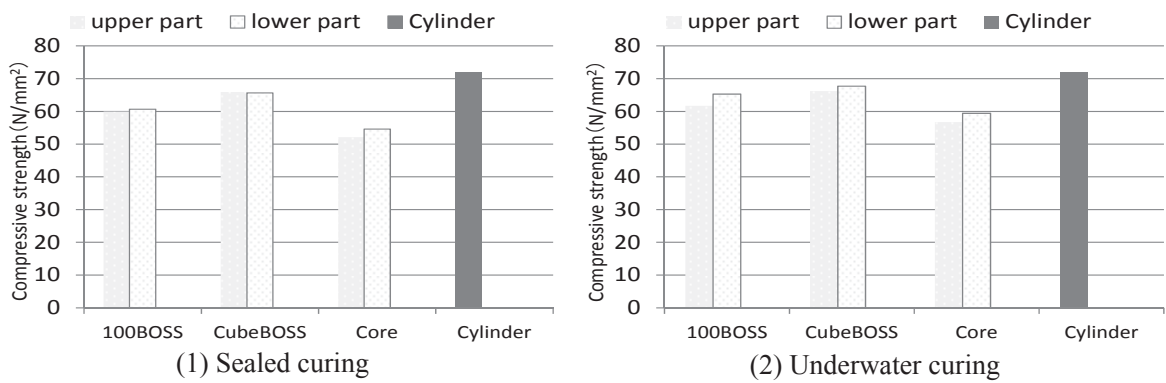


Fig.8 Relation between type of specimen and compressive strength of concrete (High strength)

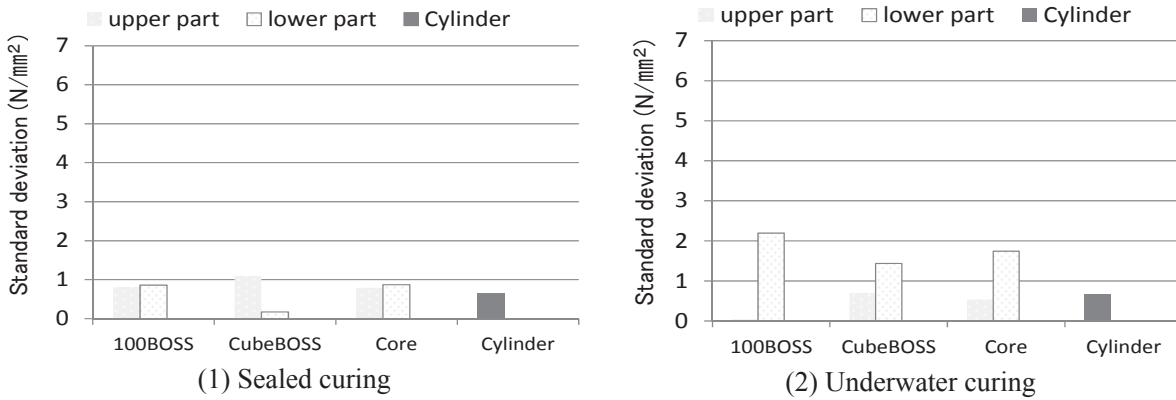


Fig.9 Standard deviation (Normal strength)

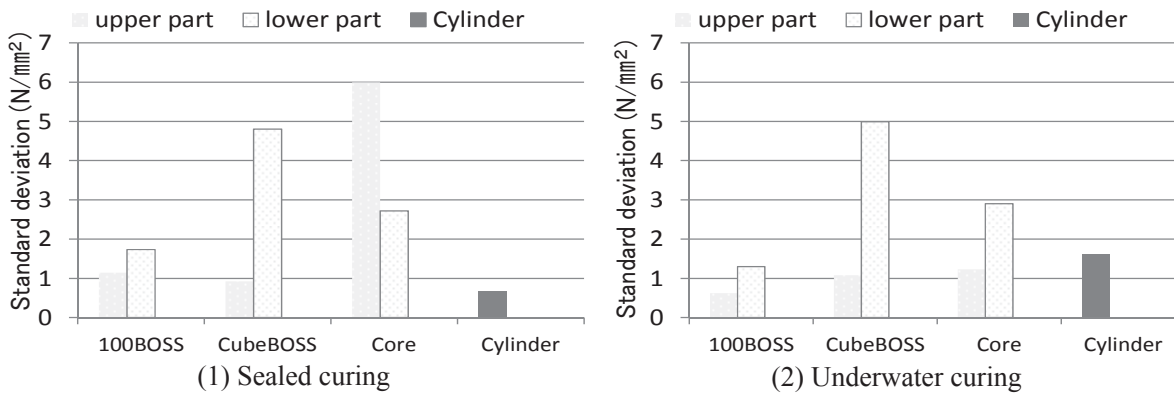


Fig.10 Standard deviation (High strength)

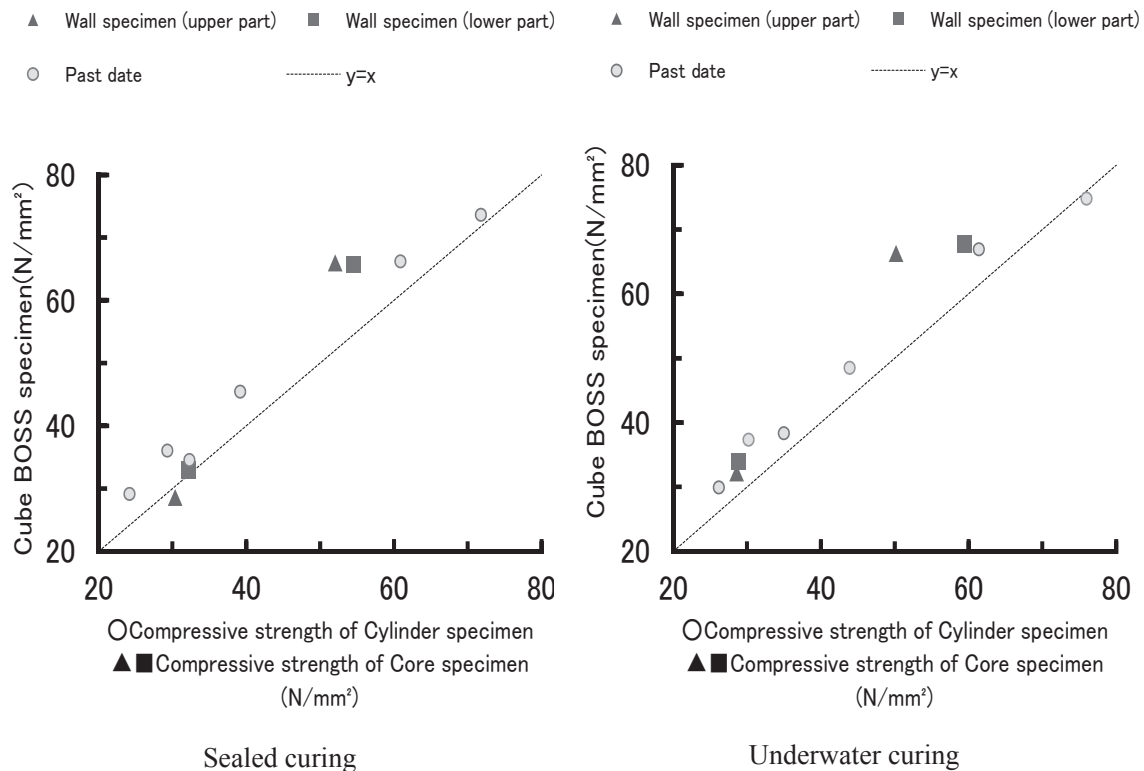


Fig.11 Relation between compressive strength of CubeBOSS specimen and core specimen

#### 4. まとめ

- (1)今回開発した Cube 型ボス供試体は、いずれのスランプにおいても概ね 90%以上の粗骨材充てん率があり、材料分離することなくコンクリートが充てんされると考えられる。
- (2)実物大壁試験体で実験を行った結果、Cube ボス供試体の割取り面、強度性状は良好で、標準偏差も小さく、立方体供試体として十分活用できると考えられる。
- (3)各種供試体の圧縮強度試験を行った結果、概ね Cube ボス供試体が最も大きい強度を示し、次に 100 ボス供試体、コアの順となった。
- (4)Cube ボス供試体からコアによる構造体コンクリート強度を推定する場合には、100 ボス供試体より補正值が必要になると考えられる。  
今後更なるデータを蓄積し、補正係数を確立する予定である。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の大学院生、学部 4 年生、ならびに構造物総合実習Ⅲの非常勤講師の先生方、授業を履修した学部生に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

#### 文 献

- 1) 日本非破壊検査協会：「ボス供試体の作製方法及び試験方法」NDIS3424, 2011
- 2) 菊田弘之ら：ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響，ものづくり大学紀要 No3, pp. 68-73, 2012
- 3) JIS A 1112「フレッシュコンクリートの洗い分析試験方法」，2003
- 4) JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮試験方法」，2002
- 5) ISO 22965「コンクリートの仕様、性能、製造および適合性」，2007



## 論文 Article

## 養生方法の違いがコンクリートの表層品質に及ぼす影響

原稿受付 2013年3月27日  
ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 39~44

望月昭宏<sup>\*1</sup>, 澤本武博<sup>\*2</sup>, 樋口正典<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup>ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科 大学院生

<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科

<sup>\*3</sup>三井住友建設株式会社

## Effects of Curing Methods on Surface Properties of Concrete

Akihiro MOCHIDUKI<sup>\*1</sup>, Takehiro SAWAMOTO<sup>\*2</sup> and Masanori HIGUCHI<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate student. Graduate school of Technologists, Institute of Technologists

<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists

<sup>\*3</sup> SUMITOMO MITSUI Construction Co.,Ltd.

## Abstract

The property of concrete surface which influences the durability of concrete structure is greatly affected on curing conditions. In this study, the effects of the demolding timing and the curing method on concrete surface are investigated. As a result, it is better to delay the demolding timing, when atmospheric curing or membrane curing is carried out. However, it is better to be earlier the demolding timing, when sealed curing or wet curing is carried out.

**Key Words** : Concrete, Curing, Demolding timing, Surface property, Compressive strength

## 1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性を左右する表層コンクリートの品質は、養生条件に大きく影響を受けるため、構造物の長寿命化のためには最適な養生方法が求められる。一方、平成17年より公共工事の品質確保の促進に関する法律が施行され、入札方式に総合評価落札方式が適用されるようになった。そのため、入札価格に加えて技術力が評価されることから、コンクリートの品質向上に関する研究や技術開発がさらに注目されるようになった。

本研究では、コンクリートの脱型時期を材齢1日、7日および28日と変化させ、さらに、その後の養生方法を気中養生、封かん養生、膜養生および湿布養生を行った場合について、コンクリート

の表層品質に及ぼす影響を各種試験で総合的に評価した。

## 2. 実験概要

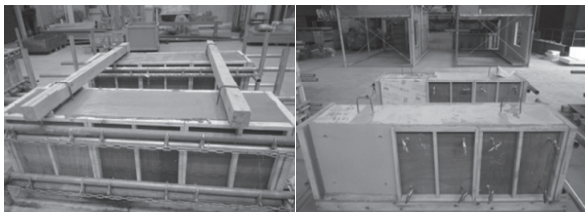
## 2.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントには普通ポルトランドセメント（密度 $3.16\text{g/cm}^3$ ）を、細骨材には栃木県栃木市尻内町産山砂（表乾密度 $2.61\text{g/cm}^3$ 、粗粒率2.75）を、また普通コンクリートの粗骨材には栃木県栃木市尻内町産砕石（最大寸法20mm、表乾密度 $2.64\text{g/cm}^3$ 、実積率59.0%）を、高強度コンクリートの粗骨材には栃木県佐野市会沢町産石灰岩砕石（最大寸法20mm、表乾密度 $2.70\text{g/cm}^3$ 、実積率60.0%）を用いた。また、混和剤として普通コンクリートにはAE減水剤を、高強度コンクリートには高性能AE

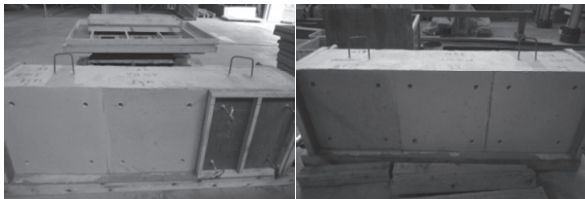
Table 1 Mix proportions of concrete

Nominal strength	W/C (%)	Slump (cm)	Air content (%)	Unit content(kg/m <sup>3</sup> )					Test results		
				W	C	S	G	Ad	Slump (cm)	Air content(%)	Strength** (N/mm <sup>2</sup> )
27	53.5	18±2.5	4.5±1.5	182	341	822	924	4.092	19.5	3.6	33.1
60	31.0	60±10*	4.5±1.5	170	549	773	851	7.686	57.5*	6.0	76.5

\*Slump flow    \*\*Compressive strength at age of 28 days



Placing of concrete    Demolding at age of 1 day

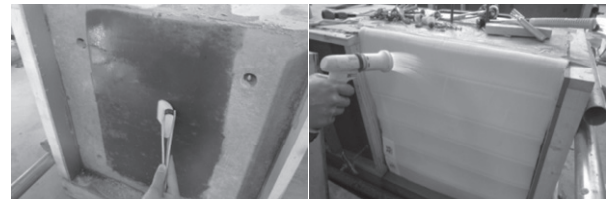


Demolding at age of 7 days    Demolding at age of 28 days

Fig.1 Demolding timing



Atmospheric curing    Sealed curing



Membrane curing    Wet curing

Fig.2 Curing methods (Wall specimen)

減水剤を用いた。

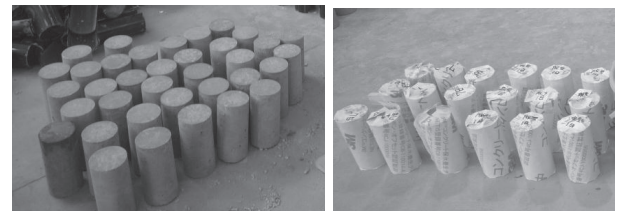
コンクリートの配合は、表1に示したように、水セメント比を53.5%とした普通コンクリートおよび水セメント比を31.0%とした高強度コンクリートの2種類である。スランプ、空気量および材齢28日における標準水中養生の圧縮強度は、普通コンクリートでそれぞれ19.5cm、3.6%および33.1N/mm<sup>2</sup>、高強度コンクリートでそれぞれ57.5cm（スランプフロー）、6.0%および76.5N/mm<sup>2</sup>であった。

## 2.2 壁試験体の作製

壁試験体の寸法および形状は、幅400mm、高さ600mm、長さ1800mmの直方体とし、型枠には表面加工コンクリート型枠合板を用いた。コンクリートは実機練りとし、トラックアジテータで搬入した。コンクリートは、トラックアジテータから直接シュートで打込み、内部振動機で締め固めた。また、壁試験体と同時に、円柱供試体をJIS A 1132に準じて作製した。

## 2.3 脱型時期および養生方法

実験では、型枠の脱型時期を変化させるため、図1に示したように合板長手方向の1800mmを



Atmospheric curing    Sealed curing



Membrane curing    Wet curing

Fig.3 Curing methods (Cylinder specimen)

600mmに3分割し、材齢1日、材齢7日および材齢28日で脱型することとした。脱型後の養生方法は、図2に示したように、気中養生、封かん養生、膜養生および湿布養生を行った。なお、封かん養生は市販の養生テープを用いることとし、膜養生は脱型直後に養生剤を塗布することとした。また、封かん養生および湿布養生の期間は、それぞれ脱型日から1ヶ月とし、その後は材齢3ヶ月まで気

中養生を行った。

円柱供試体の養生の様子を図3に示す。円柱供試体の場合にも、壁試験体と同様の脱型時期および養生方法とした。なお、円柱供試体は圧縮強度試験用である。

## 2.4 表面硬度の測定

コンクリートの表面硬度の測定として、表面から数mm程度の硬度を反映する引っかき傷試験<sup>1,2)</sup>(図4左)、表面から10mm程度までの硬度を反映するリバウンドハンマー試験(図4右)を、それぞれ脱型時期および養生方法を変化させた壁試験体で行った。

引っかき傷試験は、引っかき試験器を壁試験体表面に押し当てて荷重1.0kgで引っかき、表面についた傷から3箇所傷幅を測定し平均値を求めた。また、リバウンドハンマー試験は、JIS A 1155に準じて壁試験体表面を9箇所測定し平均値を求めた。なお、測定値にコンクリート表層部の乾湿が影響しないように、いずれの試験材齢も3ヶ月とした。

## 2.5 圧縮強度の測定

圧縮強度試験は、円柱供試体のみ行うこととし、JIS A 1108に準じて行った。なお、試験材齢は表面硬度の測定に合わせて3ヶ月とした。また、今回の養生を変化させた直径100mmの円柱供試体は、側面全てを養生しているため、壁試験体で考えると、コンクリート表面から50mm程度(円柱供試体の直径の半分)までの圧縮強度を表すものと考えられる。

## 2.6 透気係数の測定

透気試験の様子を図5に示す。透気試験機を用いて脱型時期および養生方法を変化させた壁試験体のコンクリート表面の3箇所測定することとした。チャンバーセル内の空気を真空ポンプを使用して吸い上げた状態の圧力をゼロとし、圧力が一定時間で上昇した値を測定し、透気係数を求めた。なお、透気係数は、測定面のあばたや微細なひび割れの影響を大きく受けるため、今回の実験では3ヶ所測定した最小値のみを評価することとした。また、透気試験は普通コンクリートのみ行うこととし、試験材齢は3ヶ月とした。

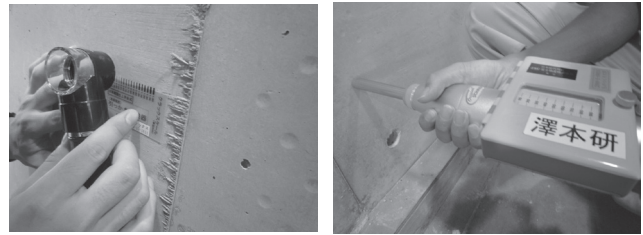


Fig.4 Measurement of concrete surface hardness

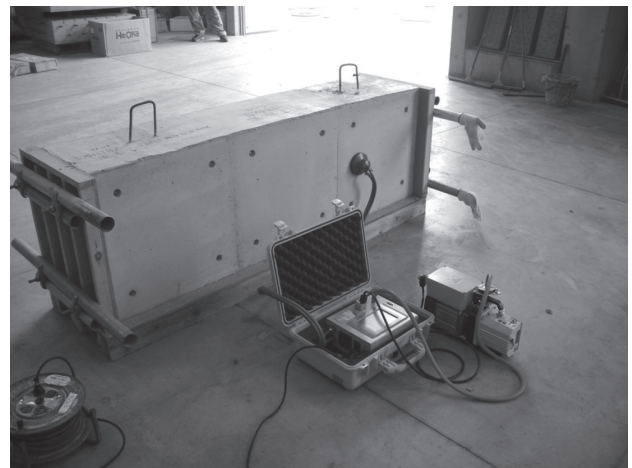


Fig.5 Measurement of air permeability

## 2.7 中性化深さの測定

中性化深さの測定では、壁試験体からコアを採取し、二酸化炭素濃度5%、相対湿度60%の雰囲気下で1ヶ月間促進試験を行い、その後コア供試体の割裂面にフェノールフェタレイン溶液を噴霧することとした。なお、中性化深さの測定は普通コンクリートのみ行うこととし、コア供試体の割裂面を10箇所測定し平均値を求めた。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 引っかき傷試験

脱型時期および養生方法の違いが引っかき傷幅に及ぼす影響を図6に示す。普通コンクリートでは、脱型材齢が1日で気中養生または膜養生を行った場合に極端に引っかき傷幅が大きくなり、コンクリート表面の脆弱化が見受けられる。これは、早期脱型により表層部の水分が蒸発し、表層部の水和反応が阻害されたためと考えられる。一方、高強度コンクリートでは脱型時期および養生方法の違いによる影響はさほど見受けられなかった。

### 3.2 リバウンドハンマー試験

脱型時期および養生方法の違いが反発度に及ぼ

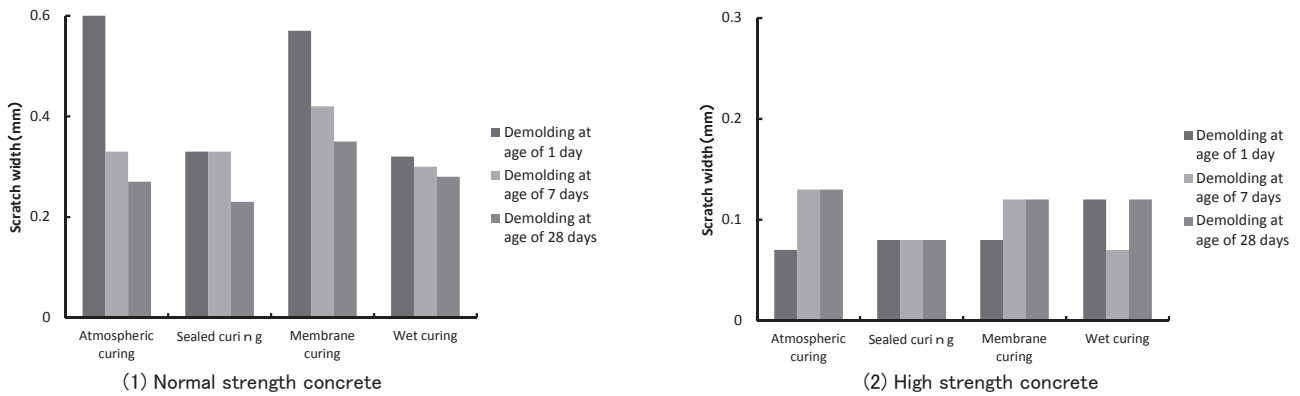


Fig.6 Effects of curing method and demolding timing on scratch width of concrete surface

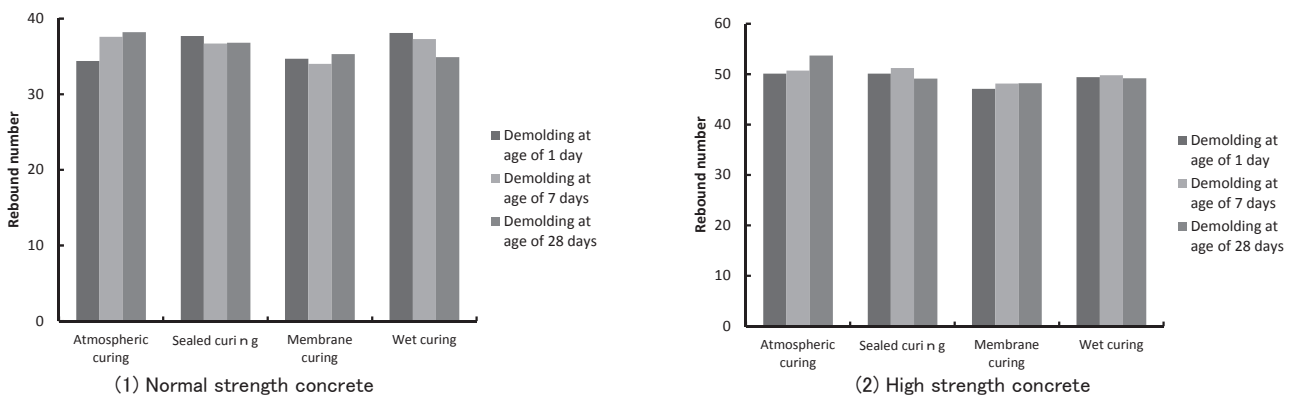


Fig.7 Effects of curing method and demolding timing on rebound number of concrete surface

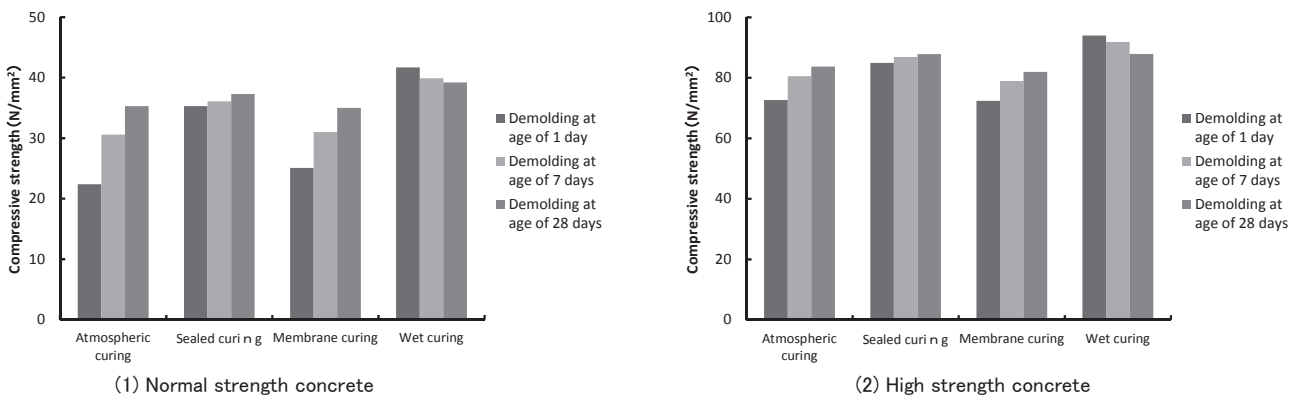


Fig.8 Effects of curing method and demolding timing on compressive strength of concrete

す影響を図7に示す。反発度は気中養生の場合に脱型時期が早くなるほど小さくなった。これは、引っかき試験と同様に、表層部の水分の蒸発により水和反応が阻害されたためと考えられる。しかし、湿布養生の場合には気中養生とは逆に、脱型時期が早くなるほど反発度が大きくなる傾向にあった。これは、湿布養生は外部からコンクリートに水分補給することを目的としているため、なるべく早期に脱型して養生を行う方が、コンクリート表層部の水和を促進して緻密にできることを表

していると考えられる。そして、これらの傾向は、高強度コンクリートよりも普通コンクリートで顕著に見受けられた。

### 3.3 圧縮強度試験

脱型時期および養生方法の違いが圧縮強度に及ぼす影響を図8に示す。気中養生および膜養生を行った場合には、脱型時期が早くなるほど、圧縮強度は小さくなった。これは、早期脱型を行うと、水和に必要な水分が蒸発し、コンクリート表面から50mm程度、すなわちかぶりコンクリートの強

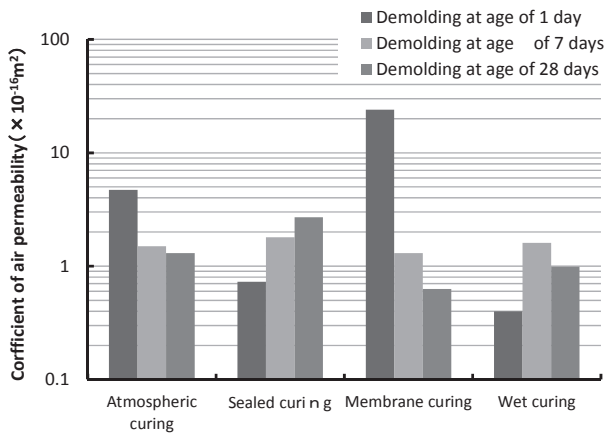


Fig.9 Effects of curing method and demolding timing on air permeability

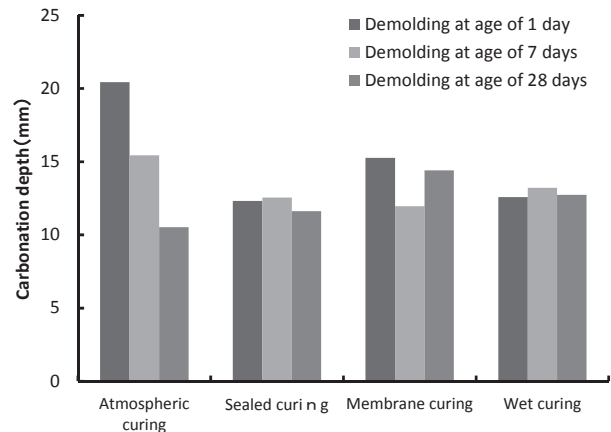


Fig.10 Effects of curing method and demolding timing on carbonation depth

度に大きく影響を及ぼすことを表している。一方逆に、湿布養生を行った場合は、脱型時期が早くなるほど圧縮強度は大きくなり、普通コンクリートの場合、材齢1日で脱型して養生した場合を比較すると、気中養生に比べておおよそ2倍の圧縮強度となった。また、封かん養生を行った場合には、さほど脱型時期の影響は見受けられなかった。

### 3.4 透気試験

脱型時期および養生方法の違いが透気係数に及ぼす影響を図9に示す。透気係数は、 $1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下と良好の場合が、材齢1日で脱型してから封かん養生、材齢28日で脱型してから膜養生、材齢1日で脱型してから湿布養生を行った場合に見受けられた。これは、封かん養生の場合は、型枠を遅くまで残しておくよりも早期にテープを貼る方が水分の蒸発をより防げると考えられ、膜養生の場合は、早期脱型するとたとえ膜養生を行っても水分の蒸発が大きい、ある程度水和が進んだ後での膜養生は、その後養生が持続するため水分の蒸発が長期にわたり抑制できると考えられる。

### 3.5 中性化促進試験

脱型時期および養生方法の違いが中性化深さに及ぼす影響を図10に示す。材齢1日で脱型し気中養生または膜養生を行った場合に中性化深さが大きくなった。今回の実験の範囲では、その他の場合には、さほど中性化深さに違いは見受けられなかった。

### 3.6 各種試験の総合評価

今回の実験では、コンクリートの表層品質につ

Table2 Effects of curing method and demolding timing on properties of concrete surface

Demolding timing	Atmospheric curing	Sealed curing	Membrane curing	Wet curing
1 day	×	◎	×	◎
7 days	△	○	△	○
28 days	○	○	◎	○

いて、普通コンクリートの方が高強度コンクリートより脱型時期および養生の影響を大きく受けることが明らかとなった。そのため、普通コンクリートについて、3.1~3.5の各種試験結果より脱型時期および養生方法が表層品質に及ぼす影響を表2にまとめた。表中の二重丸が最もコンクリートの表層品質が向上する方法であると考えられる。

## 4. まとめ

- (1)普通コンクリートの方が高強度コンクリートより脱型時期および養生方法の違いの影響を受けやすい。
- (2)普通コンクリートの場合、早期脱型してその後気中養生を行うと、湿潤養生した場合の半分程度の圧縮強度しか得られないこともある。
- (3)膜養生を行う場合には、なるべく型枠の脱型時期を遅らせ、養生剤を塗布する方が良い。一方、市販テープおよび養生マットを用いて、それぞれ封かん養生および湿布養生を行う場合には、なるべく早期に脱型して養生を行う方

が良い。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の大学院生、学部生ならびに構造物総合実習Ⅲの非常勤講師の先生方、授業を履修した学部生に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

## 文 献

- 1) 浅見勉：床下地表面硬さの簡易測定方法に関する研究，日本建築仕上学会，FINEX，Vol.9,No.54，pp.22-26，1997.10
- 2) 湯浅昇，笠井芳夫，松井勇：引っかけ傷によるコンクリートの表面強度測定方法，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），pp.677-678，1999.7

## 論文 Article

## コンクリート表面の仕上がり状態における評価指標の構築に関する一考察

原稿受付 2013年3月30日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 45~52

荒巻卓見<sup>\*1</sup>, 大塚秀三<sup>\*2</sup>, 高橋宏樹<sup>\*2</sup>, 三井実<sup>\*3</sup>, 中田善久<sup>\*4</sup>, 赤谷樹一郎<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学大学院 ものづくり学研究所 ものづくり学専攻<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*3</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科<sup>\*4</sup>日本大学 理工学部 建築学科

## A Study on The Evaluation Indexes of Finishing of Concrete Surface

Takumi ARAMAKI<sup>\*1</sup>, Shuzo OTSUKA<sup>\*2</sup>, Hiroki TAKAHASHI<sup>\*2</sup>, Minoru MITSUI<sup>\*3</sup>,  
Yoshihisa NAKATA<sup>\*4</sup> and Kiichiro AKATANI<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup> Graduate School, Dept. of Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*4</sup> Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University

## Abstract

This paper showed the concept of evaluation index to the visual element in the finishing of concrete surface. As a final objective, it is construction of the quantitative quality control system by the image analysis of principally uneven color and surface foam. The image analysis program can evaluate a color tone besides uneven color quantitatively, and there are a sensuality evaluation and correlation. For this reason, we thought that construction advances smoothly by this quantitative quality control system.

**Key Words** : Finishing of Concrete Surface, Uneven Color, Surface Foam, Image Analysis, Sensory Assessment, Quality Control System

## 1. はじめに

コンクリート素地仕上げの一つであるコンクリート打放し平滑仕上げ(以下, 打放しコンクリートとする)は, 仕上げ面としてコンクリートの素地をそのまま用いるため, 躯体としての品質は無論のこと, 仕上げ材料としての視覚的な仕上がり状態が重要な要素であることは論を待たない. コンクリート表面の仕上がり状態とは, 広義な意味で Fig. 1 に示すような施工不良に起因して発生する不具合だけでなく, 適切な施工を行っても色調, 色む

らおよびテクスチャーなど制御が困難である視覚的な要素が含まれる. しかしながら, 仕上がり状態に関する評価指標とその評価方法が明確に示されていないのが実状である. 例えば, JASS 5<sup>1)</sup>では, コンクリート表面の仕上がり状態を規定する要素について記述されているものの, 平坦さの基準を除いて定量的な判断基準は明記されていない. 一般的に打放しコンクリートとする場合は, 設計図書の様書に「コンクリート打放し補修」と明示され, 詳細な要求性能は特記仕様書によって示されるが, その多くは JASS 5 に準ずるとの記述で

あり、要求される仕上がり状態が定量的に示されることは極めて少ない。

それ故に、Fig. 1 に示すような豆板やコールドジョイントなどは、一見して不具合と認識でき補修すべきものと判断されるが、コンクリートの色むらやテクスチャーなどの良否に関する判断は、観察者の主観に委ねられることになり、ユーザ、施工監理者および施工管理者の立場による認識が完全に一致を見ない場合には、その補修の是非について齟齬が生じてくる。特に、プレキャストコンクリート製品(以下、PCa 製品とする)などは、その最たるものである。

PCa 製品の製造メーカーを対象とした製造過程での表面仕上がり状態の管理に関する既往の調査<sup>2)</sup>では、社内基準の有無の差違はあるものの、仕上がり状態に関して目視評価、すなわち管理者の主観に委ねられる品質管理を行っていることが示されている。一方で、(社)日本コンクリート工学協会の報告書<sup>3)</sup>によれば、PCa 製品に対する購入者からのクレームは、表面気泡および色むらが最上位を占めており、構造的な品質に大きな影響は無いにも関わらず、これらの補修に多大な労力や費用を要する状況にある。このことから、コンクリート表面の仕上がり状態を評価する指標を明示することが極めて有効と考えられる。

そこで、本報告は、打放しコンクリート表面の仕上がり状態を規定する視覚的な要素について、定量的な評価と官能評価による感覚量を複合した評価方法を確立し、最終的には、関係者間の合意形成に基づく仕上がり状態の品質管理システムを構築することを目的としたものである。

ここでは、打放しコンクリート表面の仕上がり状態を規定する要素の一因である“色むら”を主眼とし、画像解析による定量的な評価方法と官能検査による評価尺度との関係について示し、この評価方法を用いたコンクリート表面の仕上がり状

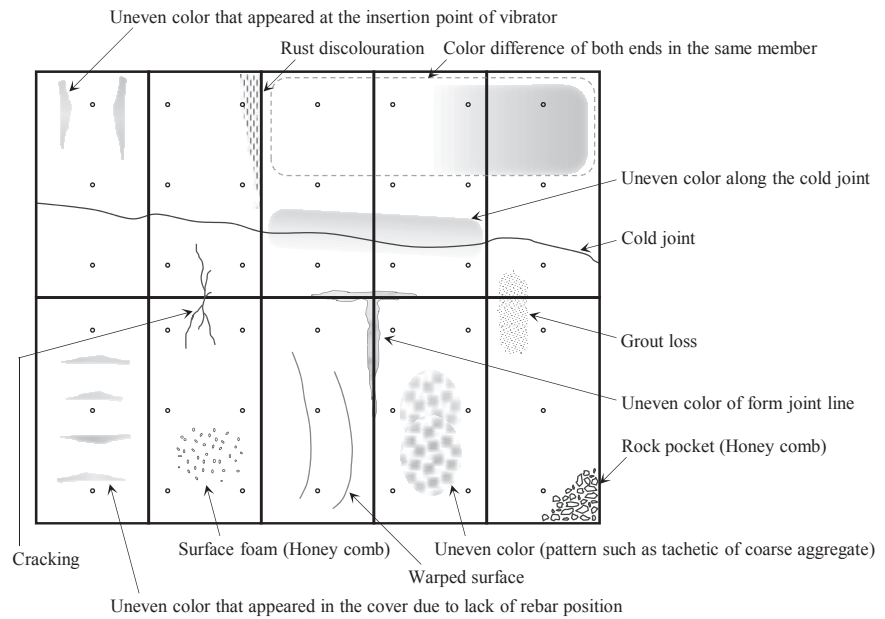


Fig. 1 Image of Finishing of concrete surface

態における品質管理システムのあり方について述べる。

## 2. コンクリート表面の仕上がり状態を規定する視覚的要素および評価指標

打放しコンクリート表面の仕上がり状態を規定する視覚的な要素には、色調、色むら、表面気泡および光沢度が挙げられる。この他にも、形状および造形に起因する要素、例えば、型枠目違いやはらみ出しなど躯体の施工精度も関係すると考えられるが本報告では対象としない。

色彩値、色むら、表面気泡および光沢度に対する評価は、観察距離の遠近により観察できる範囲が変化するため、観察距離を考慮した評価が必要と考えられる。これらのうち、“色むら”を例として、観察距離の相違による打放しコンクリート表面の色むらのパターン例を Fig. 2 に示す。ここでは、色むらのパターンを大別して4つに分類した。

- ①均一分散型：色の濃淡の差異がほとんど無く均質な仕上がり面(色むらがほとんどなく一般的に美しいとされる仕上がり面)
- ②不均一分散型：色の濃淡の差異がはっきりと判別でき斑状の粗骨材のような模様で分散した仕上がり面




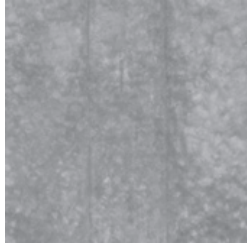
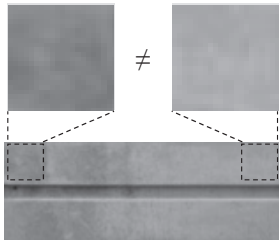
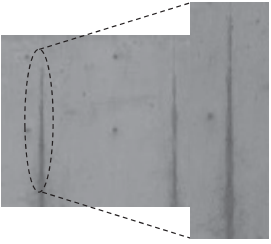



Uneven color condition	Almost no uneven color	tachetic pattern such as coarse aggregate	Color difference of both ends in the same member
pattern classification of uneven color	Uniformly dispersed Type	Ununiformly dispersed Type	Differing allo-point Type
Observation distance Near ← → Distant	← →	←	→
Exemplar (photograph)			
Uneven color of form joint line	Uneven color along the cold joint	Uneven color that appeared at the insertion point of vibrator	Uneven color that appeared in the cover due to lack of rebar position
Local Type			
	←	←	←
			
			

Fig.2 Distance that can be recognized as an example for uneven color pattern of the concrete surface

Table 1 Tentative of Evaluation Indexes

Evaluate target surface and observance distance	Different surface (long distance)	Same surface (long distance)	Same surface (short distance)		
			Color tone, Uneven color	Surface foam, Gloss	
Evaluate item	Color tone		Color tone, Uneven color	Surface foam	Gloss
Evaluate method	Image analysis using the		image photograph of the digital camera		Gloss meter
Evaluate scale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Average difference of luminance</li> <li>Color difference (<math>\Delta E^*ab</math>)</li> </ul>		< Color tone > <ul style="list-style-type: none"> <li>Average difference of luminance</li> <li>Color difference (<math>\Delta E^*ab</math>)</li> </ul> < Uneven color > <ul style="list-style-type: none"> <li>Standard deviation of luminance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Area rate occupied by the foams in the target surface</li> <li>Distribution of foam size</li> </ul>	Average difference of Gloss

- ③大局差異型：寸法および面積の大きな部材あるいは面における離れた部位において色に差がでた仕上がり面
  - ④局所型：部分的に突出した色むらを生じている仕上がり面
- 上記の色むらのパターンは、②および④のように比較的近距离から明確に判断できる場合と、③のように離れた距離でしか判断できない場合に、分けて捉えることができる。一方、表面気泡は、観察距離が比較的近距离の場合のみ認識され、光沢度は表面に接触することによってのみ評価が可能である。よって施工管理を考慮した場合に、対

象物の仕上がり状態のパターンによりそれぞれの評価項目について適切な観察距離を定める必要があるといえる。

以上を踏まえて、打放しコンクリート表面の視覚的な仕上がり状態を規定する要素として色彩値、色むら、表面気泡および光沢度を評価項目とした場合の対象面および観察距離に応じた評価指標の試案を Table 1 に示す。本報告では、比較的近距离において認識できる色彩値、色調および表面気泡に主眼を置き、その評価方法と品質管理システムについて論じる。なお、視覚的な仕上がり状態を規定する要素の色彩値および色むら进行评估する

