

JTCCM JOURNAL

2014.5

建材試験

情報 **Vol.**  
**50**



巻頭言 ————— 古賀一八

材料(学生)の性能

寄稿 ————— 大澤 悟

東京タワー 塗装による55年間の維持保全  
— 塗料の社会資本の長寿命化への貢献と  
環境負荷低減 —

技術レポート — 志村重顕

JASS 8 T-301 ケイ酸質系塗布防水材の  
試験方法改定の検討

## I n d e x

p1

### 巻頭言

材料(学生)の性能

／福岡大学工学部建築学科 教授 古賀 一八

p2

### 寄稿

東京タワー 塗装による55年間の維持保全

－塗料の社会資本の長寿命化への貢献と環境負荷低減－

／㈱竹中工務店 技術研究所 部長付 大澤 悟

p8

### 技術レポート

JASS 8 T-301 ケイ酸質系塗布防水材の試験方法改定の検討

／材料グループ 主任 志村 重顕

p14

### 試験報告

フラッシュバット溶接による鉄筋継手「ダイヤレンNS・MKフープ」の引張試験

／構造グループ 主任 庄司 秀雄

p16

### 規格基準紹介

JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート): 2014の改正について

／経営企画部 調査研究課 兼 企画課 課長 鈴木 澄江

p20

### 連載

スタンダードを思い巡らして

(9) 製図から技術生産ドキュメンテーションへ

／東京家政学院大学 名誉教授 岩井 一幸

p22

### 業務案内

天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法のための試験方法について

その2 天井ユニットの試験方法及び許容耐力・剛性の評価

／中央試験所 副所長 川上 修

p27

### 海外インターンシップ報告

泰日工業大学(TNI)でのインターンシップを終えて

／経営企画部 調査研究課 村上 哲也

p33

### たてもの建材探偵団

高雄山 神護寺

／品質保証室 特別参与 柳 啓

p34

### コンクリートの基礎講座

V 構造物編「非破壊試験(微破壊試験), コンクリートコアの試験」

／工事材料試験所 副所長 真野 孝次

p41

### 建材試験センターニュース

p44

### あとがき・たより

# 巻頭言

## 材料(学生)の性能

福岡大学 工学部 建築学科 教授 古賀 一八

昨年の4月から、福岡大学で、建築材料性能計画、建築生産管理、コンクリート工学、建築防災、建築材料実験の講義ならびに超高強度コンクリートの調合設計、漆喰、タイル張り仕上げ、セメントモルタル、ペット対応建材、放射性物質吸着建材、外壁からの漏水防止、内装に木材を多量に使用した場合の耐火性能、システム型枠、ひび割れ補修、コンクリートの色むらなどの研究をさせていただいています。これらで共通するのは、「材料の性能」といえます。建築物に使用されているあらゆる材料は、理由があって採用されています。



この「採用理由」はなにか？ ということ、ロールプレイング形式で講義を行っています。たとえば、自宅やアパートの内外装に使用されている建材名とその採用理由について学生が調べ発表し、それに対して他の学生や私が質問などを行うということを実施しています。調査の視点は、物理・化学的性能、美観、コスト、施工性、品質管理、供給体制、メンテナンス容易性、安全性などとしています。幸い？受講生が少ないのでこのような講義が可能です。講義を受けている学生からは、「普段何気なく見過ごしていた建材をよく観察するようになった。」、「教科書に書いてある建材と実際の建材が対応できるようになった。」などという話をもらうようになりました。講義を通じて、学生の性能(考える力、伝える力、チームワーク力など)も向上します。これらの性能(能力)は学生が社会で生きていくために必要な能力(性能)です。

これまで、様々な建材の開発・研究を行ってきました。

建材の開発は色々な角度(性能、コスト、デザイン、ネーミング、工法など)から取り組むのはもちろん、「欠点は何か？」といった観点からしつこく検証することも大事で、特に欠点を徹底的に無くすことが建材開発に重要なことだと思います。そのためには、失敗から学ぶことも重要で、自社製品以外の失敗例の情報を把握することも大事だと思います。

自分自身でもこれらの能力を身に着けるべく鋭意努力中です。



# 東京タワー 塗装による55年間の維持保全

## —塗料の社会資本の長寿命化への貢献と環境負荷低減—



(株)竹中工務店 技術研究所 部長付 大澤 悟

### 1. はじめに

東京タワーは、1958年末に竣工後55年以上経過した今日でも、健全な状態で電波塔としての機能や美観を保持し、いまだに東京および日本の名所の一つとしての地位を確保している。また、2002年から2003年には地上波デジタル実験放送に対応した送信所設置工事に並行して、展望台の改装、制震ダンパーの設置、鉄塔本体の補強、杭の増設、鉄塔全体の塗替塗装などの各種改修工事(耐震レトロフィット：超高層建築物と同等の耐震・耐風性能レベル)が実施され、美観的にもさらには機能的にもリニューアルした新しい東京タワーとして生まれ変わっている。なお、TVのデジタル放送が本格的に開始された2012年7月以降には、塔頂のアンテナ取替工事やスーパーターン・スーパーゲイン鉄骨耐震補強工事も実施されており、更に安全・安心な大型鋼構造物へと進化している(写真1参照)<sup>1)2)3)</sup>。

東京タワーの鉄塔本体の部材は、鉄鋼および溶融垂鉛めっき鋼で構成されており、建設当初には、美観と素地鉄鋼保護を目的としたフタル酸樹脂系の塗装システムが施された。その後今日に至るまで、素地鋼材の保護と美観維持を主とした全面塗替塗装を9回行い、2013年から2014年にかけて第10回目の化粧直しを実施したところである<sup>4)</sup>。

本報では、大型鋼構造物の維持保全の一例として、この東京タワーの建設概要、塗装の経年変化状況、適用してきた塗替塗装システムなどを中心に、鉄塔の維持保全状況の概要とともに、塗料の社会資本の長寿命化への貢献と環境負荷低減への働きについて報告する。

### 2. 東京タワーの建設

東京タワーの概要として、その設立経緯および建築概要・建設状況を以下に示す。

現在の東京タワーが計画される前の1956年当時、既設お

よび新設テレビ局各社が、おのおので東京都内やその近郊に計画していたテレビ塔建設プランに対して、行政サイドからこれらの計画を統合した総合タワー建設への指導があり、在京各テレビ局が合同で日本電波塔(株)を設立し、東京タワーが建設された。

東京タワーのアンテナ頂部までの高さは、図1に示す関東一円をサービスエリアとする必要性に対して種々の電氣的検討が行われ、その結果としてパリのエッフェル塔より18m高くなり、当時の自立鉄塔としては世界一の高さである333mとなったと記録されている。この東京タワーの建設時の建築・工事概要を以下に示す。

東京タワーは、電波塔としての本来機能を保有しながら来塔者に高所での眺望を与える鉄塔本体と、近代科学を紹介するための科学館とで構成された。また設計者は、PCやCADなどのない時代に、名古屋テレビ塔・大阪通天閣・さっぽろテレビ塔などを設計して「耐震構造の父」とか「搭博士」とも呼ばれた早稲田大学名誉教授 内藤多伸博士である。



写真1 東京タワーの全景

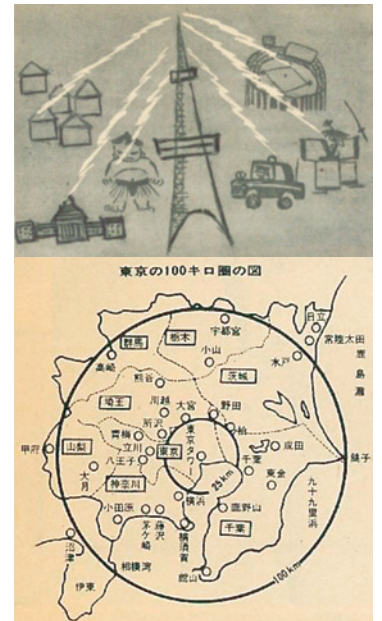


図1 東京タワーのサービスエリア



## 【建築概要】

建築主：日本電波塔株  
 所在地：東京都港区芝公園20号地1番  
 設計指導：工学博士 内藤 多仲  
 設計監理：日建設計工務株, 施工：(株)竹中工務店  
 敷地面積：21,002.8m<sup>2</sup>  
 工期：1957年6月29日～1958年12月23日

## 【鉄塔】

建設：宮地建設工業株  
 構造：基礎(RC深礎工法), 塔体(S造)  
 高さ：333m(標準GL～避雷針頂部)  
 使用鋼材：4,000t(鉄塔本体：SS41規格品, アンテナ支持台：SHT52相当品)  
 接合部：リベット(168,000本), 本締めボルト(垂鉛めっき鋼部材の現地接合：45,000本)

## 【塗装】

面積：約78,000m<sup>2</sup>, 使用塗料：約28,000l

## 【科学館】

建築面積：4,120.3m<sup>2</sup>, 構造：RC造, B1・5F

東京タワーの建設は、建築物の高さが31m以下に規制されていた時代に行われており、全く前例のない大工事であった。しかし、当時の建築技術者の叡智を結集して設計・施工され、1970年代以降の超高層時代につながる多くの建築技術が開発されて実施された。

その施工プロセス概要を図2に示す<sup>5)</sup>。

- ①塔脚の建方：径間が一辺80mの正方形である4本の塔脚は、ジンポール(1本のマストと数本のトラワイヤにより構成され、頂部から荷を吊り下げる機械：構造は簡易だが、揚重能力が低い)とバックステイを併用して建方された。
- ②アーチの閉合：ガイドレッキ(マストの垂直は、数本張ったトラワイヤで保持し、マスト基部の回転台にアンカーしたブーム先端をワイヤ操作により起伏する機械：揚重能力は高いが、作業能率が低い)を使用して塔脚組立後、油圧

ジャッキにより位置調整しながらアーチ部材が閉合された。

- ③トラスの組立, 展望台の床：ガイドレッキでトラスを組立後、適宜ジンポールを組んで部材が揚重された。

- ④ガイドレッキのクライミング：トラスの上にガイドレッキ架台をセットし、ジンポールでそのマストを吊り上げ、マストを使ってブームを引き上げ、ガイドレッキがクライミングされた[現在のクレーンクライミング]。