方法として、以前から JIS Z 8729 : 2004 「色の表示方法— $L^*a^*b^*$ 表色系および  $L^*u^*v^*$ 表色系」により分光測色計を用いた、局所的な測定による評価が行われることが一般的であったが、色むらの集合体であるコンクリート表面は、面的な評価が不可欠である。

### 3. 画像解析によるコンクリート表面の色むらの評価方法

前章で述べたように、コンクリートは均質材料ではないために、その程度は異なるものの色むらの集合体であるといえ、対象範囲全体の面としての評価が不可欠となる。そこで、北垣らの提案した方法<sup>4)</sup>を参考として、簡便かつ即時的に定量的な判断が可能な方法として、コンクリート表面を市販のデジタルカメラにより撮像した画像の全画素の色彩情報を抽出し、その統計値によって評価できる画像解析プログラムを作成した。なお、本手法に付与する機能は、コンクリート表面の色彩値、色むらおよび表面気泡の検出であるが、現時点で表面気泡については開発中であり全ての機能を満足するには至っていないため、以降は、本手法を用いた色むらの評価方法についてのみ論じることとする。

#### 3. 1 評価方法の概要

評価対象は、打放しコンクリートの試験体 (W300×H300×D200mm) とした。使用したデジタルカメラの仕様を Table 2、試験体の撮像条件を Fig. 3、撮像画像の一例を Photo 1 に示す。撮像画像は、試験体における表面色あるいは光の照射条件により、デジタルカメラのホワイトバランス機能によって自動的に白色調整されるため、画像ごとに明暗の差が生じる可能性がある。また、ホワイトバランス機能を使用しない場合でも同様である。そこで、これらの影響を排除するため、試験体のほかに白色および黒色のサンプルを写し込み、明度レベルの調整の基準とし、異なる撮像環境下においても対応できるものとした。また、解析対象とした画像の解像度は 72dpi とし、Fig. 4 に示すフローで画像解析プログラムに取り込み、白色および黒色サンプルにより明度を補正し、任意の解

Table 2 Specifications of camera

Items	Specifications	
Camera	Type	Digital single lens reflex
	Model name	KISSDNS
	Pixel	8 millions
	Lens	Fixed focal length 30mm Angle of view 45°
Shooting condition	Size	3,456×2,304
	Mode	Auto focus, Manual white balance
	F-number	4.5
	Shutter speed	Auto
	Flash	None

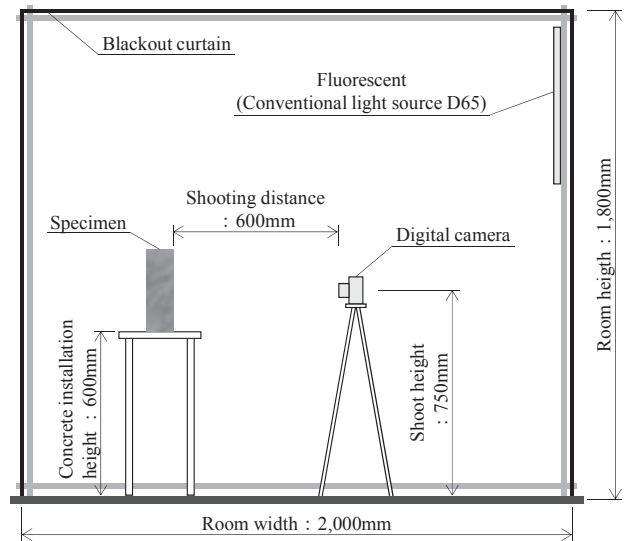


Fig. 3 Shooting condition of the specimen

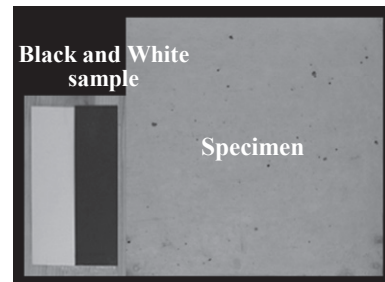


Photo 1 An example of the imaging photograph

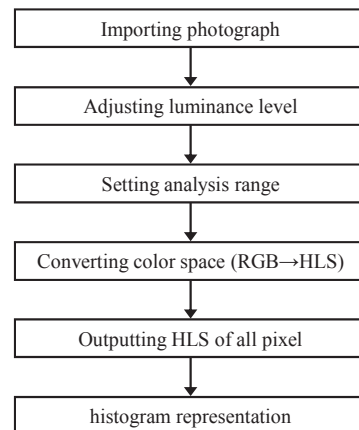


Fig. 4 Flow of image processing

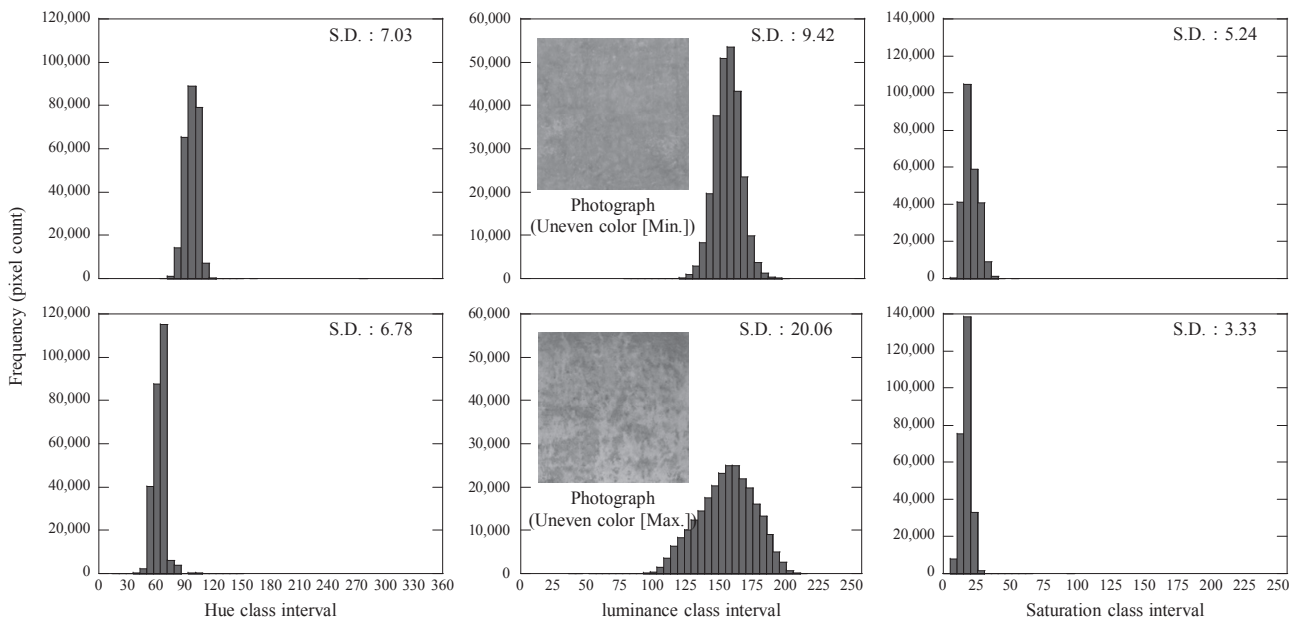


Fig. 5 Histogram of HLS color space

析範囲内の全画素における色彩情報の RGB データを H(色相, 359 階調), L(明度, 255 階調), S(彩度, 255 階調)色空間へと変換し抽出する。

なお、コンクリートの表面色は無彩色に近いので、色相(赤, 黄, 緑, 青といった色合い)および彩度(鮮やかさ)ともに乏しく、これらの色彩情報から色むらを捉えることが困難である反面、明度と色むらに相関があり、画素ごとのばらつきによって色むらの程度をよく捉えられると考えられる。よって、その明度の分布をヒストグラム化し、標準偏差の大小(大:色むらの程度が大きい, 小:色むらの程度が小さい)により評価する。

### 3. 2 画像解析結果の検証

画像解析プログラムにより抽出される全画素の明度を用いた評価の妥当性を検証するために、目視により色むらの程度に大きな差のある試験体 2 つを選択し、本手法により得られた色彩情報, H(色相), L(明度)および S(彩度)の分布傾向について比較した。

HLS 色空間によるヒストグラムを Fig. 5 に示す。H(色相)および S(彩度)の分布は、いずれの試験体においても極小の階調範囲に集約され、標準偏差にもほとんど差が見られない。このことから、H(色相)および S(彩度)を用いた評価は、コンクリート表面の色むらを表現するのに不相当であることが分かる。一方、L(明度)の分布は、概ね正規分

布であり、標準偏差の大小が色むらの程度に合致しており、目視による認識と近い傾向にあるといえる。

以上のことから、コンクリート表面の色むらを明確に捉えるには、対象範囲全体の明度分布を標準偏差の大小で評価することが適切であると考えられる。

## 4. 画像解析による色むらの定量値と官能検査による色むら評価尺度の関係

前章では、デジタルカメラによる打放しコンクリート表面の撮像画像を用いた画像解析プログラムにより抽出した明度の標準偏差によって、色むら进行评估できる可能性を示したが、どの程度の標準偏差であれば観察者が色むらと認識するか定かではない。そこで、平均明度および明度の標準偏差が異なる試験体の色むら評価尺度との関係について基礎的な知見を得るために官能検査により検討した。

### 4. 1 明度の標準偏差と色むら評価尺度の関係

検査試料は、色むらの異なる試験体(W300×H300×D200mm)26 体とした。検査方法は、Fig. 3 に示す試験体の撮像方法と同一の条件下において、系列範囲ちゅう法を用い「色むらの程度」について 5 段階(5:非常にある, 4:若干ある, 3:どちら

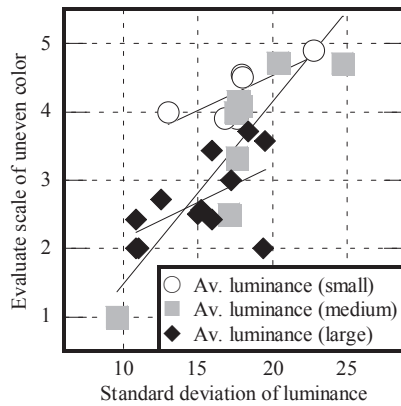


Fig. 6 Relationship between standard deviation of the luminance and evaluate scale of uneven color

でもない、2:あまりない、1:全くない)の判断範ちゅうによる絶対判断とした。検査結果は、判断範ちゅうを1~5の範囲で数値化しその平均値を色むらの評価尺度として用いた。また、検査員は20歳代の男女10名(男9名、女1名)とした。

明度の標準偏差と色むら評価尺度の関係を Fig. 6 に示す。図中において、試験体の平均明度を120~146(小), 147~173(中), 174~200(大)と3つに大別して示した。明度の標準偏差と色むら評価尺度の関係は、明度の標準偏差と平均明度が同程度の試験体であっても若干のばらつきが見られるものの、いずれの平均明度とも全体に正の相関を示した。平均明度の違いによる影響は、同程度の標準偏差であっても、平均明度が大きくなるほど色むら評価尺度は小さくなる傾向にあり、平均明度の大小が色むら評価尺度に少なからず影響するものと考えられる。

#### 4. 2 平均明度および明度の標準偏差と色むら評価尺度の関係

検査試料であるコンクリート表面の仕上がり状態における平均明度および色むらの程度を任意に変化させることは困難であることから、画像編集により調整した印刷画像を用いることとした。検査試料の違いにおける明度の標準偏差と色むら評価尺度の関係を Fig. 7 に示す。いずれの標準偏差においても実物の試験体と印刷画像にほとんど差異は見られないことから、印刷画像を検査試料としても差し支えないものと考えた。

明度の標準偏差ごとの平均明度と色むら評価尺度の関係を Fig. 8 に示す。明度の標準偏差が同一

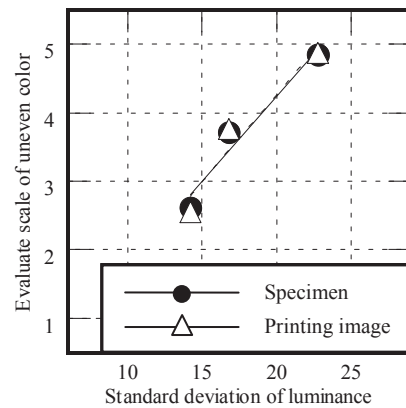


Fig. 7 Relationship between the standard deviation of the luminance and evaluate scale of uneven color of the difference in the test sample

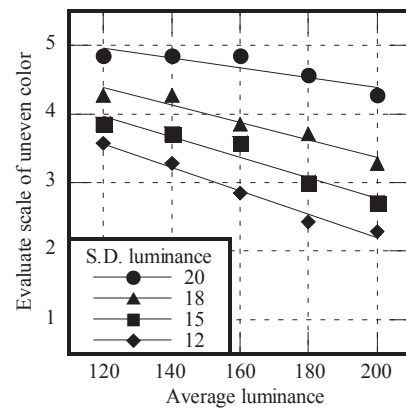


Fig. 8 Relationship between average luminance and evaluate scale of uneven color of standard deviation of the

の場合における色むら評価尺度は、平均明度が大きくなるにつれて小さくなる傾向にあった。一方、明度の標準偏差を変化させた場合には、明度の標準偏差が小さく、かつ平均明度が大きくなると色むら評価尺度が小さくなり、色むらと認識する割合が低下する傾向を示した。

これらから、色むら評価尺度の評価指標として、平均明度のほかに明度の標準偏差を加味して検討する必要があるといえる。

#### 5. 打放しコンクリート表面の仕上がり状態に関する品質管理システムの試案

前章では、コンクリート表面の色むらに関する定量的評価方法に主眼を置き概説した。これを、色調、色むらおよび表面気泡に限定して、実際の現場打ちコンクリートおよびPCa製品における表

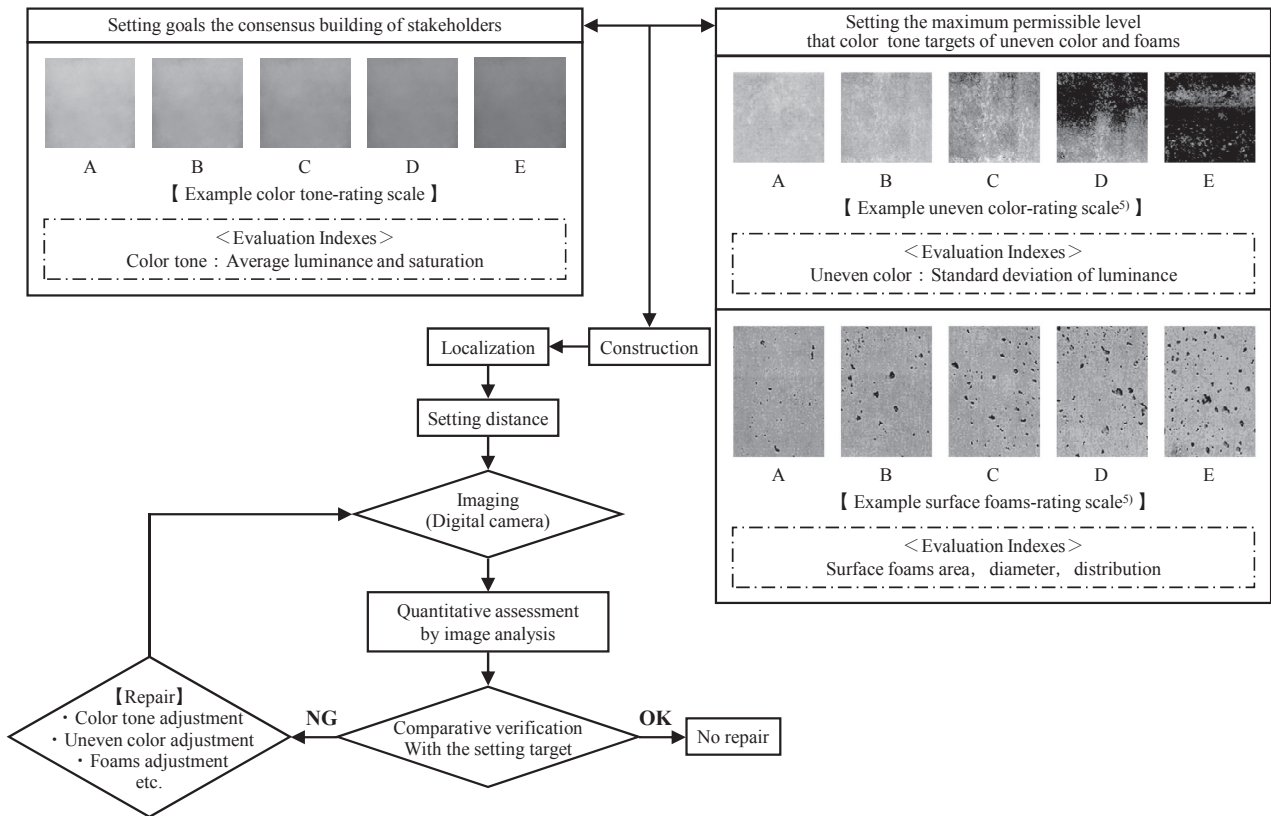


Fig. 9 The tentative of the quality control system about the finishing of concrete surface based on a quantitative evaluation

面仕上がり状態の品質管理に適用した場合の試案を示し、そのあり方について述べる。

定量的評価に基づくコンクリート表面の仕上がり状態に関する品質管理システムの試案を Fig. 9 に示す。まず、施工前に仕上がり状態における色調(濃淡)の目標をユーザ、施工監理者および施工管理者間の合意に基づき設定する。また、目標とした色調ごとに仕上がり状態における色むらおよび表面気泡の分布状態の程度に関する許容限度を、色調と同様に関係者間の合意に基づき設定する。例えば、柏木<sup>5)</sup>が示した仕上がり状態のレイティングスケールにより具体的な目標を定めることで、仕上がり状態に関する認識の齟齬が低減できる。これについては、すでにニュージーランドの規格<sup>6)</sup>において、施工に着手する前に施工管理者によって Sample Reference Panel(S.R.P.)が作成され、仕上がり状態の具体的な目標として発注者と事前に合意形成を図っている例も見られる。次に、コンクリート表面の仕上がり状態に関して、評価する部位と撮像距離を設定し、前述したデジタルカメラの撮像画像を用いた画像解析による評価で得ら

れた定量値と、目標としたレイティングスケールとの比較・検証を行う。これに合致しない場合には、要求された仕上がり状態となるように補修を施す。なお、撮像距離に関しては、画像解析による定量値と官能検査による感覚量の関係に距離が及ぼす影響について検討し、その相関性が得られる観察・撮像距離の範囲を把握することで上限を定める必要がある。

以上のようなコンクリート表面の仕上がり状態の品質管理システムを用いることで、現場打ちコンクリートおよびPCa製品の視覚的な仕上がり状態に関して関係者間での認識の齟齬を解消できるとともに、フェアな合意形成が可能となり円滑な工事の進行に寄与するものと考えられる。

## 6. 今後の展望

本報告は、打放しコンクリート表面の仕上がり状態における視覚的な要素の品質管理システムを構築することを最終目的として、評価指標のあり方について考察した。これにより、抽出された今

後の検討課題を以下に示す。

### 6. 1 画像解析による定量評価

現状における画像解析プログラムは、コンクリート表面の視覚的な仕上がり状態を構成する要素のうち、色むらに主眼を置き、対象範囲の全画素の明度の標準偏差による検討に留まっている。そのため、色むらの分布状態などによって画像解析による色むらの度合は同程度でも、目視で捉える感覚とは若干異なる可能性が懸念される。よって、明度の標準偏差による評価に加え、色むらの分布状態を表現できる空間周波数および2次元フーリエ変換などによる色むらの定量化の是非を検討する。また、画像解析による定量値に影響を及ぼす要素として、表面気泡の検出機能についても付与する。

### 6. 2 画像解析による色むらの定量値と官能評価を複合した評価尺度の検討

4章における、画像解析による色むらの定量値と官能検査による色むら評価尺度の関係は、本報告における限定的な条件下での結果に過ぎず、実際の現場打ちコンクリートやPCa製品を対象に行ったものではない。そのため、撮像・観察条件における観察距離や対象とする面による面積効果、光環境などの影響が考慮されていない。今後の検討課題として、前述の複雑に関連する影響要因の整理を行い、これらを考慮した画像解析による定量値と官能評価の相関性を見出し、仕上がり状態の評価尺度に加味する必要がある。

## 謝 辞

本研究は、平成24年度公益財団法人LIXIL住生活財団研究助成金(研究代表者：高橋宏樹教授、共同研究者：大塚秀三准教授、三井実講師)により実施した。実験に際して、ものづくり大学大塚研究室および日本大学中田研究室の卒研究生より助力を得た。ここに記して謝意を表す。

## 文 献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説，JASS 5 鉄筋コンクリート工事，pp.163-164，2009
- 2) 大塚秀三，中田善久，藤井和俊，西本好克：プレキャストコンクリート製品における表面仕上がり状態の美観性に対する意識調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.1693-1698，2009
- 3) プレキャストコンクリート製品の設計と利用研究委員会報告書，(社)日本コンクリート工学協会，2009.8
- 4) 北垣亮馬，兼松学，野口 貴文：2次元フーリエ変換による打放しコンクリート視覚情報の定量的評価に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.597，pp.33-38，2005.11
- 5) Standards Association of New Zealand：NZS 3114 Specification for Concrete Surface Finishes，1987

## 論文 Article

## 異形鉄筋を切り取ったコア供試体の圧縮強度の補正方法に関する一考察

原稿受付 2013年3月30日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 53~60

大塚秀三<sup>\*1</sup>, 中田善久<sup>\*2</sup>, 大木崇輔<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*2</sup>日本大学 理工学部 建築学科<sup>\*3</sup>株式会社大林組(ものづくり大学大学院修了)

## Consideration of Correction Method for Compressive Strength of Core Specimen Within Deformed Bar

Shuzo OTSUKA<sup>\*1</sup>, Yoshihisa NAKATA<sup>\*2</sup> and Sosuke OKI<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University<sup>\*3</sup> OBAYASHI CORPORATION(Graduate, Graduate School of Technologists, Institute of Technologists)

## Abstract

In rare occasions, there is core specimen that cut off deformed bar in structural concrete. However, there is not the correction method for compressive strength of core specimen within deformed bar that corresponds to the current concrete. This study proposed a simple correction method for compressive strength of core specimen within deformed bar, regardless of type of cement.

**Key Words** : Deformed Bar, Core Specimen, Compressive Strength, Correction method

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート造建築物の構造体コンクリート強度を確認するために部材からコア供試体の採取を行なう場合には、事前に鉄筋探査機により非破壊的に配筋位置の確認を行うことが一般的であるため、鉄筋を切り取ることは少なくなってきた。しかしながら、鉄筋探査機の深さ方向への探査範囲は限定的であること<sup>1)</sup>や結束線などの金属の影響<sup>2)</sup>などによる誤差が考えられることなどから、やむを得ず鉄筋を切り取ったコア供試体が採取されることが少なからず起こり得る。特に、近年では高耐震化による構造設計法の変化に伴う過密配筋化の傾向が顕著であり、鉄筋を切り取る可能性が従前より増しつつある。

これに対応して、JIS A 1107:2012「コンクリー

トからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」では、参考資料としての取扱いに留まるものの、平賀・毛見らの研究<sup>4), 5)</sup>を例示し鉄筋を切り取ったコア供試体(以下、有筋コア供試体とする)の圧縮強度の特性について示している。さらには、東京都都市計画局のマニュアル<sup>3)</sup>では、有筋コア供試体の圧縮強度(以下、有筋コア強度とする)の補正係数(以下、東京都補正係数とする)を示している。

これまで、我が国において、東京都補正係数を定める際に参考とされた平賀・毛見ら<sup>4), 5)</sup>をはじめとして、田村ら<sup>6)</sup>、森永ら<sup>7)</sup>およびセメント協会<sup>8)</sup>は、水セメント比40~70%程度の普通強度における丸鋼または異形鉄筋を切り取った有筋コア強度の挙動について明らかとしている。しかしながら、いずれも数10年前の普通強度のコンクリー

トを対象としたものであり、当時とは使用材料および強度発現性の著しく異なる現状に対応した更なる研究は、普通コンクリートのみならず高強度コンクリートにおいても皆無である。このことから、有筋コア強度を、鉄筋を切り取っていない通常のコア供試体(以下、無筋コア供試体とする)の圧縮強度(以下、無筋コア強度とする)に補正するための方法について、現状においても既往の知見が準用できるかについて不明な点が残される。

そこで、本研究では、昨今の高強度コンクリートの著しい普及を鑑みて、 $20\text{N/mm}^2$ から $100\text{N/mm}^2$ までの強度域を対象として、セメントの種類問わずに統一的、かつ簡易的な方法で有筋コア強度を無筋コア強度へ補正する方法の提案を試みる。

ここでは、 $\phi 100 \times 200(\text{mm})$ のコア供試体において、呼び径が D13 および D19 の異形鉄筋を切り取った場合を対象として、配筋方法の相違による補正方法を検討した結果を報告する。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を Table 1. に示す。実験の要因は、異形鉄筋の呼び径、配筋方法、セメントの種

類および水セメント比とした。実験水準は、異形鉄筋の呼び径を D13 および D19(いずれも JIS G 3112 規格品, SD295A)の 2 水準、配筋方法を床および非耐力壁を想定した、シングル配筋、ダブル配筋、シングル交差配筋およびダブル交差配筋の 4 水準とした。これに比較用として、無筋コア供試体を加えた。

コンクリートは、セメントに普通ポルトランドセメント(N)、中庸熱ポルトランドセメント(M)および低熱ポルトランドセメント(L)を用い、水セメント比を 25, 35, 45 および 55%の 4 水準とした。

### 2.2 試験体の概要

試験体の概要を Fig.1. に示す。試験体は、 $\phi 100 \times 200(\text{mm})$ のコア供試体が 3 本採取できる  $W200 \times H200 \times L500(\text{mm})$ の寸法とし、先述の配筋方法に応じた 5 種類それぞれを 3 体ずつ作製した。

試験体へのコンクリートの打込みは、2 層打ちとして、いずれの試験体とも 3 箇所の一位置に

Table 1. Experimental factors and levels

Factors	Levels
Diameter of deformed bar	D13, D19
Type of deformed bar arrangement	Single deformed bar Double deformed bars Single layer reinforcement Double layer reinforcement
Type of cement	Normal Portland cement (N) Moderate-heat portland cement (M) Low-heat portland cement (L)
Water-cement ratio (%)	25, 35, 45, 55

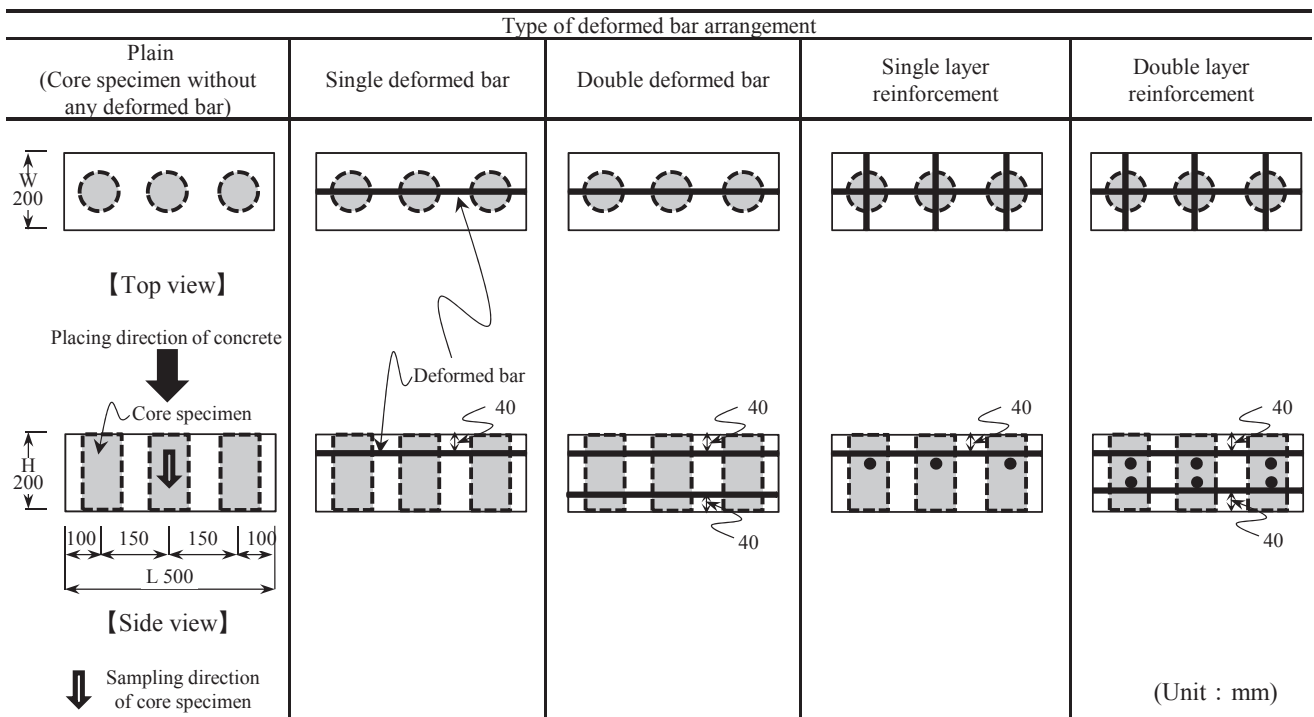


Fig.1. Outline of model specimen



φ40 のコンクリート内部振動機(100V, 振動数:12,000~15,500Hz)を各 5 秒挿入するとともに, ゴムハンマでせき板の側面を 10 回叩くことにより締め固めた。

せき板の脱型は, コンクリートの打込み後 48 時間とし, コンクリートの打込み直後には上端をポリエチレンフィルムで覆うことにより水分の逸散を防止した。試験体の養生方法は, 乾湿の影響によるコア強度のばらつきを低減するために, 20℃±2℃の水中養生槽へコア強度の試験材齢まで浸漬させた。コア供試体の採取は, コア強度の試験材齢の 2 日前に行い, 採取後には試験まで 20℃±2℃の水中養生に供した。

### 2.3 試験項目および方法

コア供試体の採取および圧縮強度試験は, JIS A 1107:2002 および JIS A1108:2006 に準拠して行い, 試験材齢を 28 日および 91 日の 2 材齢とした。

## 3. 結果および考察

### 3.1 異形鉄筋の容積比とコア強度の関係

異形鉄筋の容積比とコア強度の関係を Fig.2. に示す。図中には, 標準養生供試体の圧縮強度も併記した。

コア強度は, 全般的には異形鉄筋の容積比が大きくなるのに比例して小さくなる傾向を示した。一方で, 異形鉄筋の呼び径が D19 およびセメントの種類が L においては, 異形鉄筋の容積比, すなわち配筋方法の相違によってばらつきが若干大きくなる傾向が認められた。これは, 異形鉄筋の呼び径が大きくなるほどコンクリートと異形鉄筋の強度特性の差違が顕在化すること, セメントの種類が L では初期材齢の強度発現が抑制されるためコンクリートと異形鉄筋の付着強度が劣ることが原因と考えられる。また, 異形鉄筋の容積比が大きくなるほど, 載荷時の有筋コア供試体内部における応力状態がより不均一になるためと考えられる。さらには, 材齢 91 日に至ると, 異形鉄筋の容積比に比例してコア強度が低下する傾向と相反して, 無筋コア強度を上回るか同等の強度発現となる場合も散見されることから, 一定の材齢を経過してコンクリートのポテンシャル強度に達した以

降においては, むしろコンクリートと異形鉄筋の付着状態が良好となることにより, 載荷時の応力状態が均一化してコンクリートを優に卓越する異形鉄筋の圧縮強度が加算的に付加されるものと思われる。特にこの現象は, 90N/mm<sup>2</sup>前後の超高強度域において顕著である。

### 3.2 無筋コア強度に対する有筋コア強度の強度比

有筋コア強度とコア強度比(無筋コア強度/有筋コア強度)の関係を Fig.3. に示す。図中のプロットは, 材齢 28 日および 91 日の結果を区別なく表記したものである。

有筋コア強度の増大に伴ったコア強度比の変化は, 全般的に負の相関を示しており, 20N/mm<sup>2</sup>程度の低強度域では最大で 1.5 程度である一方で, 90N/mm<sup>2</sup>を超える超高強度域では無筋コア強度との差異が極めて小さくなる傾向を示し, 一部には無筋コア強度を上回る場合も認められる。また, 有筋コア強度とコア強度比の一次回帰式の傾きは, セメント種類によらず異形鉄筋の呼び径が D13 に比べて D19 の方が顕著に大きくなる傾向を示した。

以上より, 有筋コア強度に及ぼす影響は, セメントの種類の相違よりも切り取った異形鉄筋の呼び径または異形鉄筋の配筋位置の相違が卓越し, これらが複合的に連関して作用する可能性を示唆するものと考えられる。

### 3.3 有筋コア強度の補正係数の検討

鉄筋コンクリート造建築物の調査・診断における構造体コンクリート強度の調査は, コア強度を用いて行われることが一般的であり, 基本物性を調査する一次診断から, より詳細な調査を行い最終的な診断結果を決定づける三次診断までいずれの段階においても広範に用いられる。一方で, 調査における実作業を考慮すると, 異形鉄筋の呼び径および配筋方法については, 有筋コア供試体を外観観察すれば容易に判断が可能であるが, コンクリートに用いられているセメントの種類が同定するか否かは, 調査・診断の対象または条件によって異なると考えられる。

このことから, 鉄筋コンクリート造建築物の調査・診断時に, 新築時の設計図書が残存している場合やコンクリートの使用材料が既知である場合

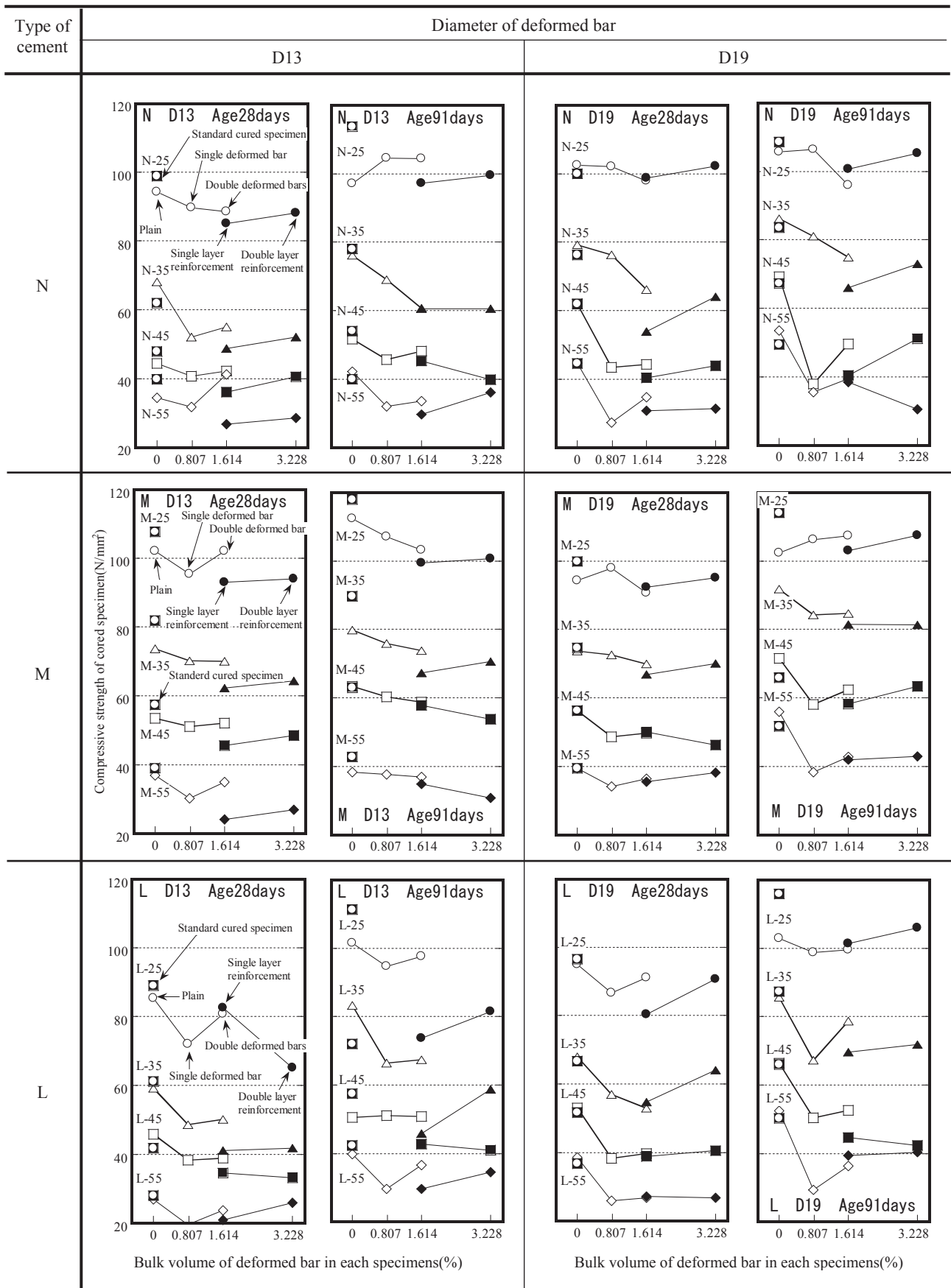


Fig.2. Relationship between bulk volume of deformed bar in each specimens and compressive strength of core specimens

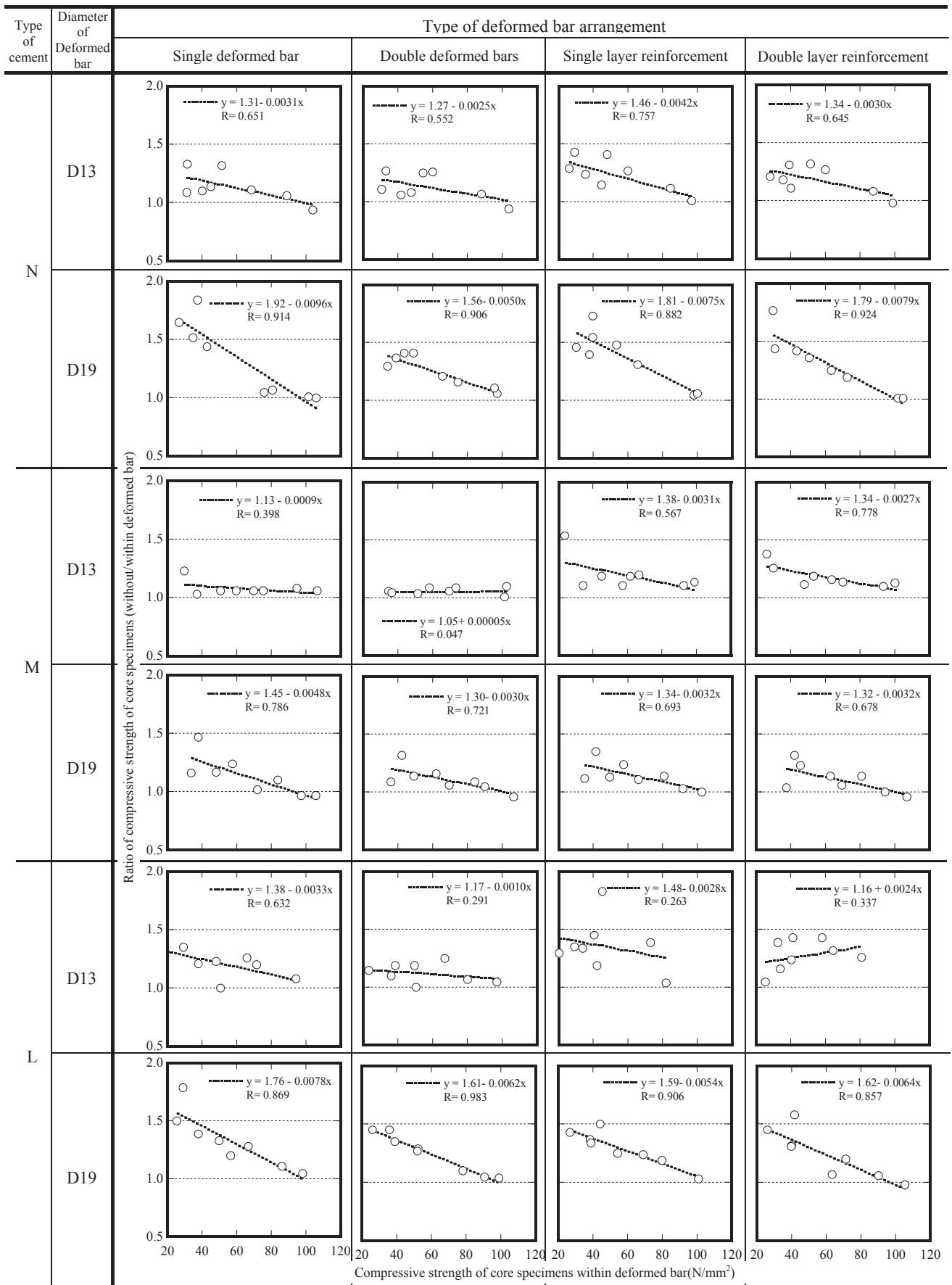


Fig.3. Relationship between compressive strength of cored specimen within deformed bar and ratio of core specimen without any deformed bar

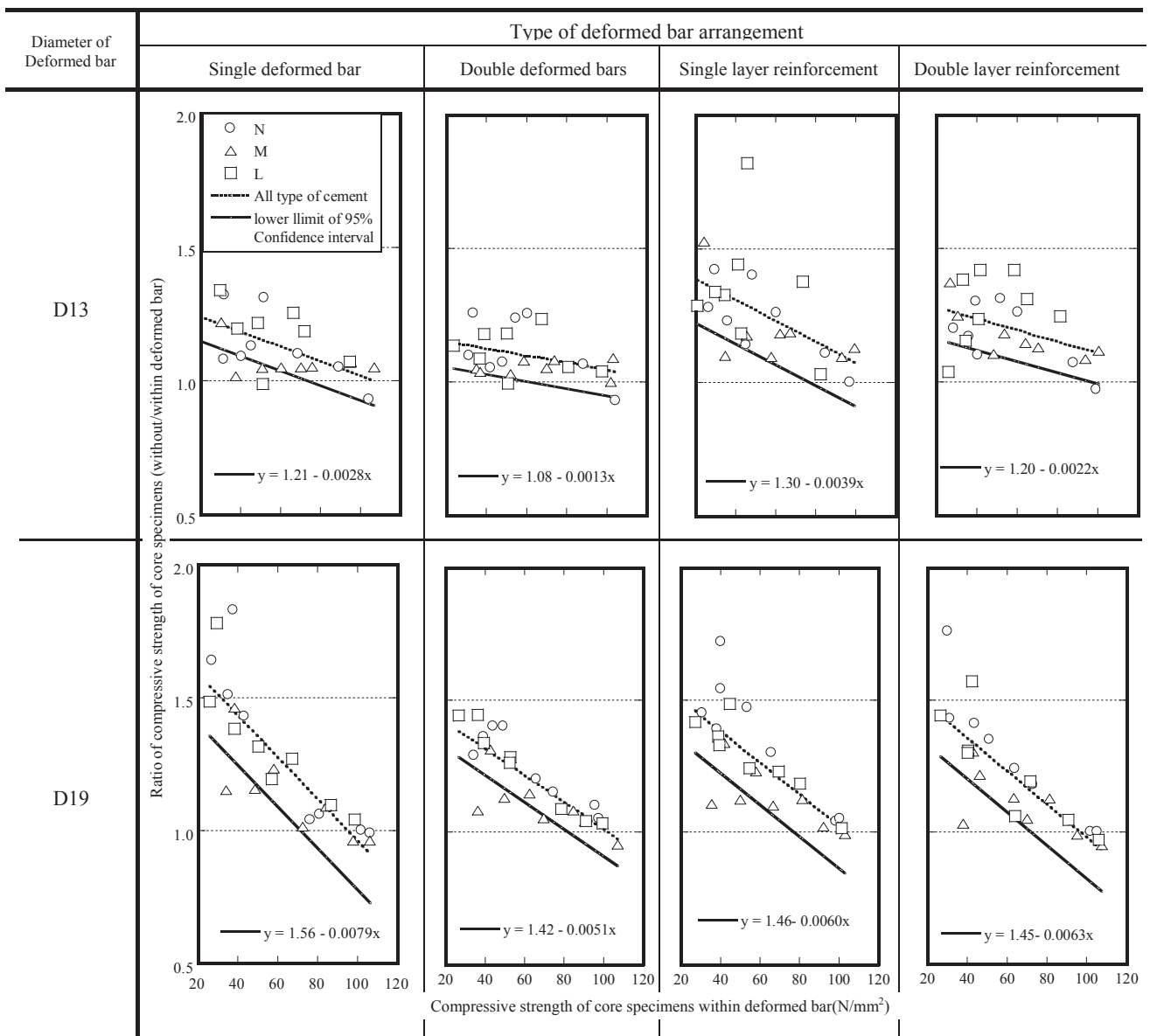


Fig.4. Relationship between compressive strength of cored specimen within deformed bar and ratio of core specimen without any deformed bar, regardless of type of cement

を想定した「セメントの種類を同定する場合」と、あくまで一次診断用としての取扱いに留めた「セメント種類を同定しない場合」の2ケースに区分して捉えることができる。本研究では、Fig.3.においてセメントの種類の相違による差異が少ないことに加え、有筋コア強度を最終的な構造体コンクリート強度の診断結果として取り扱うことが、コア供試体の採取位置および採取本数が限定されていることなどの特異な条件を除いて現実的ではないことを踏まえて、セメントの種類の同定には至らない一次診断の位置付けとして、後者の「セメント種類を同定しない場合」について有筋コア

強度の補正方法を検討することとした。即ち、セメント種類を区別しないで統一的に求められる補正方法の検討を行った。

セメントの種類を区別しない場合の有筋コア強度とコア強度比(無筋コア強度/有筋コア強度)の関係を Fig.4.に示す。同図は、Fig.3.において示したセメントの種類による区別をせずに、同一の異形鉄筋の呼び径および配筋方法で全体を統合してプロットしたものである。

ここでは、コア強度比のばらつきを鑑みて、補正された有筋コア強度における安全側の評価を可能とするために、有筋コア強度とコア強度比の関

Table 2. Compensation formula to calculate compensating rate and threshold level

Diameter of deformed bar	Deformed ber arrangement	Compensation formula to calculate compensating rate	Threshold level of core strength, compensating rate equal 1.00 (N/mm <sup>2</sup> )
D13	Single deformed bar	$C_c = -0.0028 \times I_c + 1.21$	75.0
	Double deformed bars	$C_c = -0.0013 \times I_c + 1.08$	61.5
	Single layer reinforcement	$C_c = -0.0039 \times I_c + 1.30$	76.9
	Double layer reinforcement	$C_c = -0.0022 \times I_c + 1.20$	90.0
D19	Single deformed bar	$C_c = -0.0079 \times I_c + 1.56$	70.9
	Double deformed bars	$C_c = -0.0051 \times I_c + 1.42$	82.4
	Single layer reinforcement	$C_c = -0.0060 \times I_c + 1.46$	76.7
	Double layer reinforcement	$C_c = -0.0063 \times I_c + 1.45$	71.4

係を回帰させた一次式の95%信頼区間の下限値によって導出された Fig.4.に示す一次回帰式によって、有筋コア強度の補正係数を算定することとした。これによると、有筋コア強度の発現が一定値を超えると補正係数 1.00 を下回る、すなわち無筋コア強度を上回る補正強度が算定される場合があるため、95%信頼区間の下限値が 1.00 を超える有筋コア強度域については一律に補正係数を 1.00 と定めた。

以上のことをまとめて、セメントの種類を区別しない場合の有筋コア強度の補正係数の算定式と補正係数を 1.00 とする有筋コア強度のしきい値を Table2.に提案する。

これによれば、有筋コア強度の補正強度は、異形鉄筋の呼び径および配筋方法による補正式を選択し、これに有筋コア強度を代入して得られる補正係数を、有筋コア強度に乗じて算定する。ただし、本方法の適用範囲は、有筋コア強度が 100N/mm<sup>2</sup> を超える強度域において有筋コア強度が無筋コア強度を上回るものが増加するために危険側の判定、すなわち過大評価となることを回避するために、有筋コア強度が 20~100N/mm<sup>2</sup> の範囲に限定する。

### 3.4 既往の補正係数との比較

本項では、前項において示した補正係数の算定式に基づいて有筋コア強度の補正強度を求め、無筋コア強度との比較においてその有効性を検証するとともに、既往の補正係数として広く認知されている東京都補正係数<sup>3)</sup>による有筋コア強度の補正值との比較による検証も併せて行った。

無筋コア強度と有筋コア強度の補正值の関係を Fig.5.に示す。異形鉄筋の呼び径が D13 では、本

実験の水準と完全に合致しない条件が含まれているにも関わらず、本研究の補正強度と東京都補正強度が概ねの一致を見ていた。一方、異形鉄筋の呼び径が D19 では、概ね 40~70N/mm<sup>2</sup> の範囲において、本研究の補正強度と東京都補正強度の差違が大きくなり、東京都補正係数で補正した場合には有筋コア強度を過小評価する可能性がある。これは、そもそも東京都補正係数が D19 を想定していないことによるが、実験条件が完全に一致を見ない異形鉄筋の呼び径が D13 の水準と異なり、異形鉄筋の呼び径が大きくなると実験条件の差違が顕在化することを示唆していると考えられる。また、いずれの異形鉄筋の呼び径および配筋方法とも 100N/mm<sup>2</sup> 程度までは等値線を上回らずに安全側の評価が可能である一方で、100N/mm<sup>2</sup> を超える強度域では等値線を上回り、有筋コア強度を過大評価する傾向となった。

以上より、補正係数は、異形鉄筋の呼び径が D13 においては、配筋方法に関わらず本研究の補正係数および東京都補正係数のいずれを用いても大差ないが、異形鉄筋の径が D19 においては、本研究の補正係数を用いて算定するのが良いと結論付けられる。

## 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1)有筋コア強度は、概ね異形鉄筋の容積比に比例して小さくなるが、コンクリートのポテンシャル強度の発現以前および異形鉄筋の呼び径が D19 ではその挙動が不安定となる。
- (2)無筋コア強度に対する有筋コア強度の強度比

は、セメントの種類の違いよりも切り取った異形鉄筋の呼び径または異形鉄筋の配筋位置の違いが卓越し、これらが複合的に影響を及ぼす可能性がある。

(3) コア供試体に用いられたセメントの種類を同定しない場合について、配筋方法に応じた補正方法を提案した。なお、本方法の適用範囲は、有筋コア強度が  $20 \sim 100 \text{ N/mm}^2$  の範囲とする。

(4) セメントの種類が未知の場合の補正係数は、異形鉄筋の呼び径が D13 においては、配筋方法に関わらず本研究の補正係数および東京都補正係数のいずれを用いても大差ないが、異形鉄筋の径が D19 では、本研究の補正係数を用いて算定するのが良い。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、故・足利工業大学工学部建築学科教授・毛見虎雄博士より示唆に富むご助言を賜りました。また、実験に際しては、日本大学およびものづくり大学の卒業研究生諸君の助力を得ました。ここに記して、深謝申し上げます。

## 文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事，pp.709-715，2009
- 2) 李迅，毛見虎雄，藤井和俊：鉄筋コンクリート構造物の健全性評価技術に関する研究—電磁波誘導法によるかぶり厚さの施工精度の調査，日本建築学会技術報告集，pp.29-32，2001.7
- 3) 東京都都市計画局建築指導部：建築物の耐震診断システムマニュアル(鉄筋コンクリート造)，pp.88-89，1988.12
- 4) 平賀友晃，荒巻哲生，倉林清，毛見虎雄：コンクリート，その2 鉄筋を含むコンクリートコアの場合，日本建築学会大会学術講演集，pp.91-92，1977.10

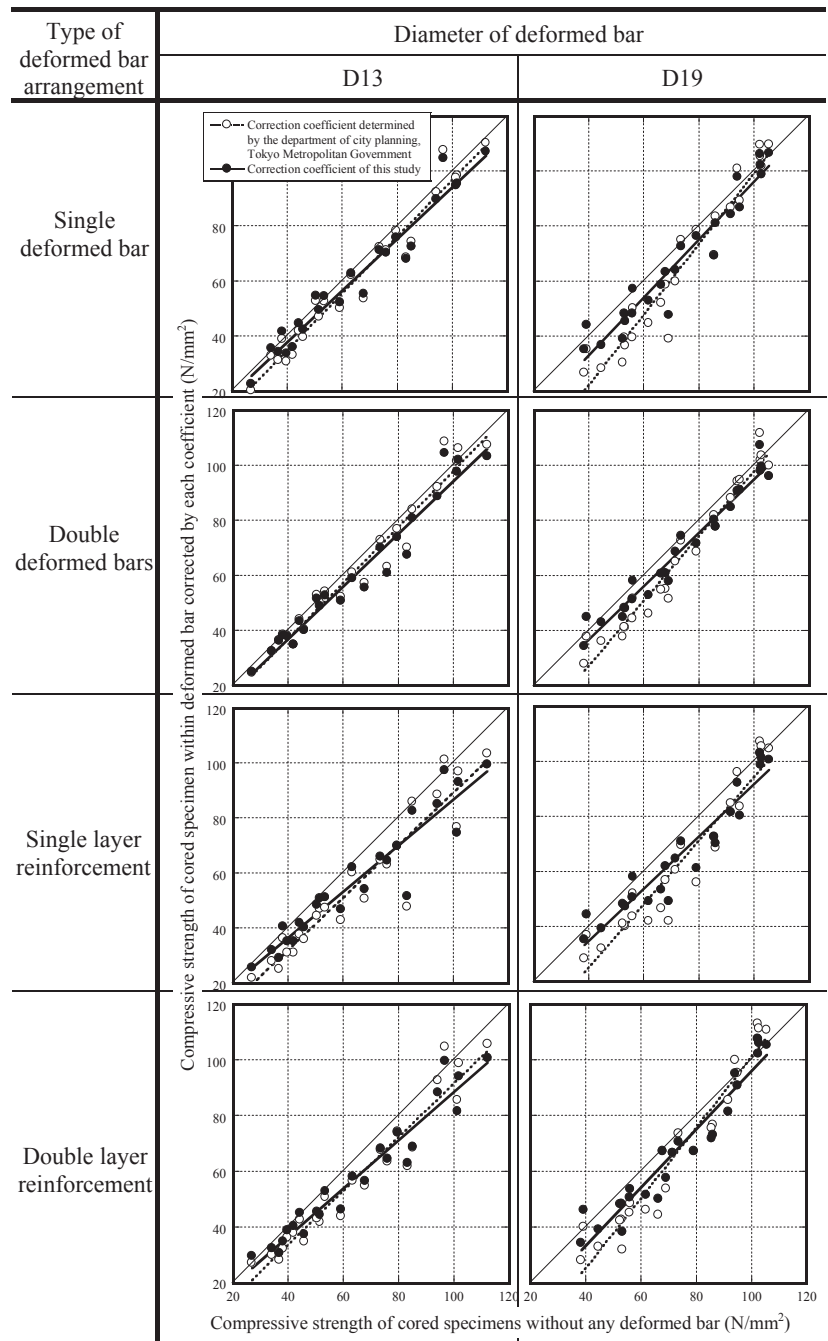


Fig.5. Relationship between compressive strength of core specimen without deformed bar and corrected by each coefficient

- 5) 平賀友晃：鉄筋コンクリート部材の切断加工技術と建築現場への適用に関する研究，日本大学学位請求論文，1982.10
- 6) 田村博，上田哲夫：鉄筋を含んだコンクリートコアの圧縮強度に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.127-128，1980.9
- 7) 森永繁，成田一徳，野萱勝久：コンクリート試験体内の鉄筋が圧縮強度に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.93-94，1977.10
- 8) セメント協会：コンクリート専門委員会報告 F-37 コア供試体の圧縮強度に及ぼす各種影響要因の影響，1984.3

## 論文 Article

## 散水によるコンクリート表面の明度変化に基づく 構造体コンクリート強度の面評価の試み

原稿受付 2013年3月30日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 61~68

前田真佑<sup>\*1</sup>, 大塚秀三<sup>\*2</sup>, 荒巻卓見<sup>\*3</sup>, 高橋宏樹<sup>\*2</sup>, 三井実<sup>\*4</sup>, 赤谷樹一郎<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> 株式会社アーネストワン(ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科卒業生)<sup>\*2</sup> ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*3</sup> ものづくり大学大学院 ものづくり学研究科<sup>\*4</sup> ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

### Approaches to Surface-evaluation of Compressive Strength of Concrete in Structure Based on Lightness Changing on Concrete Surface by Water Sprinkling

Shinsuke MAEDA<sup>\*1</sup>, Shuzo OTSUKA<sup>\*2</sup>, Takumi ARAMAKI<sup>\*3</sup>, Hiroki TAKAHASHI<sup>\*2</sup>,  
Minoru MITSUI<sup>\*4</sup>, Kiichiro AKATANI<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Arnest One Co.,Ltd.(Graduate, Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists)<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Graduate Student, Graduate School of Technologists, Institute of Technologists<sup>\*4</sup> Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists**Abstract**

This paper is reported the result of approaches to nondestructive surface-evaluation of concrete in structure by comparing with strength of core and estimated strength based on lightness changing of concrete surface by water sprinkling. As a result of using cylinder specimen as a fundamental study, the time that lightness of concrete surface after water sprinkling converges before itself gets shorter as water-cement ratio becomes high. Based on this result, using specimen that simulated concrete in structure, we compared with compressive strength of core specimen and lightness changing on surface of that core and found out that average of lightness changing at range and point of image processing and compressive strength of core specimen have relativity.

**Key Words:** Lightness, Image processing, Nondestructive inspection, Compressive strength of core specimen, Estimating strength

**1. はじめに**

構造体コンクリートに要求される品質において、圧縮強度は重要な項目の一つである。構造体コンクリート強度は、一般に、JASS5T-605:2005<sup>1)</sup>により、構造体コンクリートから諸条件に応じた適切

な位置において採取された3本以上のコア強度の平均値で定義される。コア強度は、局所的ながらも構造体コンクリート強度を直接的に知るためには有効的な方法である。しかしながら、構造体コンクリートは品質にばらつきが生じる材料であり、コア強度においても採取位置や深さにより変動す

るといふ報告<sup>2),3),4)</sup>がされている. このことから, 局部的に採取されたコア強度を構造体コンクリート強度の真値とするには, 統計的な観点からすれば, 議論の余地があると考えられる.

一方で, コンクリートの表面色は, 水セメント比により異なることが知られており<sup>5)</sup>, この現象を利用してコンクリートの品質評価を試みたいいくつかの報告<sup>6)</sup>がある. なかでも, 西尾ら<sup>7)</sup>は,  $\phi 50\text{mm}$ の範囲において, 散水により経時変化するコンクリート表面の明度の変化量(散水測色試験)を分光測色計によって捉え, コンクリート表層部の物質移動抵抗性を定量的に示し, コンクリートの品質評価の可能性を示唆した. これを参考として, 筆者ら<sup>8)</sup>は, 画像解析<sup>9)</sup>を併用した散水測色試験により,  $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体の材齢 28 日までの圧縮強度を推定できる可能性を明らかにした. この方法を拡張して, より広範囲の面評価ができれば, 前述のコア強度を用いて構造体コンクリート強度を評価する際の統計的な真偽を解消できる可能性が予見される.

そこで本研究では, 既報<sup>8)</sup>の続報として, 材齢 56 および 91 日まで検討した結果を示すとともに, これを発展させ, 構造体コンクリートを模擬した部材(以下, 模擬部材とする)において, コア強度とコンクリート表面の明度変化の相関性について検討を行い, 構造体コンクリート強度の面評価を試みた結果を報告する.

## 2. 研究の概要

### 2.1 本研究の概念

本研究の概念図を Fig.1 に示す. Model A において, JASS5T-605:2005<sup>1)</sup>の定義により, 構造体コンクリートの適切な位置から採取された3本のコア強度の平均値を構造体コンクリート強度としているが, 先述の通り, コンクリートは品質にばらつきが生じる材料であるため, 統計的な観点では一考の余地がある. これを統計的に真値へ収束させるためには, Model B に示すように, より多くの箇所から採取したコア強度によって評価することが適切であることは自明であるが, 現実的とは言い難い.

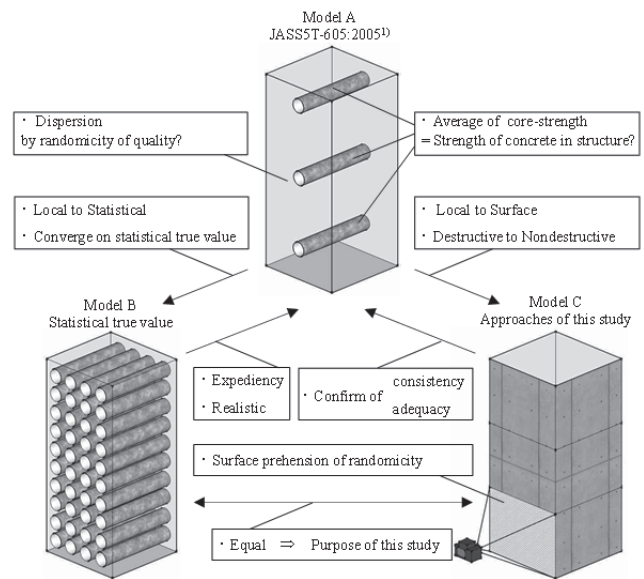


Fig.1 Concept model of this study

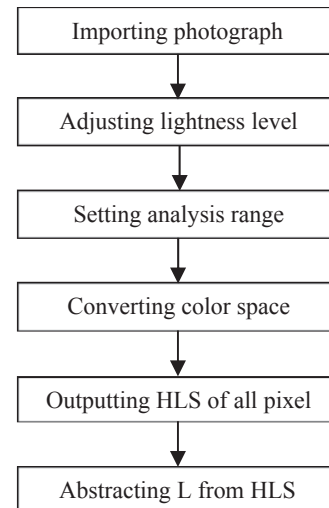


Fig.2 Flow of image processing

そこで, 本研究では, Model C に示すように, 散水による構造体コンクリート表面の明度変化を画像解析<sup>9)</sup>によって面的に捉えることにより, Model B に近い評価が可能かどうかを模索するものである.

### 2.2 画像解析

画像解析のフローを Fig.2 に示す. コンクリート表面は無彩色であるため, 色の明暗を表す明度によって評価する. 本研究における画像解析の方法<sup>9)</sup>は, デジタルカメラにより撮影した画像を幅 640pixel に縮小し画像解析プログラムに取り込み, 撮影画像ごとに明暗のばらつきを撮影時に写し込んだ場合を考慮し, 評価の対象となるコンクリートと同時に写し込んだ白色および黒色サンプルに



Table 1 Materials used in concrete

Materials	Type	Specification
Water (W)	City water	—
Cement (C)	Ordinary Portland cement	Density:3.16g/cm <sup>3</sup> Specific surface area:3280cm <sup>2</sup> /g
Fine aggregate (S)	Pit sand	Air-dry density:2.61g/cm <sup>3</sup> F.M.:2.75 Water absorption rate:2.30%
Coarse aggregate (G)	Crushed stone	Air-dry density:2.70g/cm <sup>3</sup> F.M.:6.64 Water absorption rate:0.63%
Chemical admixture (Ad)	High-range air-entraining and water-reducing admixture	Polycarboxylic acid compound
	Air-entraining and water-reducing admixture	Lignin sulfonate Oxycarbonate

Table 2 Mix proportion of concrete

W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )				Ad (C×%)	Test results	
		W	C	S	G		Air (%)	Slump (cm)
30	45.8	170	567	728	863	0.70	3.6	21.5
40	49.7		245	853		0.75	3.8	18.5
50	51.4		340	914		(0.80)	(5.3)	(18.0)
			283	960		0.90	3.9	17.5

( ) specimen that simulated concrete in structure

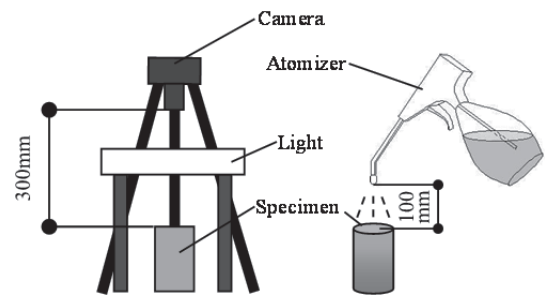
よって明度を補正する. さらに, 撮影画像内で解析範囲を任意で指定後, 解析範囲内の全画素における色彩情報を RGB から H(色相), L(明度), S(彩度)に変換し抽出する. 本方法は, 評価範囲の制限が無いので, 広範囲におけるコンクリート表面の挙動を平均化して把握できることに特長がある.

### 2.3 明度および圧縮強度の評価方法

コンクリート表面の明度は散水直後に濡れ色となるため一時的に低くなり, 経時的に散水前の明度へ収束する<sup>8)</sup>. したがって, 散水前のコンクリート表面の明度から任意の時間における明度への変化量を  $\Delta L$  とすると,  $\Delta L$  は指数関数的に減少し, 0 に収束すると推測される. よって,  $\Delta L$  は, (1)式により近似できる.

$$\Delta L = ae^{bt} \quad (1)$$

a, b は定数(b<0), t は時間(s), e は自然対数の底とする.



Shooting condition Water sprinkling by atomizer  
Fig.3 Shooting condition and water sprinkling by atomizer

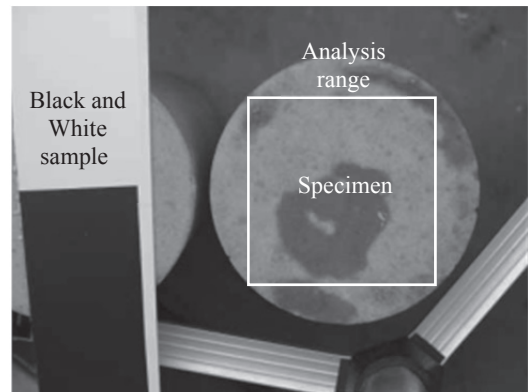


Fig.4 One of analysis photograph and analysis range

(1)式より, 散水後コンクリート表面の明度が散水前の明度に収束したとする  $\Delta L$  のしきい値を定め,  $\Delta L$  がしきい値となる時間 t を Tr とする. 算出された Tr により圧縮強度を推定する.

## 3. 供試体による検討

### 3.1 実験概要

#### 3.1.1 供試体概要

コンクリートの使用材料を Table 1 に, コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの性状を Table 2 に示す. コンクリートの調合は, モルタル相の容積の相違による影響を排除するため, 単位水量および単位粗骨材かさ容積を一定とした. また, 供試体は  $\phi 100 \times 200$ mm の円柱供試体(以下, 供試体とする)として, 打込み後 2 日で脱型し, 材齢 91 日まで, 温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  および相対湿度  $60 \pm 5\%$  の恒温恒湿室における気中養生とした.

#### 3.1.2 散水および撮影の概要

撮影条件および霧吹きによる散水の概要を Fig.3 に示す. 散水は供試体底面へ霧吹きによる

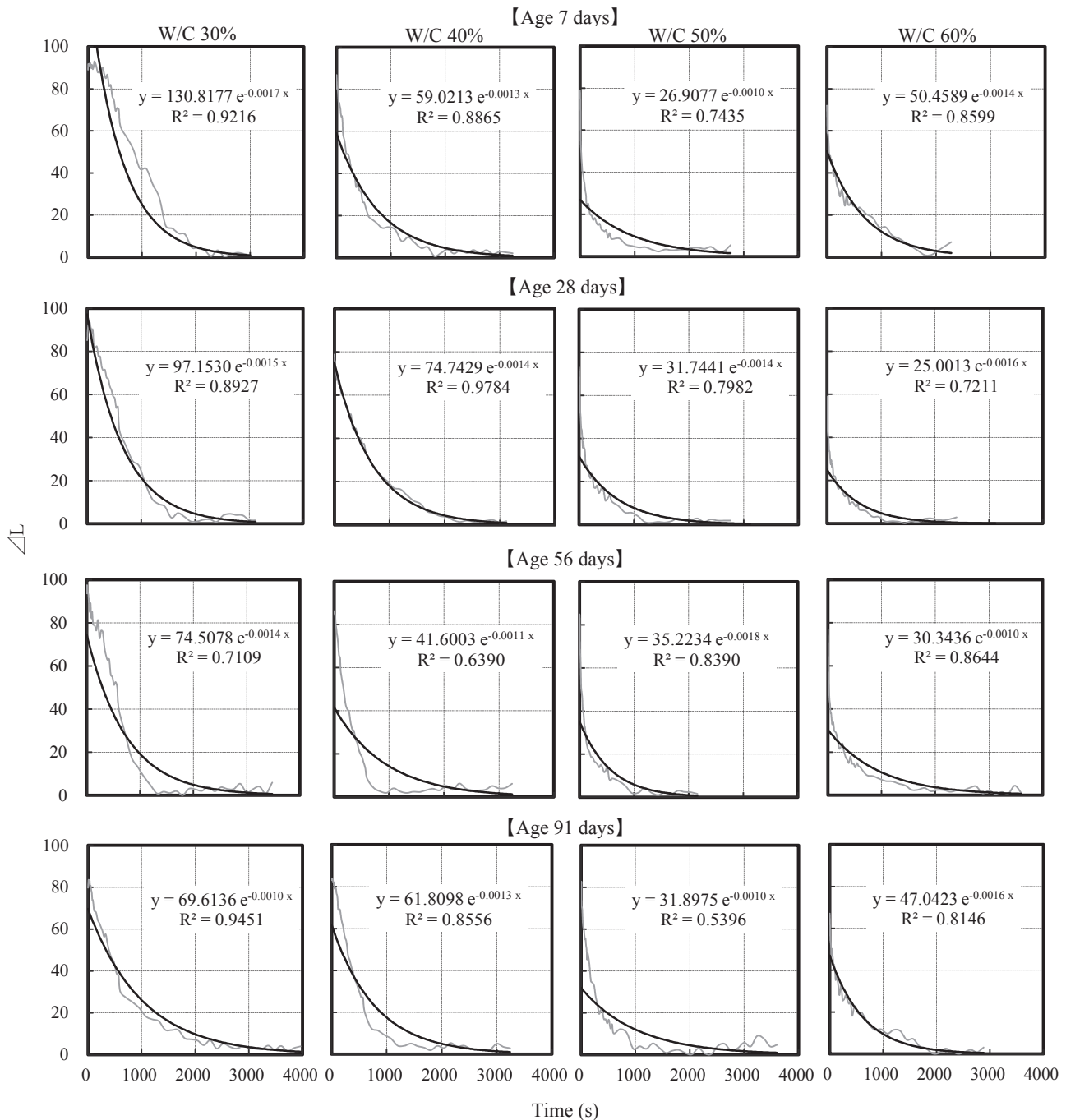


Fig.5 Relationship between  $\Delta L$  and time by difference of W/C on each age

0.8mlの噴霧とし、高さ100mmから散水後、撮影距離300mmおよび撮影間隔5秒でデジタルカメラによる定点撮影とした。また、撮影場所は散水した水分の浸透または逸散が、供試体の強度性状の相違で温湿度により受ける影響を排除するため、恒温恒湿室とした。光源は、光環境を一定とするため、CIE(国際照明委員会)に規定される標準光源D65を使用した。

### 3.1.3 画像解析による明度および圧縮強度の評価方法

撮影画像の一例および解析範囲をFig.4に示す。解析範囲は、供試体の円周を外接円とする正方形とする。画像解析により算出される明度の変化量 $\Delta L$ を(1)式より近似し、コンクリート表面の明度が散水前の明度に収束したとする $\Delta L$ のしきい値を7.5(明度255階調の3%相当)とする。 $\Delta L$ が7.5となる時間 $t$ を $Tr$ とし、算出された $Tr$ による圧縮強度の推定値と、JIS A 1108 : 2006に準拠し得

られる圧縮強度の実測値を比較する。

### 3.2 結果および考察

#### 3.2.1 $\Delta L$ の経時変化

各材齢における水セメント比の相違による  $\Delta L$  の経時変化の一例を Fig.5 に示す。いずれの材齢および水セメント比においても、 $\Delta L$  の経時変化は(1)式に概ね近似できる(以下、 $\Delta L$  曲線とする)。また、若干のばらつきはあるものの、水セメント比が高くなるにつれ、散水初期における  $\Delta L$  曲線の接線勾配は小さくなる傾向を示すため、水セメント比と散水によるコンクリート表面の明度変化には相関性があることが示唆される。

#### 3.2.2 圧縮強度の推定

圧縮強度の実測値と  $Tr$  の関係を Fig.6 に、圧縮強度の推定値と実測値の関係を Fig.7 に示す。散

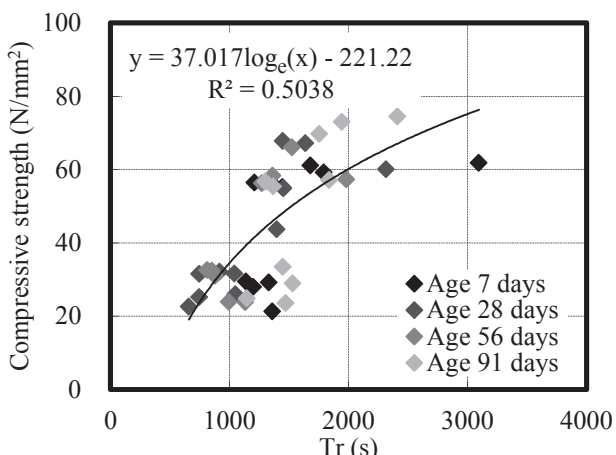


Fig.6 Relationship between compressive strength and  $Tr$

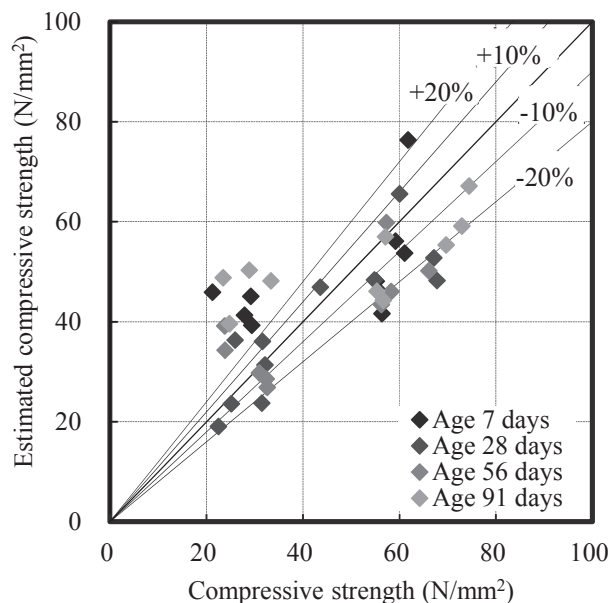


Fig.7 Relationship between estimated compressive strength and compressive strength

水後コンクリート表面の明度が散水前の明度へ収束した時間  $Tr$  と圧縮強度には材齢の相違によらず一定の相関性が見て取れる。これにより、Fig.6 で得られた近似式を圧縮強度の推定式と定め、圧縮強度の実測値と比較すると、Fig.7 に示すように、特に、高強度域において、概ね $\pm 20\%$ の範囲内に収まる。しかし、低強度域においては、ばらつきが大きい。これは、低強度のコンクリートは表層における組織構造の形成に精粗が生じ、水分の浸透または逸散にばらつきが生じたためと考えられる。

## 4. 模擬部材による検討

### 4.1 実験概要

#### 4.1.1 模擬部材の概要

コンクリートの使用材料、調合およびフレッシュコンクリートの性状は前章と同様であり、Table 1 および Table 2 に示す通りである。模擬部材は、 $W405 \times L405 \times D205\text{mm}$  の寸法とし、打込み後 2 日で脱型し、材齢 14 日まで気中養生とした。

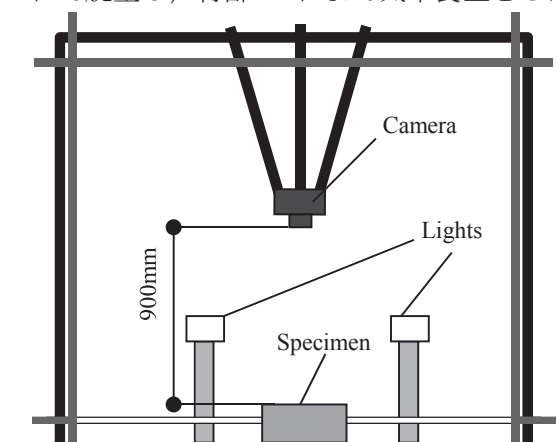


Fig.8 Shooting condition

Table 3 Specification of types of analysis range

One of analysis photograph	Type	Analysis range									
	A	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	2	3								
	4	5	6								
7	8	9									
B	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3									
4	5	6									
7	8	9									
C	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	2	3									
4	5	6									
7	8	9									

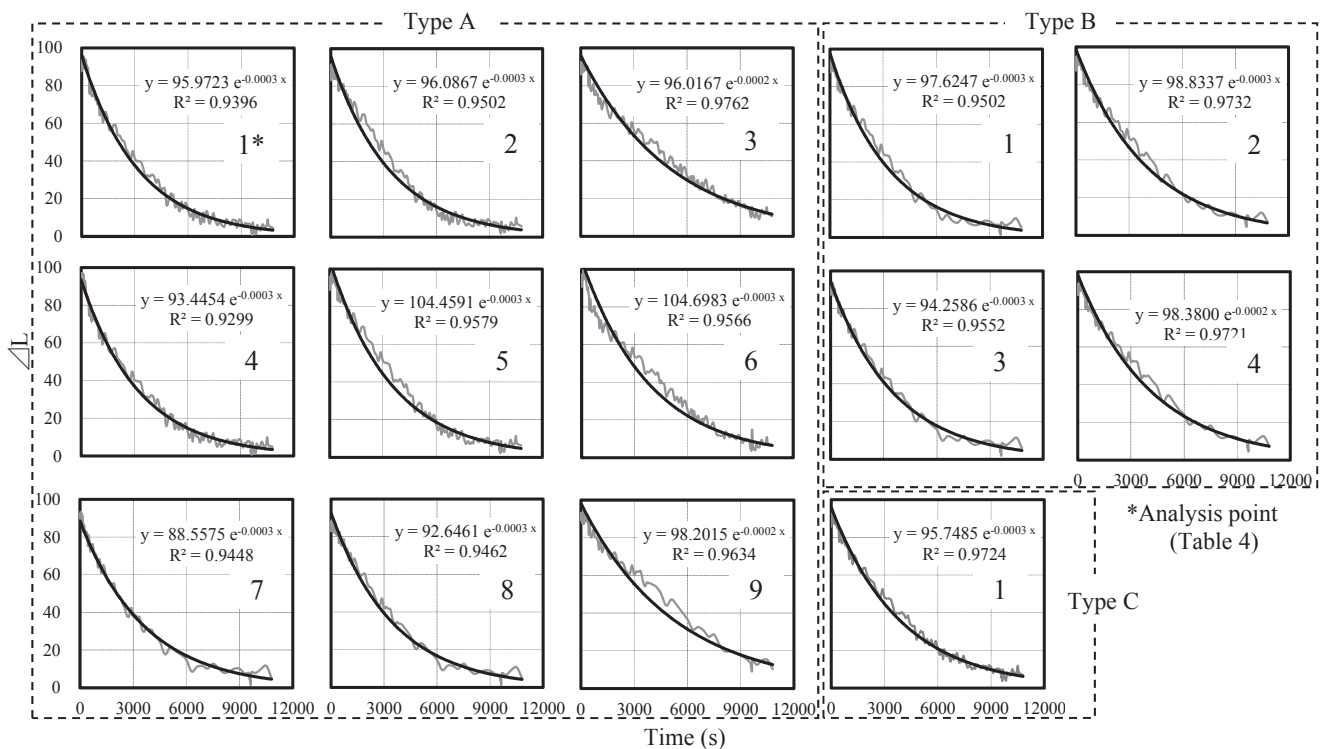


Fig.9 Relationship between  $\Delta L$  and time by difference of analysis range and point

#### 4.1.2 散水および撮影の概要

撮影条件を Fig.8 に示す。散水は、模擬部材の底面へ刷毛による 50ml の塗布とした。撮影条件は、撮影距離を 900mm および撮影間隔を 5 秒として、デジタルカメラによる定点撮影とした。撮影環境は、光環境を一定に保つことのできる暗室における撮影とし、光源には前章と同様に標準光源 D65 を用いた。

#### 4.1.3 画像解析による明度および圧縮強度の評価方法

撮影画像の一例および解析範囲を Table 3 に示す。解析範囲は、コア 1 本に相当する範囲を Type A、コア 4 本に相当する範囲を Type B、コア 9 本に相当する範囲を Type C の 3 水準とする。前章と同様、 $\Delta L$  を(1)式より近似し、コンクリート表面の明度が散水前の明度に収束したとする  $\Delta L$  のしきい値を 12(明度 255 階調の 5%相当)とする。 $\Delta L$  が 12 となる時間  $t$  を  $Tr$  とし、 $Tr$  によるコア強度の推定値と、JIS A 1107:2006 および JIS A 1108:2006 に準拠したコア強度の実測値を比較する。

### 4.2 結果および考察

#### 4.2.1 $\Delta L$ の経時変化

解析範囲および位置の相違による  $\Delta L$  の経時変化を Fig.9 に示す。Type A, B, C といずれの解析

範囲においても、 $\Delta L$  曲線は(1)式に近似し、高い相関性が見られる。また、コア 1 本に相当する解析範囲の Type A における  $\Delta L$  曲線は、解析位置によって異なる傾向を示した。したがって、既報<sup>8)</sup>で得られた知見より、同一の模擬部材表面における水分移動抵抗性は位置により変動し、対象位置から採取されるコア供試体の品質も変動することが予見された。