- ⑤エレクターによるタワーの建方：エレクター(本体を多数のワイヤで鉄塔に支持し、マストを中心にした2本の対称ブームで揚重する機械：作業能率が高いが、盛換えが必要)を効率的に使用して部材の建方が行われた。

- ⑥スーパーゲインアンテナの取込み：当初の計画では、各パーツに分散して地上からエレベーターシャフトを通して取り込む計画であった。しかし、納期の遅れなどにより、増上寺の境内で地組されたアンテナ(重量：14t)をケーブルクレーンにて吊り上げ、鉄塔内でアンテナ本体と空中線支持塔を組み上げた後、滑車とワイヤで所定の位置まで徐々に迫り上げ、セットされた[現在の移動架構工法]。

なお、塔体下部の科学館は、途中からタワーと並行して建築された[現在の上下並行施工]。

## 3. 建設時の塗装

### 3.1 彩色

建設時の彩色区分を、図3に示す。

鉄塔本体は、国際法による航空機の安全、世界一高いタワーとしての美観などを配慮して、図3に示す「イ

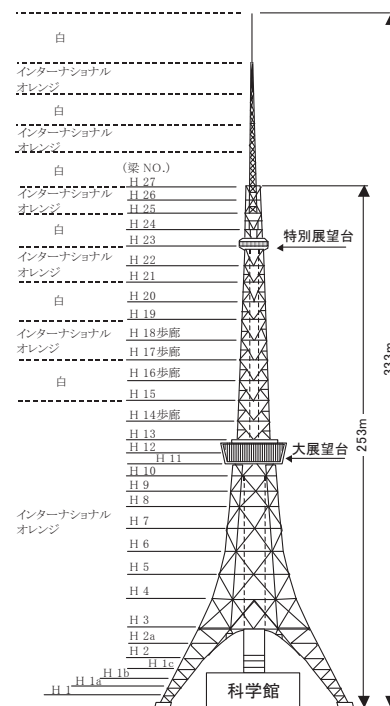


図3 建設時の彩色

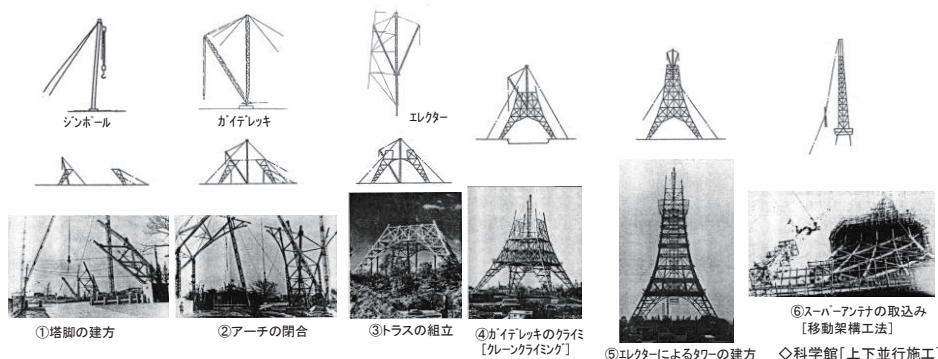


図2 東京タワーの施工プロセス概要

ンターナショナルオレンジ：以下、黄赤と称す」と「白」とに塗り分けた彩色が採用された。なお、この彩色は、その後の航空法改正に伴う変遷があり、現在の「黄赤」と「白」の区分に変更されている。

### 3.2 塗装仕様

建設時の塗装仕様を表1に示す。

表1 建設時の塗装仕様

部位	素地	区分	工程	塗料その他	塗布量 (kg/m <sup>2</sup> )	乾燥膜厚 (μm)	放置時間 (h)	
H27 H14	亜鉛めっき鋼	現場塗装	1	素地調整	汚れ・付着物の除去 発錆部は下塗り塗料で補修塗り			
			2	下塗り	ジンクロメート系 さび止めペイント	0.16	25	10
			3	中塗り	フタル酸樹脂系塗料	0.14	20	16
			4	上塗り	フタル酸樹脂系塗料	0.13	20	16
H14 H1	鉄鋼	現場塗装	1	素地調整	サンドブラストで除錆後、ショッププライマー塗り			
			2	下塗り1回目	鉛丹系さび止めペイント	0.20	25	12
			3	下地調整	汚れ・付着物の除去 発錆部は下塗り塗料で補修塗り			
			4	下塗り2回目	鉛丹系さび止めペイント	0.20	25	12
			5	中塗り	フタル酸樹脂系塗料	0.14	20	16
			6	上塗り	フタル酸樹脂系塗料	0.13	20	16

鉄塔本体は、鉄鋼および亜鉛めっき鋼部材で構成されており、特に長期間の防錆性を考慮した当時の塗装仕様として、フタル酸樹脂系塗装システムが採用された。

#### (1) 鉄鋼材

地上から H14 (図3に示す梁 No. : 以下同じ) までの部材は、鉄鋼材を工場にてサンドブラストしてショッププライマー塗り後に下塗り1回目(鉛丹系さび止めペイント)まで塗装し、現地搬入・建方後に、下塗り2回目(鉛丹系さび止めペイント)を全面に塗装した。なお、接合部のリベット頭・部材エッジ部など腐食し易い箇所は、あらかじめ下塗り塗料による増し塗りが行われた。また、中塗り・上塗りには、フタル酸樹脂系塗料が適用された。その後の合成樹脂系塗料の開発により、現在であれば高耐候性塗料であるふっ素樹脂系やアクリルシリコン樹脂系などの塗装システムが採用されたであろうが、当時では、それまでの土木・建築での実績などを考慮して、橋梁用のマリンペイントであるフタル酸樹脂系塗装システムを採用したものと考えられる。

#### (2) 亜鉛めっき鋼材

H14からH27までの部材は、工場にて鋼材を酸洗いしてから溶融亜鉛めっきを施し、現地搬入・建方・本締めボルト接合後に、下塗り(ジンクロメート系さび止めペイント)を塗装した。また、中塗り・上塗りには、「鉄鋼材」と同じフタル酸樹脂系塗装システムが塗装された。

### 3.3 現地塗装工事

鉄塔の鉄骨工事は、建方が1957年9月から1958年10月まで、接合(リベット・ボルト)が1957年12月から1958年

11月まで行われ、その間、1958年5月から7月にアンテナ設置工事が実施された。従って、鉄塔本体の現地塗装工事は、1958年11月から約1.5カ月で実施された。また、1958年1月から、科学館の建築工事も並行して開始された。

## 4. 鉄塔の維持保全

一般に、有機材料で構成される塗装システムから成る塗膜は、紫外線・温度・降雨水など大気中の外力により経年に伴って損耗・劣化していくため、塗替塗装を行うことによって美観や下地保護など所定の性能を維持していく必要がある。

東京タワーでも、図4に示す基本フローにより、定期的な状況調査を行いながら現状を把握するとともに、塗料の作業性・飛散性・耐候性などの問題点に対する改善策の効果を、現地での試験塗装や実験室試験などにより確認しながら、より良い塗替塗装仕様の適用検討を行ってきている。

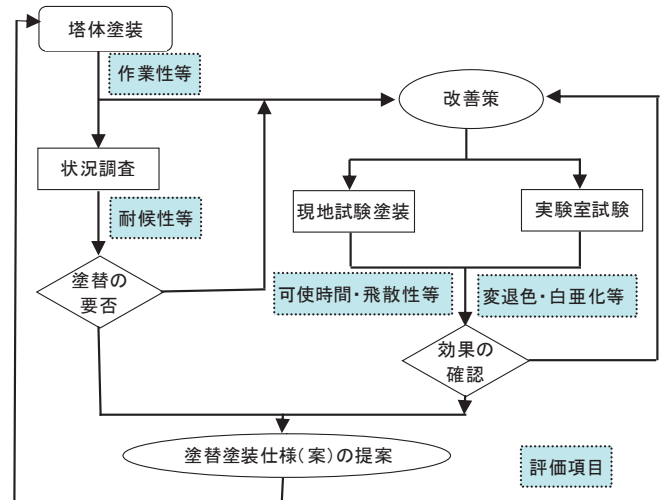


図4 塗装の維持管理基本フロー

以下に、塗替塗装工事を主とした東京タワーにおける維持保全の概要を紹介する。

#### 4.1 鉄塔の状況調査<sup>6) 7) 8) 9)</sup>

塗膜の経年変化状況を把握するための全面調査は、目視調査および計器調査を主として定期的実施しながら、塗替の要否を判定するとともに、データを蓄積して改善策の検討に反映してきている。

この塗膜の状況調査事例として、2001年(第7回全面塗替後5年経過)に実施した全面調査における調査対象部位・部材と調査項目を表2に、調査項目と評価基準を表3に示す。

調査対象は、塔頂から地上までの鉄塔本体外周回りの柱・

表2 調査対象部位・部材と調査項目

部位	部材	目視調査						計器調査			
		①汚れ	②変退色	③ふくれ	④われ	⑤はがれ	⑥発錆	①白亜化	②付着性	③膜厚	④光沢度
柱・ブレース	亜鉛めっき鋼	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
	鉄鋼	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
梁	亜鉛めっき鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	※	※
	鉄鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	※	※
階段	亜鉛めっき鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	—	—
	鉄鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	—	—
歩廊・架台 (チェックドプレート、グレーチング)	亜鉛めっき鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	—	—
	鉄鋼	※	※	※	※	※	※	—	—	—	—

※:調査対象, —:調査対象外

表3 調査項目と評価基準

評価点	調査項目(目視)					
	汚れ	変退色	ふくれ	われ	はがれ	発錆
5	著しい					全面に赤さびの発錆
3	認められる					白さびと赤さびが混在
1	わずか					白さびの発錆

評価点	調査項目(計器)	
	白亜化	付着性
	セロハンテープ付着試験 (テープへの付着量で評価)	クロスカットテープ試験 (塗膜の剥離程度で評価)
5	粉状物が全面に付着	カット部周辺に剥離
3	粉状物が部分的に付着	カット部に沿った剥離
1	粉状物がわずかに付着	部分的な剥離