#### 4.2.2 コア強度と $Tr$ の関係

コア強度と  $Tr$  の実測値および統計値を Table 4 に、Type A におけるコア強度と  $Tr$  の関係を Fig.10 に示す。模擬部材から採取した 9 本のコア強度は  $\pm 2N/mm^2$  の範囲のばらつきであり、変動係数は 4.52%であるため、ほぼ均一であることが確認できる。一方で、Type A における  $Tr$  の変動係数は 19.73%とばらつきが大きい。これは、コンクリート表面の明度変化の方が、コア強度よりも高感度に捉え、評価値の範囲が大きくなることに起因すると考えられる。しかしながら、Table 4 において、Type A および C の解析範囲における  $Tr$  の平均値はほぼ同値であるため、解析範囲の相違が、コア強度と  $\Delta L$  の関係に及ぼす影響は小さいと考えられる。したがって、Fig 10 における近似式を模擬部材におけるコア強度の推定式と定め、コア強度

Table 4 Measured and statistical value of compressive strength and Tr

No.	Type A		Type B		Type C	
	C.S. <sup>*1</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	Tr (s)	C.S. (N/mm <sup>2</sup> )	Tr (s)	C.S. (N/mm <sup>2</sup> )	Tr (s)
1	25.4	6660	24.1	7015	24.4	8177
2	23.0	6960	24.4	8424		
3	26.0	10670	24.4	7404		
4	23.6	6685	24.0	8755		
5	24.4	7591				
6	24.1	8396				
7	25.5	7271				
8	22.6	7164				
9	25.1	11075				
Ave. <sup>*2</sup>	24.4	8052	24.2	7900	24.4	8177
C.V. <sup>*3</sup> (%)	4.52	19.73	0.69	9.03	—	—

\*1 Compressive strength, \*2 Average, \*3 Coefficient of variation

と比較する。

### 4.2.3 コア強度の推定

コア強度の推定値と実測値の関係を Fig.11 に示す。Fig.10 における近似式により算出されるコア強度の推定値とコア強度の実測値を比較検討した結果、いずれの解析範囲においても、コア強度の推定値と実測値は概ね±10%の範囲に分布した。これにより、画像解析の評価範囲に制約されない構造体コンクリート強度の面評価の可能性が見出される。しかしながら、コンクリート表面の明度変化により算出される Tr に対するコア強度は相対的に変動しているものの、先述の通り、9 本のコア強度は±2N/mm<sup>2</sup> の範囲内におけるばらつきであり、Tr に関しても単に概ね均質な供試体のばらつきを捉えたに過ぎないことが懸念されるため、更なる検討が必要であると考えられる。

## 5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

### (1) 供試体による検討

- 1) コンクリート表面の明度の変化量を表す  $\Delta L$  は、経時的に指数関数的な減少となる。
- 2) 材齢 56 および 91 日まで検討を行った結果、

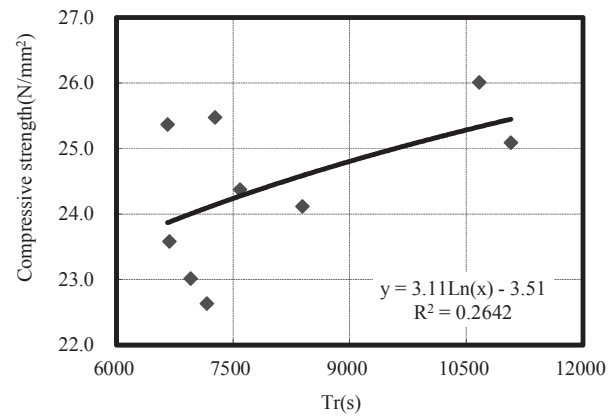


Fig.10 Relationship between compressive strength and Tr (Type A)

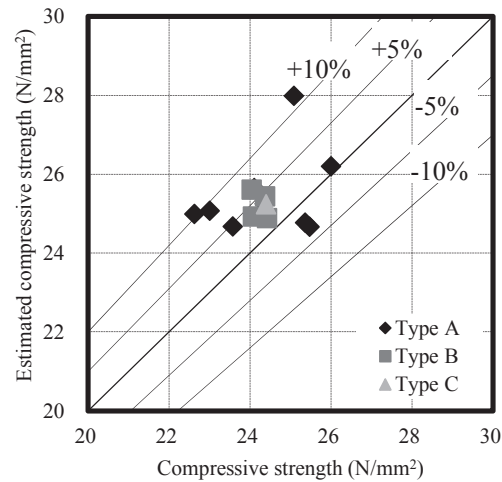


Fig.11 Relationship between estimated compressive strength and compressive strength

既報<sup>8)</sup>と同様、散水後コンクリート表面の明度が散水前の明度に収束する時間と圧縮強度には一定の相関性がある。

- 3) 散水後コンクリート表面の明度が散水前の明度に収束する時間により、特に、高強度域において、概ね±20%の範囲で圧縮強度の推定が可能である。

### (2) 模擬部材による検討

- 1) 明度変化の傾向は、405×405mm の模擬部材の表面においても、その位置によって異なる。
- 2) 解析範囲は、コア強度と  $\Delta L$  の関係に影響を及ぼさないため、解析範囲を大きくしても、同程度の推定値を得られる可能性がある。
- 3) 散水後コンクリート表面の明度が散水前の明度へ収束する時間により、コア強度を概ね±10%の範囲で推定可能であり、構造体コンクリート強度の面評価の可能性が予見された。

## 6. 今後の展望

今後、さらにデータの蓄積を行い統計的な信憑性を高めるとともに、以下の項目について検討する予定である。

- 1) 低強度コンクリートにおけるコンクリート表面の明度変化と圧縮強度の相関性のばらつきを低減させる方法を検討する。
- 2) 模擬部材の表面積を広げ、画像解析の評価範囲の制限がないという特長を生かした構造体コンクリート強度の面評価を検討する。
- 3) 模擬部材の強度および養生方法を変え、構造体コンクリート表面の組織構造の形成状態の相違を加味した面評価を検討する。

## 謝 辞

本研究は、平成 24 年度公益財団法人 LIXIL 住生活財団研究助成金(研究代表者：高橋宏樹教授，共同研究者：大塚秀三准教授，三井実講師)により実施した。実験に際して、ものづくり大学技能工芸学部建設学科大塚研究室の卒研生より助力を得た。ここに、関係各位に謝意を表する。

## 文 献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説，JASS 5 鉄筋コンクリート工事，pp.703-704，2009
- 2) 大塚秀三ほか：各種セメントを用いた高強度コンクリートの模擬柱部材における打込み面からの採取深さがコア強度と変動に及ぼす影響，日本建築学会構造系論文集，No.659，pp.23-30，2011.1
- 3) 大木崇輔ほか：コア採取位置および採取方法の違いが高強度コンクリートのコア強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.30，No.1，pp.423-428，2008
- 4) 松橋宏治ほか：実態調査に基づく既設構造物のコンクリート強度分布に関する考察，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.28，No.2，pp.1627-1632，2006
- 5) 劉靈芝ほか：高感性打放しコンクリートに関する研究，日本建築学会学術講演梗概集 A-1 分冊，pp.1201-1206
- 6) 例えば，藤森繁ほか：モルタルの色彩値と力学特性の関係に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，No.555，pp.17-24，2002
- 7) 西尾壮平ほか：表面色によるコンクリート表層部の物質移動抵抗性の非破壊評価に関する基礎的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.33，No.1，pp.1751-1756，2011
- 8) 前田真佑ほか：コンクリート表面の水分移動に基づく明度変化による圧縮強度の推定に関する基礎的研究，日本建築仕上学会学術講演会研究発表論文集，pp.183-186，2012
- 9) 大塚秀三ほか：画像解析手法による打放しコンクリートの色むら評価その 1，2，日本建築学会学術講演梗概集 A-1 分冊，pp.189-192，2006

## 論文 Article

シラン系表面含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の  
表面保護効果に及ぼす養生温度および養生期間の影響

原稿受付 2013年4月1日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 69~75

降旗翔<sup>\*1</sup>, 大塚秀三<sup>\*2</sup>, 八木修<sup>\*3</sup>, 荒巻卓見<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 大学院 ものづくり学研究科 ものづくり学専攻<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*3</sup>株式会社M&MトレーディングEffect of Curing Temperature and Curing Period on Surface Protection Ability of  
Concrete Using Both Silane and Silane-Siloxane LayersSho FURIHATA<sup>\*1</sup>, Shuzo OTSUKA<sup>\*2</sup>, Osamu YAGI<sup>\*3</sup> and Takumi ARAMAKI<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup> Graduate School, Dept. of Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists.<sup>\*2</sup> Dept. of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists.<sup>\*3</sup> M&M Trading Inc.

## Abstract

Effect of three curing temperatures and two periods after coating of both silane and silane-siloxane layers on the surface protection abilities of concrete was investigated. Three temperatures were 5°C, 20°C and 60°C. One period was three days at 5°C, 20°C and 60°C, respectively, then eleven days at 20°C. Another was fourteen days at 5°C, 20°C and 60°C, respectively. The higher the temperature was, the deeper a penetrating depth and the lower ratios of water permeability and chloride-ion penetration were. On the other hand, a ratio of water absorption was little decreased when the curing temperature was increased. As for the curing period, there was only a little difference between the two in the measurement. This means that the difference within three days at the beginning of the curing conditions effectively influenced the surface protection abilities.

**Key Words** : Silane, Silane-Siloxane, Penetrant, Temperature, Curing period

## 1. 研究の背景および目的

コンクリート構造物劣化の原因となる劣化因子の侵入を抑制または防止することを主目的とした表面保護工には、表面含浸材をコンクリート表面から含浸させ、コンクリート表層部の組織を改質し、コンクリート表層部への物質移動抵抗性を付与させる工法（表面含浸工法）と、劣化因子の侵入を抑制または防止する効果を有する被覆をコンクリート構造物の表面に形成させる工法（表面被覆工法）に大別される。これらの工法は、通常の

新設コンクリート構造物および既設のコンクリート構造物の表面に適用可能で、水分や炭酸ガス、塩化物イオンといった劣化因子の侵入によるコンクリート構造物の劣化進行を抑制する効果が期待できる<sup>1)</sup>。これらは近年、土木構造物を中心として塗布されることが一般化しつつある。一方で、実際に表面保護工を施工する現場を想定した場合、気象環境による温度変化に少なからず影響されることが考えられる。しかし、既往の研究<sup>2)・3)</sup>では、コンクリート表層部における水分量などのコンクリート表面性状の相違が、表面保護効果に与

シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の塗布後における  
養生温度および養生期間の相違が表面保護効果に及ぼす影響

える影響に関する知見が示されているものの、温度の変化による影響と、それに伴う養生期間の相違に着目した文献は見当たらず、シラン系表面含浸材およびシラン・シロキサン系表面塗布材（以下、総称して表面処理材とする）の表面保護効果に及ぼす影響について不明な点が残される。

そこで本研究では、実際の現場施工で課題となる温度変化と、表面処理材塗布後の養生期間の違いが、表面保護効果に及ぼす影響について、実験的に検討する。

ここでは主として、JSCE-K571-2004<sup>4)</sup>に基づく表面保護効果の評価に加え、コンクリート表面の美観性に寄与する光沢度および表面色へ及ぼす影響についても併せて評価した結果を報告する。

## 2. シラン化合物の反応メカニズムの温度依存性

シラン化合物の反応機構を Fig.1, コンクリートの細孔内部における反応模式図を Fig.2 に示す。シラン系表面含浸材は、コンクリート表面に塗布すると、毛細管現象により細孔内部へと浸透する。コンクリートの細孔内部には、反応水が存在し強いアルカリ状態であるため、浸透したシラン化合物は直ちに加水分解し、細孔表面に固定化する (Fig.2 (1))。さらに、その上にシラン化合物同士の反応が生じ積層する (Fig.2 (2)) ことで、シロキサン結合 (Si-O-Si) の網目構造を生成し含浸層を形成する。これらの反応メカニズムに基づいて、温度変化と養生期間の違いによる反応水量、反応速度および粘度が及ぼす影響に着目し、以降の考察を述べる。

### 2.1 反応水量

大気中の水蒸気量は、温度および相対湿度が上昇するほど、多くなることは周知の事項であり、コンクリートの表層部における水分量もそれに追従するものと考えられる。これにより、シラン化合物の反応に寄与する反応水量に変化をもたらすこととなり、シラン系表面含浸材によるコンクリートの細孔内部における組織構造の形成状態へ影響する可能性がある。なお、反応水が多くなるほど、反応が早い段階で進行し比較的表層部に含浸

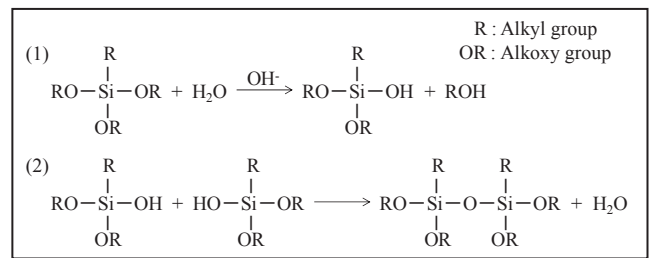


Fig.1 Reaction scheme of silane

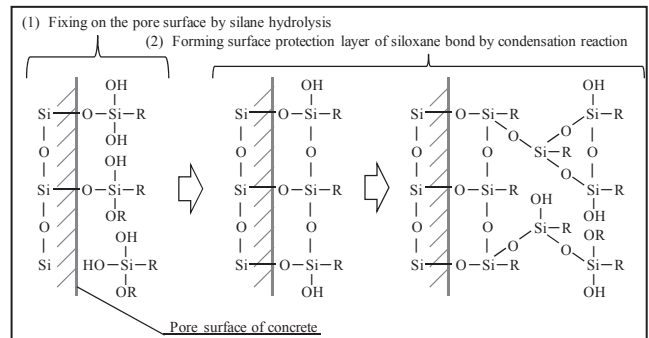


Fig.2 Image of silane condensation reaction on Pore surface in concrete

層が形成されるのに対して、反応水が少ないと、シラン化合物の加水分解は不十分となり、シロキサン結合の積層がし難く、脆弱な含浸層が形成されるものと推測される。

### 2.2 反応速度

化学反応速度論の最も重要な項目の一つである、反応速度と温度の関係はアレニウスの法則で表され、一般的に温度が上昇すると反応速度は速くなる<sup>5)</sup>。この法則は素反応に対して必ず通用することから、シラン系表面含浸材によるコンクリートの細孔内部における組織構造の形成状態へ影響する可能性がある。なお、一般的にシラン化合物の反応速度が速いほど、シラン化合物同士の縮合反応によるシロキサン結合の網目構造の生成が進み、より緻密な含浸層が形成されるのに対して反応速度が遅いほど、シロキサン結合の積層がし難く緻密な含浸層が形成されにくくなるものと推測される。

### 2.3 粘度

一般的に液体は、温度が高くなると粘度が低下するため、シラン系表面含浸材においても同様な温度と粘度の関係が考えられる。シラン系表面含浸材は、多孔質材料であるコンクリートに毛細管現象によって浸透するため、液体の粘度変化に伴う流動性の相違が含浸深さに影響する可能性がある。



Table 1 Experimental factors and levels

Factor	Material and level	
Type of surface treatment material	Penetrant	Sample D : Silane
	Combined type	Sample H : Silane + Silane-Siloxane
	Control	Sample J : Typical commercial penetrant Untreated
Surface temperature (°C)	5, 20, 60	
Relative humidity (%)	60	
W/C(%)	30, 50, 60	

Table 2 Materials used in concrete

Material	Symbol	Substance	Specification
Cement	C	Ordinary Portland cement	Density:3.16g/cm <sup>3</sup> Specific surface area:3.280cm <sup>2</sup> /g
Water	W	City water	—
Coarse aggregate	G	Crushed stone	Air-dry density:2.70g/cm <sup>3</sup> F.M.:6.64 Water-absorption rate:0.63%
Fine aggregate	S	Pit sand	Air-dry density:2.61g/cm <sup>3</sup> F.M.:2.75 Water-absorption rate:2.30%
Chemical admixture	Ad	High-range air-entraining and water-reducing admixture	Polycarbonate
		Air-entraining and water-reducing admixture	Lignin sulfonate and oxycarbonate

Table 3 Mix proportion of concrete

W/C (%)	s/a (%)	Bulk volume of coarse aggregate per unit volume of concrete (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Unit Content (kg/m <sup>3</sup> )				Properties of Fresh		
			W	C	S	G	Ad/C (%)	Air (%)	Slump (cm)
30	46	0.550	170	567	728	863	1.1	4.0	22.0
50	51			340	914		0.9	4.3	18.0
60	53			283	960		1.4	4.1	19.0

Table 4 Characteristics of treatment materials

Material	Type	Concentration (%)	Catalyst	Characteristic
Penetrant	Silane	100	No	Repellency: not so strong Reaction speed: fast
Surface coating material	Silane-siloxane	18	Yes	Generating a polymer on the surface by a catalyst
Typical commercial penetrant*	Silane	15	No	—

\*Deduced from its catalog and MSDS data sheet

### 3. 実験の概要

#### 3.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を Table 1 に示す。本実験で用いる表面処理材は、シラン系表面含浸材のみ(供試体 D)が 1 種類、シラン系表面含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材を塗布した併用型(供試体 H)が 1 種類、比較用として市販されているシラン系表面含浸材(供試体 J)と無塗布の計 4 水準とした。コンクリートの温湿度環境は、温度が 5, 20 および 60°C の 3 水準で、相対湿度を 60% の

Table 5 Testing items and standards

Testing item	Testing standard
Gloss	Gloss meter(Type CM-508)
Appearance evaluation	Spectrophotometer (Type GM-60)
Penetration depth	JSCE-K571-2004
Water permeability	
Water absorption	
Chloride-ion penetration	

Table 6 Viscosity measurement of penetrant D

Method (JIS Z 8803)	Rotary viscometer (Type TVB-10M) Rotor : M1 Rotational speed : 30rpm Measurement time : 60s			
	Temperature (°C)	5	20	60
Result	Viscosity (mPs · s)	6.5	6.0	5.0

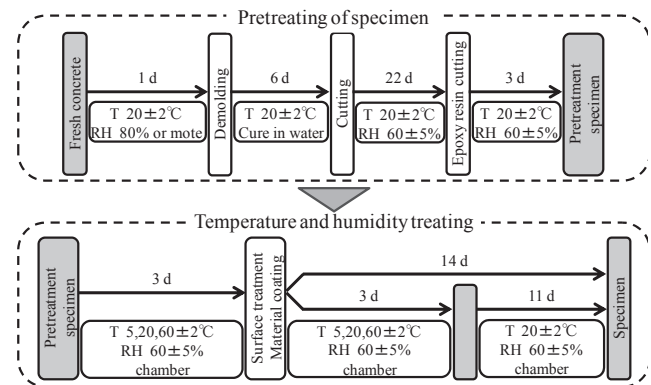


Fig.3 Flow chart of specimen manufacturing

Table 7 Symbols in Figs

Curing Temperature		Curing Period	
Sample D	●	Temperature(°C)	
Sample H	▲	5	60
Sample J	■	Sample D	○
Untreated	◆	Sample H	△
		Sample J	□
		Untreated	◇

一定とした。水セメント比は 30, 50 および 60% の 3 水準とした。養生期間は、表面処理材塗布前 3 日間を前述の所定の温湿度環境にて養生を行った後、表面処理材を塗布した。その後、所定の温湿度環境下にて 14 日間の養生を行うものと、3 日間の養生を行った後、恒温恒湿室内(温度 20±2°C, 相対湿度 60±5%)にて 11 日間(計 14 日間)の養生を行ったものの計 2 水準とした。

#### 3.2 供試体の概要

コンクリートの使用材料を Table 2, コンクリートの調合を Table 3, 表面処理材の種類と性質を Table 4, 供試体作製手順を Fig.3 に示す。供試体

シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の塗布後における  
養生温度および養生期間の相違が表面保護効果に及ぼす影響

は、Table 2 および Table 3 に基づき練り混ぜたコンクリートを用い、JSCE-K571-2004 に準じて、恒温恒湿室内（温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $60 \pm 5\%$ ）において基板を作製した。表面処理材を塗布する際、含浸材のみの場合（供試体 D, J）では、含浸材を一度塗りとし、含浸材と表面塗布材を併用した場合（供試体 H）では、先行して含浸材を塗布し、表面が乾燥した後に表面塗布材を塗布した。なお、塗布量はいずれも  $250\text{g}/\text{m}^2$  とした。

### 3.3 試験項目および方法

試験項目および方法を Table 5 に示す。含浸深さ試験、透水量試験、吸水率試験および塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験は、JSCE-K571-2004 に準拠した。また、本研究ではコンクリート表面の美観性に寄与する光沢度および表面色についても併せて検討した。測定方法は、表面処理材の塗布面における中心および中心から各 25mm の 3 箇所的位置を光沢度計および分光測色計にて測定し、3 箇所の平均を評価値とした。表面色は JIS Z 8729 に準拠し、 $L^*a^*b^*$  表色系による評価とした。

## 4. 結果および考察

シラン系含浸材のシロキサン結合の網目構造の生成は、前述のとおり反応水量、反応速度および粘度が大きく影響するものと考えられる。このうち、含浸材 D の粘度測定結果を Table 6 に示す。これにより、温度が低くなる程含浸材の粘度が高くなることを確認した。以降に示す結果は、各種試験項目における温度依存性および養生期間の関係を示し、それぞれの凡例を Table 7 に示す。ここで、養生期間の比較では、温度  $5^\circ\text{C}$  と  $60^\circ\text{C}$  で行った。なお、透水比、吸水比および塩化物イオン浸透深さ比とは、無塗布の供試体に対する表面処理材ごとの比を表す。

### 4.1 光沢度

温度と光沢度の関係を Fig.4、養生期間と光沢度の関係を Fig.5 に示す。光沢度は、含浸材のみ（供試体 D, J）では、無塗布とほぼ同等であったが、表面塗布材を使用した併用型（供試体 H）では、光沢度が高く、コンクリート表面が濡れ色に変化していた。これは、表面塗布材の触媒的作用により

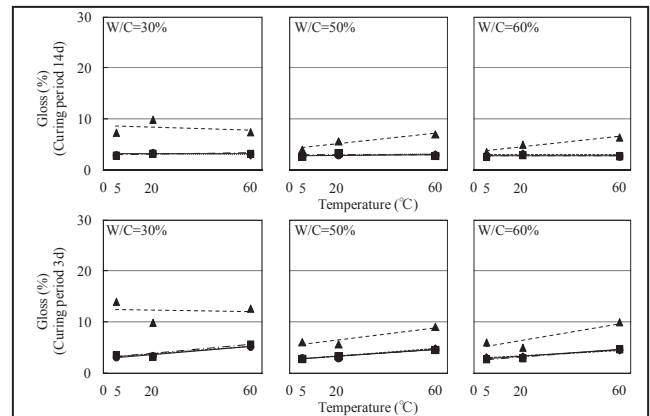


Fig.4 Relationship between temperature and gloss

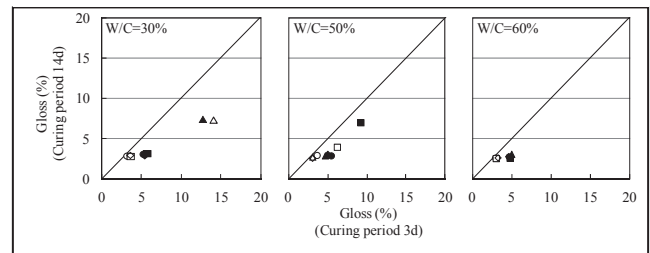


Fig.5 Relationship between curing period 3d and 14d in gloss measurement

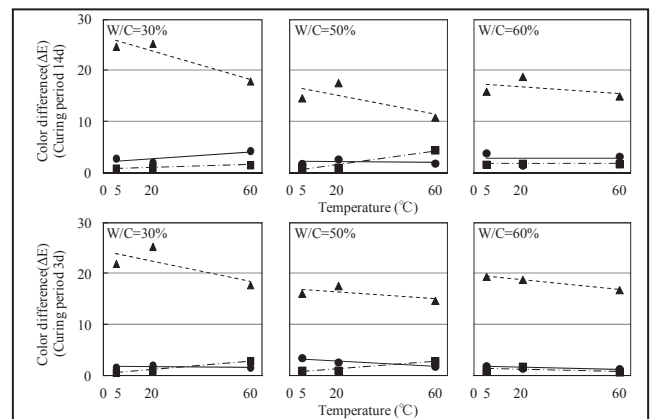


Fig.6 Relationship between temperature and color difference

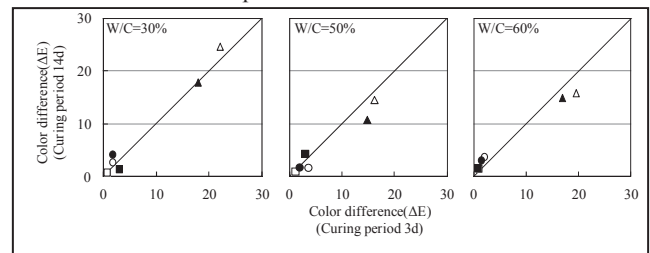


Fig.7 Relationship between curing period 3d and 14d in color difference measurement

コンクリートの表面に塗膜を形成したためと思われる。温度による影響については、温度が高いほど、光沢度が大きくなる傾向を示した。一方、養生期間の相違が光沢度へ及ぼす影響については、養生 3 日間の方が光沢度が大きくなる傾向を示した。

### 4.2 表面色

温度と色差の関係を Fig.6 に、養生期間と色差の関係を Fig.7 に示す。色差( $\Delta E$ )は無塗布との差であり、(1)式により算出した。

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

ここに、 $\Delta E_{ab}$ :  $L^*a^*b^*$  表色系による色差  
 $\Delta L^*$ : JIS Z 8729 に規定する  $L^*a^*b^*$  表色系における二つの物体色の明度  $L^*$  の差  
 $\Delta a^*$ : JIS Z 8729 に規定する  $L^*a^*b^*$  表色系における二つの物体色の色座標  $a^*$  の差  
 $\Delta b^*$ : JIS Z 8729 に規定する  $L^*a^*b^*$  表色系における二つの物体色の色座標  $b^*$  の差

色差は、含浸材のみ(供試体 D, J)と比較して、併用型(供試体 H)の方が大きくなる傾向を示した。これは前述したように、表面塗布材がコンクリート表面に塗膜を形成したことで、表面が濡れ色に変化したためと考えられる。色差の温度による影響については、併用型(供試体 H)では温度が高くなるほど色差が低下する傾向を示したが、含浸材のみ(供試体 D, J)では、その差異がほとんど無かった。このことから含浸材のみの場合、温度の変化が表面色に与える影響は少ないものと思われる。一方、養生期間の相違が色差へ及ぼす影響について、養生期間の違いによる差異はほとんど確認されなかった。このことから、養生期間による色差への影響は少ないものと思われる。

### 4.3 含浸深さ

温度と含浸深さの関係を Fig.8, 養生期間と含浸深さの関係を Fig.9 に示す。含浸深さは、温度が低いほど浅くなる傾向を示した。これは、温度が低い程含浸材の粘度が上がり、流動性が低くなることで含浸し難くなったものと思われる。このことより、低温環境下では十分な深さまで含浸しない可能性があることが分かった。一方、養生期間の相違による影響については、養生 14 日間の方が若干深くなる傾向を示したが、その差異は小さかったことから、含浸深さに与える影響は少ないものと思われる。よって、含浸深さは表面処理材の塗布後、3 日以内における養生温度により大きく影響される可能性が示唆された。これは、塗布後の初期段階における環境条件が所用の性能発揮には重要であることを意味する。

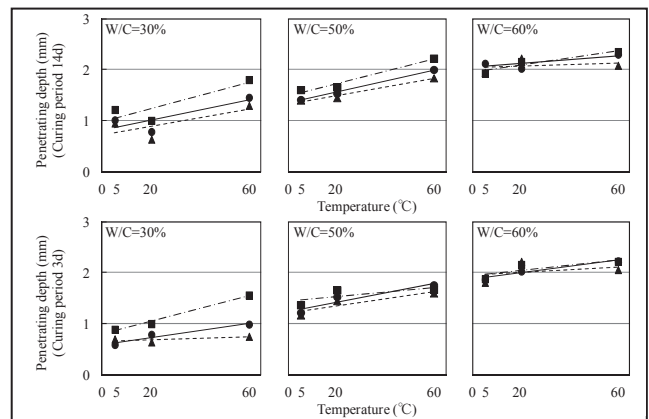


Fig.8 Relationship between temperature and penetrating depth

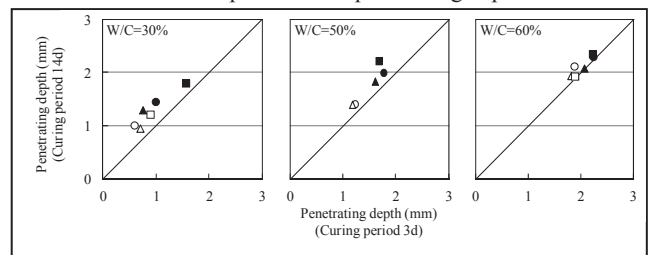


Fig.9 Relationship between curing period 3d and 14d in penetrating depth measurement

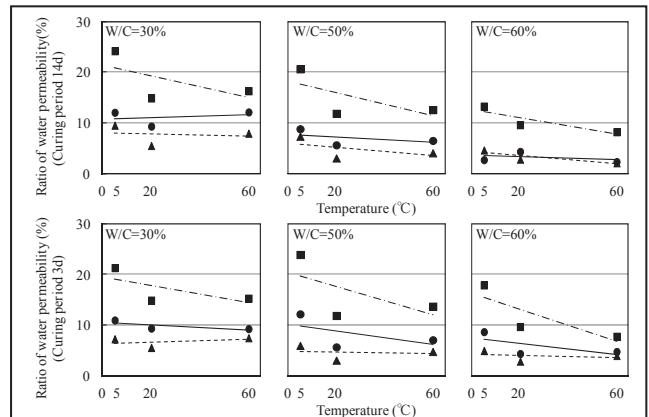


Fig.10 Relationship between the temperature and ratio water permeability

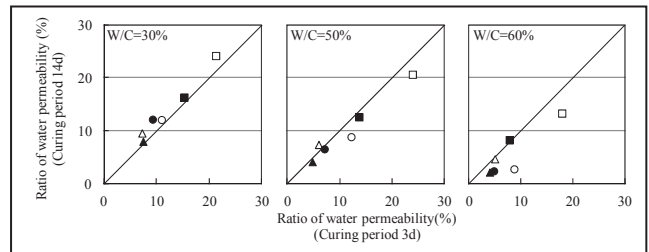


Fig.11 Relationship between curing period 3d and 14d in ratio of water permeability measurement

### 4.4 透水比

温度と透水比の関係を Fig.10, 養生期間と透水比の関係を Fig.11 に示す。透水比は、温度が 5°C の場合で大きくなる傾向を示した。これは、温度が低いため細孔内部での反応が不十分となり、その結果シロキサン結合の網目構造が十分に生成し

シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の塗布後における  
養生温度および養生期間の相違が表面保護効果に及ぼす影響

なかったためと思われる。一方、温度が 20℃以上では、透水比が小さくなる傾向を示した。これは、含浸材の反応が十分に進行し、網目構造がより緻密になったためと思われる。

併用型(供試体 H)では、いずれの温度でも含浸材のみ(供試体 D, J)と比較して透水比が低下する傾向を示した。これは、表面塗布材の部分および含浸層の双方により水の浸透を低減したためと思われ、特に含浸材のみでは、温度が 5℃の場合透水比が高くなったが、表面塗布材を併用することにより、20℃および 60℃とほとんど差異が無く、表面保護効果の改善が確認できた。このことから、低温環境下での施工が求められても、併用型にすることにより通常の温度環境での施工と遜色ない耐水性が維持でき、塗布時における温度依存性を改善できる可能性が示唆された。

一方、養生期間の相違が透水比に及ぼす影響について、その差異はほとんど確認されなかった。透水比の測定では、水頭 250mm の水圧がかかるため、コンクリート内部のシロキサン結合の網目構造の形態に大きく影響を受けると思われる。しかし、養生期間の相違による透水比の差異が少ないことから、表面処理材の塗布後、3 日以内での養生温度の相違が、シロキサン結合の網目構造の形成に大きな影響を及ぼしたものと思われる。

#### 4.5 吸水比

温度と吸水比の関係を Fig.12、養生期間と吸水比の関係を Fig.13 に示す。吸水比は、透水量と同様に温度が高いほど吸水比が低下すると予想していたが、実際はほとんど影響を受けなかった。これは、試験方法の違いによるもので、動的耐水性である透水量試験および、静的耐水性である吸水率試験では、供試体に掛かる水圧の相違により、双方の耐水性能に差異が生じたものと思われる。

併用型(供試体 H)の場合、含浸材のみ(供試体 D, J)と比較して、吸水比が低下する傾向を示した。これは、透水量試験と同様に、表面塗布材の部分および含浸層の双方により水の浸透を低減したためと思われる。

また、吸水比では養生期間の相違による影響が、ほとんど確認されなかった。養生期間の相違による吸水比の差異が少ないことから、表面処理材の

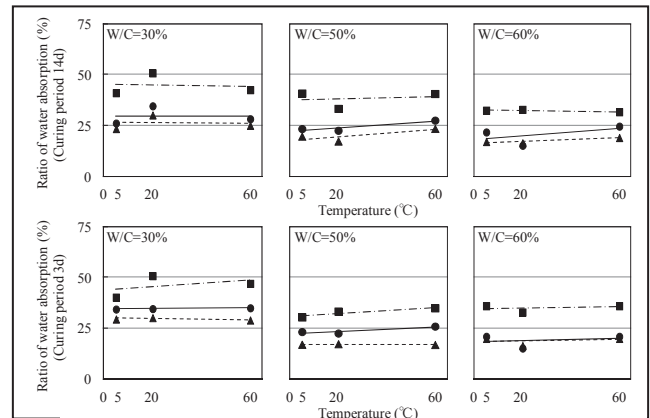


Fig.12 Relationship between temperature and ratio of water absorption

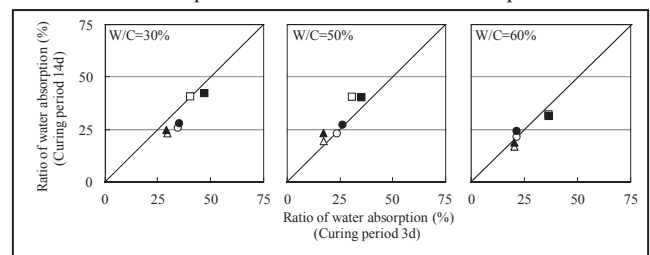


Fig.13 Relationship between curing period 3d and 14d in ratio of water absorption measurement

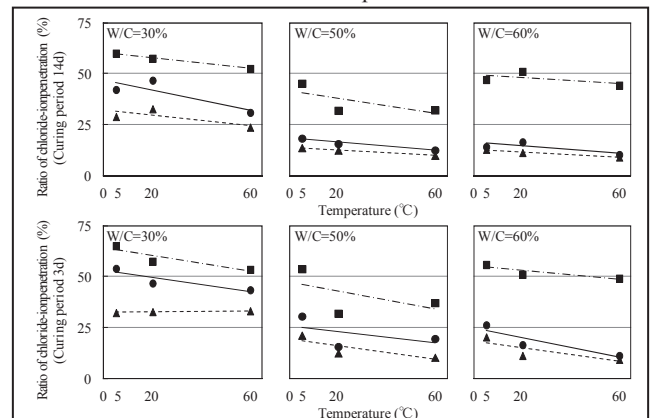


Fig.14 Relationship between temperature and ratio of chloride-ion penetration

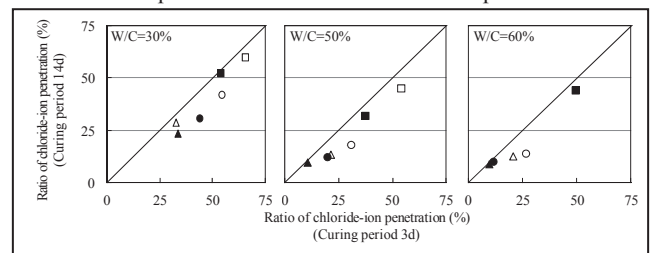


Fig.15 Relationship between curing period 3d and 14d in ratio of chloride-ion penetration measurement

塗布後、3 日以内での養生温度の相違が、シロキサン結合の網目構造の形成に大きな影響を与えたものと思われる。

#### 4.6 塩化物イオン浸透に対する抵抗性

温度と塩化物イオン浸透深さ比の関係を Fig.14、養生期間と塩化物イオン浸透深さ比の関係を

Fig.15 に示す。塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験は、吸水率試験と同様な試験方法であるが、試験期間が長いのが特徴であるため、吸水比と比べるとその差はより大きく表れていた。塩化物イオン浸透深さは、他の試験結果と同様に温度が低い程、深くなる傾向を示した。これは、温度が低いため、シロキサン結合の網目構造が十分に形成されなかったためと思われる。一方、温度が 20°C 以上の場合は、含浸材の反応が十分に進行し、網目構造がより緻密になったものと思われる。

併用型(供試体 H)では、塩化物イオン浸透深さが小さくなった。これは、表面塗布材の部分および含浸層の双方により、塩化物イオンを含む水の浸透に対する抵抗が生じたためと思われる。

一方、養生期間の相違が塩化物イオン浸透深さに及ぼす影響については、養生 3 日間において塩化物イオン浸透深さが大きくなる傾向を示した。この理由としては、本試験が 63 日間の長期試験であるため、養生期間の差により生じたシロキサン結合の網目構造の僅かな変化に対して、影響を受けたものと思われる。

## 5. 結論

本研究では、シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用による表面保護効果の温度依存性および、表面処理材塗布後における養生温度と養生期間の相違が表面処理材の表面保護効果に及ぼす影響について検討した。

その結果、養生期間の相違が表面保護効果に与える影響は、ほとんど確認されなかったことから、表面処理材の塗布後 3 日以内における養生温度の相違がコンクリートの表面保護効果に影響を及ぼす可能性が示唆された。

また、温度変化がコンクリートの表面保護効果に及ぼす影響について、以下にまとめる。

- (1) 光沢度および表面色では、光沢度の温度依存性が確認された。
- (2) 含浸深さは、温度が高いほど大きくなった。
- (3) 透水比および塩化物イオン浸透深さ比では、温度が高い程コンクリートの表面保護効果が向上した。
- (4) 吸水比では、温度による影響は確認されなかった。

以上から、シラン系表面含浸材の表面保護効果の温度依存性が明らかとなり、低温環境下における施工は、表面保護効果を十分に発揮できないことが懸念される一方で、構造体コンクリート表面あるいは、シラン系表面含浸材を加温することで、表面保護効果が向上できる可能性が予見された。

また、表面処理材塗布後の比較的早期での養生温度の相違により、表面保護効果が影響を受ける可能性が考えられる。そこで、寒冷地においても通常環境下と遜色ない表面保護効果の確保を目的とした、加温による塗布方法(プレヒーティング工法)の確立および、表面処理材の塗布後における最適な養生温度の検討が、今後の検討課題としてあげられる。

## 謝辞

実験に際して、ものつくり大学大塚研究室の学生より、多大な助力を得た。ここに、記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)，pp.1-9，2005.4
- 2) 久保善司ほか：シラン含浸コンクリートの発水効果の耐久性，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.1，pp.421-426，2001
- 3) 審良善和ほか：コンクリートの含水状態が表面含浸材の補修性能に与える影響について，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.2，pp.535-540，2007
- 4) 土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)，pp.55-67，2005.4
- 5) Keith J. Laidler：化学反応速度論 I，産業図書株式会社，pp.41-44，1997

## 論文 Article

## わが国初めての民鉄（高崎線）と行田市の関わり

原稿受付 2013年4月1日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 76~83

関 正寿<sup>\*1</sup>, 増渕文男<sup>\*2</sup><sup>\*2</sup>ものづくり大学大学院修了生<sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科The relationship between the first private railroad (Takasaki-line)  
and Gyoda cityMasatoshi SEKI<sup>\*1</sup>Fumio MASUBUCHI<sup>\*2</sup>

Master of Institute of Technologists

<sup>\*1</sup> Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup>

## Abstract

In this paper, I will trace the history of freight transport system between Kita Kanto region and Yokohama port, which was triggered by the impact of opening the Yokohama port in 1859 based on the Treaty of Kanagawa in 1854. This system was established with the purpose of transporting raw silk and silk textiles, and had much effect on the prosperity of both areas. I will demonstrate its transition in the first half of Meiji Era, focusing on basic historical data on silk freight transport system.

**Key Words** : Takasaki-line, Meiji Era, silk, transport system

## 1. はじめに

本大学のある埼玉県行田市内を通るJR高崎線は、市の中心街から大きく外れたところにあり、鉄道線路は荒川堤近傍を通り洪水被害が心配される場所に敷設されている。

この高崎線は当初、東京と京都を結ぶ中山道に沿う幹線路線として計画されたものであった。しかし京都までの幹線路線が東海道線に決定されると、この路線は東京から高崎区間に限って民間企業に委ねて明治17(1884)年に開通させた。これは東海道線開通より5年前のことであり、その後、この路線は国有化されて京都および日本海側の直江津、新潟までを結ぶまでに整備されたが、現在は新たな路線に上越新幹線が走り、再び地方路線の高崎線となって活躍している。

現在の行田には関東以北で初めての鉄道となる高崎線建設時に反対した噂が今も語り継がれている。当時この町は、足袋の生産を背景に経済力を蓄積しつつあった。また、足袋生産に従事する多くが下級武士出身ということもあり、封建的因習が色濃く残っていたことから保守的な立場をとったとも考えられる。しかし、士族達が来るべき鉄道時代の到来を予測できなかったのか疑問も残る。

本研究は国家事業を基にして建設された高崎線を扱うものである。鉄道建設が北関東に向けられたのは蚕糸業と関係があったことは知られているが<sup>1) 2)</sup>、その詳細についての研究は少ない。本論文では高崎線と蚕糸業の密接な関係について定量的な分析を試み、その経営が成功するまでの過程を舟運との比較から調べ、さらに行田と高崎線の関わりを論じるものである。

## 2. わが国の養蚕業について

### 2.1 近代化の一翼を担った蚕糸業

幕末から明治初頭にかけて戊辰戦争、西南戦争による政治的混乱と経済的に困窮した中で、生糸の輸出による外貨獲得は、維新政府の財政窮乏を救い、殖産産業政策を支え、近代日本の構築の一翼を担った。

幕末から明治中期における生糸輸出量の推移を図 2.1 に示した<sup>3)</sup>。これによれば明治 9(1876)年までの輸出量の平均値として 500ton を基準にして、明治 10(1877)年代は 2 倍の 1,000ton になり、さらに鉄道輸送が始まる明治 20(1887)年代には 4 倍強 (2,000~2,500ton) にも激増していることがわかる。

この理由として 18 世紀後半のフランス、イタリアは世界的養蚕地帯であったが、1845 年頃から発生した蚕の伝染病である微粒子病が蔓延し、蚕糸業が壊滅状態に陥ったことがあげられ、それにより、開国によって市場開放されたわが国の生糸に活路を見出そうとする背景があった。

横浜港が国際貿易港として登場したのは安政 6(1859)年で、横浜港から生糸、茶、蚕種などが輸出された。万延元(1860)年に輸出された蚕糸類の輸出額は総輸出額の 65.6%、慶応元(1865)年には実に 88.5% を占め、生糸は開港直後から日本における最高額の貿易品目となっていた<sup>4)</sup>。

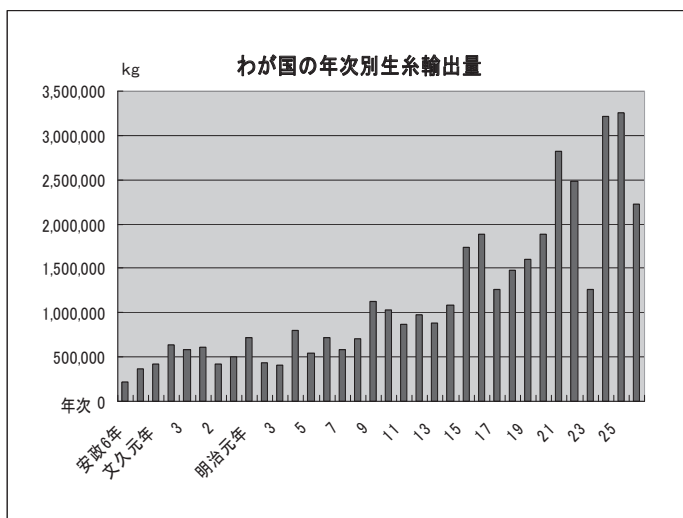


図 2.1 わが国の年次別生糸輸出量

### 2.2 北関東における生糸生産量

横浜港から輸出された生糸の生産地と生産量を明治 6(1874)年の資料<sup>3)</sup> から図 2.2 を作成した。このグラフから北関東の生糸生産量が国内の 75% を占めていたことがわかった。養蚕地帯の多くは米作に適さない山岳部や平地の河川敷などで、一般的には収益が見込めない痩せた土地であった。また地域的にも関東地方が独占的に支配していた様子が見える。当時は輸送手段が不備であったにも関わらず、横浜港に陸路と舟運によって多くの生糸が運ばれていた。

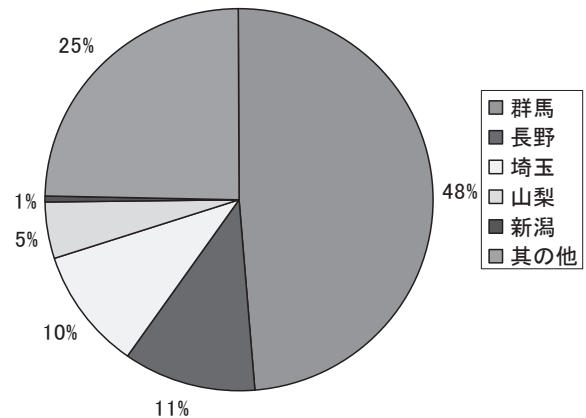


図 2.2 横浜港における産地別生糸売り込み量  
「明治 6 年」総輸出量 552,000kg

### 2.3 官営富岡製糸場の設立

諸外国への生糸輸出が年々増加する中、明治政府は「官営製糸場設立の議」を、明治 3(1871)年に可決した。この製糸場設立は急増する需要にともなって生じた生糸の粗製乱造の防止するための一環として、良質な生糸を大量に生産すること、且つ外国資本の投機を防ぐことなどを目的として政府の資金によって設立され、さらに伝習工場という側面をもっていた。後に技術を習得した工女たちは全国各地でその技術を伝授した。

明治政府がこの官営工場の設立に積極的であった理由に生糸が原材料・加工費・労働力の全てが自国で賄うことのできる純国産品であったことが挙げられる。政府による製糸場建設地選定のため、お雇い外国人のポール・ブリューナー(仏)と民部省の役人は長野県、群馬県、埼玉県の各地の実地踏査の末、群馬県富岡町を建設予定地と決定した。

その理由としては、

- (1) 群馬県は当時の最大生糸生産地
- (2) 富岡は西群馬における養蚕地帯の中心地
- (3) 製糸に適した風土、気候で乾燥した高地
- (4) 用水は町内を流れる鐺川と高田川から導水
- (5) 生産された生糸の横浜港までの輸送路確保  
これには藤ノ木河岸（現深谷市）までを陸路で、その先は舟運を計画した<sup>5)</sup>。

(6) その他、建築資材、燃料の石炭の調達容易  
この工場は明治5(1873)年に完成したが、製品を横浜港まで運ぶための迅速な輸送手段の確保が重要な課題として残した。

### 3. 利根川の舟運について

#### 3.1 舟運と河岸

鉄道が開通する以前の舟運と、その後両者が競合していく様子について述べるが、ここではまず舟運の状況について解説する。安永4(1775)年、上利根川筋の上州14河岸組合が結成されて以来、特に利根川支流・烏川にある倉賀野河岸と利根川本流・平塚河岸の舟運業は盛んであった。

北関東における利根川舟運の成立は、船積み稼業を公認された上利根川筋の、靱負、平塚、五科、新、川井、倉賀野、八斗島、藤ノ木、八町、三友、山王堂、一本木、中瀬、高島の14河岸問屋52名が河川運輸業者として利権を守るため、画期的な規約条文をつくり、この組合を結成したとされ、その後一般商荷物の輸送も取り扱う重要な役割を果たしていた<sup>6)</sup>。

#### 3.2 倉賀野河岸の役割

鉄道と河川の交差点にあたる倉賀野河岸について着目する。明治初年のこの河岸移出入荷物調査<sup>7)</sup>をみると多種類の物資が荷揚げ、出荷されている。倉賀野河岸は群馬のみならず近県の物資を扱う集散地であり交通の要所でもあった。陸揚げ、積出荷物を高額原価順に表3.1にまとめた。この表から蚕糸類は高額な商品であることがわかる。

#### 3.3 利根川蒸気通運丸

高崎線開通以前の明治15(1883)年に時事新報

で掲載された内国通運会社の広告を図3.1に示した。この利根川蒸気通運丸増線広告「・・・当社受負ノ生糸ヲモ併テ、運送仕候間・・・」は、内国通運会社が従来から生糸の輸送を請負っていた。これは利根川では舟運によって生糸がごく一般的に運搬されていたことがわかる。

表3.1 明治初年、倉賀野河岸移出入荷物・舟数取調書  
(出帆船:366艘, 入津船:774艘)

積出荷数											
順位	品名	量目(貫)	原価(円)	順位	品名	量目(貫)	原価(円)	順位	品名	量目(貫)	原価(円)
1	太物	7,176	17,940	5	打物類	5,532	11,500	9	柳	1,800	1,680
2	生糸	430	17,005	6	生絹	896	10,080	10	鰯	72	1,368
3	煙草	13,368	11,684	7	麻	3,094	4,420				
4	煙草	13,368	11,684	8	塗物	1,816	2,270	37	菘菔玉	96	10

陸揚荷物											
順位	品名	量目(貫)	原価(円)	順位	品名	量目(貫)	原価(円)	順位	品名	量目(貫)	原価(円)
1	藍玉	11,340	14,175	5	生蠟	5,117	3,913	9	塗物	2,110	2,100
2	舶来砂糖	15,584	6,432	6	黒砂糖	10,660	3,465	10	蚊帳	510	2,040
3	鯉節	5,750	5,750	7	金物類	13,454	2,883				
4	和砂糖	12,037	5,505	8	干魚類	7,372	2,143	59	茶	70	5

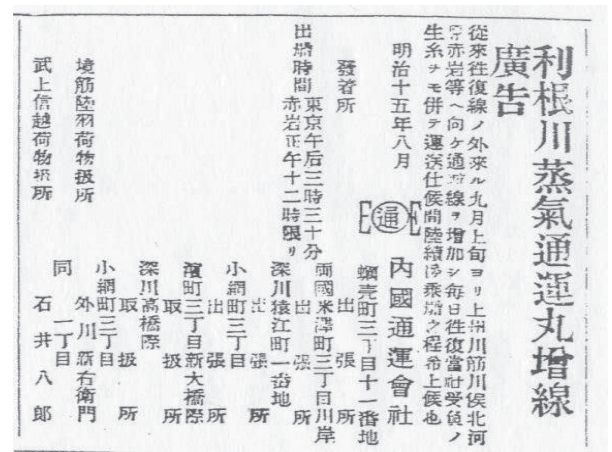


図3.1 「時事新報」 明治15年8月22日<sup>8)</sup>

### 4. 鉄道が舟運と入れ替わる時代

#### 4.1 中山道鉄道計画の提案

明治5(1873)年に新橋と横浜間の鉄道が開通した後、政府は明治7(1875)年にお雇い外国人の鉄道技師長リチャード・ヴィッカーズ・ボイル(英)に中山道の調査を命じた。その2年後には綿密な調査により明治9(1887)年9月に「中山道調査上告書」が提出された。

その調査結果の中でボイルは、群馬県の養蚕地帯と東京の直結を急ぐため、中山道幹線鉄道のうち東京と高崎間の早期着工を上申している。<sup>9)</sup>



### 4.2 官営から民営に移して中山道鉄道建設

明治政府は中山道幹線鉄道建設の一環として1881(明治13)年2月、手始めに東京から高崎、前橋間の鉄道起工を命じた。

その理由としては、

- (1) 高崎は新潟など他県との生産物の集散地
- (2) 前橋は北関東における生糸の生産、集散地
- (3) 政府の横浜港へ繋ぐ鉄道敷設構想の実現化

しかし、同年11月、明治政府は起工命令を財政上の理由(西南戦争後の戦費処理)で突然取り消したが、その後の明治14(1882)年12月に設立された民間鉄道経営の日本鉄道会社は測量済みの同ルートにおいて、明治15(1883)年9月に上野から川口間を起工し、同16年7月には上野から熊谷間、同17年に熊谷から高崎そして前橋間を開通させた。これは起工命令を取り消してから上野と川口間の鉄道建設を開始するまで、わずか2年足らずの早さであり、この路線建設の重要性がわかる。

関東における鉄道開業の展開を、表4.1、図4.1に示した。鉄道建設年表における路線項目の○印番号は図中の○番号と一致しており、開業順を示している。本路線では②の第1期工事として明治16(1884)年に上野・熊谷間の中山道鉄道を建設し、第2期工事③として明治17(1885)年に熊谷から前橋まで延伸して、最終的には東北本線小山⑫まで到達させた。他の路線も順次整備し、明治23(1891)年9月には現在の東北本線全線⑥⑨を開業した。また明治政府は念願であった日本海までを鉄道で結ぶ⑦⑧⑩⑬の路線を明治26(1894)年に開通させた。その他に常磐線や赤羽・品川間の現山手線路線の一部⑤を開業させ、その後、水戸鉄道、両毛鉄道を明治期に買収した。

日本鉄道は、明治16年7月上野から熊谷間(現JR東日本高崎線)を開通させ、同年8月13日には熊谷駅で旅客列車に貨物車を増結して生糸輸送を開始した。<sup>10)</sup>そして、翌年には開通させた前橋から赤羽から分岐して、品川のルート(後の高崎線、赤羽線、山手線)経由で、官営鉄道(品川から横浜)①と接続する、生糸の産地と輸出港を直結させる路線を開通させた。

後に中山道幹線ルートの建設計画は、財政上の理由等により東海道ルートに変更された。それに

より東海道線は明治22(1889)年7月全線開通し、日本全国鉄道網の主要幹線が整備された。

表4.1 鉄道建設年表

路線	年号		鉄道運輸事項	
			鉄道開業	付帯事項
	1859	A6年		・横浜港開港
	1870	M2年		・東西両京幹線鉄道建設議決(中山道)
①	1873	M5年	9月 新橋・横浜間開通	・9往復 53分運転 新橋・横浜間29キロ
		"		・富岡製糸場竣工
	1883	M15年		6月 日本鉄道高崎線工事開始
②	1884	M16年	7月 上野・熊谷間開通	・民鉄日本鉄道営業開始
③	1885	M17年	5月 熊谷・高崎間開通	2月 日本鉄道特約割引運賃を導入
④		"	8月 高崎・前橋間開通	・上野・前橋間全通
⑤	1886	M18年	3月 品川・赤羽間開通	・官設鉄道と日本鉄道連絡運輸開始
⑥		"	7月 大宮・宇都宮間開通	6月 日本鉄道2回目特約割引運賃導入
⑦		"	10月 高崎・横川間開通	・官設鉄道

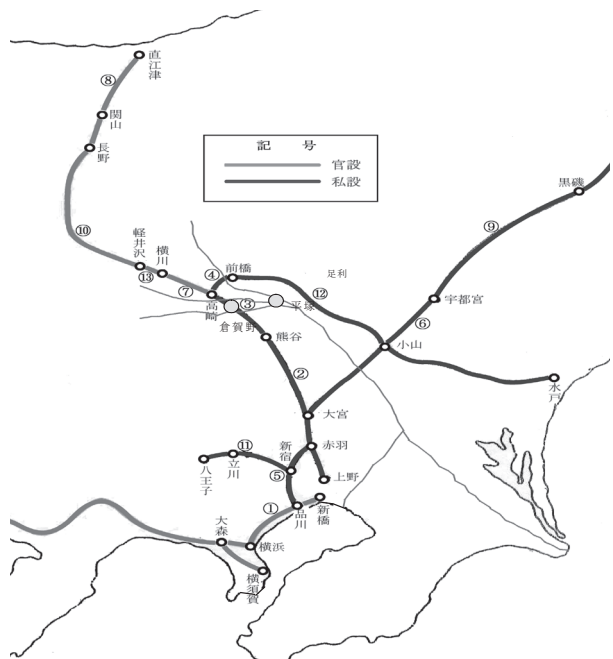


図4.1 鉄道路線と河川の関係

### 4.3 輸送運賃における舟運と鉄道の競合

上野と前橋間の鉄道開通が明治17(1885)年8月で、翌々年19年から20年以降から貨物輸送に著しい変化をもたらした。それは舟運、陸上輸送から汽車輸送に大幅なシフトが行われ始めたことである。

鉄道輸送の大幅な増加は、舟運の運賃競合に大いに関係があった。明治16(1884)年10月頃には、上りの貨物運賃収入は下りの1/3に過ぎなかった。その原因は舟運によるもので、その運賃は利根川

を下るため低価格であった。そこで同社は運賃面で対抗するため表 4.2 のように特約割引運賃を明治 17, 18(1886)年に導入している。<sup>10)</sup>

表 4.2 内国通運会社の特約制度の事例

明治 17 年 2 月 17 日

「上り貨物 3 級品以下に限り従前運賃の 1/3 を減却し其運賃を為・・・」

明治 18 年 6 月 15 日

「和酒・醤油・藍玉・畳表・鉄物の 5 種に限り 1 種の貫目 6000 斤以上、一途に託送するときは全て 1 級品の賃金を以って輸送すること」

「群馬県勸業年報」管内交通の概況（明治 20 年）によると、鉄道による貨物量の大幅な増加を記述している。また、南勢多郡臨時農事調書（明治 21 年）「鉄道及新開水陸路等運輸交通ノ便ニヨリ変化ヲ来セル農産物ノ実況」<sup>11)</sup>によれば、生糸輸送が舟運から鉄道貨物輸送に移行した様子が窺い知ることができる。鉄道建設以前の生糸は牛車で前橋から平塚河岸は運び、舟に載せて東京日本橋小舟町に送り、そこから新橋駅まで陸送し、汽車に託して横浜に送っていた。

前橋駅開設後は鉄道貨物輸送となり、それ以前は 4.5 日かかった輸送日数は僅か 2 日間に短縮され、運賃総額も半額になった。

#### 4.4 鉄道輸送への移行

群馬県内の所有船舶数<sup>11)</sup>の変化と、鉄道貨物運賃の収入<sup>12)</sup>の比較を表 4.3 で示した。群馬県内所有船舶数は県内の河岸別船舶数を集計したものであるが、明治 13(1881)年の資料は確認できたものの、明治 14(1882)年から 3 年間は確認できなかった。この表より船舶数は明治 13 年から明治 18(1886)年にかけて半数以下に激減し、一方で日本鉄道の鉄道貨物運賃収入は明治 18 年から明治 20(1888)年にかけて 2 倍強に急増していることが分かる。群馬県内における貨物輸送が、舟運から鉄道輸送に移行した時代であったと考えられる。

鉄道優位の輸送体系が確立していく過程は、鉄

道が舟運その他の輸送方法に比べて迅速・安全そして大量輸送が可能になったことがあげられる。舟運は鉄道輸送に比べ不利な点が多い。気候は運航に支障をきたし、大量輸送と安全性に劣る。貿易輸出品である生糸は高額にして国際相場制で価格変動に敏感な商品であったため迅速性が求められ、いち早く輸送を舟運から鉄道に移行したと考えられる。

表 4.3 鉄道貨物運賃収入と群馬県内所有船舶数の比較

統計別項目	M13	M14	M15	M16	M17	M18
鉄道貨物運賃収入					104,757	116,015
群馬県内所有船舶数	3,439					1,355
統計別項目	M19	M20	M21	M22	M23	M24
鉄道貨物運賃収入	151,852	276,748	295,454	301,455	291,349	351,831
群馬県内所有船舶数	1,312	1,310	1,266	1,171	1,159	1,169

群馬県内所有船舶数 単位：艘

鉄道貨物運賃収入 単位：円

#### 4.5 舟運のその後

河川における舟運は鉄道によって後退を余儀なくされたが、運送使命を終えた訳ではなかった。群馬県の南端に位置する邑楽郡赤岩河岸の船舶保有数の推移を、図 4.2 に示した。明治 24 年以降、一転して増加傾向を示す。これは鉄道路線の恩恵を受けることが不可能な地域では舟運が重要な交通機関を担っていた。

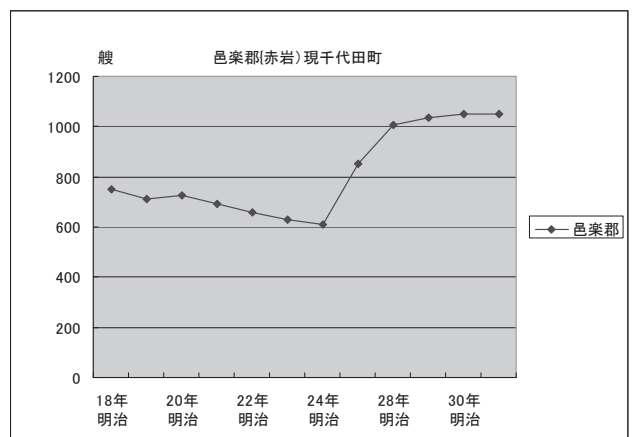


図 4.2 邑楽郡における船舶数の推移

その後、国策により全国各地の河川でも政府直轄の舟運路の整備が進められた。1890 (明治 23)年には、お雇い外国人オランダ人技師ローウェンホルスト・ムルデルによって利根川と江戸川を結ぶ利根川運河が開通している。内国通運会社などによる舟運は、利根川中・下流域で盛んであり、昭和初期まで舟運は地域経済に貢献した。

## 5. 高崎線と行田の関わり

### 5.1 鉄道敷設反対運動

現在の高崎線はボイルの「上告書」に従った計画路線でほぼ建設された。ただしボイル案は鴻巣から行田市忍町そして熊谷としていたが、鉄道建設反対運動により、この路線が現在の吹上に変更された。その幻に終わった高崎線「忍駅」の推定位置を図 5.1 に示したが、行田市街地の中心部を横断するものであった。

有力城下町であった忍町は富商が多く、また守旧派士族を中心に鉄道反対運動を起こしたと言われている。その運動は、汽車の煙により足袋工場の白布が汚れる、沿線で火事が起こるなどと叫ばれたが、本音は路線の土地買収が国策のためと言うことで無償に近い金額で取得されることに不満があったようだ。このため当初に計画された路線よりも南西に 4km ほど移され、荒川の堤防沿いを通ることになった。ものつくり大学のある吹上駅付近には元荒川が流れており、これが昔の荒川筋

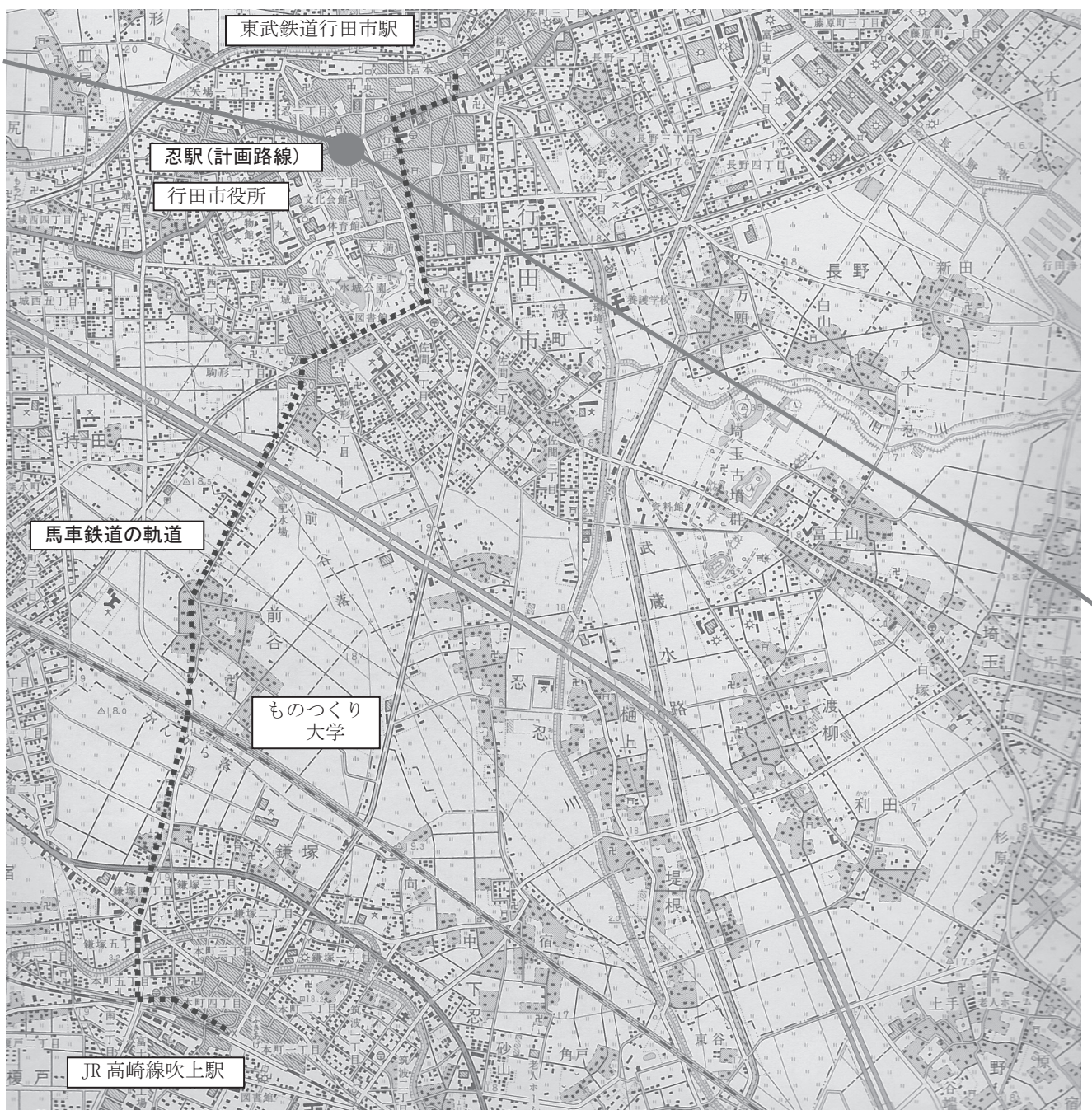


図 5.1 ボイル案の高崎線「忍駅」および行田と吹上間馬車鉄道の軌道 国土地理院 1/25000 地図より

でこの川筋に流れ込むような破堤を起こしており、このような水害の危険性が潜む場所に線路を敷設しているのは極めて稀なことである。

## 5.2 高崎線招致運動

本路線の建設工事が着工され、川口から浦和大谷場までの試運転コース約 10Km の工事が始まると鉄道敷設反対の非を悟った行田住民は敷設替してもらいたいと願う人が多くなり招致運動を始めた。それに対して日本鉄道会社からは、従前からの条件が提示された<sup>12)</sup>

- (1) 駅を大手前(忍城の大手門付近)に置くこと
- (2) 大株(千円券)を2株持つこと
- (3) 変更工事に要する1万円を寄付すること

しかし、行田住民は1万円(現在価格約1億円)を寄付するくらいなら自力で吹上まで交通機関を持とうということになった。

なお、上記の第2項については日本鉄道株式会社の株所有者であった富田治朗助氏(忍在住)に確認することができた。<sup>13)</sup>

## 5.3 行田忍馬車鉄道建設

行田の有志達は写真 5.1 に見られる馬車鉄道を明治 33(1891)年に行田と吹上間に建設した。忍馬車鉄道株式会社の設立である。これは、交通不便を解消するための苦肉の策としか言いようがないものであった。道路上に鉄製のレールを敷き、馬1頭が4車輪の客車を引くという粗末な編成で、車輛は両側4人ずつ座れば満員というサイズであった。しかし、行田住民が幹線鉄道に乗って他所へ出入りするための交通機関としては重要なものであった。



写真 5.1 馬車鉄道

朝は一回貨物車が出て足袋屋が荷物を店頭に出して置いたものを集荷し、帰りは吹上へ着いている足袋の原料荷物を積んで来るという仕組みも備えていた。<sup>14)</sup>

その後レールが凹式のため馬が疲れ損耗が多く、たちまち経営難に陥り、大正 11(1922)年に上武鉄

道(現秩父鉄道)が行田市駅開設後にはその役割を終えた。<sup>15)</sup>

行田と吹上間馬車鉄道の軌道を図 5.1 に示した。この軌道は日光脇往還(日光裏街道ともいう)と呼ばれ、当時行田と吹上間を唯一結ぶ道路であり、行田住民が中山道に出るための重要な道であった。

## 5.4 幻の坂東鉄道計画

本研究において、行田市が幹線鉄道高崎線と直結する可能性をもった坂東鉄道の建設構想<sup>16)</sup>を発見することが出来た。この計画は実に雄大で関東平野を南北に縦断するルートであった。会社設立趣意書(明治 44~45 年頃)によれば、八王子から入間郡豊岡町そして川越町、北埼玉郡忍町(現行田市)を経て小泉町さらに太田町へ至り、大間々町の足尾銅山駅に達するものである。これは採掘された銅合金を横浜港に運搬するルートであった。

また、この鉄道については明治政府が東毛地方を国鉄高崎線に結び付けることを重視した形跡がみられる。これには東毛地方が蚕糸業の盛んな地域であったことが原因と考えられる。首都圏では放射状に延びる鉄道は経営的に有利で、首都環状鉄道は不利と言われているなかで八高線(八王子-高崎)は蚕糸業発展のために建設された稀な事例<sup>13)</sup>であり、当時としては国策的な事業であったことが読み取れる。なお、坂東鉄道は計画で止まり幻の路線に終わっている。

## 6. おわりに

本調査により次の結論を導いた。

- ① 明治前期においては北関東の輸出用生糸量は、全国生産量の約 75%を占め、巨大な養蚕地帯を形成していた。

そして貨物輸送において生糸は軽量で高価なものであり、利益率の高い重要な製品であった。

- ② 利根川舟運は、重要な交通輸送機関であり、鉄道開通前、利根川支流・烏川沿岸「倉賀野河岸」、利根川本流「平塚河岸」は、北関東における 2 大拠点で輸出用生糸生産量輸送の 78.1%を担っていた。そして、舟運よる生糸

輸送は日常的に行われていたことを内国通運会社（現日本通運）の調査で明らかにした。

なお、生糸輸送を鉄道に代わられた舟運は、鉄道駅のあるところは衰退したが、駅がないところでは影響を受けなかった。

- ③ 中山道鉄道（現 JR 東日本高崎線）建設の主たる目的は、生糸輸送のために高崎（倉賀野）から横浜港を結ぶためのものであった。

そしてボイルの鉄道建設案を活用した結果、1886（明治 18）年 3 月に赤羽と品川間の鉄道開通が横浜へ直接乗り入れを可能にし、輸送量増加により 1887（明治 19）年～1888（明治 20）年には鉄道経営の安定期を迎えた。

その結果、東北地方開発などによる鉄道建設ラッシュを迎えることになった。

- ④ 行田の住民は鉄道建設に反対したが、馬車鉄道、秩父鉄道によって事なきを得て、大正末から戦後まで足袋産業は隆盛を極めた。また馬車鉄道の建設は行田にとって大きな役割を果たして、陸の孤島化を回避した。その鉄道馬車の軌道を明らかにし、さらに行田は鉄道の有益性を悟り、その後鉄道誘致を行っていたことなどが新たに明らかになった。

わが国の運輸は、舟運から鉄道輸送へと変革することが近代化の代表例として挙げられるが、とくに高崎線の成功は、その後の東北地方開発に大きな影響を与え、この国の近代化を実感させるような経済成長を遂げる出発点とも位置づけられる。

明治政府の建設事業の成功例は多々あり、今や近代化遺産として全国に知れ渡っている。しかし、成功しても知られていない例もある訳で、その一つとしてこの高崎線があげられる。高崎線は群馬富岡製糸場と神奈川横浜港を結ぶように建設され

1886（明治 18）年に完成した。国内で最も古い本格的な長距離鉄道路線であるが、その古さを感じさせず、今も首都への通勤路線として現役で活躍している。創建当時の優れた技術力が路線計画、敷設工事においてみることができる。

## 文 献

- 1) 山本弘文「交通・運輸の発達と技術革新」東京大学出版 1986
- 2) 井上定幸「近世の北関東と商品流通」近世史研究 2004
- 3) 小泉勝夫編「養蚕王国日本と神奈川の顛末」2006
- 4) 「岩波講座 日本歴史 15」岩波書店 1962
- 5) 「富岡製糸場誌」上巻 1977
- 6) 「群馬県史」通史編 8 群馬県史編さん委員会 1989
- 7) 「群馬県史」資料編 10 群馬県史編さん委員会 1978
- 8) 「川の上の近代」通運丸と関東の川蒸気船交通史 物流博物館 2007
- 9) 「日本鉄道史」上編 鳳文書館 大正 10 年
- 10) 工部省記録「鉄道の部」日本国有鉄道
- 11) 「群馬県勸業年報」明治 20～28 年 群馬県内務部
- 12) 上岡 良「吹上ステーション物語」平成元年
- 13) 老川慶喜「明治期私鉄営業報告書集成（1）日本鉄道会社 第 1 巻 日本経済評論社 2004
- 14) 「行田史譚」行田史譚刊行会 1976 年
- 15) 「行田市史」行田市史編纂委員会 昭和 39 年
- 16) 「大泉町史」上巻 鉄道 大泉町史委員会 昭和 53 年 p 1162

解説 *Explanation*

## “トヨタ生産方式”と“みえる化”の取り組みについて

原稿受付 2013 年 3 月 14 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 84~87

藤井宣仁

ものづくり大学 技能工芸学部 製造学科

## The explanation of “Toyota production system” and “Visualization”

Yoshito FUJII

Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

## 1. はじめに

現在、トヨタ生産方式<sup>1)</sup>は自動車業界に留まらず製造業における生産管理の考え方として広く定着している。しかしながら、その適用においては、導入したからと言って直ちに成果が出るものではなく、様々な前提条件の克服や状況の把握、環境整備など地道な取り組みを行った上で初めて継続的に成果が出るものと考えられる。

本稿では、トヨタ生産方式の簡単な解説とそれを支えるもの、更には導入に当たって前提となり諸活動において忘れがちになる生産ラインや情報システムなど対象の全貌を“みえる化”すること、そのための手法と展開について紹介する。

## 2. トヨタ生産方式の考え方と取り組み

## 2.1 トヨタ生産方式を支える経営的な見方

トヨタ生産方式を適用する狙いは『注文された商品をタイムリーに生産し、良いものを安価に素早くお届けする』ための各種改善活動を継続し続ける企業体質を作ることといえる。これを経営的側面から見ると次のようなことがいえる。

企業活動の目的として次の3点が一般に言われ

ている。

- ・より文化的で豊かな生活が送れる商品/サービスを提供すること
- ・企業を通じて地域を活性化させること
- ・従業員の生活基盤を安定させること

その為には、まず利益を上げて企業が存続し続けることが必要となる。

利益を上げるには二通りの考えがある。

- ① 売値 = 原価 + 利益
- ② 利益 = 売値 - 原価

トヨタ生産方式においては、売値は顧客（市場）が決めるもので、②で示される通り利益を増やす為には原価を下げるしかないという考えを取る。

原価を下げるにはムダを減らすことが必要で、特に生産現場においては付加価値を生み出さない造り過ぎのムダ、手待ちのムダや運搬のムダなど多くのムダがあり、これらを無くし最小化して淀みのないものの流れ情報の流れを実現する為の活動としてトヨタ生産方式が生まれてきたといえる。

## 2.2 トヨタ生産方式の2本柱

トヨタ生産方式の2本柱として①（ニンベンの付いた）自動化と②ジャストインタイム（JIT）がよく知られている。ここではこの「自動化」と「JIT」の意味するところを考えてみたい。

品質はトヨタ生産方式の原点であり「良いものを」「安く」「タイムリーに」提供することが求められる。この時まず何故「自動化」にこだわったのかと考えると“良いものを提供できなければ客はつかない”が、戦後復興期のトヨタ社内事情として“資金が無い中で不良品を造る余裕はない”“設備を買う資金が無く人の付加価値生産性を上げるしかない”ということから、もし現場で「異常があったら止まる、止める」「仕事が完了したら止まる」仕組みを徹底的に考え、設備や人が品質を考慮せずただ“動き”続けるのではなく、それぞれの動きがムダを発生させない“働き”につながるように徹底したものと考えられる。

一方「JIT」の意味するところは、これもやはり戦後復興期に金が無い中で資金をいかに早く回収するかというところからスタートしていると思われる。「JIT」の説明として言われるように“必要なものを、必要な時に、必要なだけ供給する”つまり必要最小限のものだけを素早く回転させ効率よく資金を回転/回収させようということである。この「JIT」のレベルを決めるものがリードタイムと言われている。リードタイムとは“行動を起こしてから結果の出るまでの時間”を言い、これを正しく評価するためには、ものの流れ、情報の流れをきちんと掴んでおくことが大切となる。

### 2.3 トヨタ生産方式を支えるもの

トヨタ生産方式が上手く機能するためにはただ「JIT」や「自動化」の概念を導入すれば良い訳ではなく、図1に示す様にそれを支える各種取り組みが必須となる。

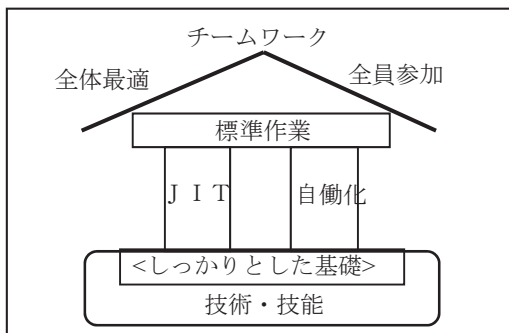


図1. トヨタ生産方式を支えるもの

図1は家に例えられたものである。技術・技能

に裏付けられたしっかりとした基礎の上にJITと自動化の“二本柱”を建て、国内外各地域への展開を考慮した標準化を図り、これらをチームワークを始めとした各種活動により守り育て浸透させる、ということにより初めて外乱に強い頑強な家(=企業)になると言える。

### 2.4 情報化の進展への対応

近年生産設備や生産ラインにおいてもコンピュータ化/ネットワーク化など情報システム化が進んでいる。このような現在の製造現場においては特に“ものの流れ、情報の流れをきちんと掴む”ことを意識的に行うことが大変大事で、ここを疎かにすると部分最適な対応となり、本質対策に至るまでに大変遠回りになったり、そこまで行き着けないケースも多々見受けられる。この取り組みは正にサプライチェーンマネジメント(SCM)そのものであるとも言える。

## 3. “みえる化”の取り組みの成り立ち

### 3.1 手法の開発

前節で述べたように、情報化が進んだ生産現場更には業務のプロセスにおいては、如何に関係者全員が対象の“ものの流れ、情報の流れをきちんと掴み”その全貌を理解できる(=“みえる化”)かが重要となる。その一つの取り組みとして筆者らが企業において開発した「TLSC」<sup>2)</sup>というものがある。これはTotal Link System Chartの頭文字を取ったもので、ある目的に対して業務プロセス・工程・制御・情報などをお互いきちんと関連付け、一枚の図にその全貌を表すものである。

そもそものきっかけは、コンピュータを使った情報処理システムが大変理解しづらく、特に管理者や経営者にとっては、いったいそのシステムが現場の何をどうコントロールしようとしているのか不明となるケースが多くあった為、一担当者から経営者まで皆が理解しやすく議論できるシステム図を作ろうというところからスタートしている。当初コンピュータシステムについての適用が多かったが、トヨタ生産方式における現場改善や更には業務プロセス改善などにもその活用が広がっており、実務における効果が認められている。

### 3.2 実施例

TLSCの概念図を図2に示す。これは塗装工場の生産指示システムの一部の例で、現場の工程とその制御及びコンピュータとの関連が一望できるようにになっている。実際には多くの情報が描かれており、大きさは畳何枚分にもなるケースも多い。

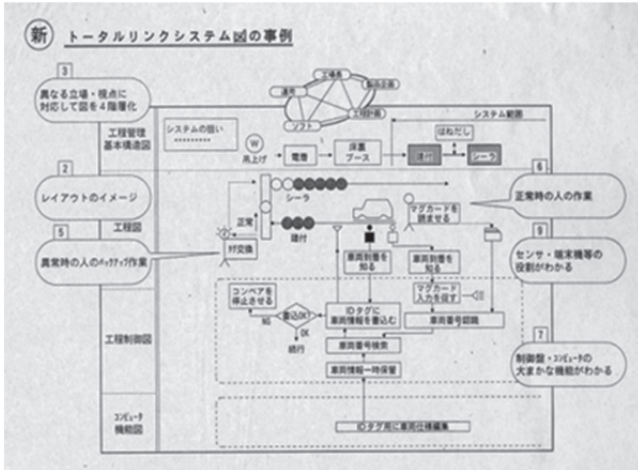


図2 TLSC概念図

このような図を使い、ものや情報の流れが淀むようなところは無いかなど、もっと効率的なパスは無いかなど、もし課題点が見つかったらどのようにすれば良いかなど細かく見て実際の改善活動の第一ステップとして活用する。

### 4. 業務プロセスへの展開

前節で紹介した取り組みを業務プロセスについても応用している。

システムの全貌をしっかりとみえるようにするという取り組みは情報システムに限ったことではなく、仕事の進め方すなわち業務プロセスの関係においても重要なことである。組織が大きくなればなるほどその全貌は捉えづらくなり、ますますこの様な取り組みが重要となる

図3の事例は生産ライン設備の生産準備を進める時の業務プロセスに適用した例の一部である。製品のラインオフから遡ること何か月前にどうい業務をしておかなければならないかを

- ① 自部署の行うべき業務と業務に必要な情報
- ② 業務を進めるにあたっての関連組織と情報
- ③ それぞれの業務の内容と必要工数
- ④ 業務の良し悪しを計る尺度