梁・ブレースや、付帯施設である階段・歩廊・アンテナ架台などで、タラップや階段を昇降し、歩廊を利用して調査対象部分まで行き、目視観察(汚れ・変退色・ふくれ・われ・はがれ・発錆など)および計器測定(白亜化・付着性・膜厚・光沢度など)にて、塗膜の劣化状況調査を実施した。評価は、各節ごとに部材を区分し、鉄塔内部側の塗膜の劣化状況を評価基準に従って、方位別に点数化して記録した。

亜鉛めっき鋼面および鉄鋼面の塗膜の状況を写真2に示す。また、この調査結果の概要を以下に示す。

(1) 亜鉛めっき鋼面

- ①われ・はがれなどの塗膜劣化の進行が認められた。
- ②「はがれ」の大部分は、建設時の下塗り(ジンクロメート系さび止めペイント)と亜鉛めっき鋼素地面との界面剥離であった。



写真2 塗膜の状況

③彩色の違いでは、「黄赤」に比べて「白」の方が使用顔料(酸化チタン)に起因する白亜化・われ・はがれなどが進行している傾向が認められた。

亜鉛めっき鋼面から採取した塗膜の断面状況を、写真3に示す。塔体の亜鉛めっき鋼面の既存塗膜は、建設時(1958年)の塗膜の上に、第1回(1965年)から第7回(1996年)塗替時の塗膜(中塗りおよび上塗り)がそのまま塗り重ねられて構成されており、トータルで700 $\mu$ m前後の膜厚になっている個所が多く認められた(白と黄赤の塗重ねは、航空法改正に伴う変遷による)。

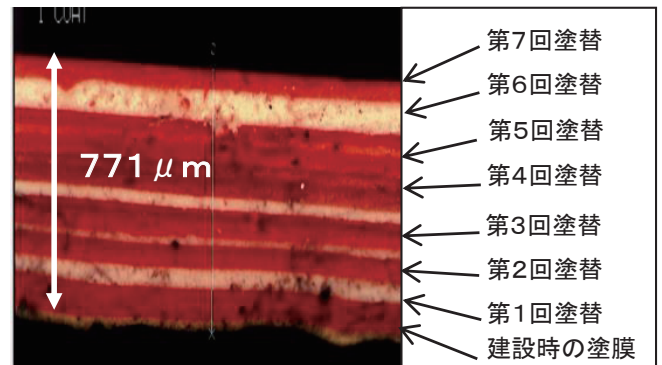


写真3 塗膜の断面状況

(2) 鉄鋼面

- ①汚れ・変退色などの美観上の不具合が認められた。
- ②われ・はがれなどの塗膜劣化は認められず、鉄鋼素地の発錆もなく、素地保護機能上、良好な塗膜状況であると判断された。

塗膜除去後の鉄鋼材表面の状況を写真4に示す。さびの発生は、全く認められず、健全な状況であると判断された。



写真4 塗膜除去後の鋼材表面状況

(3) その他

- ①階段、チェックドプレートなどの雨掛かり部分および水の溜まりやすい部分では、塗膜の劣化や鋼材の発錆が認められた。
- ②方位や高さの違いによる塗膜の劣化状況には、特に大きな差異は認められなかった。

東京タワーにおける塗装の塗替時期の判定は、塗膜劣化の影響が素地金属(鉄・亜鉛めっき)にまでおよばないようにする観点から、汚れ・変退色などにより美観機能が損な



われ始めた時点の一つの目安としている。

従って、この調査結果から、鉄塔本体全体に汚れ・変退色などの発生による美観機能の低下が認められ、亜鉛めっき鋼面では一部塗膜のはがれによる既存塗膜の素地保護機能の低下が認められ始めており、全面的な塗替塗装を行う状況になっているものと判断した。

#### 4.2 塗替塗装システム

東京タワーにおける今までの全面塗替時期およびその際の塗替塗装システムの変遷を表4に示す。

東京タワーでは、1958年に竣工以来、2013年の第10回塗替工事までの間、4年から6年毎に全面的な塗替塗装を実施してきている。この塗替塗装仕様の基本的な考え方は、素地金属の防錆上の観点から、下地調製と補修塗りは既存塗膜の劣化部のみにとどめ、健全部の塗膜はそのまま塗装下地として生かし、その上に中塗りおよび上塗りを全面に塗装するシステムの採用である。

適用している塗替塗装システムと、建設時の塗装システムの主な違いは、状況調査結果をもとに、亜鉛めっき鋼面では、建設時に下塗りとして用いた「ジンクロメート系さび止めペイント」の脆化に起因する塗膜のはがれが認められ、第1回目の塗替工事から、補修塗りに「鉛酸カルシウムさび止めペイント」を採用した。また、鉄鋼面では、一部で認められた損傷によるさびの発生が、リベット頭や部材エッジ部などに限定されており、第2回目の塗替工事から、防錆性能は「鉛丹系」と同等でより作業性の良い「特殊さび止めペイント」(防さびビヒクルタイプのさび止めペイント)を補修塗りに採用した。中塗りおよび上塗りは、建設時と同じフタル酸樹脂系を採用しているが、その塗料組成は既存塗膜の劣化状況を考慮した配合設計となっている。なお、このフタル酸樹脂塗装系は、現在の他の塗装系に比べて、既存塗膜との適合性や施工性などは良いものの、耐候性・耐水性などは劣っており、より塗替周期の長期化が期

待される塗装系(塩化ゴム系、シリコンアルキド樹脂系、アクリルシリコン樹脂系、ふっ素樹脂系など)の適用性についても、今日まで試験塗装や実験室試験などにより評価してきた結果、現状のフタル酸樹脂系を採用している。

また、2002年の第8回全面塗替工事では、亜鉛めっき鋼面での界面剥離・既存塗膜との付着性や地球環境などに配慮して、補修塗りに「1液型弱溶剤系変性エポキシ樹脂さび止めペイント」を、中塗りおよび上塗りには再生PETを利用したフタル酸樹脂系塗料を採用した。

さらに、2006年には、環境負荷低減に配慮した低VOC塗装システムの試験施工を塔体ブレースで行い、経時変化を調査してきている(図5参照)<sup>10)11)</sup>。

#### 4.3 塗替塗装工事<sup>12)13)14)</sup>

東京タワーにおける塗替塗装工事は、作業時間・丸太足場作業・風対策などの制約条件下で作業を行わなければならない。塗替工事の工程は、大展望台を境として、鉄塔本体の塗装工区を大きく二つに分け、上部のアンテナ部から大展望台までを秋に、大展望台から地上までを翌年の春に施工してきた(塗替塗装作業状況などは、写真5参照)。

表4 全面塗替塗装システムの変遷

部位	素地	工程	第1回 ('65)	第2回 ('70)	第3回 ('76)	第4回 ('80)	第5回 ('86)	第6回 ('91)	第7回 ('96)	第8回 ('02)	第9回 ('07)	第10回 ('13)	
H 27 H 14	亜鉛めっき鋼	下地調整	劣化塗膜の除去・清掃 同左										
		補修塗り	鉛酸カルシウムさび止めペイント	同左							1液型弱溶剤系変性エポキシ樹脂さび止めペイント		
		中塗り	フタル酸樹脂系塗料	同左									
		上塗り	フタル酸樹脂系塗料	同左									
H 14 H 1	鉄鋼	下地調整	発錆部のケレン・清掃 同左										
		補修塗り	鉛丹系さび止めペイント	特殊さび止めペイント*	同左							1液型弱溶剤系変性エポキシ樹脂さび止めペイント	
		中塗り	フタル酸樹脂系塗料	同左									
		上塗り	フタル酸樹脂系塗料	同左									

\*防錆ビヒクルタイプのさび止めペイント

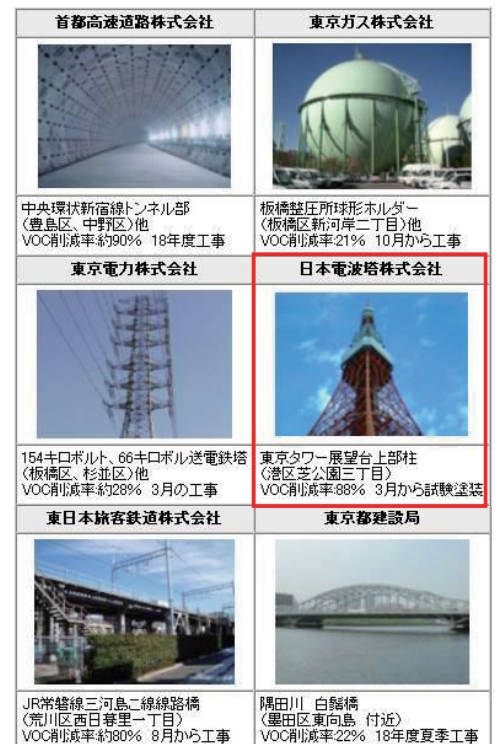


図5 低VOC化に向けた試験施工 (東京都環境局 HP)



写真5 塗替塗装作業の状況

## 5. おわりに

東京タワーの建設時およびこれまでの塗替塗装時に採用してきているフタル酸樹脂系塗装システムは、現在の建築塗装では汎用グレードに位置する。しかし、55年経過した今日でも健全な状態でタワーとしての機能を保持できているのは、計画的な維持保全の実施が大きく寄与しているものと思われる。また、塗装工事における環境負荷低減への配慮として、2013年2月から実施した第10回全面塗替工事では、低VOCでより塗替インターバルの長期化が期待される塗替塗装システムの適用に関して、塔体での試験施工を実施して検討しており、次回の第11回全面塗替工事に向けて準備中である。

東京タワーにおける維持保全に関して、今後も継続して調査・検討を行っていくとともに、この事例が物語っている計画的な維持保全の重要性が、他の鋼構造物や一般建築物の耐久設計に少しでも参考になれば幸いである。

最後に、東京タワーの維持保全を実施するに当たり、長年にわたりご協力いただいている日本電波塔(株)、(株)日建設計、関西ペイント(株)ならびに平岩塗装(株)の関係各位に感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) 内藤多伸, 鶴田明ほか: 東京タワー特別記事, 建築界, 8, No.4, pp.1 ~ 34, 1959年
- 2) 池田末造: 日本電波塔及び科学館新築工事竣工に際して, 竹中工務店社報, No.2, No.3, No.4, 1959年
- 3) 常木康弘, 國津博昭, 大澤 悟, 西野啓介: 高度情報化に対応した「東京タワー」の構造体の進化とメンテナンス, JSSC, No.71, pp.7 ~ 11, 2009年
- 4) 大澤 悟, 白石章二: 東京タワーにおける維持管理, 日本防錆技術協会第6回防錆防食技術発表大会, pp.85 ~ 88, 1986年7月
- 5) 山口伸夫, 岩佐義輝, 萩原忠治, 大澤 悟, 桜井和夫: 東京タワーの施工とメンテナンス, 季利カラム, No.117, pp.24 ~ 28, 1990年
- 6) 大澤 悟, 白石章二ほか: 東京タワー塗装の劣化調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) A, pp.669 ~ 670, 1987年10月
- 7) 杉本正衛, 大澤 悟, 中山文雄ほか: 鋼構造物の塗装システム その2 東京タワーにおける塗装の維持保全, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) A, pp.1129 ~ 1130, 1992年8月
- 8) 大澤 悟, 相川正行: 東京タワーにおける塗装の維持保全 その1 維持保全状況, 日本建築士学会大会学術講演会研究発表論文集, pp.9 ~ 12, 2001年10月
- 9) 相川正行, 大澤 悟: 東京タワーにおける塗装の維持保全 その2 経年変化状況, 日本建築士学会大会学術講演会研究発表論文集, pp.13 ~ 16, 2001年10月
- 10) 石橋透光, 大澤 悟, 井原健史: 東京タワーの維持保全における環境負荷低減に配慮した改修塗装システムの検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) A, pp.1007 ~ 1008, 2012年8月
- 11) 石橋透光, 井原健史, 大澤 悟, 藤谷和弘, 堀 誠: 東京タワーの環境に配慮した改修塗装システムの検討, 日本建築士学会大会学術講演会研究発表論文集, pp.175 ~ 178, 2012年10月
- 12) 大澤 悟: 東京タワーの防錆, 日本防錆技術協会第22回防錆防食技術発表大会, pp.115 ~ 123, 2002年7月
- 13) 大澤 悟: 鋼構造物の維持管理 東京タワー, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) A, pp.85 ~ 88, 2002年8月
- 14) 大澤 悟: 東京タワーの維持管理, 表面技術協会第117回講演大会講演要旨集, pp.340 ~ 343, 2008年3月

### プロフィール

大澤 悟(おおさわ・さとる)

(株)竹中工務店 技術研究所 建設材料部

専門分野: 防錆管理士(塗装・施設防食)・ビルディング  
ドクター(非構造)・シーリング技術管理士

最近の研究テーマ: 建築仕上材料・構工法の耐久性



# JASS8 T-301 ケイ酸質系塗布防水材料の試験方法改定の検討

材料グループ 志村 重顕

## 1. はじめに

JASS 8によれば、「ケイ酸質系塗布防水材料」とは、「コンクリートの表面に塗布することによりコンクリートそのものをち密なものに変化させ、透水に対して防水性を付与する材料であり、その粉体成分は主にセメントおよび粒度調整ケイ砂、ケイ酸質微粉末ほかから構成されており、所定量の水または水および専用のポリマーディスペーションと練り混ぜて用いる。」と定義されている。

すなわち、ケイ酸質系塗布防水の防水機構は、防水材料中から溶出するケイ酸イオンが、コンクリート中に浸透・拡散し、コンクリートの空隙中にあるカルシウムイオンと化学的に反応してケイ酸カルシウム水和物を生成し、毛細管空隙を充填することによるものである。この反応によってコンクリート表層は、写真1に示すような針状の形状を有する結晶の成長促進作用で充填され、メンブレン防水とは異なるコンクリート自体のち密化による防水が可能となる。このような機構で防水性能を発現しているケイ酸質系塗布防水材料は、表1に示すJASS 8 T-301「ケイ酸質系塗布防水材料の品質および試験方法」<sup>1)</sup>に定める品質を有するものに限定される。

表1 ケイ酸質系塗布防水材料品質基準

試験項目	品質基準
針状または繊維状結晶量	無塗布試験体の2倍以上
透水係数	無塗布試験体の1/3以下

ケイ酸質系塗布防水材料には、既調合粉体と水を練り混ぜて用いるIタイプと、既調合粉体と水および専用のポリマーディスペーションとを練り混ぜて用いるPタイプ(既調合粉体に再乳化型粉末樹脂を混入した場合にはポリマーディスペーションは不要)の2種類がある。施工は、刷毛、鋺、吹付け、ローラーなどで行う。防水層の厚さは0.4～0.6mmと薄く、モルタル防水材料と比べると施工は容易である。

ケイ酸質系塗布防水材料はその防水機構から、背面水圧の作用する下地に対してもふくれを生じることなく施工が可能である。また、施工の際に有機溶剤を使用しないため、換気しにくい作業環境でも使用が可能であり、主な適用部位は地下構造物となる。JASS 8では、ケイ酸質系塗布防水の適用部位として、図1に示すような地下構造物の外壁・床、水槽およびピットを標準としている。

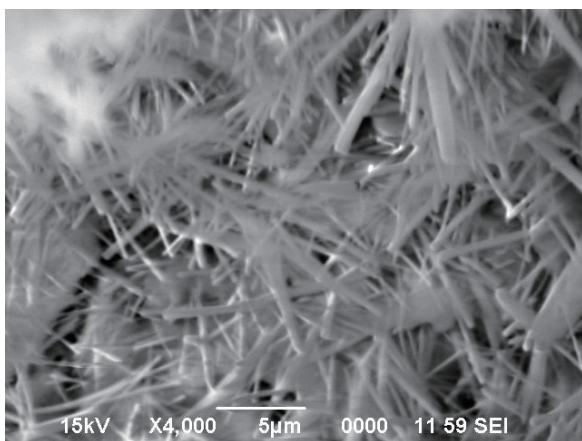


写真1 生成した針状結晶の例

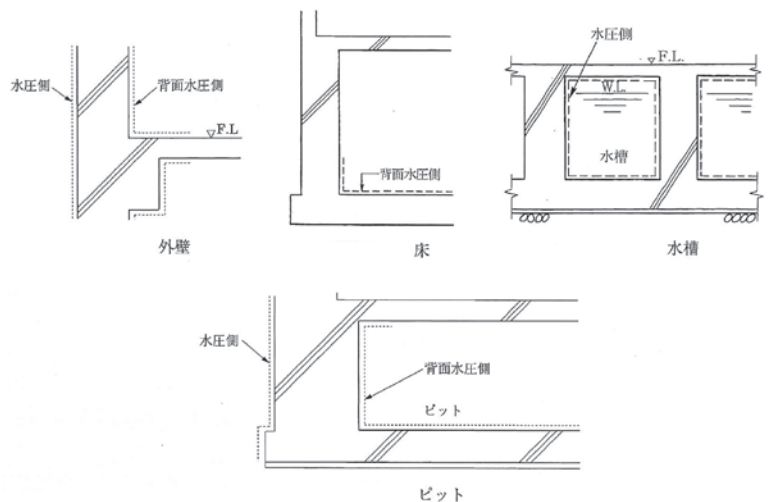


図1 ケイ酸質塗布防水の適用部位<sup>1)</sup>



## 2. ケイ酸質系塗布防水材の性能試験方法の見直し

### 2.1 結晶観察方法の効率化の検討

ケイ酸質系塗布防水材の防水性能を評価する指標として、「JASS 8 T-301 ケイ酸質系塗布防水材料の品質および試験方法」がある。この試験方法では、ケイ酸質系塗布防水材を施工した試験体の透水係数と針状および繊維状結晶の発生量の変化<sup>2)</sup>を、無塗布試験体と比較することにより評価を行う。

この試験方法の中で、針状および繊維状結晶の測定は、「走査型電子顕微鏡を用いて2mm×2mmの面積を拡大倍率4000倍で観察する。」と記載されているが、具体的な観察画面数が記載されていないことから、観察に使用する走査型電子顕微鏡の視野の広さによっては、観察する画面数が変わってしまう。さらに、2mm×2mmの面積を全て観察するためには1試験体あたり数千画面を観察する必要があり、多大な労力を必要とする。

これらの点に関して、日本建築学会・防水工事運営委員会・JASS 8改定小委員会傘下のケイ酸質系塗布防水WGでは、試験の再現性向上および効率化のための検討を行ったので、その結果について報告する。

#### 2.1.1 試験体

試験体はJASS 8 T-301に従って作製した。まず、表2に示す下地モルタル板にケイ酸質系塗布防水材を塗布して、所定の養生後に透水試験用試験片を採取した。その後、透水試験と同一の試験体から針状および繊維状結晶観察用試験片を採取した。針状および繊維状結晶の観察に使用した試験体の記号を表3に示す。

表2 下地モルタル板の概要

セメントの種類	普通ポルトランドセメント
砂	豊浦標準砂(JIS R 5201:1992)
水/セメント比	0.65
砂/セメント比	2.3
試験体寸法	φ 150mm×40mm
数 量	記号ごとに3個

表3 試験体の記号

防材のタイプ	記号
—	無塗布
Iタイプ	a
Pタイプ	d

#### 2.1.2 試験方法

JASS 8 T-301では、針状および繊維状結晶の観察において、表4に示す配点に従って観察画面を採点し、評価を行う。

表4 針状および繊維状結晶観察時の配点<sup>\*1)</sup>

70%以上を占めた場合	:3点
30～70%占めた場合	:2点
30%以下を占めた場合	:1点
確認されない場合	:0点

\*1) 4000倍の走査型電子顕微鏡の観察画面を針状および繊維状結晶が占める割合に応じた配点

この結晶観察の際の画面数について2mm×2mmの面積を全画面結晶観察(5146画面)する場合の概念図を図2に、間引き観察をする場合の概念図を図3および図4に示す。間引き間隔は、0.25mm間隔(81画面観察)および0.5mm間隔(25画面観察)とした。観察によって得られた結果から平均点(各観察画面の配点の合計を観察画面数で除した値)を算出し、全画面観察と間引き観察の結果を比較した。