などの観点で整理し、お互いの関連をはっきり紐付けし、時間軸を明確にして記述するものである。

これらを一枚の図に描くことにより、業務の全貌が明確になり、一部の変更や改善が全体最適の方向へ向かっているのかなどについて関係者皆が

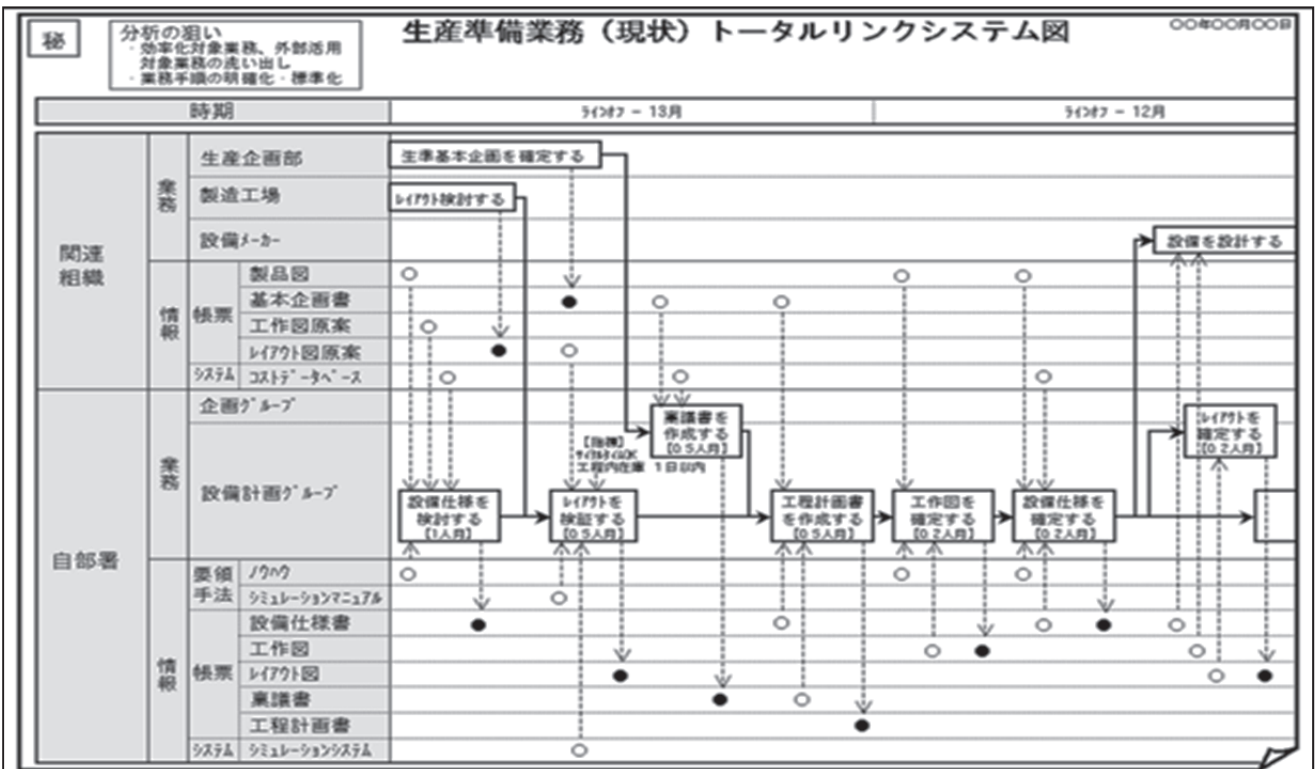


図3 生産準備業務TLSC



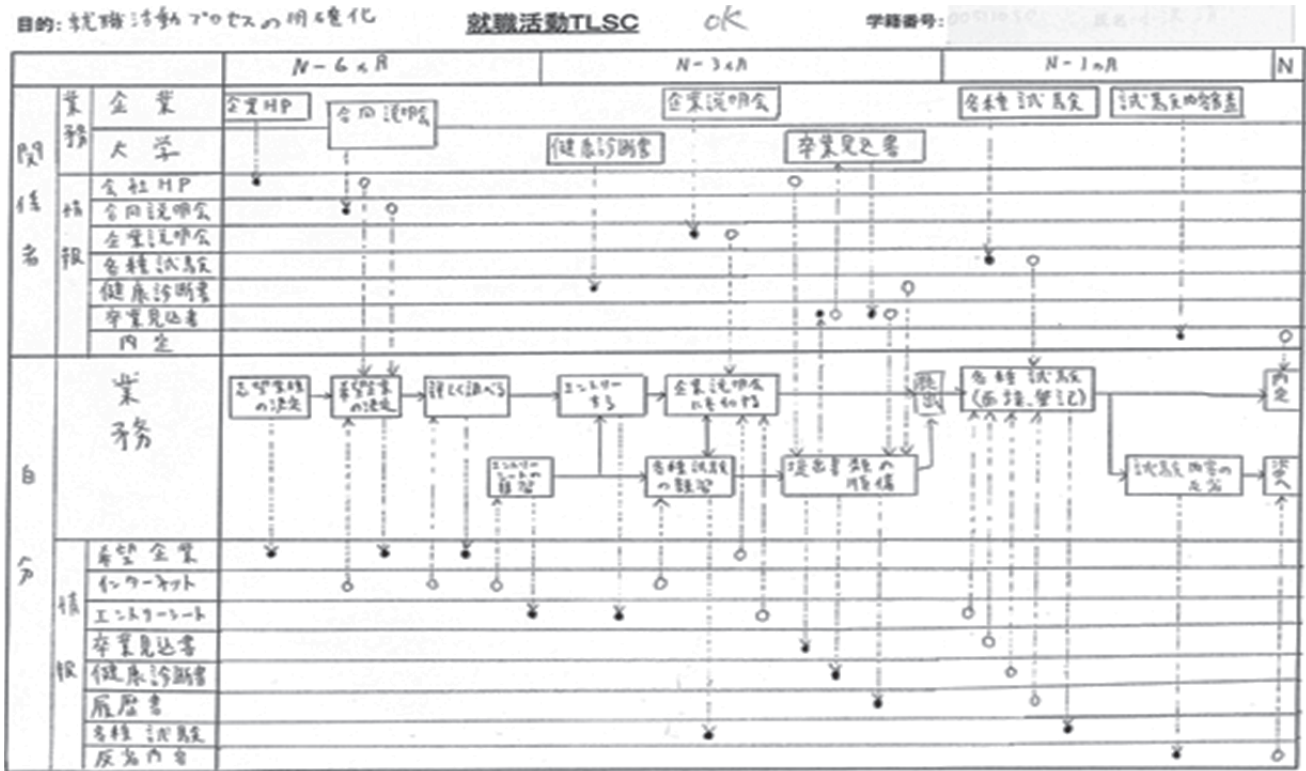


図4 就職活動TLSC

共有し納得して活動が進められるというメリットがある。またシステムの場合と同じように、業務や情報が滞っているところはないか、手戻りしているところはないか、など確認し問題があれば検討し改善するというように使ってゆく。つまり、業務を進める際の基本となる「P・D・C・A」をきちんと廻すということがあるが、特に大事な“Plan”の部分の充実を図る有効なツールとなると考える。

これまで述べた“みえる化”の取り組みとその手法について、ものづくり大学では「製品・プロセス設計」の講義の中で約半分の時間を使い教育している。そこでは各自の演習課題として、就職活動を各自の業務と見立て、内定を得るまでに実施すべきプロセスを“就職活動TLSC”として全員に作成させている。図4はその実例である。各々これを完成させ、各自が取るべきプロセスをみえる化し実際の就職活動に活かしてもらえようようにしたい。

### 5. まとめ

本稿では“トヨタ生産方式”の考え方と背景的側面、生産現場や業務プロセスの改善に当たってまず第一に行うべきと考える“みえる化”の取り組みについて紹介した。実際の企業における製造現場や業務推進などを経験していない学生にとっては、その必要性を含めなかなか理解し難い面もあると思われるが、基本的な考え方・進め方を学び身に付けてもらい、社会人として活躍する時に役立てて欲しいと考えている。

### 文献

- 1) 大野耐一：トヨタ生産方式 ダイアモンド社
- 2) 宮谷孝夫ほか：企画の充実によるシステム開発の効率化と信頼性の向上 自動車技術 Vol. 48, No. 8(1994)

報告 Report

## 国登録有形文化財 深谷商業高等学校記念館の復原整備について

原稿受付 2013年3月30日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 88~96

横山晋一<sup>\*1</sup>, 林秀樹<sup>\*2</sup>, 梶芳晴<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科<sup>\*2</sup>有限会社林建築設計事務所<sup>\*3</sup>有限会社梶芳晴建築設計研究所For restoration development of state registration tangible cultural property  
Fukaya Commercial High School Memorial hallshinichi YOKOYAMA<sup>\*1</sup>, hideki HAYASHI<sup>\*2</sup>, yoshiharu KAJI<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Dept. Building Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Hayashi Architects Co. Ltd.<sup>\*3</sup> Kaji yoshiharu Architects Co. Ltd.

## 1. はじめに

「巍峨壯麗の二層樓」と言う難解な言葉が深谷商業高校校歌二番の一文として綴られているが、これはここで学ぶ若人たちの高い志を抱く強い意志と、美しく聳える学びの場を掛け合わせ表したものであり、いかにこの学校の設立を多くの人々が待ち望んでいたかが汲み取れる。同校記念館となるこの木造二階建て旧校舎は、小屋裏から発見された棟札によって大正11年(1922)1月18日に上棟し、同年4月15日に竣工したことが明らかとなった。更に上棟から竣工までが三ヶ月足らずの突貫工事であったこともるが、これは既に前年の3月22日に文部省から商業学校としての設立認可を受け、同年4月7日に深谷尋常高等小学校内の仮校舎にて開校並びに47名の学生受け入れが成されていたことが背景にあったためである。

大正11年4月25日に催された落成記念式典には時の中橋文部大臣を始めとし、堀内埼玉県知事や飯野埼玉県議会議長など数百人の来賓が参集しているが、シンボルタワーともなる尖塔換気塔屋を有する本格的な和洋折衷様式の校舎出現に、改めてこの地に文明開化を知らしめられた。

また、これより43年後の昭和40年(1965)3月19日、学生数急増に対応した鉄筋造四階建ての新校舎が建設されるまで、この木造校舎から一万四千余名の有為な人材が世に輩出されていったが、フレンチ・ルネサンス様式を和風に巧みに取り込んだ様相は修景に銜うことなく溶け込み、いつしか同窓生や深谷市民のみの誇りに留まらず、埼玉県北地域における歴史遺産として位置付けられるようになっていったのである。



図1 修理前記念館正面写真（平成23年8月30日撮影）

## 2. 保存への道程

大正12年（1923）9月1日に発生した関東大震災が契機となり、往時の市街地建築法が改正されて建築強度の見直しが成されたが、昭和23年（1948）6月28日に発生した福井地震にてまたもや多くの尊い人命が失われたことで、昭和25年（1950）5月24日に建築基準法が制定されていくことになる。この法は国民の生命・健康・財産の保護に資するため、建築物の敷地・設備・構造・用途において最低基準を定めたものであるが、その都度見直しが成されて現在に至っている。学校施設の多くは地域の広域避難場所になることから、不燃化促進として主要構造部を耐火構造とする建物が戦後主流となってくるが、近年に入って積極活用が成されなくなってしまった木造の記念館は平成7年（1995）1月17日に発生した阪神・淡路大震災が起因し、進行する老朽化が後押しするかの如く、その存続が危ぶまれる状況に陥って行ったのである。

「歴史を葬るのは一日で事足りるが、歴史を築くには一日にして成らず」という名言がある。地元が誇る実業家であった大谷藤豊や渋沢栄一などを中心に据え、町民の尽力によって建築された「二層樓」を何とか守るために、同窓会を主軸とした学校関係者による保存活動が始まった。

昭和60年（1985）に埼玉県教育委員会が取り纏めた「埼玉県大正建築物緊急調査報告書」に掲載される記念館所見要旨には、「尖塔やドーマウィンドウを配する木造二階建て建物は両翼を左右に広げたシンメトリックな構成とし、中央並びに両翼に成す密度の高いデザインと内部階段・応接室飾り扉などの意匠がフレンチ・ルネサンス様式を基調とする特色を示す。明治後期から大正期にかけての学校建築の特色を良く表した洋風校舎であり、地域の文化・歴史を知るうえでも貴重な遺構」とある。この学術的評価が少なくとも足掛かりとなり、関係者の努力にて記念館は平成12年（2000）10月18日付けで国登録有形文化財の指定を受けるに至った。その後、建物の保存と活用を題材とした議論が県議会などでも成されているが、近代建築の保存は特にその活用手段が重要であり、単なる歴史展示物としないための議論が幅広く行われた。

早期に活用方法を模索し、抜本的な保存修理を実現させたい学校関係者の熱い思いが幸いにも埼玉建築設計監理協会に届き、その主要メンバーによる綿密な現場調査報告を兼ねた「甦りの建築・写真展」が平成 22 年（2010）11 月 16 日から五日間、JR 深谷駅構内市民ギャラリーにて催された。県内外を問わず多くの方々が来場し、保存活用のための機運が一気に高まって行ったのである。

紆余曲折を経て埼玉県は、学校施設であるこの記念館を広く地域振興を促進させるための社会教育施設として積極活用することを決め、また、県北の観光資源を創造させるランドマークとすることを英断した。このことは言うまでもなく高い評価に値するものであるが、この時期に刊行された校誌「商暁」を目にするたび、関係者が並々な熱意にて臨まれていたことが判るが、歴史の継承は並大抵では成されないと言うことでもある。

平成 23 年（2011）9 月、記念館は新聞報道で公表される総事業費約 3 億 3 千万円にて、抜本的な耐震補強も含む半解体修理工事に着手したが、登録指定から早 11 年の歳月が経っていた。

### 3. 復原考察

埼玉建築設計監理協会メンバーによる建物調査によって棟札（材質：杉、幅 25 cm×長 120 cm）が発見されたが、二枚重ねとなってトラスに釘止めされていたようで、その内面には墨書にて鮮明に上棟年月日や関係者の名が記されていた。それによると、建設委員長は深谷町長であった坂本興惣治郎が担い、建設委員には建設総事業費 10 万 5357 円のうちその三割を寄付した大谷藤豊の父藤三郎の他、二三名の名が連ねられていたが、それまで不明とされていた設計者が埼玉県技師の濱名源吉であったことが判明するなど、この発見で多くの事実が紐解かれるようになった。



図 2 小屋裏から発見された二枚の棟札

設計者であった濱名は大正5年(1916)から昭和2年(1927)までの間、埼玉県土木課に建築技師として在籍していたが、元々は民間の前田松韻建築設計事務所の設計技師であった。彼が往時担当していた大正5年落成の大同生命保険株式会社東京支店新社屋は、「建築雑誌359号」にも掲載されるほどであったが、その作風は辰野式フリー・クラシックを思わせる様相であった。それは師でもあった前田松韻が東大在学中に辰野金吾に学ぶ最後の学生であり、大学卒業後は関東都督府土木課技師として明治38年(1905)に旧大連民政署の設計を担った。これはゴシック・リヴァイバルを基調とした様式主義であり、色々な意味でその後も辰野の影響が及んでいたこと思わせる作品である。このため、前田の弟子となる濱名にも辰野の様式主義思想が引き継がれていたものと考えられるが、深谷商業高校記念館の大屋根が学校建築には珍しく内樋形式となるのも、それに他ならぬ理由であろう。なお、当時の埼玉県は概ね自前で公共施設設計を行うことが前提にあったようで、中堅で実務能力が高かった濱名に白羽の矢が立ち招聘に至ったと思われる。

埼玉県技師となった濱名にとり、記念館の設計は多くの人々の期待と重圧を背負っていたものと想像に難くないが、平面形式などは文部省が明治28年(1895)に編纂し推奨した「学校建築図説明及び設計大要」並びに明治34年(1901)に編纂された「学校建築洋式木造二階建仕様書概要」に準拠させており、教室を南側に配する片廊下形式としている。また、外装は下見板張りの壁に上下窓を配する様相となるが、この鎧のような外壁は我国の和風真壁ささら子下見板張りとは異なり、起源をイギリス南東部やスウェーデンとするヨーロッパ木造建築の文化であり、それが西回りでアメリカ大陸に到達した後、開拓民たちによってより洗練されたものが明治初期に太平洋経由で我国に上陸したと考えられている。この新たな建築技術は下見板コロニアル様式として北海道開拓では主たる建築スタイルに位置付けられ、重要文化財指定される札幌市時計台や豊平館など、北海道で明治期に建立された多くの木造建築の外壁をこれが装った。また、安価で手際よく成せたことも功を奏し、この様式は南下して全国に広まり、遂には文部省推奨の洋式木造校舎仕様書概要に掲載されるまでになったのである。なお、当記念館の外装は濱名の心意気からか、下部から重ね張りとするアメリカ式下見張りとはせず、目地切のあるドイツ式下見張りが採用されており格式は高い。

下見板を始めとする外装材は、素地のままでは風雨に晒されて木部の経年劣化や腐朽進行が加速するため、純和風を意図しない限りこれを保護するために塗料を用いて表面被覆することが一般的である。そもそも西洋塗料の伝来は近世初頭となる正期に遡り、織田信長のキリスト教布教保護に伴う安土城下に建設された宣教師館や、京都聖母被天教会の外装にポルトガル製塗料が用いられたことが嚆矢となる。その後、鎖国時代を経て幕末に開港した外国人居留地を先駆けとして近代西洋式塗料が海外から齎されるが、それはいわゆる油性堅練塗料のことで、明治維新を皮切りに各地で建設され始めた洋風建築に採用されていくことになる。そして明治14年(1881)には日本ペイント社の前身組織が設立され、国産の油性堅練塗料製造を始めているが、そのセパレート型塗料の他、予め溶解済の塗具と称する現在使用されるものに近い塗料開発にも成功している。その後、日清・日露両戦役によって積極的な品種増大・多様化が図られているが、明治25年(1892)には既に水性

塗料も開発された記録が残っている。

深谷商業高等学校記念館に纏わる古資料として、大正10年(1921)6月頃に作成されたと考えられる深谷商業学校新築仕様書が発見された。これに規定される塗装工事では日本ペイント社製の塗料を使用する旨が謳われており、当初より塗装被覆が成されていたことは明らかである。修理前の外装は白色系であったが、それを丁寧に剥がして下見板素地まで到達させると最下層には「萌黄色」と称する淡い緑色の色層が確認された。この他、窓枠・上下窓棧やパラペットなどの鉄板色、また、内装色も変更されていることが確認された。更には一階諸室の間仕切り改変を始め、教室の壁には共用部などに用いられている「白漆喰」と違い、「鼠漆喰」が採用されていたことも判明したことから、今回の保存修理工事において外観を中心とした現状変更届を文化庁に行い、創建当初の姿に復原することの承認が得られたため、計画変更を行って復原整備を実施することになった。

## 4. 現状変更要旨

### 1) 外装色を旧規の緑色に復し、窓棧を旧規の白色に復旧整備する

修理前の現状外装色は下見板を白色、窓枠・窓棧を薄灰色とする無彩色であったが、これは後世の修理(註1)となる平成6年(1994)にえられたものであり、その上面塗膜を丁寧に削り落としていくと、下見板並びに窓枠素地上に緑色の塗装痕が確認された。紫外線などによる変色が見られるものの、下見板が「萌黄色」、窓枠を「緑色」とする色相近似な有彩色で彩られていたことが判明した。なお、窓棧に関しては上下窓・欄間共に「白色」の塗装痕が確認された。(註2)

尖塔やドーマウインドウ並びにパラペットなどを覆う現状の臙脂色鉄板は、調査にてその背面からJISマークが確認されたため、戦後の後補材であることが判った。建物には当初鉄板が残存しないことから、それを探るために大正11年(1922)4月15日の竣工引渡後に撮影されたモノクロ写真をコンピュータによるカラー解析を行った結果、屋根廻りの鉄板は「深緑色」が示された。(註3)また同時に、現場の塗料痕にて確認された下見板の萌黄色や窓枠の緑色、更には窓棧の白色も同解析によって同系色が示されたことや、同時代の洋風建築鉄板塗装色としてもこの色が多用されている状況から、創建当初は屋根鉄板に深緑色塗装が施されていたものと考えられる。

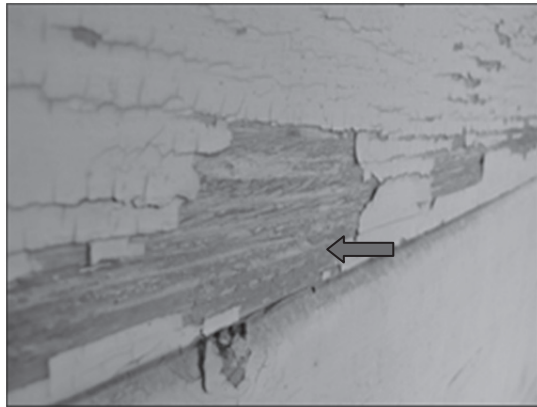
史資料として発見された当時の深谷商業学校新築仕様書によれば、塗料は日本ペイント社製のものを使用する旨が規定されている。このため、唯一同社資料館に保管されている大正期に使用されていた色見本帳(註4)との照合を行った結果、これら四色と同系色があることを突き止めた。これらのマンセル表色系に基づく色の三属性を確認するため、色測計を用いて実測を行った結果、下見板の萌黄色は7.5GY7/4、窓枠の緑色は10GY4/3、屋根鉄板の深緑色は5GY3/3、窓棧の白色は5Y9/0.5に近似する値であることが、今回の調査研究によって判明した。

なお、このような試みは日本ペイント社においても過去に成されていないとのことであり、研究成果は共有することになった。

## (註1) 修理工事変遷

大正11年(1922)4月15日に竣工した後、外観意匠を著しく変更する後世の改修工事として、まず、昭和39年(1964)に実施された南面教室窓の改修(上下窓→引違窓)が挙げられる。そして次に昭和47年(1972)に実施された外装全面の塗装替え(緑色系→茶色系)が挙げられ、更には平成6年(1994)に現状となる外装全面の塗装替え(茶色系→白色系)がある。なお、この塗装工事が成される前の昭和56年(1981)には、腐朽土台及び柱脚部補修と屋根瓦の全面葺替えを伴う大掛かりな修理工事も実施されているが、外観意匠そのものはその時点のものが踏襲されたため、北面に増築されていた平屋建倉庫(後補)を解体撤去した他は、著しい変更は成されていないようである。

## (註2) 現場塗装痕跡



1) 外壁下見板に残存する萌黄色塗装痕



2) 窓枠に残存する緑色塗装痕跡



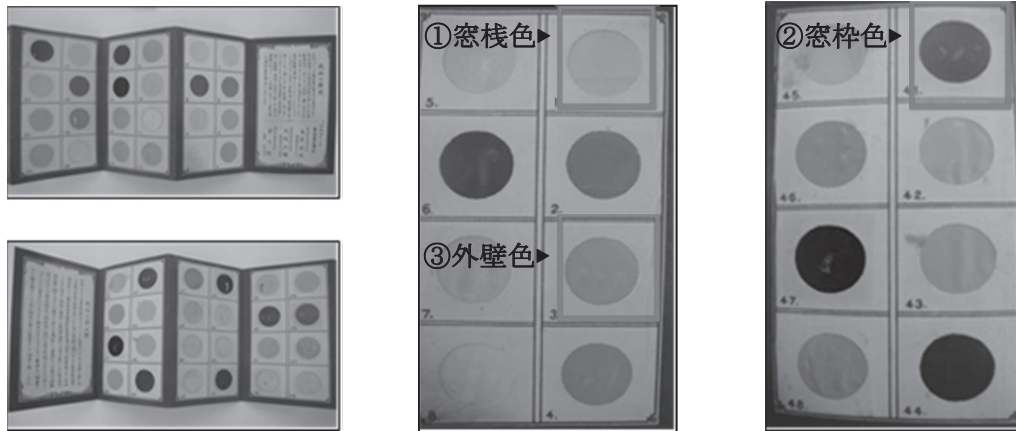
3) 窓棧素地上に残存する白色塗装痕

## (註3) 創建当初の古写真カラー解析



1) 屋根廻りの鉄板色は深緑色にて解析

(註4) 唯一保管される大正期の色見本帳



1) 木部用塗料色見本帳



2) 鉄部用塗料色見本帳

## 2) 正面南側の引違窓を旧規の上下窓に復する

修理前の南側外観写真でも確認できる通り、南面する二階教室並びに一階事務室の窓を創建当初の上下窓から引違窓に改変している。校舎（記念館）竣工引渡後に撮影された外観写真（註5）も明らかに窓は全て上下窓で踏襲されており、また、引違窓が取り付けいていた軸部調査を実施したところ、それぞれに上下窓のバルンサーとして使用する分銅が残存していた。窓が改変された時期に関して史資料を基に調査したところ、昭和39年(1964)撮影の卒業写真から背景となる校舎窓の意匠が変更となっているため、その年度に改修工事が成されたと推測される。以上により、改変された南側の上下窓を旧規に復旧整備する。

(註5) 南面窓形状変更痕跡



1) 創建当初の窓は全て上下窓



2) 修理前現状窓は上階が引違窓



### 3) その他調査事項並びに記録保存

色相環が近い三緑色の組み合わせに奇抜感は無く、また、窓棧が白色ラインとして入ることで、一層主体となる緑が映える目論見ともなっており、改めて濱名の建築設計能力の高さを知り得る一幕となった。なお、この色合いは林野であった周囲の修景にも溶け込むものでもあったと考えられるが、きっと外観を目の当たりとした多くの人々は和洋折衷の建築様式に捉われ、配色に特筆するほどの違和感が無かったものと思われる。

一方、内部に関しては、教室内木部を外観同様の緑色を組み合わせたものであったことが痕跡から確認され、また、壁は文部省編纂の設計大要に謳われる通り、「鼠漆喰」が用いられていたことが黒板裏に残存していた古壁から明らかとなった。その他の主要諸室並びに玄関ホール・廊下・階段室からなる共用部の木部は、木目を見せる柿渋塗にて創建当初は仕上げられていたことが痕跡から確認され、壁においては教室内部と違い、一般的な「白漆喰」であったことも明らかになった。

なお、一階諸室においては、四か所の間仕切り改変が成されていることも軸組痕跡調査で判った。この記念館は他に残る洋風建築と比較しても、現在まで余り著しい改変が成されていないことが判り、ある意味、創建当初の姿を良好に堅持していた建物と言えよう。

今回の保存修理工事では、内部復原はこれからの活用上の観点から復原整備は一階東側三諸室に留め、その他、間仕切り改変など明らかとなった事項については復原整備を行わず、全て詳細な記録保存として残し、これを将来に託す方針となった。

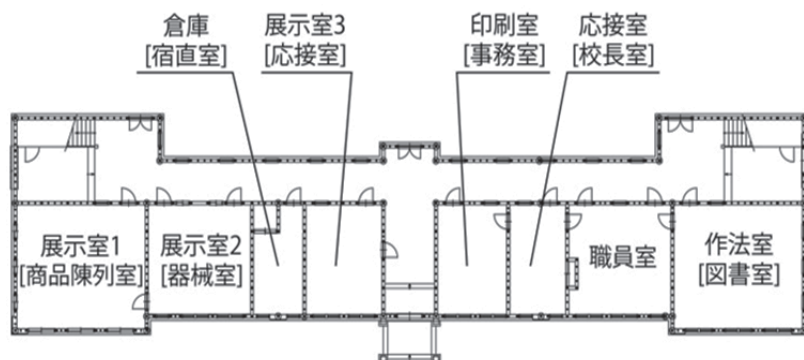


図3 復原一階平面図（括弧内創建当初名称）

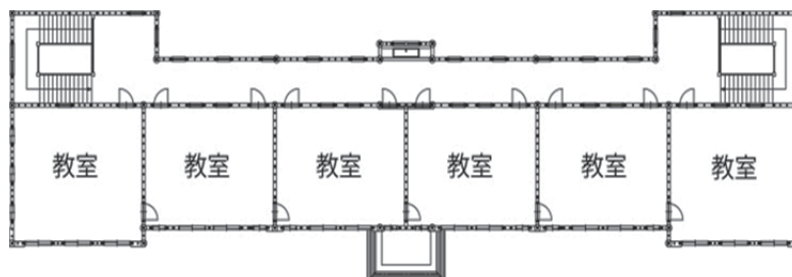


図4 復原二階平面図（創建当初名称）

【作図：横山研究室 宮部瑛理】

## 5. まとめ

三カ年度度跨ぎで実施されたこの保存修理工事もいよいよ大詰めとなり、本年6月の竣工に向け、現場では精鋭の職人たちによる槌音が響いている。今回、全ての関係者が同じ意識を持ってこれを進めるために、工事中に一同が会して他の洋風建築保存修理事例の動画視聴をするなど、積極的に現場研修会も催した。第一線で汗を流す職人たちを筆頭に皆が共通意識を持ってこれに臨むことで、これまで培われてきた歴史を正しく未来に継承していくことが可能となってくる。そのためにも我々は最大限の努力をしなければならない。

積極活用を第一義とし、耐震補強とユニバーサルデザインを意識した整備方針に加え、可能な限り創建当初の姿に復原整備する今回の保存修理工事は、比較的制約が少ない登録文化財の格好な事例となることは間違いなく、内外から高い評価を得ることになるであろう。県内で唯一、完全な形で残されるこの記念館が、現役生のみならず社会人と幅広い層が積極活用する社会教育施設に生まれ変わることで、歴史的建造物が地域に存在する意義・意味が一層高なることになる。なお、この修理工事中に記念館で使用されていた大正期の古掛時計が幸運にも発見されたが、これも匠の技術を持って別途修理が成されており、再びこの記念館のなかで時を刻む予定となっている。

今回、研究室で実施した各種調査研究は、社団法人埼玉建築設計監理協会の力強いご支援があつてこそ成せたものであり、この場をお借りして心から深謝申し上げたい。微力ではあつたが、私共もこの事業に参画できたことに対し、大いなる誇りを感じている。



図5 竣工（復原工事完了）記念館正面写真（平成25年5月18日撮影）

## 報告 Report

## GFRPトラス橋の建設

— 第2連絡橋「野村東太橋」 —

原稿受付 2013年4月1日

ものづくり大学紀要 第4号 (2013) 97~102

増渕文男<sup>\*1</sup>, 澤本武博<sup>\*1</sup>, 大窪力司<sup>\*2</sup>, 村上幸一<sup>\*2</sup>, 片山豊廣<sup>\*3</sup>,  
石井 隆<sup>\*2</sup>, 吉澤清三<sup>\*3</sup>, 加藤 博<sup>\*3</sup>, 高橋辰雄<sup>\*3</sup>

\*1 ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科

\*2 ものづくり大学 前非常勤講師

\*3 ものづくり大学 非常勤講師

## 1. はじめに

本大学は高度な技術と技能を融合させ、より実践的な教育を基本理念に掲げている。その一例として、建設学科3年生の実習授業において橋梁建設を実施している。

本大学構内には建設学科棟と製造学科棟が並行して建てられており、図1のように両棟間を結ぶ3か所に連絡橋の建設した。第2連絡橋はその中程に架かるもので新素材のGFRP材<sup>\*</sup>を使用したトラス歩道橋を建設した。これはわが国では最初に建設するもので、その基礎データを収集するため2006年に試作の組立、架設を行ない、工程および施工精度等を確認した。撤去後にそのトラス桁を使用して載荷実験、破壊実験等を実施した。翌年には本格的な実橋の建設を行ない、図2のようなGFRP橋を2007年8月に完成させた。

橋梁を建設する授業は3年生の専門課程における実習科目で、工期は4月から8月まで毎週金曜日の16回で行ない、受講生は50名程度で実習指導員4名が付いて実施した。学生の実習であるため熟練した高度な技能及び技術は要求できず、安全性に配慮して高所作業もなるべく控えるような条件で工程計画を立案した。なお、実用橋梁を建設するためには教育実習費だけでは不足するので企業の協力を必要とする。そのため企業の意向を尊重しつつ教育現場の制約を理解してもらい両者が共有できるような環境づくりに配慮して進めた。このような条件の中でGFRPトラス橋梁を開発しながら建設を進めた。

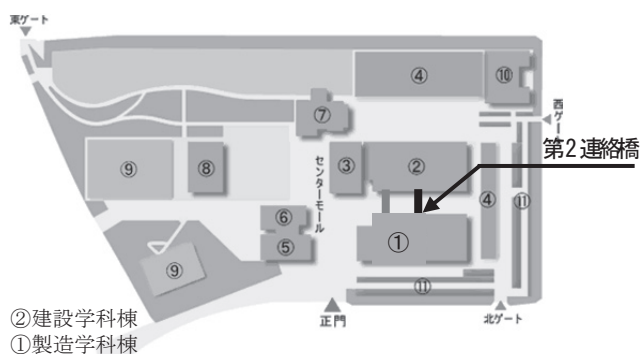


図1 第2連絡橋位置図



図2 第2連絡橋「野村東太橋」

※GFRPはGlass fiber reinforced plasticsの略でガラス繊維強化プラスチックを表す。

## 2. 橋梁概要

企業からの材料提供を受けるため、この橋長 21m 程度の規模に見合う適切な材料を選ぶ中で市販の GFRP 引抜成形材の角パイプ材に着目した。角パイプを使って橋梁を建設するとなればトラス形式が最適と考え、そこから設計を始めた。トラス橋を新素材で建設するのであれば、次世代の橋梁として相応しい先駆的なデザインを心掛けた。構造諸元および重量について表 1 にまとめた。表中には GFRP 材は軽量なのでトラス桁重量も記している。

トラス橋は経済性に優れているが、歩道橋の場合には一般的な下路トラス橋では歩道の建築限界からトラス高が大きくなる。そのため部材の断面寸法や数量も増し、景観的に目立つ存在になるので屋根付き歩道橋以外はあまり採用されていないようである。第 2 連絡橋ではトラス高を抑え、トラス部材を少なくして、平行する第 1 連絡橋の存在に影響を及ぼさないようなデザインにする必要があった。そのためトラス上弦材を高欄に利用するポニー形式とし、手摺の高さも第 1 連絡橋と同等のサイズの中路式を採用した。また、この歩道橋は両学科棟の建築物とは構造的に独立させるため、側径間は張出し構造にした。

表1 ものづくり大学第2連絡橋の構造緒元および重量

橋種	人道橋		
構造形式	GFRP 3径間ポニーワーレントラス橋		
橋長	4.7m+11.7m+4.7m=21.1m		
全幅	2.91m	有効幅員：2.7m	
地上高	4.5m		
上部工主要材料	トラス部材：GFRP □-103*103*9.3mm (SP103B)	重量w=	1,113kg
	横桁：GFRP H-300*150*14*10mm (H300)	w=	337kg
	縦桁：GFRP □-103*103*6.3mm (SP103)	w=	605kg
	ガセットプレート：SUS304, t=6mm	w=	769kg
	ブラインドリベット：SUS305, φ=4.8mm		
台座部	支柱：SUS304, φ-101.5×5×1.773		
他材料	床材：外国産檜材 t=26mm	w=	1,193kg
	高欄手摺り部分：外国産檜材		
	上部工重量：4,017kg		

### 2.1 橋梁設計

設計は橋梁コンサルタントに依頼して、設置場所および使用材料などの設計条件を基に相互で検討しながら基本設計から詳細設計までを決めた。また設計においては「FRP 歩道橋の性能照査型設計ガイドライン」<sup>1)</sup>を参考にして行った。

第 2 連絡橋はポニートラスを採用することでトラス高を低くしたので、トラス桁全体の曲げ剛性が低下し、さらに GFRP 材は弾性係数が他の構造材に比べて小さく、部材応力よりもたわみが問題となった。そのために支持方法は V 字型台座を使用することでトラス桁の支点を 1 点から 2 点に増した。これにより支間長を短くすることができ、許容たわみ量を

基準内に収めることができた。この支持方法では図3のようにトラス桁とコンクリート橋脚の間にステンレス材のV字型台座を設けた。

トラス桁はワーレントラス形式で橋脚位置が決まっているため、正三角形に近いパネルを11枚にして最適なスパン割をした。シンプルさを強調するため垂直材を省くことにしたが、これを可能にしたのは下弦材の格点部に大きなガセットプレートを使用したためである。このプレートは図4のように床板下のトラス面の内側に設置して目立たないように配慮したがその詳細は2.3節に記す。

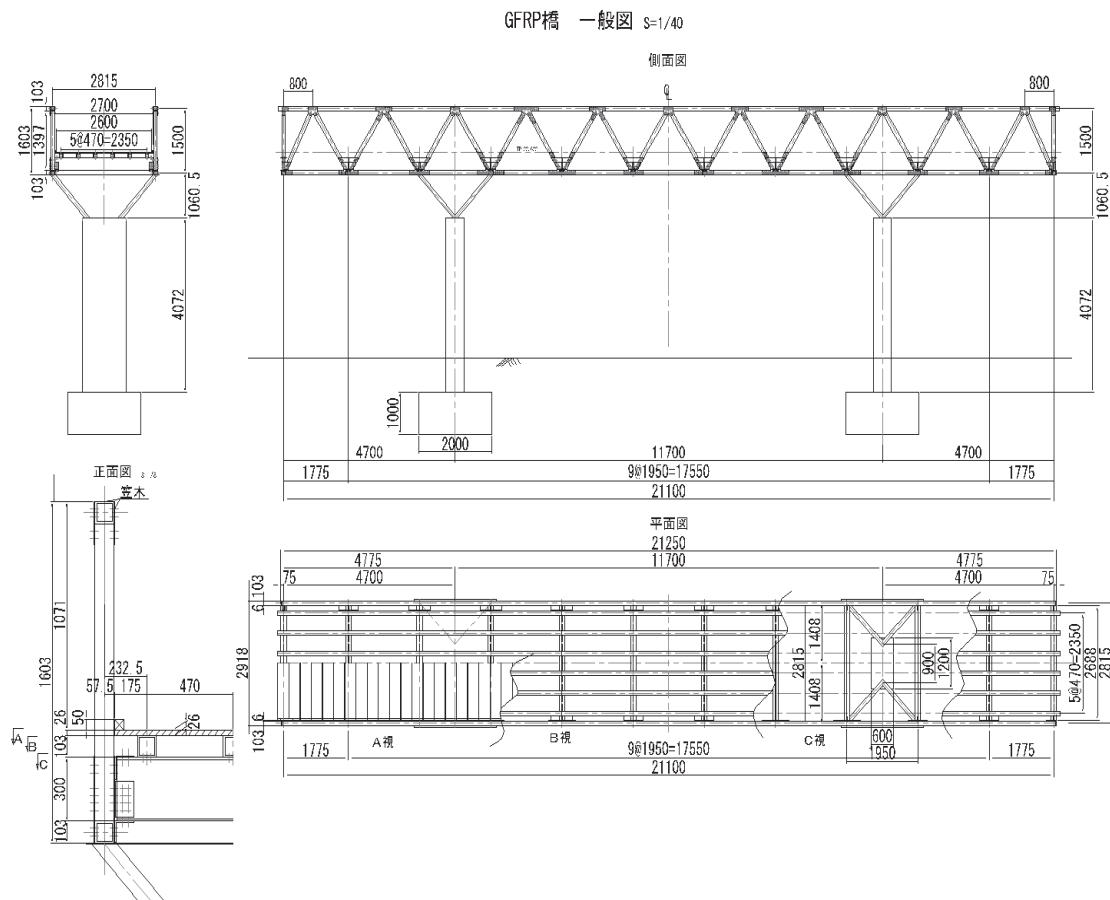


図3 第2連絡橋一般図

## 2.2 材料設計

この規模のトラス歩道橋においては市販のGFRP引抜成形材の角パイプ材で十分適応でき、経済性にも優れている。使用材料の設計値は表2に示した。なお、弾性係数は使用材料の試験結果から得たものを採用した。

トラス部材に使用された□-103\*103\*9.3mmの場合は、ガラス含有率はGC=66%（重量比）で、ガラスロービング75%、ガラスクロス11%、ガラスマット8%、周方向強

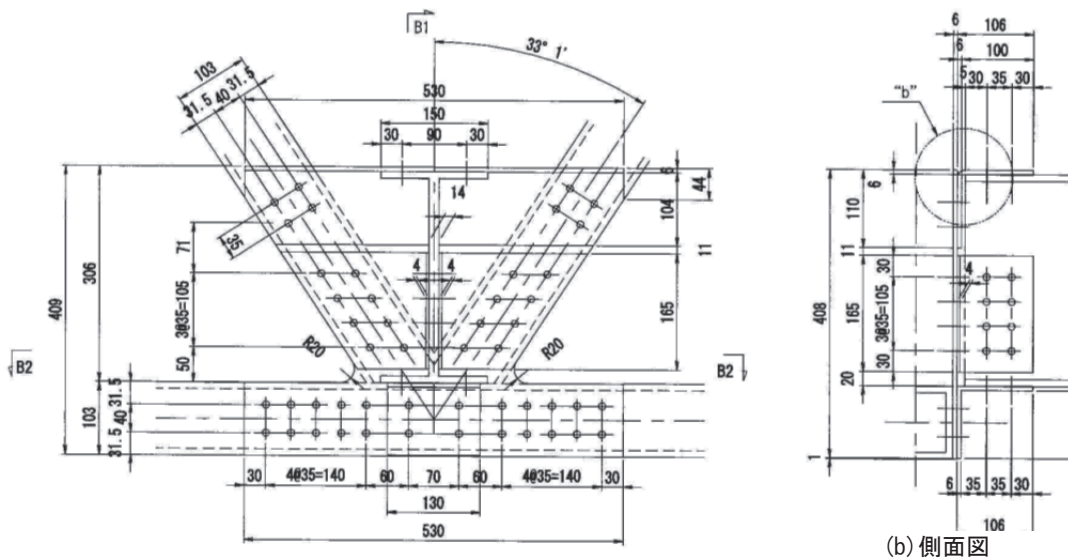
表2 角パイプ材料設計値

引張強度	400 N/mm <sup>2</sup>
圧縮強度	400 N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	40000 N/mm <sup>2</sup>
安全率	3.2