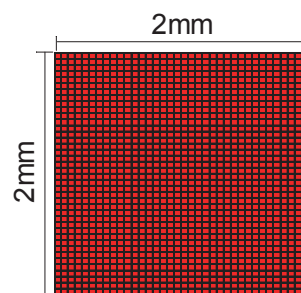


図2 全画面観察の概念図

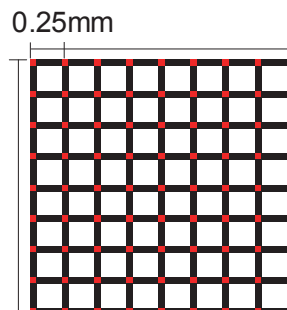


図3 81画面観察の概念図

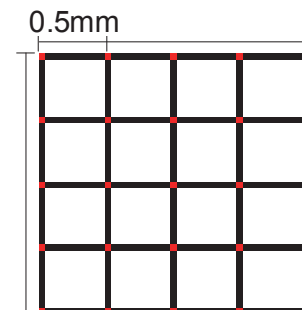


図4 25画面観察の概念図

#### 2.1.3 試験結果

全画面観察および間引き観察の得点および平均点を表5に示す。平均点は、無塗布の試験体では約0.9、ケイ酸質系塗布防水材を塗布した試験体では約1.2であった。また、試験体間のばらつきは最大で0.14であったのに対し、全画面観察と間引き観察の差(平均)は最大でも0.03であった。これらのことから、無塗布、IタイプおよびPタイプの全てのケースにおいて、2mm×2mmの面積から均等に間引き観察を行った結果は、全画面観察を行った結果と大きく変わらないことが確認できた。

表5 全画面観察および間引き観察の平均点

防水材のタイプ	記号	得点			平均点		
		全画面観察	間引き観察		全画面観察	間引き観察	
		5146画面	81画面	25画面	5146画面	81画面	25画面
-	無塗布1	4808	66	22	0.93	0.81	0.88
	無塗布2	4827	80	25	0.94	0.99	1.00
	無塗布3	4730	72	23	0.92	0.89	0.92
	総平均	-	-	-	0.93	0.90	0.93
Iタイプ	a1	5984	99	31	1.16	1.22	1.24
	a2	6444	97	29	1.25	1.20	1.16
	a3	5869	94	30	1.14	1.16	1.20
	総平均	-	-	-	1.18	1.19	1.20
Pタイプ	d1	6390	98	30	1.24	1.21	1.20
	d2	6732	114	32	1.31	1.41	1.28
	d3	6021	92	30	1.17	1.14	1.20
	総平均	-	-	-	1.24	1.25	1.23

## 2.2 過去の試験結果との比較

JASS 8 T-301においては、ケイ酸質系塗布防水材の品質基準は針状および繊維状結晶量が無塗布試験体の2倍以上と決められているが、近年、過去に合格となった製品が、現在では合格しないとの報告が複数のメーカーから寄せられている。そこで、現在の材料の性能を確認するとともに、試験方法の制定時に行われた、過去の試験結果と、今回の試験結果について比較した。

### 2.2.1 試験体

試験体は2.1の検討と共用とし、ケイ酸質系塗布防水材の種類はIタイプを3種類、Pタイプを2種類の合計5種類とした。表6に試験体の記号を示す。

なお、今回試験に供したケイ酸質系塗布防水材は、全て過去の試験でJASS 8 T-301に合格した材料である。

表6 試験体の記号

防水材のタイプ	記号
-	無塗布
Iタイプ	a, b, c
Pタイプ	d, e

### 2.2.2 試験方法

JASS 8 T-301に従い、透水係数の測定ならびに針状および繊維状結晶量の測定を行った。ただし、針状および繊維状結晶量の測定については、2.1の結果を踏まえ、2mm×2mmの観察画面から0.25mm間隔で均等に観察(81画面観察)することとした。

### 2.2.3 試験結果

#### (1) 透水試験

今回の透水試験結果を表7に、過去の透水試験結果を表8に示す。JASS 8 T-301の透水試験の規格値は、ケイ酸質系塗布防水材を塗布した試験体の透水係数が無塗布試験体の1/3(0.33)以下であり、今回の試験体は全て合格となった。また、過去の試験結果では2箇所の試験機関の値がともに無塗布の1/3(0.33)以下となった製品は7製品のうち4製品であった。3体の平均と比較した場合、今回の試験結果は過去の試験結果よりやや良い結果となった。

表7 今回の透水試験結果

防水材のタイプ	記号	透水係数比 <sup>*2)</sup>
Iタイプ	a	0.14
	b	0.29
	c	0.26
Pタイプ	d	0.08
	e	0.32
-	平均	0.22

\*2) 防水材を塗布した試験体の透水係数を無塗布の試験体の透水係数で除した値。

表8 過去の透水試験結果

防水材のタイプ	記号	透水係数比	
		試験機関A	試験機関B
Iタイプ	A	0.17	0.08
Iタイプ	B	0.21	0.33
Pタイプ	C	0.17	0.15
Iタイプ	D	0.42	0.09
Pタイプ	E	0.41	0.05
Pタイプ	F	0.29	0.26
Pタイプ	G	0.25	0.91
-	平均	0.27	0.27

#### (2) 針状および繊維状結晶量の観察

今回の針状および繊維状結晶量の観察結果を表9に、過去の針状および繊維状結晶量の観察結果を表10に示す。JASS 8 T-301の規格値は、針状および繊維状結晶量の観察では、ケイ酸質系塗布防水材を塗布した試験体の結晶量が無

塗布の2倍以上となっており、今回の試験体は、全て規格値を超えることが出来なかった。

また、過去の試験結果については、2箇所の試験機関の値がともに規格値を超えた製品は7製品のうち4製品であったが、7製品の平均は3.58であり、今回の試験結果より大幅に良い(生成比が大きい)結果であった。

表9 今回の針状および繊維状結晶量観察結果

防水材のタイプ	記号	生成比*3)
Iタイプ	a	1.31
	b	1.39
	c	1.61
Pタイプ	d	1.36
	e	1.57
—	平均	1.45

\*3) 防水材を塗布した試験体の平均点を無塗布の試験体の平均点で除した値。

表10 過去の針状および繊維状結晶量観察結果

防水材のタイプ	記号	生成比	
		試験機関A	試験機関C
Iタイプ	A	5.12	4.41
Iタイプ	B	4.95	6.92
Pタイプ	C	2.88	1.59
Iタイプ	D	2.77	2.08
Pタイプ	E	2.0	1.81
Pタイプ	F	4.79	3.57
Pタイプ	G	1.92	4.70
—	平均	3.49	3.58

## 2.2.4 考察

表10の記号B, 試験機関Cにおける観察結果において、生成比が6.92となっているが、平均点の最大は3であることから、過去の試験結果では無塗布の平均点は最大でも3/6.92=0.43である。今回行った試験では無塗布の平均点は0.9であることから、過去の試験結果が良い(生成比が大きい)理由は、過去の無塗布の試験体の得点が、今回より大幅に低いためであると考えられる。

過去と比べ今回の無塗布試験体の得点が上昇した要因としては、セメントの配合の変化や走査型電子顕微鏡の性能の向上など、複数の要因が考えられるが、中でも特に走査型電子顕微鏡の性能の向上の影響が大きいと考えられる。

写真2～写真4に、4000倍で試験体を観察した際の写真を示す。写真2の丸で囲われた部分には微細な結晶が確認されたが、このような微細な結晶は、試験体の観察画面のほとんどの場所で確認される。さらに、このような微細な結晶が写真3および写真4のような観察しにくい領域に存在した場合、過去の試験に用いた旧式の走査型電子顕微鏡による観察の際に見落としていた可能性が高いと考えられる。

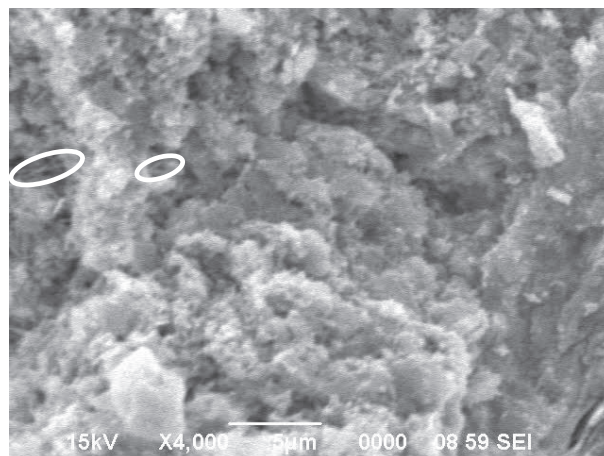


写真2 微細な結晶の例

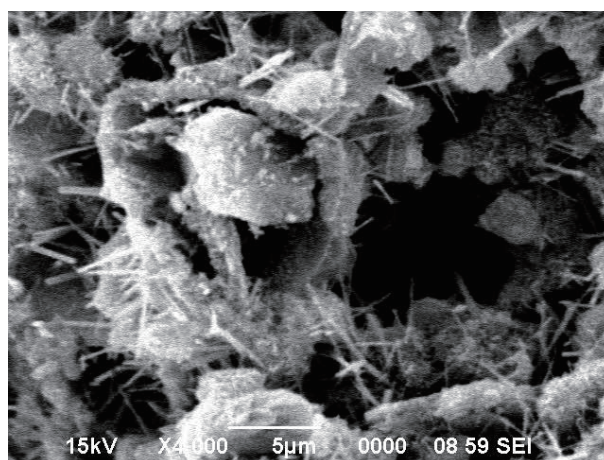


写真3 暗く見えない領域がある画面の例

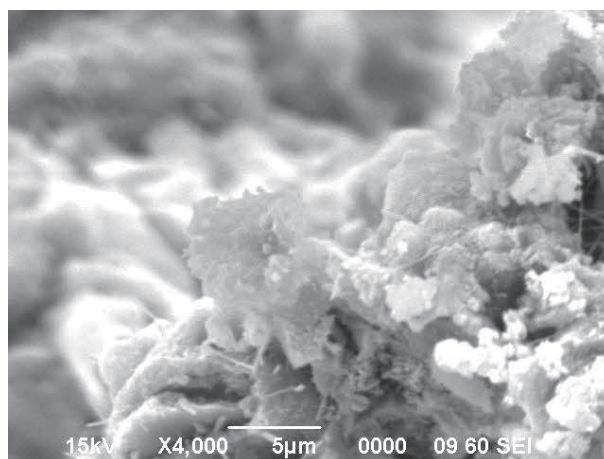


写真4 全体にピントが合わない画面の例

## 2.3 現行試験の改善による新しい試験方法の提案

2.2の結果を踏まえ、現在の性能の向上した材料・試験装置(走査型電子顕微鏡)を用いても試験方法制定当時と近い結果となるよう、結晶観察の配点について当時との整合性を図るための検討を行った。