化クロス 6%となっている。表面塗装はアクリルシリコン樹脂クリヤー塗料とフッ素樹脂塗料を使った。

### 2.3 トラス面と横桁との連結

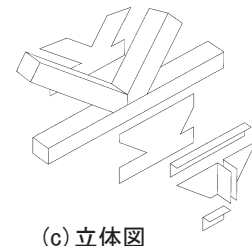
一般的にポニートラスはトラス面の横倒れを防ぐために横桁端部を張出して上弦材との間にブレース材を挿入する。これは上弦材を座屈から守るものであるが、本橋はこのブレースを使用していない。これは座屈に対しては上弦材の応力は小さく、横倒れを防ぐためにトラス面と横桁との接合部に着目した。横桁は曲げ剛性を高めるために I 桁を使用し、このフランジ高さ 300mm をトラス面に剛接してラーメン構造にした。垂直材がないため図 4 のようにガセットプレートで補うことにした。そのため横桁を覆うために縦寸法 400mm 以上のプレートを使用し、上下フランジとウェブを包み込むような構造を考えた。これによりブレースを不要にした。



(a) 正面図

(b) 側面図

図 4 下弦材のガセットプレート



(c) 立体図

### 2.4 リベット接合

トラス部材が角パイプのため図 5 のブラインドリベットを使用した。トラス部材に使われている市販の引抜成形の角パイプ材においては、材軸直角方向繊維はマット部のみであり、平板部分に大きな穴を開け、その部分に部材軸方向力を加えると強度に影響することが実験により推測されたので大きな穴を必要とするようなボルト接合は避けた。

GFRP のトラス部材 ( $t=9.3\text{mm}$ ) に、ステンレス平板 ( $t=6\text{mm}$ ) のガセットプレートをリベット接合するために  $\phi 4.8\text{mm}$  の NST-6 を使用することにした。(引張強度 6.5kN, せん断強度 5.3kN)



図 5 ブラインドリベット

「設計ガイドライン」<sup>1)</sup>の表 11. 6. 1 の縁端距離比  $e/d > 2$  の条件から

$$\sigma_{bu} = 210 \text{ N/mm}^2 \text{ を用いると } \rho u = 9.37 \text{ kN} > \text{リベット強度 } 5.3 \text{ kN}$$

よって、リベット 1 か所あたりの耐力はせん断強度により決まる。安全率を 5.0 として許容耐力  $P = 1.06 \text{ kN/本}$  となることで必要な本数を求めた。なお、ブラインドリベットの採用にあたっては、一般的な実施例は数多くあるが橋梁の事例は国内では探し出せず、ブラインドリベットの破断試験等を実施し、その安全性を確認した。

### 3. 建設について

本橋の建設指導に携わるスタッフは、GFRP 材を使用するのは初体験であった。1 年目はトラス 3 パネルの試作そして架設を行ない、翌年の本格架設に備えた。架設後には破壊実験を実施して材料特性、構造解析等について検証した。またリベット耐力は実験を行なって確認できたことは大きな収穫であった。2 年目にはこれらの蓄積した技術力を生かして計画通り 16 回の実習で建設することができた。

#### 3.1 トラス部材の製作

トラスの上下弦材には全長 7m の角パイプを使用した。市販の引抜き成形材では曲がり矯正できるが捩れは残り、この問題に対応することが容易ではなかった。学生が材料加工をするため精度については注意を払ったが、図 6 のようにガセットプレートを定規にしてリベット用の穴あけ作業ができ、これが精度を維持できた要因であった。



図 6 トラス桁製作

#### 3.2 ブロックの組立

実習場で 11 パネルのトラスを、3 パネル 2 ブロックとトラス中央部の 4 パネル 1 ブロックとに分けて立体的に組み立てた。図 7 のようにブロック毎に左右にトラスの 2 面を垂直に立て、その間に横桁をはめ込む。そしてトラス面の横桁の直角及びトラス面の直線の精度に注意してブロック端部を除いてリベット接合を行った。その後、ブロック毎の連結準備作業に移り、これも精度を高めるよう慎重に作業した。



図 7 組立作業

#### 3.3 ブロックの架設

3 ブロックに分けたものを現場に運びオールステージングにより図 8 のようにブロックで架設した。GFRP 材料が軽量であるため人力による方法も考えられたが、今回は安全性を重視してクレーン作業で行った。

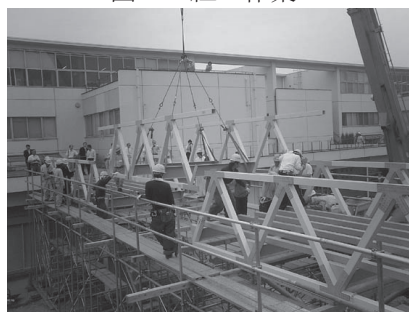


図 8 架設作業

#### 4. 橋軸直角方向の静的破壊実験

高欄の水平耐力を調べるため、トラス桁の全 11 パネルから 1 パネルを取り出して、上弦材の格点に水平荷重を加えた。これには図 9 のような 1 パネルの試供体を半回転させ、C1, C2 および D を定盤上に固定支持し、A 点および B1, B2 は自由支持にし、A 点から重りを吊り下げた。その実験結果として、载荷点 A の荷重毎の X 軸と Y 軸の変位をグラフに示す。荷重 500Kg までは 100Kg 毎に载荷し、それ以降は 40Kg 毎に増加させたグラフである。荷重 700Kg を超えると安全装置が作用し、なおも増加して 860Kg で C1, C2 が破壊した。道路橋示方書によれば高欄推力は 250Kg/m 以上で、この実験においては 1 パネル (L=1950mm) 当り 488Kg の数値が得られ、この実験において設計したガセットプレート構造は基準値を上回る耐力を有することを確認できた。

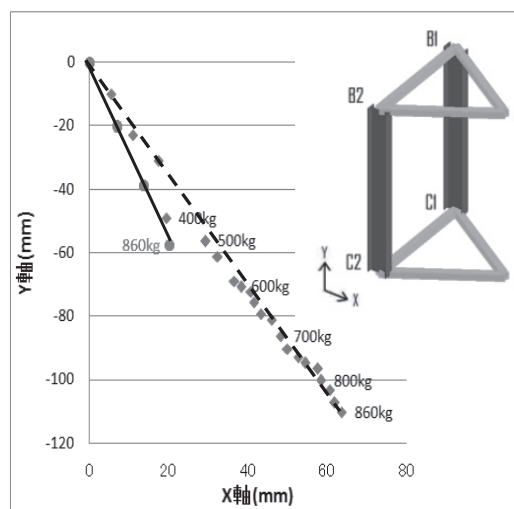


図 9 荷重と変位の関係

#### 5. おわりに

GFRP 材を使用した橋梁を建設した結果、人力と小型発電機があれば容易に架設出来ることがわかった。今後はこのような建設実績を重ねて、材料費は高価ではあるがライフサイクルコストを考えれば検討の余地は十分ある。また既存の構造材料に代わる新形式の軽量構造が生まれる可能性も秘めている。

この GFRP 歩道橋の建設にあたっては土木学会の FRP 橋梁研究委員会に指導を受け、振動実験では豊橋技術大学の山田聖志教授の協力を得た。また GFRP 材については AGC マテックス社の多大なる支援を受けた。最後に本学 4, 5 期生の授業で建設したもので、熱心な学生によって完成できたことに感謝の意を表す。

なお、岐阜県高山市の宇津江四十八滝公園内に、この第 2 連絡橋を基にして設計された橋長 7.9m の図-10 のような GFRP トラス橋が 2008 年 4 月に建設されたことを付記する。



図 10 高山の GFRP 橋

#### 文 献

- 1) 土木学会複合構造委員会FRP歩道橋設計ガイドライン小委員会編：「FRP歩道橋設計・施工指針(案)」, (社)土木学会, 丸善, 2011. 1
- 2) 土木学会構造工学委員会FRP橋梁研究小委員会編：「FRP橋梁 - 技術とその展望 - 」, (社)土木学会, 丸善, 2004. 1



## 報告 Report


## ものづくり大学平成 24 年度青少年教育活動報告

原稿受付 2013 年 3 月 31 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 103~112

松本 宏行(ものづくり大学 紀要編集委員会)


本報告は、平成 24 年度にもものづくり大学が行った主な青少年対外教育活動をまとめたものである。

名称	デザインフェスタワークショップ	
対象	デザインフェスタ参加者	
参加人数	およそ 80 名	
開催日時	2012/5/12・13	
会場	東京ビッグサイト(「暗いブース」展示会場において)	
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行	
備考	デザインフェスタプロジェクト リーダ 3 年 柴田 光, 常盤 瑠里 他	
内容	具体的にはネコの形状を模したダルマ(ネコダルマ)の型を製作して複製人形を用意した。そして、そのネコダルマをもとにして参加者に自由に着色仕上げを行うと共に、および作品コンセプトカードを製作し展示した。標本箱として展開、一覧できるよう展示を行った。会期2日間においてすべてのネコダルマ80体を完成することができた。	
意義, 成果	製造学科支援プロジェクト「デザインフェスタ」プロジェクトにおいて作品展示型をアレンジしたワークショップを実施し、来場者を楽しんでもらう有意義なイベントになった。	
トピックス	現在、製造学科展示室にて展示中である。	

名称	模擬授業:世界が注目する日本の建築の作り方	
対象	高校生	
参加人数	30 名	
開催日時	2012/5/27	
会場	ものづくり大学C1020 教室	
責任者	建設学科, 教授, 深井 和宏	
備考	オープンキャンパス	
内容	日本建築の設計と施工の歴史的な背景特質が世界から注目され学ばれている。日本型建築生産システムの特質を高校むきにわかりやすくスライドを用いてビジュアルに概説した。	
意義, 成果	建設系の技術, 技術者像の概要をわかりやすく説明したので, 進路選択の参考になった。	
トピックス		

名称	行田市佐間地区青少年育成会木工教室
対象	小学校 5-6 年生
参加人数	約 30 名
開催日時	2012/6/3
会場	行田市立南小学校
責任者	建設学科, 林英昭(講師), 佐々木昌孝(講師)
内容	5 枚の板を組み合わせた簡単な木製本立ての制作を小学生に体験してもらう企画。パーツの組み合わせには釘を使い, 側板の加工に鋸を使う。板材の角を落とす面取り仕上げにはサンドペーパーを使用する。工作時間は約 20~30 分。
意義, 成果	ものづくりに対する興味と好奇心の向上に貢献し, 本学への理解を深めさせるとともに, 本学の持つ知的財産の活用寄予する。
トピックス	

名称	武蔵野美術大学建築学科建築概論
対象	大学生
参加人数	50 名
開催日時	2012/6/11 10:40~12:10
会場	製図室
責任者	布施 茂, 建設学科, 教授, 藤原 成暁
内容	デザインする眼
意義, 成果	建築が完成するまでの道程とスケッチの大切さを講義
トピックス	


名称	コンクリートによるものづくり講座	
対象	小学生	
参加人数	のべ約 750 名, 学生 TA:10 名	
開催日時	2012/6/24, 8/1, 9/22, 11/3・4, 11/17・18	
会場	ものづくり大学, 川越水上公園	
責任者	建設学科, 准教授, 澤本 武博	
備考	行田市, 川口市, 行田青年会議所, 学祭, 武州ガス	
内容	まず, ビニール袋の中にセメント, 水, 砂, 砂利を入れ, 袋を揉むようにしてコンクリートを練り混ぜる。そして, 動物や乗り物の形をした枠の中にコンクリートを流し込む。特殊なセメントを使用するため, 約 15 分で枠からコンクリートを取り外すことができる。最後に, 絵の具などで着色し, コンクリート製の置物の出来上がり。	
意義, 成果	身近な建設材料であるコンクリートについて, 色々な形に出来ること, また固まる時に発熱するので乾いて固まるのではなく化学反応で固まることを理解してもらう。	
トピックス		

名称	岩槻商業高校出前授業
対象	岩槻商業高校生徒
参加人数	およそ 15 名
開催日時	2012/6/8 11:00～14:00
会場	岩槻商業高校 教室
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行
備考	
内容	「コンピュータを活用したものづくり」と題して, コンピュータとものづくりがどのように関係するかを具体的な事例を基に講義を行った. そして, 3DCAD や 3D プリンタを活用した最近のものづくりの工夫について説明をした.
意義, 成果	毎年夏に岩槻商業高校とは人形製作プロジェクトを実施している. 今回の模擬授業は人形製作を行うにあたってどのような機器を用いて製作されるのかを製作物を交えて説明を行っているのでより理解してもらえたようである.
トピックス	


名称	オープンキャンパス 模擬授業
対象	オープンキャンパス参加者
参加人数	およそ 30 名
開催日時	6 月 10 日 13 時から
会場	ものづくり大学製造棟 M2072 室
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行
備考	
内容	「人工筋肉を用いた未来のロボット?!」というテーマにて, ロボットの成り立ちから, 国内外のロボットの紹介, そして研究室で取り組んでいる人工筋肉の解説や製作事例を紹介した.
意義, 成果	テレビやニュースなどでロボットそのものは馴染み深いものになりつつあるが, 実際にどのような工夫がされているか理解してもらった. そして人工筋肉に興味を持ってもらった.
トピックス	

名称	科学技術学園出前授業
対象	科学技術学園生徒 2 年生
参加人数	およそ 30 名
開催日時	2012/6/27 15:00～16:00
会場	科学技術学園 教室
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行
備考	


内容	「コンピュータを活用したものづくり」というテーマで講義を行った。また、理系を選択する場合を想定して、ものづくりの楽しさなど進路選択する上でのポイントなどもあわせて説明をした。
意義, 成果	実際に、オープンキャンパスに出席し、本学へ進学を検討している生徒さんも参加していた。本学におけるものづくりがどのようなものであるか、その一端に感じ取ってもらえたようである。
トピックス	


名称	子ども大学ぎょうだ	
対象	小学校 4~6 年	
参加人数	約 50 名	
開催日時	2012/7/14	
会場	ものづくり大学	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	県, 市町村, 企業, NPO, 大学の連携事業	
内容	「はてな学」の中で「光を知ろう」と題して、レンズの仕組みをわかりやすく解説した。さらに、ピンホールカメラを作ってもらい、実際に観察を行って講義の内容を理解してもらった。	
意義, 成果	小学生の知的好奇心を満足させ、ものづくりへの関心を高める。また、産・官・学の連携を深める。	
トピックス	HP に掲載, <a href="http://www.pref.saitama.lg.jp/page/h24-kodomodaigaku-gyoda-photo.html#gyoda1">http://www.pref.saitama.lg.jp/page/h24-kodomodaigaku-gyoda-photo.html#gyoda1</a> . 「市報ぎょうだ」2013.2 月号掲載。	


名称	ものづくり大学オープンキャンパス模擬授業
対象	高校生
参加人数	30名
開催日時	2012/8/2 11:00~11:50
会場	C1020
責任者	建設学科, 教授, 藤原 成暁
備考	
内容	スケッチから住まいづくりまで
意義, 成果	住宅を設計するためのふだんの心がけと実作を語る
トピックス	

名称	岩槻商業高校人形製作プロジェクト	
対象	岩槻商業高校生徒	
参加人数	合計 9 名(引率教諭を含む)	
開催日時	2012/8/2・3 10:00～15:00	
会場	製造棟 講義室(M2071 室, M2072 室)	
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行	
備考		
内容	毎年, 夏に実施している高大連携事業の一つである. 岩槻商業生徒さんらが製作したイラスト案をもとにして, 松本研究室の学生らが3DCAD を活用して立体化を行い, 3D プリンタや CAM を駆使して人形製作を行う. お互いに着色仕上げなどを行い共同製作を行った.	
意義, 成果	岩槻商業高校文化祭にて展示販売などを行っている. 本学の学園祭においても人形製作の過程などを説明展示を行った. 相互にものづくりを学び, 成果を発表を行うことで, 教育上で相乗効果を上げることができた.	
トピックス		


名称	行田市立泉小学校木工教室
対象	小学校 4 年生
参加人数	80 名
開催日時	2012/10/12
会場	行田市立泉小学校
責任者	建設学科, 林英昭(講師), 佐々木昌孝(講師)
備考	
内容	泉小学校では4年生の図工のカリキュラムに木工を取り入れています. 本教室は, ものづくり大学が地域貢献の一環として行っているもので, 児童のみなさんにカナヅチ, ノコギリ, カンナの安全な使い方を学んでもらうのが目的です.
意義, 成果	開学依頼継続して行っている地域貢献活動の一環です. 毎年の恒例イベントとなっており, 泉小学校の児童も楽しみにしてくれています.
トピックス	

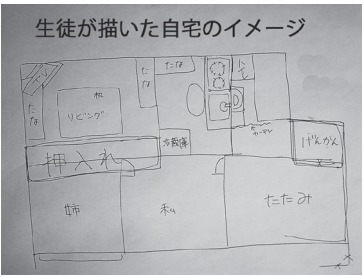
名称	マンガカーレース	
対象	小学生	
参加人数	のべ約 150 名, 学生 TA;15 名	
開催日時	2012/10/27,28, 11/3,4	
会場	ものづくり大学	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	行田市後援, 日本機械学会関東支部協力	
内容	小学生にマンガン電池で動く車を作らせる. その車でレースをさせ, 上位入賞者を表彰することによって達成感を味あわせ, ものづくりへの興味を持たせる. 学生たちには, レースのコースを作成することにより, 創造力, 技術力を向上させる. さらに, 小学生にマンガンカーを作る指導をさせることにより, コミュニケーション能力や指導力の向上を図る.	
意義, 成果	行事が地域に浸透してきて, 毎年楽しみにしてもらっている. アンケート結果から保護者の評判も非常に良い. いずれ参加者の中から本学入学生が出てくることを期待したい.	
トピックス	大学 HP 掲載. 「コラボ埼玉」の機械学会講演会の中でマンガンカーの様子の講演を行った.	


名称	おもちゃの病院	
対象	来場者	
参加人数	約 50 名	
開催日時	2012/11/3,4	
会場	ものづくり大学	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	碧蓮祭にて開院	
内容	本学学生が鴻巣市社会福祉協議会主催の「鴻巣おもちゃの病院」に参加して, ボランティアでおもちゃの修理を担当している. その縁で, 碧蓮祭において「おもちゃの病院」を開院した. 開催中は, 近隣の子供たちが持ち込むおもちゃの修理を行った. おもちゃも立派な工業製品であり, 修理を通して「ものづくり方」やコストダウンの方法, 再利用などについて学ぶことができ, 子どもたちに喜ばれるだけでなく, 学生もいろいろな生の情報が得られ大変勉強になった.	
意義, 成果	地域社会との連携を強化する. さらに学生のボランティアへの理解を深める.	
トピックス	HP に掲載.	


名称	熊谷工業高校出前授業	
対象	高校生	
参加人数	40名	
開催日時	2012/11/20 9:50~12:40	
会場	視聴覚教室	
責任者	建設学科, 教授, 藤原 成暁	
備考		
内容	デザインする眼	
意義, 成果	実際の設計例を通してデザインする心を伝える	
トピックス		

名称	埼玉県次世代産業カレッジ
対象	一般
参加人数	24名
開催日時	2012/11/24 11:00~12:30
会場	C1020
責任者	建設学科, 教授, 藤原 成暁
備考	
内容	口伝に学ぶ環境・共生
意義, 成果	現代に伝わる宮大工の口伝を通して環境について講義
トピックス	

名称	行田市中央公民館実用講座「折り紙建築」	
対象	行田市民	
参加人数	11名	
開催日時	2012/11/9・16	
会場	行田市中央公民館	
責任者	建設学科, 教授, 八代 克彦	
備考	アシスタント: 福田耀(建設4年)	
内容	折り紙建築の事例を展示するとともに, さきたま古墳・忍城・足袋蔵など地元行田の歴史的建造物を題材にケント紙1枚から立体的な「折り紙建築」づくりに挑戦しました.	
意義, 成果	受講者はもちろんのこと, 職員の方や他の講座の受講者も興味を持って飛び入り参加しました.	
トピックス		


名称	高校出張授業「空間をイメージする？」	
対象	千葉県立京葉工業高等学校 1年生	
参加人数	30名	
開催日時	2012/11/15	
会場	千葉県立京葉工業高等学校	
責任者	建設学科, 教授, 八代 克彦	
備考		
内容	世界中の奇想天外な建築や住居を紹介しながら, 空間をどうイメージして形にしているか実習を通して学ぶ.	
意義, 成果	大変熱心にかつ礼儀正しく聴講していただきました.	
トピックス		

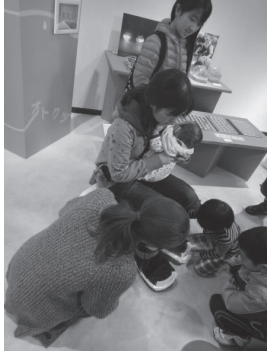
名称	TokyoDesignersWeek ワークショップ	
対象	TDW ワークショップ参加者(ご家族連れ)	
参加人数	およそ 40 名	
開催日時	2012/11/3 17:30~19:00	
会場	TDW.TV.Studio(神宮外苑絵画館前広場・テント内)	
責任者	製造学科, 准教授, 松本 宏行	
備考	TDW プロジェクトリーダー 製造3年 常盤瑠里をはじめ合計6名	
内容	製造学科支援プロジェクト TDW(TokyoDesignersWeek)プロジェクトの一環でワークショップを開催した。「作ろう! 等身大パネル」というテーマで段ボール上に寝転がり, 自身のシルエットを形どり, 輪郭を切断して着色したり, 布生地を張り付けたりして自身の分身に相当する「等身大パネル」を製作してもらう.	
意義, 成果	ご家族連れで等身大パネル製作を行ってもらい, お子さん自身にもとても喜んでもらった. プロジェクトメンバーにとってもやりがいのある有意義なワークショップであった.	
トピックス	TDW RECORD BOOK(2012年度のTDWの取り組みを集大成したもの)にも掲載.	


名称	神楽坂建築塾	
対象	塾生	
参加人数	30名	
開催日時	2012/12/8 18:30~21:00	
会場	神楽坂建築塾	
責任者	鈴木 喜一, 建設学科, 教授, 藤原 成暁	
備考		
内容	モダニズムの多様な貌	
意義, 成果	コルビュジェのカップマルタンの休暇小屋を通して語る	




名称	文化学園大学レクチャー
対象	大学生
参加人数	40名
開催日時	2012/12/20 14:40～16:10
会場	講義室
責任者	井上 搖子, 建設学科, 教授, 藤原 成暁
備考	
内容	デザインする眼
意義, 成果	実際の設計例を通してデザインする心を伝える

名称	高校生インターンシップ	
対象	埼玉県立久喜工業高等学校情報技術科2年生	
参加人数	3名	
開催日時	2013/1/21	
会場	ものづくり大学	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	高校からの要望	
内容	光磁気ディスク装置を分解しながら, 構成要素や仕組みをわかりやすく解説した. また, 流体水槽で水車を使ったマイクロ水力発電の実験を行った.	
意義, 成果	大学の授業がどのようなものかを実際に体験参加してもらい, 今後の進路を考えるきっかけにもらった.	
トピックス	HPに掲載.	

名称	「オトクツ」:「PLAY! じんけんミュージック・フェス 2013」での説明と体験イベント	
対象	来場者	
参加人数	約50名	
開催日時	2013/2/17	
会場	東京都人権プラザ	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	東京都人権啓発センター主催	
内容	「オトクツ」が東京都人権プラザの企画展「PLAY! 人権と楽器」において, 2012/12/24 から 2013/3/29 まで特別展として展示された. その中で, 関連企画「PLAY! じんけんミュージック・フェス 2013」のイベントで「オトクツ」の体験会が行われ, 開発の経緯や仕組みを説明し, 多くの方に楽しんで頂いた.	
意義, 成果	ものづくり大学はどのような大学であるのかと「オトクツ」がどのようなものであるかを理解してもらった.	
トピックス	HPに掲載, <a href="http://www.tokyo-jinken.or.jp/plaza/tenjishitsu_201301.htm">http://www.tokyo-jinken.or.jp/plaza/tenjishitsu_201301.htm</a> .	

名称	故障診断のためのオシロスコープの使い方	
対象	鴻巣おもちゃの病院ドクター&本学学生	
参加人数	12名	
開催日時	2013/2/7	
会場	ものづくり大学	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	鴻巣おもちゃの病院からの依頼	
内容	鴻巣市社会福祉協議会の「鴻巣おもちゃの病院」が最近の電子玩具への必要不可欠な知識を得るために、本学に要望があり、「故障診断のためのオシロスコープの使い方」の特別講義を開催した。今後は、オシロスコープの導入により、修理できるおもちゃも劇的に増えていくものと思われる。	
意義, 成果	地域社会との連携を強化する。地域にある大学を活用してもらう。	
トピックス	HPに掲載。	

名称	「オトクツ」:「視覚障害者音楽教室」での説明と体験会	
対象	視覚障害者音楽教室参加者	
参加人数	約 10 名	
開催日時	2013/2/15	
会場	東京都障害者福祉会館	
責任者	製造学科, 教授, 菅谷 諭	
備考	東京都福祉保健局主催	
内容	「東京都障害者福祉会館」で開催された「視覚障害者音楽教室」でオトクツの仕組みを解説し、体験会を開催した。新たに開発した視覚障害者用の楽譜を使うことにより、視覚障害者の方も簡単に楽しく演奏できると好評を博した。	
意義, 成果	オトクツが視覚障害者の方にも有効であることが確認できた。	
トピックス	HPに掲載。	

## 報 告 Report

## ものづくり大学同窓会 平成 24 年度 地域貢献活動報告

原稿受付 2013 年 3 月 31 日

ものづくり大学紀要 第 4 号 (2013) 113~116

加藤大樹\*1, 上原苑子\*2, 大塚秀三\*3, 川辺憲一\*4

\*1 ものづくり大学同窓会 理事(学務部 総務課 施設係)

\*2 ものづくり大学同窓会 会長(学務部 教務・情報課 教務係)

\*3 ものづくり大学同窓会 監査(技能工芸学部 建設学科)

\*4 ものづくり大学 学務部 学生課 課長

## 1. はじめに

一昨年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け、ものづくり大学同窓会（会長：上原苑子・建設 2 期）では昨年に引き続き有志を募り、災害ボランティア活動（以下、「ボランティア活動」とする）を行った。また、近隣の幼児・児童を主対象にもものづくりの楽しさを啓発する事を目的とし、既に社会で活躍している本学の卒業生の有する技能・技術を活かした地域貢献活動として、体験型ものづくり教室（以下、「ものづくり体験教室」とする）を、昨年度に引き続き実施した。

ここでは、2012 年度にもものづくり大学同窓会が実施した「ボランティア活動」ならびに「ものづくり体験教室」について報告する。

## 2. 活動概要

「ボランティア活動」は、年間を通して 8 回（2013 年 2 月末日現在）行い、活動場所は岩手県陸前高田市とした。

「ものづくり体験教室」の開催は、行田市よりものづくり大学が依頼を受けて実施している「おもしろものづくり教室」、行田市商工会議所の主催する「商工祭・時代祭り」など、大学周辺において年間を通じて複数回実施した。メニューは、毎年好評を博している道具箱型筆箱およびガラスブラスト、色々なものをデコレーション、オリジナルペンたてである。使用する材料の一部については、建設学科のご好意により実習の廃材をご提供頂いている。また、講師は昨年度同様ものづくり大学同窓会役員ならびに卒業生有志を主としており、ボランティアによるものである。今後、同教室を更に活性化するため、Teaching Staff として卒業生を広く募っているところである。

## 3. 活動内容

### 3.1 陸前高田市災害ボランティア

#### 3.1.1 概要

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け、昨年度と同様に岩手県陸前高田市での復興支援活動を行った。

この活動は一昨年より開始し、今年度で2年目となる。活動内容に関しては、地震発生直後であった昨年度とは現地のニーズが変化してきていた。そのため、瓦礫撤去等の活動も行う一方で、現地の方々の生活に密着した活動を、より重点的に行った。

### 3.1.2 実績報告

ボランティア活動は、4月・5月・8月・9月・10月・11月・12月・2月にて行い、33日間で延べ266名での活動を行った。(写真1)

今年度は昨年度とは違い、瓦礫撤去や汚泥の掻き出しといった作業が若干落ち着いており、現地で生活する方々から寄せられる依頼内容が、より生活に密着したものへと変化していた。その代表的なものが、第3回の活動にて行った、仮設住宅への軒の設置工事である。これは「仮の住まい」である仮設住宅において、長期間生活している住民より「雨天時などは外出するのが億劫」「住民同士の交流場所が無い。特に雨が降ると、高齢者は外に出なくなる」という話をよく耳にしたために行ったものである。実際、軒を設置した仮設住宅は玄関先に風除室はあるものの、通路に屋根は無く、また雨の当たらない交流場所も無いため悪天候時は仮設住宅全体が静まり返っていた。これを改善すべく、仮設住宅の全ての通路と、その中心にあたる場所に軒を設置した。また、工事期間中には、昨年度に引続き、ものづくり大学大塚研究室・日本大学中田研究室合同チームが参加し、交流スペースへ設置するベンチの製作や、専門的見地に立った意見を頂くことができた。そして、今回最大のネックであった材料の購入に必要な費用について、有志のみで捻出する事が難しかったため、ものづくり大学の教職員や関係者の方々に寄付という形でご協力を頂き、技術指導に関しては建設学科元非常勤講師の村上村上幸一氏にご協力頂く事ができた。

その他、ボランティア活動の主な内容は、下記の通りである。(表1)

また、オリジナルグッズの製作についても、昨年度と同様に行い、その収益は仮設住宅等へのボランティア活動の費用として充てることとしている。

なお、本活動については2012年8月7日付の岩手日報(写真2)及び2013年3月10日付のサンデー毎日(写真3)にて紹介されている。

表1 平成24年度ボランティア活動一覧

No.	活動期間	参加延べ人数	活動内容
1	4月14日(土)～15日(日)	4名	GW長期ボランティア活動 事前調査
2	4月29日(土)～5月6日(日)	97名	定置網補修, 汚泥掻き出し, 篩制作, テーブルベンチ制作, 資材庫制作, 雨樋設置, 宿泊基地整備, 建設実習制作ベンチ寄贈, 陸前高田市教育長訪問
3	8月10日(金)～19日(日)	103名	仮設住宅への軒設置工事
4	9月29日(土)	4名	現地活動拠点調査
5	10月6日(土)～10月8日(月)	12名	ボランティア宿泊地 整備・改修
6	11月23日(金)～25日(日)	16名	集会所へのスロープ設置
7	12月22日(土)～24日(月)	9名	集会所スロープ防錆剤処理仮設住宅案内板修理
8	2月9日(土)～11日(月)	16名	(NPO) P@ct (ボランティア受付財団) 軒および倉庫設置



写真1 活動状況



写真2 岩手日報 (2012/8/7)

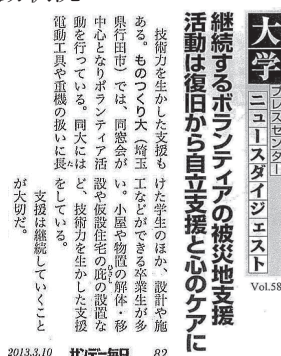


写真3 サンデー毎日 (2013/3/10)

## 3.2 小学生対象体験教室

### 3.2.1 色々なものをデコレーション

#### (1) 概要

日本家屋の壁や床・土塀等，仕上作業で欠かせない職種である「左官」に馴染みのある子どもが少ないのではないかと，という観点から地域の子どもに対し左官材や仕上げ材を使用したものづくり体験教室を開催した。

#### (2) 実績報告

一昨年度と同様に，5月にさきたま古墳で開催された「さきたま火祭り」にて開催し，67組の参加があった。

### 3.2.2 道具箱型筆箱

#### (1) 概要

日本文化の一つである職人の道具箱の原理を現代の子供たちに伝えるため，本来の縮尺を変更し，筆箱として使用できるようにした。

#### (2) 実績報告

7月に，昨年と同様に，ものづくり大学が行田市からの依頼で開催している「おもしろものづくり教室」にて，「道具箱型筆箱をつくろう」を開催し，8組の応募があった。

### 3.2.3 グラスブラスト

#### (1) 概要

ブラストは，建築・製造の両分野において使用されている技術であるが，加工現場を目にする機会の少ない技術である。そういった技術に触れることで，地域の子どもに対し，昨年と異なる角度からものづくりへの好奇心にアプローチできるのではという思いからこの体験教室を開催した。

#### (2) 実績報告

7月に，3.2.2 (2)と同様の依頼により，「グラスブラストでコップに絵を描こう」を

開催し、15組の応募があった。

### 3.2.4 オリジナルペンたて

#### (1) 概要

このペンたては、1枚の底板と同一の形状をした部材のみで作られるもので、組み立て方法は対象者である幼児・児童のことを考慮し、凹みを入れた部材同士を嵌め込むだけとした。構成部材が単純であるが故に自由度が高く、参加者の好奇心や自由な発想を阻害することなく後押しできるのではないかという思いから、この体験教室を開催した。

#### (2) 実績報告

11月に行田商工会議所からの依頼により、「オリジナルペンたてを作ろう」を開催し、65組の参加があった。

## 4. まとめ

本年度も、これまで以上に災害ボランティア活動を精力的に行い、被災地の復興も実感する事ができた。しかし、2012年12月に災害ボランティアセンターが閉鎖し、1月よりNPO法人P@CT（パクト）が同様の役割を果たす事となったため、今後の活動に変化が生じることが予想されるが、これからものづくり大学の卒業生として、まだ先にある被災地の復興に向けて尽力していく所存である。

また、体験教室についても、継続的に開催していく予定である。（表2）

表2 参加者一覧

体験教室項目	参加者数	実施時期
色々なものをデコレーション	67組	5月（火祭り）
道具箱型筆箱	8組	7月（おもしろ）
グラスブラスト	15組	7月（おもしろ）
ペン立て	65組	11月（時代祭り）

## 謝 辞

ものづくり大学同窓会の活動に際し、学校法人ものづくり大学ならびにご支援頂いた教職員の皆様、実習用機器および廃材提供では製造学科・建設学科より多大なるご支援を頂いています。また、ボランティア活動の一部は、赤い羽根共同募金からの助成を受けたものです。本活動には同窓会役員をはじめ、多くの卒業生・在校生有志のご助力を得ています。ここに、紙面を借りて関係各位に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 加藤大樹・上原苑子・大塚秀三・宮本伸子：ものづくり大学同窓会 平成 23 年度 地域貢献活動報告, ものづくり大学紀要, PP104-107. 2011. 6.
- 2) 加藤大樹・上原苑子・大塚秀三・宮本伸子：ものづくり大学同窓会 平成 23 年度 地域貢献活動報告, ものづくり大学紀要, PP119-122. 2012. 6

記 録 *Record*

## 平成 24 年度教員研究業績一覧

## 査読付き論文および国際会議予稿集

著者	題目	雑誌名	発行 あるいは 開催年月	巻あるいは 開催地	号	ページ
<u>Satoshi Sugaya, Makoto</u> <u>Komura, Seiji Hirai,</u> <u>Saechout Vichai</u>	Rehabilitation, preventive care and universal design: the electronic musical instrument shoe Rehabilitation, preventive care and universal design: the electronic musical instrument shoe	International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR) 2012	2012.5	Bngkok		pp.63-66
張博、 <u>菅谷諭</u> 、 <u>神本武征</u> 、 青柳友三、長田英朗	2色法によるディーゼル 機関の火炎温度および KL 値の測定に関する 研究	ものづくり大学紀要	2012.6	No.3		pp.13-17
<u>Kaori Doi</u>	The Roles of listener in English learners' interaction.	Roundtable Proceedings. (Institute of Education, University of London and Waseda University International Exchange Programme. )	2012	Tokyo		pp. 9 -14
<u>Kaori Doi</u>	An Analysis of Communication Patterns of English Learners: Backchannels in Effective Communication.	Roundtable Proceedings. (Korea University & Waseda University International Exchange Program)	2012	Seoul		pp.23 - 30

<u>Kaori Doi</u>	An Analysis of Conversation Styles of English Learners: Backchannels as Effective Strategies in Communication.	The Bulletin of Institute of Technologists.	2012		3	pp.38 - 41
<u>Hitoshi MIHARA</u> , Takuro YOSHIDA, <u>Ko SUZUKI</u> , Tetsuo HOJO	A Study on New Construction Techniques and Skills Training with Focus on the Plastering Subcontractor in Japan.	Proceedings of the 26th Annual Conference. Association of Researchers in Construction Management (ARCOM 2012).	2012.9	The University of Edinburgh, Scotland		pp.223-233
<u>Hitoshi MIHARA</u> , Takuro YOSHIDA, Masato URAE	A Study on a New Method for Training Building Work Process Supervisors through Internships in Japan.	Proceedings of the 17th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate(CRIOCM 2012).	2012.11	Shenzhen University, China	CM6-1	pp.1-12
<u>三原 斉</u> 、吉田 倬郎、浦江真人、 <u>鈴木 光</u>	全国の建築系大学におけるインターンシップ教育の概要、インターンシップを中心とする建設現場人材教育に関する研究 その1	日本建築学会第 28 回建築生産シンポジウム論文集	2012.7	京都大学	28	pp.197-204
<u>鈴木 光</u> 、吉田 倬郎、 <u>三原 斉</u>	高崎屋左官仕様帳にある土蔵構法の考察	日本建築学会第 29 回建築生産シンポジウム論文集	2012.7	京都大学	28	pp.7-14
後藤 正明、 <u>澤本 武博</u> 、 <u>飛内 圭之</u> 、 <u>大塚 秀三</u>	コンクリートの表面性状が各種微破壊試験の測定値に及ぼす影響	ものづくり大学紀要	2012.6	2		pp.50-55
土田 祥彬、 <u>澤本 武博</u> 、 <u>飛内 圭之</u> 、地頭 蘭 博	ひび割れを補修したコンクリートの強度特性に関する研究	ものづくり大学紀要	2012.6	2		pp.56-61
望月 昭宏、 <u>澤本 武博</u> 、 <u>飛内 圭之</u> 、辻 正哲、樋口 正典	コンクリートの配合および初期の水中養生期間が強度特性に及ぼす影響	ものづくり大学紀要	2012.6	2		pp.62-67
菊田 弘之、後藤 正明、 <u>澤本 武博</u> 、篠崎 徹、森濱 和正	ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響	ものづくり大学紀要	2012.6	2		pp.68-73



望月 昭宏、土田 祥彬、 <b>澤本 武博</b> 、 <b>飛内 圭之</b> 、地頭 蘭 博	ひび割れを補修したコンクリートの力学的性質の評価方法に関する研究	シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集	2012.8	4		pp.161-166
<b>澤本 武博</b> 、菊田 弘之、地頭 蘭 博、湯浅 昇、舌間 孝一郎	ドリル削孔粉を用いた硬化コンクリートの塩化物イオン浸透深さの簡易測定方法に関する研究—変色境界における塩化物イオン量の検討—	シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集	2012.8	4		pp.357-362
赤谷樹一郎、 <b>大塚秀三</b> 、竹村雅行、遠野未来、稲川幸司	伝統技法を用いた版築壁の強度性状に及ぼす調合および施工要因の影響に関する研究	ものづくり大学紀要	2012.6	No.3		pp.42-79
後藤正明、 <b>澤本武博</b> 、 <b>飛内圭之</b> 、 <b>大塚秀三</b>	コンクリートの表面性状が各種微破壊試験の測定値に及ぼす影響	ものづくり大学紀要	2012.6	No.3		pp.50-55
<b>Naofumi Hiraoka</b>	On Grease Leakage from Rolling Bearings	Tribology International	2012	50		pp.45-50
<b>Naofumi Hiraoka</b>	A Study on Grease Leakage from Rolling Bearings	Proc. of ICBIR2012	2012.5	Bangkok		pp.36-39
<u>北條哲男</u> ・ <u>横山晋一</u> ・浅尾 和年	炭素繊維補強材の耐久性評価に関する実験的研究	マテリアルライフ学会誌	2012.5	Vol.24	No.2	pp.69-76
<b>Tetsuo Hojo</b> and Katsutoshi Ohdo	Risk Assessment in Construction Industry	Proc. of 10th International Conference on Occupational Risk Prevention	2012.5	Bilbao, Spain		pp.2433-2440
<b>近藤照夫</b> 、鈴木 晃、後藤 善光	建築用アルミニウム合金材料に対する環境に配慮した加熱硬化形塗装仕様の検討 その2 粉体塗料に関する性能評価	日本建築学会構造系論文集	2012.7	Vol.77	No.67 7	pp.1015-1020
<b>近藤照夫</b> 、郷田勇治、伊井 敏彦、鈴木 誠	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の施工実績に対する実態調査	日本建築学会技術報告集	2012.1	Vol.18	No.40	pp.835-840