### 2. 3. 1 試験体

試験体は2. 1および2. 2と共用とし、ケイ酸質系塗布防水材の種類はIタイプを3種類、Pタイプを2種類の合計5種類とした。表11に試験体の記号を示す。

なお、今回試験に供したケイ酸質系塗布防水材は、全て過去の試験でJASS 8 T-301に合格した材料である。

表11 試験体の記号

防水材のタイプ	記号
—	無塗布
Iタイプ	a, b, c
Pタイプ	d, e

### 2. 3. 2 試験方法

JASS 8 T-301に準じて結晶観察を行った。ただし、観察画面数は2. 1の結果を踏まえ、81画面とした。なお、結晶観察する際、試験体を結晶量10%刻みで観察し、それぞれの観察画面の見え方を確認することで、結晶量の配点を検討した。また、10%刻みの画面が、それぞれ81画面のうちどれだけの割合を占めるかを確認した。

### 2. 4. 3 試験結果

#### (1) 観察画面の確認

針状および繊維状結晶量の電子顕微鏡画面を写真5および写真6に示す。画面中に占める結晶量の割合が20%程度(写真5参照)の結晶の場合、70%程度(写真6参照)や90%程度(写真7参照)の画面と比較して非常に結晶量が少なく、防水効果が期待できないと考えられる。

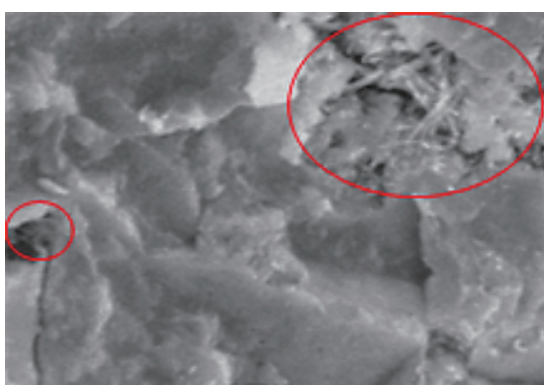


写真5 針状および繊維状結晶量観察画面 (20%)

#### (2) 結晶生成割合ごとの画面数

針状結晶観察時の81画面の内訳を表12に、同様の内容をグラフで表したものを図5に示す。結晶生成割合は、無塗布の観察画面は大部分が0%~30%であり、特に10%以下の画面数が多いことから微細な結晶が無塗布の得点を上昇させて

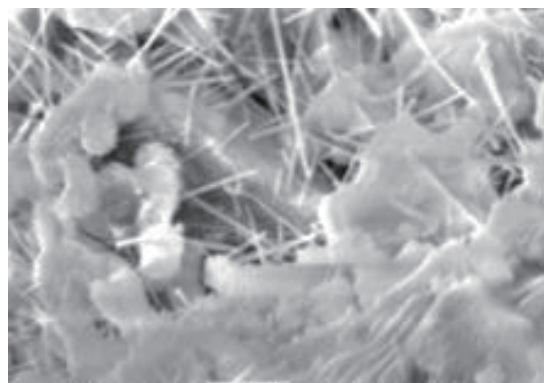


写真6 針状および繊維状結晶量観察画面 (70%)

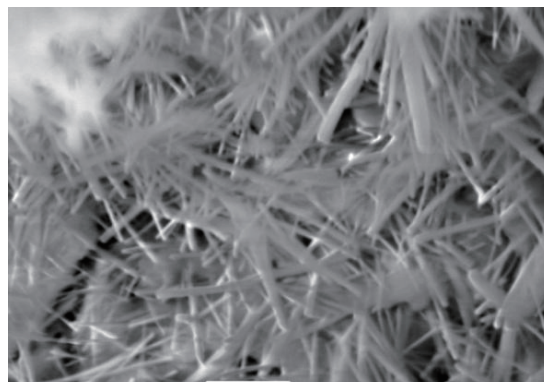


写真7 針状および繊維状結晶量観察画面 (90%)

表12 針状および繊維状結晶観察時の81画面の内訳<sup>\*4)</sup>

防水材のタイプ	—		Iタイプ			Pタイプ	
	記号	無塗布	a	b	c	d	e
観察画面における結晶の割合	90%以上	0.0	1.7	0.0	3.0	0.3	2.0
	80%	0.0	1.3	1.0	4.0	0.3	3.0
	70%	0.0	2.3	2.7	5.3	0.7	3.3
	60%	1.0	4.3	3.3	4.7	2.3	5.7
	50%	1.3	1.7	6.0	4.3	6.7	6.7
	40%	3.7	5.7	9.3	7.3	11.0	9.7
	30%	12.0	16.0	12.7	10.7	23.3	12.0
	20%	18.0	24.0	20.7	15.3	20.0	16.3
	10%以下	32.0	17.3	21.3	23.7	13.7	19.0
	0%	13.0	6.7	4.0	2.7	2.7	3.3

\*4) 表中の数値は画面数(3体の平均)を示す。

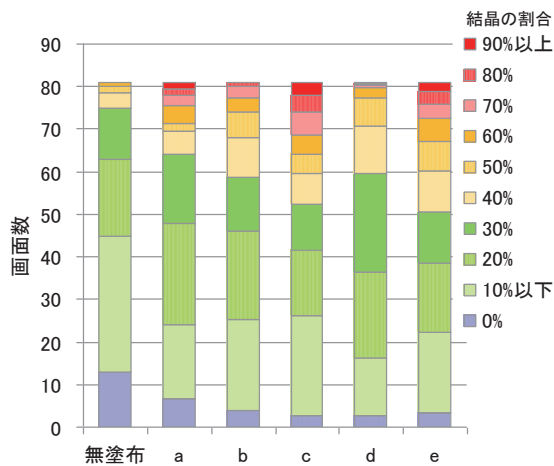


図5 81画面観察時の結晶生成量の内訳

表 14 JASS8 T-301 の配点および新しい配点案による試験結果

防水材のタイプ	記号	現行試験方法	案1	案2	案3	案4
		・結晶有りから3割を1点 ・3割から7割を2点 ・7割以上3点	・3割以上7割未満を1点 ・7割以上2点	・3割以上7割未満を2点 ・7割以上3点	・3割以上5割未満を1点 ・5割以上7割未満を2点 ・7割以上3点	・3割以上5割未満を1点 ・5割以上7割未満を3点 ・7割以上5点
—	無塗布	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Iタイプ	a	1.31	2.13	1.98	2.49	3.07
	b	1.39	2.15	2.05	2.75	3.37
Pタイプ	c	1.61	2.87	2.53	4.05	5.53
	d	1.36	2.56	2.52	2.89	3.20
	e	1.57	2.81	2.58	3.64	4.75
—	平均	1.45	2.50	2.33	3.16	3.98

表 13 過去の試験結果

試験機関	針状結晶生成比 (塗布/無塗布)
A	3.49
C	3.58
平均	3.54

いたことが推定される。また、40%以上の結晶が生成している画面は少なく、70%を超える結晶が生成している画面は確認されなかった。塗布試験体では無塗布と比較して0%の画面数が減少していること、40%以上の画面数が増加していることが確認できた。

### 2. 3. 3 考察

表 13 に結晶観察における過去の試験結果を、表 14 に現行 JASS 8 T-301 の配点方法および新しい配点案による試験結果を示す。今回と過去の試験結果は、2. 2 で示したように透水係数の値はほぼ同程度であったが、今回の結晶観察結果を現行の試験方法で採点した場合、生成比の値は5製品の平均で1.45 (品質規格2倍以上) であり、過去の試験結果 (3.54) とは大きく異なっている。

表 14 に示す新しい配点案では、今回の試験結果から防水性への寄与が少ないと判断した20%以下の結晶量について配点を0点とした上で、30%以上の画面の配点を変えた4つの案を記載している。今回と過去の試験結果が近い値となり、かつ現行の試験方法から大きく逸脱しない配点案であることから、表 14 に示す配点案の中では「案3」が妥当であると考えられる。

### 3. まとめ

本試験では、JASS 8 T-301 におけるケイ酸質系塗布防水材の結晶観察画面数について検討を行った。また、過去に合格となったケイ酸質系塗布防水材について、現在の材料・試験装置を用いて性能を確認するとともに、試験方法制定時に行われた当時の試験結果と比較検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 現行の全画面観察 (5146画面) と、間引き観察 (81画面、

25画面) の得点傾向は変わらない。また、81画面観察と25画面観察では、試験に要する時間は大きく変わらないが、25画面観察では現行の試験方法と比較して、1観察画面あたりの比重が約200倍と大きく異なることから、81画面が合理的な観察画面数と考えられる。

- 2) 今回行った試験では、透水試験の結果は過去とほぼ同等であったが、針状および繊維状結晶量の観察結果 (生成比) は大幅に低下した。この理由としては、観察に使用する電子顕微鏡の性能が向上したことで、無塗布の得点が増加した事が大きいと考えられる。
- 3) 電子顕微鏡の写真画面より、防水性能への寄与が低い結晶割合が20%以下の得点を0点とした上で、結晶割合30%以上の配点を検討した結果、過去の試験結果とも整合のとれる配点案を提案できた。

#### 【謝辞】

本研究に際して、東京工業大学名誉教授・田中享二先生にご指導を頂きました。また、本研究は、(一社)日本建築学会・防水工事運営委員会・JASS 8改定小委員会・ケイ酸質系塗布防水WGの研究活動の一部であり、委員各位には多大なご協力を頂きました。ここに心より感謝致します。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会. 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 8 防水工事. JASS 8 T-301ケイ酸質系塗布防水材料の品質および試験方法, pp.407-409,2008.2.
- 2) 田中, 呉, 松本, 小池. ケイ酸質塗布防水材料によるコンクリートの内部組織の変化. 日本建築学会構造系論文報告集. 第416号, pp.47-56,1990.10.

#### \* 執筆者

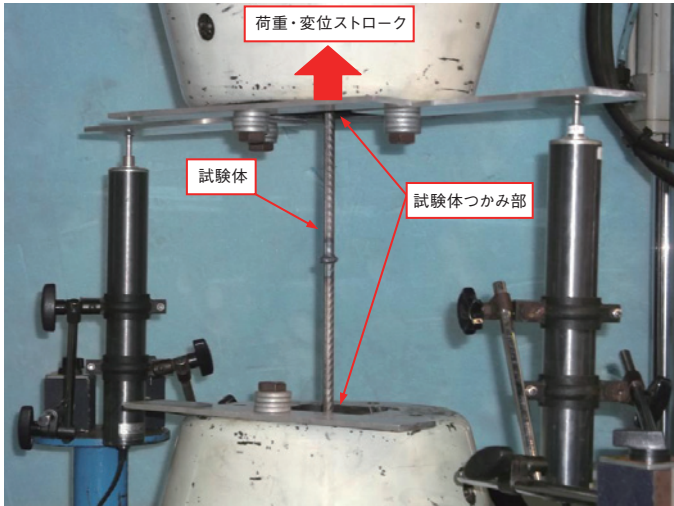
志村 重顕 (しむら・しげあきら)  
中央試験所 材料グループ  
主任  
従事する業務: 防水材, 補修剤, 仕上げ材  
などの性能試験



# フラッシュバット溶接による鉄筋継手 「ダイヤレンNS・MKフープ」の引張試験

(発行番号：第13A1162号)

この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです(抜粋・編集して掲載)。

試験名称	フラッシュバット溶接による鉄筋継手「ダイヤレンNS・MKフープ」の引張試験							
依頼者	コーリョー建販株式会社 宮城工場							
試験項目	一方向引張り, 一方向繰返し							
試験体	試験体		母材(鉄筋コンクリート用棒鋼)					
	試験項目	記号	番号	種類	呼び名	規格降伏点 ( $\sigma_{y0}$ ) N/mm <sup>2</sup>	規格引張強さ ( $\sigma_{t0}$ ) N/mm <sup>2</sup>	公称断面積 (S) mm <sup>2</sup>
	一方向引張り	MD10-T MD13-T MD16-T	1~3	MK785	MD10 MD13 MD16	785以上	930以上	71.33 126.7 198.6
一方向繰返し	MD10-R MD13-R MD16-R	1~3	MD10 MD13 MD16		71.33 126.7 198.6			
(注) 1. 記載内容は、依頼者提出資料による。 2. 母材の種類は、高強度せん断補強筋用異形棒鋼MK785である。								
試験方法	準拠規格：2007年版建築物の構造関係技術基準解説書(監修：国土交通省住宅局建築指導課, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人建築研究所, 日本建築行政会議) 3.7.3鉄筋の継手及び定着「機械式継手及び圧着継手性能判定基準」に規定される一方向引張り試験及び「溶接継手性能判定基準」に規定される一方向繰返し試験に従って行った。なお、一方向繰返しの載荷は以下の順序で行った。 ①一方向引張り試験より、降伏点の平均値( $\sigma_y$ )の算出。 ②引張り方向に応力 $\sigma$ が降伏点( $\sigma_y$ )の1.2倍以上になるまで載荷し、その時の応力を $\sigma_c$ とし、応力 $\sigma$ が0.05 $\sigma_{y0}$ ( $\sigma_{y0}$ は母材の規格降伏点)になるまで除荷する。 ③応力 $\sigma$ が0.05 $\sigma_{y0}$ と $\sigma_c$ の間で、載荷と除荷を20回繰返し、その後、破断させる。 加力装置：500kN油圧サーボ疲労試験機 参 照：写真1(試験実施状況)							
 <p>写真1 試験実施状況</p>								

つづく



試験項目	試験体		降伏点 ( $\sigma_y$ ) N/mm <sup>2</sup>	引張強さ ( $\sigma_b$ ) N/mm <sup>2</sup>		破壊状況	
	記号	番号					
一方向 引張り	MD10-T	1	824	996		全て 母材で破断	
		2	835	999			
		3	842	1009			
		平均	834	1001			
	MD13-T	1	806	984		全て 母材で破断	
		2	811	985			
		3	811	987			
		平均	809	985			
	MD16-T	1	854	1047		全て 母材で破断	
2		854	1037				
3		830	1033				
平均		846	1039				
試験項目	試験体		降伏点 ( $\sigma_y$ ) N/mm <sup>2</sup>	( $\sigma_c = 1.2 \times \sigma_y$ ) 以上の 繰返し応力時		引張強さ ( $\sigma_b$ ) N/mm <sup>2</sup>	破壊状況
	記号	番号		1回目 ( $\sigma_c$ ) N/mm <sup>2</sup>	20回目 ( $\sigma_c$ ) N/mm <sup>2</sup>		
一方向 繰返し	MD10-R	1	827	1001	1002	1009	全て 母材で破断
		2	828	1001	1001	1016	
		3	826	1001	1001	1003	
		平均	827	1001	1001	1009	
	MD13-R	1	808	979	981	985	全て 母材で破断
		2	805	979	981	988	
		3	807	979	983	987	
		平均	807	979	982	987	
	MD16-R	1	846	1022	1025	1047	全て 母材で破断
2		849	1022	1024	1043		
3		834	1022	1024	1041		
平均		843	1022	1024	1044		
試験期間	平成 25 年 7 月 4 日～9 日						
担当者	構造グループ 統括リーダー 川 上 修 主任 上 山 耕 平 庄 司 秀 雄 (主担当)						
試験場所	中央試験所						

## コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

今回は、コーリョー建販株式会社宮城工場の依頼により実施した、フラッシュバット溶接による鉄筋継手の引張試験について紹介した。

近年、RC造建築物は高層化が進み、使用する構造材料の高強度化が求められている。高層建築物では、耐震性や安全性を確保するために、中低層の建築物に比べ柱や梁の断面積が大きくなり、居住性を損なうこと、建物の自重が増大することなどが問題となっている。

このような背景から、旧建設省では、1988年から1992年の5カ年をかけ、超高層化技術の開発と普及を目的とした「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術開発」(以下、New RC総プロという)が行われ、構造躯体断面の縮小化と構造部材の高強度化を目的とした開発が進められた。

試験体は、New RC総プロ以後に開発された、高強度鉄筋を使用した溶接継手であり、開口補強筋やせん断補強筋として使用されている。

試験は、(一財)日本建築センターの構造評定を取得するために、2007年版建築物の構造関係技術基準解説書で規定される「鉄筋継手性能判定基準」に従って行った。一方向引張り試験および一方向繰返し引張試験では、鉄筋継手の耐力、靱性に関する性能が継手のない鉄筋と同等以上であることを確認した。

中央試験所構造グループでは、鉄筋継手の引張試験の他、各種構造部材の性能試験を実施している。多くの方々にご利用いただければ幸いである。

(文責：中央試験所 構造グループ 主任 庄司 秀雄)

## JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) : 2014の改正について

### 1. はじめに

JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) : 2014が2014年3月20日に官報公示され、改正された。

レディーミクストコンクリートが日本で商品化され、販売されたのは1949年(昭和24年)年末のことである。レディーミクストコンクリートの日本工業規格は、1953年(昭和28年)11月7日に、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)として制定された。制定当初の規格名称は、「レディーミクストコンクリート」であり、現在の名称に変更されたのは、1993年の改正においてである。このJISは、米国の規格であるASTM (ASTM C 94-48 : Standard Specification for Ready-Mixed Concrete) を基に作成されたものである。これまで12回の改正が行われており、60年の歴史がある。ここでは、JIS A 5308の変遷を含め、13回目となる改正のポイントを紹介する。

### 2. JIS A 5308の改正の変遷について

表1にJIS A 5308の過去の規格改正動向と主な改正点を示した。これまでの改正の変遷を見ると、1968年(昭和43年)にコンクリートの種別(A種, B種)の規定化が行われた。このA種, B種の区分は、JIS A 5308と対応する国際規格であるISO22965-1 (Concrete-Part1:Methods of specifying and guidance for the specifier) に規定されている prescribed concrete (指定コンクリート) と designed concrete (設計コンクリート) の内容と近似している。その後、1978年に標準品、特注品などの種類、呼び強度などの規定化が行われ、使用材料であるセメント、骨材、混和材料(混和材, 混和剤)、水などの種類、品質の規定化が進んだ。1980年代半ばまでは、おおむね制定から10年ごとに1回の見直しが行われてきたが、1980年代に問題となったコンクリートクライシスにより、塩害、アルカリ骨材反応などの深刻さが顕在化した。これらの規

制化が進められるとともに、様々な材料が台頭し、レディーミクストコンクリートの規格内容の見直しが行われてきた。

2000年以降の改正のポイントとしては、2003年に高強度コンクリートが規定されたこと、リサイクル材料として、エコセメント、各種スラグ骨材、再生骨材、混和材料などが使用材料へ規定化されたことなどがあげられる。また、前回2011年の追補改正では、運搬の定義とリサイクル材の使用と納入書への記載(メビウスループによる表示)などが規定された。

今回の改正では、回収骨材の使用、配合計画書・納入書関連の改正、試験規格の廃止などが主な改正のポイントである。

### 3. 主な改正内容

JIS A 5308 : 2014の改正のポイントは、主に、以下の点である。ここでは、改正されたこれらの規格内容について紹介する。

- (1) 材料貯蔵設備の配置に関する規定
- (2) 引用規格であるJIS A 8603 (コンクリートミキサ) の分割・廃止への対応
- (3) 回収骨材の追加
- (4) レディーミクストコンクリートの配合計画書の関連
- (5) レディーミクストコンクリートの納品書の関連
- (6) 附属書Cのスラッジ水の規定
- (7) その他、JIS A 1126, JIS A 1141の引用取止め

#### 3.1 材料貯蔵設備の配置に関する規定について

材料貯蔵設備の配置に関する規定については、回収骨材が規格化されたことに伴い、骨材の貯蔵設備について規定内容が変更された。箇条8.1.1の材料貯蔵設備 b) 項に「骨材の貯蔵設備は、日常管理ができる範囲内に設置し、種類別及び区分別に仕切りをもち、大小の粒が分離しにくいものでなければならない。」とされ、日常的に管理ができる範囲内に設置することが明記された。