<u>近藤照夫</u> , 伊井敏彦, 村井知之, 郷田勇治, 鈴木 誠	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の耐久性評価	日本建築学会構造系論文集	2012.1	Vol.77	No.68 2	pp.1839- 1844
<u>近藤照夫</u> , 奥野真司	Life-cycle cost estimation of a new metal spraying system for steel bridges	Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability	2012.7	Stresa, Italy		pp.3338- 3343
<u>近藤照夫</u>	Environment-Friendly Technologies for Building Exteriors in the Japanese Construction Industry Field	ICBIR 2012 : International Conference on Business and Industrial Research	2012.5	Bangkok		pp.118
青木繁, 西村惟之, 廣井徹磨, 栗田勝実, <u>平井聖児</u> , 越水重臣	振動数の異なる2つの振動を用いた溶接残留応力の抑制法—超音波振動と低周波振動を用いた場合—	塑性と加工	2012.4	Vol.53	No.61 5	pp.367- 371
青木繁, 栗田勝実, 越水重臣, 西村惟之, 廣井徹磨, <u>平井聖児</u>	Analytical Method for Reduction of Residual Stress Using Low Frequency and Ultrasonic Vibrations	JSME Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering	2012.9	Vol.6	No.6	pp.742- 749
<u>香村誠</u> , 吉川徹, 松本光太郎	ラジエタ NB ロウ付け炉における酸素濃度低減に関する研究	ものづくり大学紀要	2012.6		3	pp.31-37

## 講演論文

著者	題目	雑誌名	開催年月	開催地 あるいは巻	号	ページ
山中豊茂, 古賀一八, <u>小野 泰</u> 鈴木 光, 稲垣和宏, 守屋善裕	既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能 (その7)第2回水平加力試験の概要	日本建築学会 2012 年度大会 (東海)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012.9	名古屋		pp.1-2
田原賢, <u>小野 泰</u> , 中尾方人 稲垣和宏, 守屋善裕, 大原信二	既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能 (その8)直交壁の効果	日本建築学会 2012 年度大会 (東海)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012.9	名古屋		pp.3-4

中尾方人、 <u>小野 泰</u> 、田原賢 山中豊茂、伏木剛志、水上幸男	既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能 (その9) ラスの下地材の違いが構造性能に及ぼす影響	日本建築学会 2012 年度大会 (東海)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012.9	名古屋		pp.5-6
石井 壮一郎、 <u>小野 泰</u> 、中尾方人 田原 賢、山中豊茂、伏木剛志	既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能 (その10)通気胴縁の材料・ラス張り方向の違いによる耐力性能	日本建築学会 2012 年度大会 (東海)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012.9	名古屋		pp.7-8
<u>小野 泰</u> 、田原 賢、中尾方人 古賀一八、宮村雅史、井上照郷	既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能 (その11)耐震性能評価	日本建築学会 2012 年度大会 (東海)学術講演梗概集 C-1 構造Ⅲ	2012.9	名古屋		pp.9-10
<u>三原 斉</u> 、吉田 倬郎、 <u>鈴木 光</u>	気仙大工の歴史からみる型枠大工の変遷に関する研究、 新しい建築技能教育の手法に関する研究 その 16	日本建築学会 2012 年東海大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋大学	1300 1	pp.1-2
<u>鈴木 光</u> 、吉田 倬郎、 <u>三原 斉</u>	左官雛形にみる明治期の左官工法	日本建築学会 2012 年東海大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋大学	1213	pp.425-426
菊田 弘之、土田 祥彬、望月 昭宏、 <u>澤本 武博</u> 、 <u>飛内 圭之</u> 、地頭 蘭 博	ひび割れを補修したコンクリートの耐久性評価方法に関する基礎的研究	日本非破壊検査協会平成 24 年度春季大会講演概要集	2012.5	東京		pp.73-76
<u>澤本 武博</u> 、後藤 正明、菊田 弘之、篠崎 徹、森濱 和正	ボス型枠の形状および寸法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響	日本非破壊検査協会平成 24 年度春季大会講演概要集	2012.5	東京		pp.77-80
菊田 弘之、後藤 正明、 <u>澤本 武博</u> 、篠崎 徹、森濱 和正	ボス供試体の形状および寸法がコンクリートの強度性状に及ぼす基礎的研究	シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集	2012.8	東京	4	pp.375-378

望月 昭宏、 <u>澤本 武博</u> 、樋口 正典	初期の水中養生期間がコンクリートの強度特性に及ぼす影響に関する研究	土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集	2012.9	名古屋	5	pp.823-824
菊田 弘之、 <u>澤本 武博</u> 、篠崎 徹、森濱 和正、袴谷 秀幸	ボス供試体の形状が圧縮強度に及ぼす影響—Cube 型供試体の検討—	日本非破壊検査協会平成 24 年度秋季大会講演概要集	2012.10	東京		pp.31-34
望月 昭宏、 <u>澤本 武博</u> 、樋口 正典、地頭菌 博	コンクリートの初期養生の違いが表面硬度の測定値に及ぼす影響	日本非破壊検査協会平成 24 年度秋季大会講演概要集	2012.10	東京		pp.35-38
赤松 明	接合金具の強度性能と取り扱い	木材加工技術講習会	2012.8	山梨県工業技術センター		
<u>白井裕泰</u>	あきる野の神社(二宮神社、雨武主神社を中心として)	逍遥書道会	2012.4	イオンモール日の出イオンホール		
<u>白井裕泰</u>	江戸の建築	放送大学	2012.4	埼玉学習センター		
<u>白井裕泰</u>	ものづくり大学にまばぶ	熊谷市直実市民大学	2012.5	ものづくり大学		
<u>白井裕泰</u>	今、住宅がおもしろい	群馬県立藤岡工業高等学校	2012.5	群馬県立藤岡工業高等学校		
<u>白井裕泰</u>	文化財建造物の保存と修理	財団法人 いきいき埼玉	2012.7	熊谷市妻沼行政センター		
<u>白井裕泰</u> 、 <u>林英昭</u> 、中川武	昭敬殿基壇の発掘調査について—阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画(その5)—	日本建築学会大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋大学		
奥山智也、 <u>白井裕泰</u> 、 <u>林英昭</u> 、中川武	昭敬殿の原寸図について—阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画(その6)—	日本建築学会大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋大学		
大西裕也、 <u>白井裕泰</u> 、 <u>林英昭</u> 、中川武	穆思殿の現状基壇について—阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画(その7)—	日本建築学会大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋大学		

<u>白井裕泰</u>	世界の建築遺産の話	さわやかちば県民プラザ	2012.11	さわやかちば県民プラザ		
<u>横山晋一</u>	文化財を活かした街づくり(熊谷)	熊谷市直実市民大学	2012.7	熊谷文化創造館さくらめいと		
<u>横山晋一</u>	文化財を活かした街づくり(行田)	行田市民大学	2012.9	ものづくり大学		
<u>横山晋一</u>	国登録有形文化財深谷商業高等学校の復原考察と修理方針	埼玉建築設計監理協会会報	2012.9	埼玉県産連会館		
<u>横山晋一</u>	国宝歎喜院聖天堂の建築について	旧成田領に残る歴史遺産	2013.2	歎喜院		
大辻浩輔、中田善久、 <u>大塚秀三</u>	コンクリート強度試験用供試体の違いと応力ひずみ曲線に関する一考察	セメント協会第 66 回セメント技術大会講演要旨	2013	東京		pp.102-103
<u>大塚秀三</u> 、中田善久	寸法の異なる高強度コンクリートの模擬部材における打込み面からの採取深さがコア強度と変動に及ぼす影響	日本非破壊検査協会第 4 回非破壊検査シンポジウム論文集	2013	東京		pp.379-382
藤巻慶太、中田善久、須藤絵美、齊藤文士、 <u>大塚秀三</u> 、宮部義章	溶融スラグ骨材を用いたモルタルにおけるポップアウトの発生に関する検討 その 2 石灰石の焼成温度がポップアウトの発生に及ぼす影響	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.281-282
松原俊一、 <u>大塚秀三</u> 、中田善久	コンクリート工事における施工体制に関する調査 その 2 集合住宅のコンクリート工事における技能者の施工人員に関する調査	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.631-632

手島基、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、串田真基、大林賢人、安居裕之	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響その 4 実験概要および剥離剤の塗布が合板の強度特性に及ぼす影響	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.645-655
串田真基、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、大林賢人、安居裕之	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響その 5 剥離剤の塗布が合板およびコンクリート表面の品質に及ぼす影響	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.647-648
大林賢人、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、串田真基、安居裕之	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響その 6 側圧が合板表面の品質に及ぼす影響	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.649-650
安居裕之、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、大林賢人、串田真基	コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質に及ぼす影響その 7 側圧がコンクリート表面の品質に及ぼす影響	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.651-652
斉藤丈士、中田善久、宮田敦典、手島基、宮部義章、 <b>大塚秀三</b> 、西祐宜、三本巖	細骨材の表面水率が高強度コンクリートの品質に及ぼす影響その 1 実験概要とスランプフロ	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.791-792
高瀬貢平、中田善久、斉藤丈士、宮部義章、宮田敦典、手島基、西祐宜、 <b>大塚秀三</b> 、三本巖	細骨材の表面水率が高強度コンクリートの品質に及ぼす影響その 2 フレッシュコンクリートの性状および強度性状	2012 年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1 分冊	2013	名古屋大学		pp.793-794

宮田敦典、中田善久、齊藤文士、宮部義章、 <b>大塚秀三</b> 、西祐宜、三本巖、手島基	細骨材の表面水率が高強度コンクリートの品質に及ぼす影響その3 環境温度の違いによる影響	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.795-796
八木修、 <b>大塚秀三</b> 、荒巻卓見	コンクリート用表面処理材の改質効果の温度依存性に関する基礎的研究	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.1167-1168
荒巻卓見、 <b>大塚秀三</b> 、八木修	含浸材と表面塗布材の併用によるコンクリートの表面保護効果の屋外暴露環境における持続性に関する検討	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.1169-1170
坂本英之、中田善久、 <b>大塚秀三</b>	解体工事の転倒工法における壁部材の縁切り部の有無が転倒荷重に及ぼす一考察	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.119-120
芦川雄郁、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、秦一平、柳崎尚輝、稲毛康二郎	東北地方太平洋沖地震による吊り天井の耐震性の検証と改修方法に関する研究 その1 鋼製下地材を用いた在来工法天井の被害状況に関するアンケート調査	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.43-44
柳崎尚輝、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、秦一平、芦川雄郁、稲毛康二郎	東北地方太平洋沖地震による吊り天井の耐震性の検証と改修方法に関する研究 その2 吊り天井の被害状況及び実大振動実験	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.45-46
稲毛康二郎、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、秦一平、柳崎尚輝、芦川雄郁	東北地方太平洋沖地震による吊り天井の耐震性の検証と改修方法に関する研究 その3 粘弾性ゴムを用いたダンパーによる制震改修方法の検討	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.47-48

遠野未来、 <b>大塚秀三</b> 、竹村雅行、中里想、赤谷樹一郎	版築壁の現代構法への展開に関する研究その1 締固め方法と荒木田土および細骨材の構成割合の検討	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.91-92
赤谷樹一郎、 <b>大塚秀三</b> 、竹村雅行、遠野未来、中里想	版築壁の現代構法への展開に関する研究その2 調合および施工要因が圧縮強度および乾燥収縮へ及ぼす影響	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.93-94
中里想、 <b>大塚秀三</b> 、竹村雅行、遠野未来、赤谷樹一郎	版築壁の現代構法への展開に関する研究その3 版築壁の施工性の検証および壁倍率の算定	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.95-96
清水良平、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、荒巻卓見、秦一平、柳崎尚輝	吊りボルト取付け用インサートの形状およびバインプレータの加振時間の違いが引抜き耐力に及ぼす影響に関する研究	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.193-194
植草亮介、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、清水良平、赤谷樹一郎	埋込み深さの違いが金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響に関する研究	2012年度日本建築学会大会学術講演梗概集(名古屋)A-1分冊	2013	名古屋大学		pp.195-196
降旗翔、 <b>大塚秀三</b> 、八木修、荒巻卓見、赤谷樹一郎	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用によるコンクリート表面の改質効果とその持続性	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京大学		pp.39-42
藤本祐輝、 <b>大塚秀三</b> 、山中新太郎、小野泰、赤谷樹一郎、荒巻卓見	麦わら由来合板の物性と木造軸組耐力壁への適用性に関する基礎的研究	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京大学		pp.91-94
前田真佑、 <b>大塚秀三</b> 、荒巻卓見、三井実、赤谷樹一郎	コンクリート表面の水分移動に基づく明度変化による圧縮強度の推定に関する基礎的研究	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京大学		pp.183-186



川瀬翔太、 <b>大塚秀三</b> 、赤谷樹一郎、竹村雅行、遠野未来、荒巻卓見	伝統工法による版築壁の圧縮強度および形状変化に及ぼす調合および施工要因の影響	日本建築仕上学会 2012 年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京大学		pp.223-226
赤谷樹一郎、 <b>大塚秀三</b> 、八木修、竹村雅行、荒巻卓見	伝統工法による版築壁への表面保護材の適用に関する基礎的研究	日本建築仕上学会 2012 年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京大学		pp.227-230
大辻浩輔、大林賢人、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、春山信人、澤本武博、斉藤丈士	実験値により求めたヤング係数が RC 構造計算基準におけるヤング係数比に及ぼす一考察	平成 24 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.145-146
串田真基、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、宮田敦典	コンクリートポンプ工法における水平換算距離と管内圧力に関する文献的検討	平成 25 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.201-202
藤巻慶太、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、秦一平、柳崎尚輝	鋼製下地材を用いた天井に関するアンケート調査	平成 26 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.203-204
手島基、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、松原俊一、荒巻卓見、高瀬貢平	部材の違いがコンクリート工事の施工に及ぼす影響	平成 27 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.219-220
高瀬貢平、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、松原俊一、手島基、荒巻卓見	実施工におけるコンクリート型枠用合板の転用回数がコンクリート用型枠合板およびコンクリートの品質に及ぼす影響	平成 28 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.221-222
安居裕之、中田善久、斉藤丈士、 <b>大塚秀三</b> 、清水五郎、宮田敦典	型枠存置期間および水中養生期間の違いがコンクリートの水分の挙動に及ぼす影響	平成 29 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.223-224
大林賢人、大辻浩輔、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、春山信人、澤本武博、斉藤丈士	コンクリートの単位容積質量が New RC 式により求めたヤング係数に及ぼす一考察	平成 30 年度日本大学工学部学術講演会論文集	2012	日本大学		pp.225-226
前田真祐、 <b>大塚秀三</b> 、高橋宏樹、赤谷樹一郎、三井実	散水による明度変化に基づく構造体コンクリート強度の面評価に関する試み	2012 年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集 I	2013	東京		pp.1-4

大林賢人、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、斉藤丈士、春山信人、大辻浩輔	粗骨材の種類および単位粗骨材かさ容積の異なるコンクリートにおける谷容積質量がヤング係数に及ぼす影響	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.17-20
中里想、 <b>大塚秀三</b> 、竹村雅行、遠藤未来、赤谷樹一郎、荒巻卓見	版築壁を用いた木造軸組耐力壁の施工性および壁倍率	2013年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.21-24
高瀬貢平、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、荒巻卓見	建築現場と室内実験の違いによる合板の転用がコンクリート表面の品質に及ぼす影響	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.37-40
池田亮平、中田善久、清水五郎、 <b>大塚秀三</b> 、宮田敦典	単位粗骨材量が異なるコンクリートの吸水特性に基づく強度物性の検討	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.41-44
西田和樹、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、荒巻卓見	コンクリート型枠用合板の転用における合板の含水率がコンクリート表面の品質に及ぼす影響	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.53-56
鈴木康介、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、手島基、荒巻卓見、宮田敦典	建築現場における型枠工事に関するアンケート調査	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.73-76
日下部幸介、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、松原俊一、手島基、宮田敦典、荒巻卓見	コンクリート工事における打込み・締固めに関する調査	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.77-80
安居裕之、中田善久、 <b>大塚秀三</b> 、斉藤丈士、春山信人、宮田敦典、大辻浩輔	コンクリート用砕石の粒径と物理的性質の関係に関する一考察	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.101-104
降旗翔、 <b>大塚秀三</b> 、八木修、荒巻卓見、赤谷樹一郎、中田善久	シラン系含浸材とシラン・シロキサン系表面塗布材の併用による表面保護効果の温湿度依存性	2012年度日本建築学会関東支部研究発表会研究報告集Ⅰ	2013	東京		pp.157-160
<b>佐々木昌孝</b> ほか 9 名	『木砕之注文』における門の木割について	日本建築学会大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋		
<b>平岡尚文</b> 、中川翔太	ステンレス鋼-セラミックス間の緩衝液中摩擦摩耗特性	トライボロジー会議予稿集	2012.9	室蘭		pp.343-344

大幢勝利・北條哲男	死傷災害データベースに基づく建設業の墜落災害要因の傾向分析	日本学術会議, 安全工学シンポジウム 2012	2012.7	東京		pp.102-105
北條哲男・大幢勝利・高橋弘樹	円形断面の渦励振の制振対策に関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋		pp.1093-109
大幢勝利・北條哲男	建設業の墜落災害要因視覚化のための労働災害データベース分析	ファジィ・システム・シンポジウム 2012, ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (CD-ROM)	2012.9	名古屋		pp.ROMBU NNO.TN2-1
三橋眞成、若林拓也、田中正隆	金属とガラスのレーザー溶接合の基礎検討	2013年度精密工学会春季大会学術講演論文集	2013.3	東京		pp.577-578
近藤照夫、矢島勝司、佐藤信幸	粉体塗装アルミニウム合金製建築材料の耐久性評価 その6	日本建築学会 2012年大会学術講演梗概集	2012.9	名古屋	A-1	pp.1011-1012
近藤照夫、鈴木 晃、近藤豊三、野浦公介	建築内外装の改修設計・改修工事の考え方	日本建築仕上学会 2012年大会材料施工部門研究協議会	2012.9	名古屋	研究協議会資料	pp.39-42
近藤照夫、近藤豊三、後藤善光、古川淳司	環境保全に配慮した焼付け塗装仕様の検討 その16	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京		pp.255-258
近藤照夫、矢島勝司、佐藤信幸	環境保全に配慮した焼付け塗装仕様の検討 その17	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京		pp.259-262
近藤照夫、矢島勝司、佐藤信幸	アルミニウム合金製建築材料に対する粉体塗装の性能評価 その7	日本建築仕上学会 2012年大会学術講演会研究発表論文集	2012.10	東京		pp.243-246
松本 宏行	振動・騒音データを用いた高次スペクトル解析の有効性について	自動車技術会第5回振動騒音部門委員会	2013.1	自動車技術会(本部)		
松本 宏行, 竹内 幸司, 大石 久己, 山川 新二	非線形振動系における高次スペクトル解析の有効性について	2012年度日本IFT&MM会議シンポジウム	2012.5	東京工業大学		
佐山 遼太, 松本 宏行	非線形減衰振動系における応答解析および推定	2012年度日本機械学会茨城講演会	2012.8	茨城大学		pp.107-108
松本 宏行, 佐山 遼太	非線形時系列モデルによる振動系の解析および推定について	日本機械学会 2012年度年次大会	2012.9	金沢大学		

松本 宏行, 竹内 幸司, 大石 久己, 山川 新二	不規則入力を受ける非 線形振動系における高 次スペクトルの有効性 について	日本機械学会機械力学計測制 御講演会 D&D2012	2012.9	慶応大学		CDROM
大石 久己, 松本 宏行, 長松 昌男, 塩崎 弘隆, 和氣 充幸, 山崎 徹	非線形システム同定の ための各種分析手法の 比較考察	日本機械学会機械力学計測制 御講演会 D&D2012	2012.9	慶応大学		CDROM
竹内 幸司, 芝崎, 松本 宏行, 大石 久己, 山川 新二	高次スペクトル解析に よる非線形振動系のモ デル化検証	日本機械学会機械力学計測制 御講演会 D&D2012	2012.9	慶応大学		CDROM
大石 久己, 松本 宏行	高次スペクトル解析を 用いた振動・騒音デー タの特性同定	日本モーダル解析協議会 JMAC 第 29 回技術講演会	2012.9	中央大学	#	pp.1-6
松本 宏行, 竹内 幸司, 大石 久己, 山川 新二	非線形振動系における 高次スペクトル解析の 有効性について	制振工学研究会 2012 年度技 術交流講演会	2012.12	東京都立産 業技術研究 センター		
竹内 幸司, 松本 宏行, 大石 久己, 山川 新二	磁気ばねモデルにおけ る高次スペクトル解析 およびモデル化検討	制振工学研究会 2012 年度技 術交流講演会	2012.12	東京都立産 業技術研究 センター		
青木繁, 栗田勝実, 越水重 臣, 西村惟之, 廣井徹磨, 平井聖児	加熱装置による溶接の 模擬の可能性について (振動による残留応力 の低減との対応)	日本機械学会 M&M2012 材料 力学カンファレンス	2012	愛媛大学	No.1 2-5	CD-ROM GS28
青木 繁, 池田 宏, 栗田 勝実, 平井 聖児, 香村 誠, 中村 佑紀	マイクロバブルと超音 波振動を併用した金属 板表面における洗浄効 果の基礎的検討	日本機械学会 関東支部 第 19 期総会講演会	2013.3	首都大学東 京		
青木 繁, 池田 宏, 栗田 勝実, 平井 聖児, 香村 誠, 中村 佑紀	超音波を併用したマイ クロバブル洗浄におけ る洗浄効果の検討	日本化学会 2012 年度春季年 会	2013.3	慶應義塾大 学		pp.9-10

## 記 録 Record

## 平成 24 年度教員著作一覧

## 著書

著者	書名	出版社	出版社所在地	発行年月
<u>三原 斉</u> , 土田裕康	2級建築施工管理技士試験 分野別要点整理と確認問題	彰国社	東京	2012.5
<u>大島 博明</u> ・ <u>大塚 秀三</u> ・ <u>伊藤大輔</u> ・ <u>三原 斉</u> 他 共著	ラクラク突破 1級建築士スピード学習帳 2013年度版	エクスナレッジ	東京	2013.3
<u>北條哲男</u> ・ <u>大島博明</u> ・ <u>大塚秀三</u> ・ <u>伊藤大輔</u> ・ <u>三原 斉</u> 他 共著	ラクラク突破 2級建築士スピード学習帳 2013年度版	エクスナレッジ	東京	2013.3
<u>白井裕泰</u> 、レ・ヴィン・アン、奥山智也、大西裕也	阮朝・太廟・昭敬殿の復原計画ーヴィエトナムの文化遺産に関する国際協力ー2011年度活動報告(平成23年度科学研究補助金基盤研究A)	ものづくり大学白井裕泰研究室	行田市前谷 333	2013.3
<u>横山晋一</u>	旧成田領に残る歴史遺産	埼玉新聞社	埼玉	2011.9
<u>佐々木昌隆</u>	木碎之注文	中央公論美術出版	東京都	2013.2
<u>香村誠</u> , ほか8名	基礎から学ぶ 機械製図	オーム社	東京都	2012.11

## 解説等

著者	題目	書名(雑誌名, 報告書名など)	巻	号	発行年月	ページ
<u>小野 泰</u>	木造住宅に使用する接合金物の強度に関する研究	ものづくり研究情報センター受託研究報告書			2013.03	全 400 ページ
難波蓮太郎, <u>三原 斉</u> , 佐久間義晴	漆喰塗り技能の保存に関する研究	漆喰塗り技能の保存に関する研究会報告書			2012.4	pp.1-9
<u>赤松 明</u>	連載/木工の基礎 基本工作 かな削り	木の文化フォーラム	2012	9	2012.9	pp.38-39
<u>白井裕泰</u>	ゼロエミッション・ケアハウスの開発	社団法人埼玉県経営者協会会報 埼経協ニュース	2012年	10・11月号	2012.11	pp.19

<u>鈴木克美</u>	平成 23 年の素形材 産業年鑑	素形材	53	5	2012.5	5 月 11 日
<u>鈴木克美</u>	誰でもわかる鋳物基 礎講座 鋳鉄の熱処 理	日本鋳造工学会関東支 部ホームページ			2012.8	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2012.9	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2012.10	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2012.11	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2012.12	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2013.1	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2013.2	
<u>鈴木克美</u>	同上	同上			2013.3	
<u>横山晋一</u> 、中島洋一、朽木宏、藤間 利一、田尻要、宮本伸子、坂田貴志	行田地域の足袋蔵等 の 保全・活用のための 調査 と提案報告書	ものづくり研究情報センタ ー 受託研究報告書			2012.3	200 ペー ジ
中田善久、 <u>大塚秀三</u>	特集:こんなときどう する「コンクリート工 事」の現場力	建築技術	No.7 53		2012.10	pp.86- 89
郷堀ヨゼフ・ <u>土居浩</u>	比較近代死生観研究 の前哨-映画『死体 焼却人』に寄せて-	比較日本文化研究		15	2012.9	pp.129- 131
<u>土居浩</u>	【項目執筆】死者、先 祖祭祀、葬儀	大澤真幸・吉見俊哉・鷲 田清一編『現代社会学事 典』弘文堂			2012.12	
<u>文責・土居浩</u>	【パネル報告要旨】沖 縄戦死者の現在-複 数の文脈から考える -	復帰 40 年沖縄国際シン ポジウム報告書			2012.12	pp.95- 98
<u>北條哲男</u> ・大幢勝利	炭素繊維材を用いた ペンダントロープの開 発について	「クレーン」(日本クレーン 協会)	50 巻	4 号	2012.4	pp.15- 20

<u>北條哲男</u>	スペインの世界遺産 「ビスカヤ橋」—現在 も活躍する世界最古 の運搬橋—	土木技術	Vol. 67	No.1 0	2012.10	pp.53- 56
<u>北條哲男</u>	インデントケーブルの 特性	日本風工学会誌	第 37 巻	第 4 号	2012.10	pp.276- 283
大石 久己、山崎 徹、 <u>松本 宏行</u> 、長松 昌男	非線形系のシステム 同定	RC-D10 自動車を中心と した振動—騒音解析技術 に関する研究分科会、一 般社団法人 日本機械学 会 イノベーションセンタ —研究協力事業委員会			2012.4	pp.86- 107
中村佑紀, 池田宏, 栗田勝実, 青木 繁, <u>平井聖児</u> , <u>香村誠</u>	超音波場でのマイク ロバブルを利用した 機械部品の洗浄に関 する基礎的検討	信学技法	US2 012- 81		2012.1	pp.5-10

## 記 録 Record

## 平成 24 年度教職員学外役職/審査員等一覧

## 国・地方自治体関係

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
中古住宅流通促進・ストック再生に向けた既存住宅等の性能評価技術の開発・劣化調査検討 WG	国土交通省国土技術政策総合研究所	委員	小野教授	建設
木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する共同研究	国土交通省国土技術政策総合研究所	委員	小野教授	建設
漆喰塗り技能の保存に関する研究会	新潟県	委員	三原教授	建設
埼玉県立大宮工業高等学校 学校評議員	埼玉県 教育委員会	評議員	三原教授	建設
建築士定期講習会	国土交通省 / (財)建築技術教育普及センター	定期講習 委員	三原教授	建設
技能者(現代の名工)表彰審査委員会	厚生労働省	委員	赤松教授	建設
全国刑務所作業製品審査会	法務省	審査委員	赤松教授	建設
上尾市建築審査会	上尾市	会長代理	白井教授	建設
羽村市文化財保護審議会	羽村市	会長	白井教授	建設
国立市文化財保護審議会	国立市	会長	白井教授	建設
あきる野市文化財保護審議会	あきる野市	委員	白井教授	建設
技能者(現代の名工)表彰審査委員会	厚生労働省	委員	白井教授	建設
熊谷市開発審査会	熊谷市	委員	白井教授	建設
熊谷市建築紛争調停委員会	熊谷市	委員	白井教授	建設
熊谷スマートタウン整備事業者選定委員会	熊谷市	委員長	白井教授	建設
行田市環境審議会	行田市	会長	白井教授	建設
行田市浮き城のまち景観賞審査委員会	行田市	委員長	白井教授	建設
行田市都市計画マスタープラン策定委員会	行田市	委員	白井教授	建設
行田市文化財保護審議会	行田市	委員	横山准教授	建設
熊谷市文化財保護審議会	熊谷市	委員	横山准教授	建設
鴻巣市文化財保護審議会	鴻巣市	委員	横山准教授	建設
東松山文化財専門調査委員会	東松山市	委員	横山准教授	建設
寄居町文化財保護審議会	寄居町	委員	横山准教授	建設
東京都目黒区文化財審議会	目黒区	審議委員	佐々木講師	建設
三次元継ぎ手・球面軸受評価・検討分科会	独立行政法人 防災科学技術研究所	委員	平岡教授	製造
大宮国道事務所総合評価審査分科会	国土交通省関東地方整備局	委員長	北條教授	建設
熊谷市入札適正化委員会	熊谷市	委員	北條教授	建設



ものづくり立国の推進事業(業界等が取り組む熟練技能者を活用した技能継承の支援・促進)に係る企画書評価委員会	厚生労働省	委員	松本准教授	製造
各種技能競技大会等の推進事業に係る企画書評価委員会	厚生労働省	委員	松本准教授	製造
新事業展開地域人材育成支援事業に係る企画書評価委員会	厚生労働省	委員	松本准教授	製造
技能検定職種の統廃合等に関する検討会	厚生労働省	専門調査員	松本准教授	製造
行田市産業廃棄物処理施設等設置調査審査会	行田市	委員	香村准教授	製造

## その他団体

委員会等名称	所管団体	役職名	教職員名	教職員所属
森林認証審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
木造住宅用接合金物審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
プレカット CAD 技術者認定検討委員会	一般社団法人 全国木造機械プレカット協会	委員	小野教授	建設
木造耐力壁ジャパンカップ実行委員会	NPO 法人 木の建築フォーラム	委員	小野教授	建設
既調合軽量セメントモルタル塗り外壁の構造性能に関する調査研究	特定非営利活動法人湿式仕上技術センター	委員	小野教授	建設
構造用木質材料の変形と破壊に関する小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
伝統要素設計法小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
木造建築工事標準仕様書改訂技術検討会議	社団法人 公共建築協会	主査	小野教授	建設
建築工事監理指針・改訂委員会・木分科会	社団法人 公共建築協会	委員	小野教授	建設
枠組壁工法長期優良住宅制度利用推進委員会	社団法人 日本ツーバイフォー建築協会	委員長	小野教授	建設
木質構造評定委員会	ハウスプラス確認検査(株)	委員	小野教授	建設
ジュニアマイスター顕彰認定委員会	(社)全国工業高等学校長協会	ジュニアマイスター制度委員	三原教授	建設
登録型枠基幹技能者認定講習委員会	(社)日本建設大工工事業協会	認定講習委員	三原教授	建設
登録左官基幹技能者認定講習委員会	(社)日本左官業組合連合会	認定講習委員	三原教授	建設
日本漆喰協会作品賞審査委員会	日本漆喰協会	審査委員	三原教授	建設

建設業人材育成支援協議会	建設産業共同教育訓練協議会・富士教育訓練センター・(社)建設産業専門団体連合会	委員	三原教授	建設
建築教育委員会 建築生産系技術者教育WG / 進路調査WG	(社)日本建築学会	幹事	三原教授	建設
JASS15 改訂 左官工事小委員会	(社)日本建築学会	改訂委員	三原教授	建設
建築技術部会 / 地域木造部会	(公社)日本建築士会連合会	技術委員	三原教授	建設
中小ゼネコン・工務店等のための建築施工系技術者育成コースWG	(公社)日本建築士会連合会	委員	三原教授	建設
コンクリート中の配筋探査技術者資格認証制度認証運営委員会	一般社団法人日本非破壊検査工業会	委員	澤本准教授	建設
公益社団法人日本コンクリート工学会	公益社団法人日本コンクリート工学会	代議員	澤本准教授	建設
第 4 回シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文審査委員会	一般社団法人日本非破壊検査協会	幹事	澤本准教授	建設
厚生労働省委託事業「匠の技-技能継承」専門委員会	社団法人)全国技能士会連合会	専門アドバイザー	赤松教授	建設
木材接着士資格検定委員会	公益社団法人)日本木材加工技術協会	委員	赤松教授	建設
若年者ものづくり競技大会	中央職業能力開発協会	競技委員	赤松教授	建設
木材産業等活性化総合対策事業(文化用品等市場開拓型)に係る専門委員会	全国木材共同組合連合会	委員	赤松教授	建設
技能五輪全国大会	中央職業能力開発協会	競技委員	赤松教授	建設
青年海外協力隊/日系社会青年ボランティア技術選考	独立行政法人国際協力機構	技術専門委員	赤松教授	建設
全国中学生創造ものづくり教育フェア	日本産業技術教育学会	特別審査委員	赤松教授	建設
全国合板 1 枚作品コンペ	公益社団法人)日本木材加工技術協会	審査委員	赤松教授	建設
平成 25 年度版建築工事監理指針改訂委員会	一般社団法人公共建築協会	木分科会主査	白井教授	建設
鑄造工学会関東支部理事会	公益社団法人日本鑄造工学会	理事	鈴木特任教授	製造
包括的職業能力評価制度整備委員会(鑄造業)	中央職業能力開発協会	座長	鈴木特任教授	製造
素形材編集委員会	一般財団法人 素形材センター	委員	鈴木特任教授	製造

新人教育研修プログラム委員会	社団法人 日本鑄造協会	委員	鈴木特任教授	製造
鑄造技術に関するDVD教材制作準備会	社団法人 日本鑄造協会	委員	鈴木特任教授	製造
ダクタイル鑄鉄協会理事会	日本ダクタイル鑄鉄協会	副会長	鈴木特任教授	製造
ダクタイル鑄鉄の引け巣に関する研究委員会	日本ダクタイル鑄鉄協会	委員長	鈴木特任教授	製造
鑄造技術コンクール(非鉄)	川口鑄物工業組合	審査副委員長	鈴木特任教授	製造
日本建築学会関東支部歴史意匠専門研究委員会	社団法人 日本建築学会	委員	横山准教授	建設
日本建築家協会関東支部交流部会	社団法人 日本建築家協会	部会員	横山准教授	建設
立教大学大衆文化研究センター	立教大学	運営委員	横山准教授	建設
平成24年度NEDO研究協力事業の外部有識者委員会	富士通株式会社	委員	ビチャイ教授	製造
文献抄録第7部会(歴史意匠)抄録委員会委員	日本建築学会	委員	佐々木講師	建設
関東支部歴史意匠専門研究委員会委員	日本建築学会	委員	佐々木講師	建設
技能五輪全国大会	中央職業能力開発協会	競技補佐員	佐々木講師	建設
若年者ものづくり競技大会	中央職業能力開発協会	競技委員	佐々木講師	建設
技能五輪国際大会	中央職業能力開発協会	選手強化委員	佐々木講師	建設
木材工学委員会 木橋小委員会	公益社団法人 土木学会	委員	北條教授	建設
安全問題研究委員会	公益社団法人 土木学会	委員	北條教授	建設
材料施工委員会	一般社団法人日本建築学会	委員	近藤教授	建設
塗装工事 JASS 18 改定小委員会	一般社団法人日本建築学会	委員長	近藤教授	建設
粉体塗装アルミニウム材料性能評価委員会	一般社団法人軽金属製品協会	委員長	近藤教授	建設
理事会	日本建築仕上学会	理事	近藤教授	建設
学術委員会	日本建築仕上学会	委員長	近藤教授	建設
RC-D10 自動車を中心とした振動—騒音解析技術に関する研究分科会	一般社団法人 日本機械学会 イノベーションセンター研究協力事業委員会	委員	松本准教授	製造
TOKYO DESIGNERS WEEK 2012 学校作品展実行委員会	特定非営利活動法人 デザインアソシエーション	実行委員および審査員	松本准教授	製造
日本機械学会関東支部埼玉ブロック商議委員会	一般社団法人 日本機械学会	委員	香村准教授	製造
次世代固定砥粒加工プロセス専門委員会	公益社団法人・砥粒加工学会	幹事	高橋教授	製造
高校生ものづくりコンテスト全国大会・関東大会・埼玉大会	全国工業高等学校長協会	審査委員長	細田名誉教授	製造
全技連マイスター審査委員会	全国技能士会連合会	審査員	細田名誉教授	製造

中央職業能力開発協会参与会議	中央職業能力開発協会	参与	細田名誉教授	製造
日本機械学会関東支部埼玉ブロック	日本機械学会	ブロック長	平岡教授	製造
日本トライボロジー学会理事会	日本トライボロジー学会	監事	平岡教授	製造
材料施工委員会	一般社団法人日本建築学会	委員	近藤教授	建設
粉体塗装アルミニウム材料性能評価委員会	一般社団法人軽金属製品協会	委員長	近藤教授	建設
理事会	日本建築仕上学会	理事	近藤教授	建設
住宅課題賞	(社)東京建築士会	審査委員	三原教授	建設
ジュニアマイスター顕彰認定委員会	(社)全国工業高等学校長協会	ジュニアマイスター制度委員	三原教授	建設
登録型枠基幹技能者認定講習委員会	(社)日本建設大工工事業協会	認定講習委員	三原教授	建設
登録左官基幹技能者認定講習委員会	(社)日本左官業組合連合会	認定講習委員	三原教授	建設
日本漆喰協会作品賞審査委員会	日本漆喰協会	審査委員	三原教授	建設
森林認証審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
プレカット CAD 技術者認定検討委員会	一般社団法人 全国木造機械プレカット協会	委員	小野教授	建設
木質構造評定委員会	ハウスプラス確認検査(株)	委員	小野教授	建設
木造住宅用接合金物審査委員会	(財)日本住宅・木材技術センター	委員	小野教授	建設
木造耐力壁ジャパンカップ実行委員会	NPO 法人 木の建築フォーラム	委員	小野教授	建設
既調合軽量セメントモルタル塗り外壁の構造性能に関する調査研究	特定非営利活動法人湿式仕上技術センター	委員	小野教授	建設
構造用木質材料の変形と破壊に関する小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
伝統要素設計法小委員会	社団法人 日本建築学会	委員	小野教授	建設
木造建築工事標準仕様書改訂技術検討会議	社団法人 公共建築協会	主査	小野教授	建設
コンクリート中の配筋探査技術者資格認証制度認証運営委員会	社団法人日本非破壊検査工業会	委員	澤本准教授	建設
公益社団法人日本コンクリート工学会	公益社団法人日本コンクリート工学会	代議員	澤本准教授	建設

## 記 録 Record

## 平成 24 年度海外出張実績

出張者	出張者所属	出張先	用件	期間
菅谷諭	製造学科	タイ	国際学会 (ICBIR2012) 論文発表 & タイ企業見学	2012.5.16 - 21
土井 香乙里	製造学科	アメリカ	研究室学生 アメリカ研修・卒業研究調査引率	2012.9.9 - 16
土井 香乙里	製造学科	韓国	海外国際交流／研修 (高麗大学大学院教育研究所) Korea University & Waseda University International Exchange Program	2012.10.13 - 20
三原斉	建設学科	英国/ エジンバラ大学	スコットランド/エジンバラ大学における建設管理国際会議 ARCOM2012 における論文発表	2012.9.3 - 5
三原斉	建設学科	中国/ 深圳大学	中国/深圳大学における建設管理国際会議 CRIOCM2012 における論文発表	2012.11.17 - 19
白井教授	建設学科	ベトナム	文科省科研費基盤研究 A 海外学術調査	2012.8.16 - 25, 9.9-12, 2013.2.26 - 3.8, 2013.3.21 - 24
横山准教授	建設学科	台湾	科研研究類例調査	2012.8.27 - 29
ビチャイ	製造学科	タイ	国際会議 ICBIR 2012	2012.5.17, 18
ビチャイ	製造学科	タイ	Thai Professionals International Conference 2012	2012.7.2 - 4
ビチャイ	製造学科	タイ	国際交流およびインターンシップ	2013.3.19 - 22
土居准教授	建設学科	台湾	台日葬儀文化国際シンポジウムほか学術交流参加	2013.2.23 - 28
平岡尚文	製造学科	タイ	ICBIR2012 にて論文講演	2012.5.16 - 20
北條哲男	建設学科	スペイン	ORP国際会議 研究論文発表	2012.5.20 - 27
北條哲男	建設学科	台湾	科研費研究 建造物耐久性調査	2012.8.27 - 29
北條哲男	建設学科	イギリス	レディング大学 Construction Management 調査	2012.9.1 - 9
北條哲男	建設学科	アメリカ	科研費研究 耐候性試験調査	2/24-3/3
近藤 照夫	建設学科	タイ	泰日工業大学開催国際会議 ICBIR で研究報告	2012.5.16 - 19
近藤 照夫	建設学科	イタリア	国際会議 IABMAS2012 で研究報告	2012.7/8~14

近藤 照夫	建設学科	タイ	泰日工業大学・インターンシップ受入れ企業 の訪問挨拶	2013.2.24 - 28
平井聖児	製造学科	タイ国	泰日工業大学 研究発表および企業見学	2012.5.16 - 19

---

ものづくり大学 紀要編集委員会

編集委員長

平岡尚文

編集委員

香村 誠 / 松本宏行 / 土居 浩 / 林 英昭

ものづくり大学 紀要 第4号

ISSN 2185-3746

2013年6月29日 印刷

2013年6月29日 発行

発行人

赤松 明

学校法人 ものづくり大学

〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333

TEL 048-564-3200 / FAX 048-564-3201

印刷所

三共印刷



ものつくり大学

Institute of Technologists