表1 JIS A 5308の規格改正動向と主な改正点(2011年までの改正)

規格番号	JIS A 5308:2009/AMENDMENT 1:2011					
標 題	レディーミクストコンクリート(追補1)					
英訳標題	Ready-mixed concrete (Amendment 1)					
規格概要	荷卸し地点まで配達されるレディーミクストコンクリートについて規定。配達されてから後の運搬、打込み及び養生については適用しない。					
履 歴	制定年月日：1953-11-07	改正年月日：2011-12-20			確認年月日：1983-05-01	
	1953-11-07 制定	1956-11-07 確認	1959-10-27 確認	1962-11-01 確認	1966-01-01 確認	
	① 1968-05-01 改正	コンクリートの種別(A種, B種)の規定化			1971-07-01 確認	
	② 1975-09-01 改正	SI単位の導入併記				
	③ 1978-06-01 改正	骨材に関する附属書(土木, 建築用), コンクリートの種類(標準品, 特注品), 呼び強度が規定化, 固定プラント限定			1983-05-01 確認	
	④ 1985-03-01 改正	砕砂, 高炉スラグ細骨材の規定化, 膨張材, 化学混和剤, 防せい材の規定化, 骨材の混合使用の規定化				
	⑤ 1986-10-01 改正	塩化物量の規定化, アルカリシリカ反応に関する骨材の規定化				
	⑥ 1989-12-01 改正	骨材のアルカリシリカ反応性の有無(A, Bの区分), 水の品質規定に関する附属書, 指定事項の見直し, 流動化コンクリートのベースコンクリートの規定化				
	⑦ 1993-03-01 改正	規格名称を「レディーミクストコンクリート」に改正, SI単位への切り替え, 区分(標準品, 特注品)の廃止, 呼び強度150の廃止, 単位水量の上限値, 空気量4.5%に改正, 空気量の許容差を±1.5%へ改正				
	⑧ 1996-03-01 改正	呼び強度22.5, 25.5, 35の廃止, 33, 36を新設, 軽量型枠の使用の規定化, 高性能AE減水剤の規定化				
	⑨ 1998-04-20 改正	低熱ポルトランドセメント, 銅スラグ骨材, 高炉スラグ微粉末の使用材料への規定化				
	⑩ 2003-12-20 改正	高強度コンクリートの規定化, アルカリシリカ反応抑制対策(総量規制, 混合セメントの使用, 安全な骨材の使用)の改正, エコセメント, シリカフェーム, 電気炉酸化スラグ骨材の使用材料への規定化				
	⑪ 2009-03-20 改正	配合計画書の名称変更, 納入書への配合(単位量)の記載, 再生骨材Hの使用材料への規定化, スラッジ水の利用促進, 付着モルタルの利用拡大, JIS A 8603(コンクリートミキサ)の引用, アンボンドキャッピングの適用, 塩分計の使用承認の規定変更, 混合使用する砕石の区分追加, 溶融スラグ骨材の使用ができない旨の注記追加, 軽量型枠の平面度の測定方法の統一化				
⑫ 2011-12-20 追補改正	運搬に関する規定の変更(荷下し地点に到着するまでの時間), リサイクル材の使用と納入書への記載(メビウスループによる表示)の規定化, スラッジ固形分率の管理方法の変更					

### 3.2 JIS A 8603(コンクリートミキサ)の分割・廃止への対応について

ミキサの引用規格として, JIS A 8603:1994が引用されていたが, 同規格の改正に伴い, JIS A 8603が廃止され, JIS A 8603-1(コンクリートミキサー第1部:用語及び仕様項目)とJIS A 8603-2(コンクリートミキサー第2部:練混ぜ性能試験方法)が制定された。そのため, ミキサの性能に関連する規格であるJIS A 8603-2を適切に引用するとともに, ミキサの種類及び定格容量(公称容量), ミキサの要求性能が規定された。表2にミキサの種類及び定格容量を, 表3にミキサの要求性能を示す。

表2 ミキサの種類および定格容量

種類		定格容量(公称容量) m <sup>3</sup>
重力式ミキサ	傾胴形	0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
強制練りミキサ	水平一軸形	
	水平二軸形	
	パン形	



表3 ミキサの要求性能

項目		コンクリートの練混ぜ量		
		定格容量(公称容量)の場合	定格容量(公称容量)の1/2の場合	
要求される 均一性 (練混ぜ性能)	コンクリート中の モルタル量の偏差率 (モルタルの単位容積質量差)	0.8%以下	0.8%以下	
	コンクリート中の 粗骨材量の偏差率 (単位粗骨材量の差)	5%以下	5%以下	
	偏差率 (平均値からの差)	圧縮強度	7.5%以下	—
		空気量	10%以下	—
スランプ		15%以下	—	
再起動性能		試験用コンクリートの練混ぜ完了後にミキサを停止させた場合、停止後5分後に容易に再起動できなければならない。		
排出性能		傾胴形ミキサ及びパン形ミキサでは25秒以内に、水平一軸形ミキサ及び水平二軸形ミキサでは15秒以内に、分離を起こすことなく全部混合槽から排出できなければならない。		
注 <sup>a)</sup> 試験に用いるコンクリートは、粗骨材の最大寸法20mmまたは25mm、スランプ8±2.5cm、空気量4.5±1.5%、呼び強度24に相当するものを用いる。				

### 3.3 回収骨材の追加について

今回の改正で新たに規定された回収骨材とは、「戻りコンクリート並びにレディーミクストコンクリート工場において、運搬車、プラントのミキサ、ホッパなどに付着及び残留したフレッシュコンクリートを清水または回収水で洗浄し、粗骨材と細骨材に分別して取り出したもの」である。ここでいう、戻りコンクリートとは、出荷したレディーミクストコンクリートのうち、購入者の事情で不要となったものまたは購入者の品質要求に適合しないもの、荷卸し時に残ったもの、若しくは運搬車のドラムに付着したもので、自工場に持ち帰ったものである。

ちなみにJIS A 5308に対応する国際規格であるISO22965-2 (Concrete-Part2:Specification of constituent materials, production of concrete and compliance of concrete)においても、回収骨材(recovered aggregate)が定義されている。JISと同様に、戻りコンクリートやミキサあるいはアジテータトラックなどの洗浄水から回収された骨材をコンクリート用骨材として使用できると規定されており、その使用量は、総骨材量の5%と規定されている。

JISで規定された回収骨材は、普通コンクリート、舗装コンクリート及び高強度コンクリートのフレッシュコンクリートから回収した骨材を対象としており、未使用の骨材(以下、新骨材という。)と粒度の著しく異なる普通骨材や軽量骨材、重量骨材などの密度が著しく異なる骨材、再生骨材を含むフレッシュコンクリートから回収した骨材は、回収骨材として用いることができないと規定されている。

また、回収骨材を使用できるコンクリートは、普通コンクリートと舗装コンクリートであり、軽量コンクリートと高強度コンクリートには用いることができない。

回収骨材の使用量は置換率で表することとし、粗骨材及び細骨材のそれぞれの置換率が5%以下となるように、一定の割合で新骨材に添加する(A方法と規定)。置換率は、粗骨材及び細骨材のそれぞれの新骨材と回収骨材とを合計した全使用量に対する回収骨材の使用量の質量分率として表すこととしている。

回収骨材の新骨材への添加方法としては、次のいずれかによると規定している。

- ① 新骨材をベルトコンベヤにより運搬する際に回収骨材をホッパから一定量引き出し上乗せする方法
- ② 新骨材をホッパを介してベルトコンベヤで貯蔵設備に運搬する際に、新骨材をホッパに投入するごとに、回収骨材をショベルなどで一定量を添加する方法

回収骨材は、1日を管理期間と定めており、1日のコンクリートの出荷量が100m<sup>3</sup>に満たない場合には、出荷量がおおよそ100m<sup>3</sup>に達する日数を1管理期間としている。回収骨材を専用の設備で貯蔵、運搬、計量して用いる場合は、粗骨材及び細骨材の目標回収骨材置換率の上限をそれぞれ20%とすることができる(B方法と規定)。この場合、回収骨材の計量値は、パッチごとに管理し、記録することとしている。

なお、回収骨材の品質としては、JIS A 1103による微粒子量の値が新骨材の値を超えないものとしている。

### 3.4 レディーミクストコンクリートの配合計画書について

レディーミクストコンクリートの配合計画書に新たに追加された項目は、以下の点である。

- ① 回収骨材の使用方法
- ② スラッジ水(スラッジ固形分率を1%未満で使用する場合)の記入方法

表4 リサイクル材

使用材料名	記号 <sup>a)</sup>	表示することが可能な製品
エコセメント	E(またはEC)	JIS R 5214(エコセメント) に適合する製品
高炉スラグ骨材	BFGまたはBFS	JIS A 5011-1(コンクリート用スラグ骨材—第1部:高炉スラグ骨材) に適合する製品
フェロニッケルスラグ骨材	FNS	JIS A 5011-2(コンクリート用スラグ骨材—第2部:フェロニッケルスラグ骨材) に適合する製品
銅スラグ骨材	CUS	JIS A 5011-3(コンクリート用スラグ骨材—第3部:銅スラグ骨材) に適合する製品
電気炉酸化スラグ骨材	EFGまたはEFS	JIS A 5011-4(コンクリート用スラグ骨材—第4部:電気炉酸化スラグ骨材) に適合する製品
再生骨材H	RHGまたはRHS	JIS A 5021(コンクリート用再生骨材H) に適合する製品
フライアッシュ	FA IまたはFA II	JIS A 6201(コンクリート用フライアッシュ) のI種またはII種に適合する製品
高炉スラグ微粉末	BF	JIS A 6206(コンクリート用高炉スラグ微粉末)
シリカフューム	SF	JIS A 6207(コンクリート用シリカフューム)
上澄水	RW1	この規格の附属書Cに適合する上澄水
スラッジ水	RW2	この規格の附属書Cに適合するスラッジ水

注<sup>a)</sup> それぞれの骨材の記号の末尾において、Gは粗骨材を、Sは細骨材を示す。

回収骨材の使用方法については、配合計画書の回収骨材の使用法の欄にA方法またはB方法のいずれかを記入することが規定された。回収骨材置換率の上限が5%以下の場合には「A方法」と、20%以下の場合には「B方法」と記入されることとなる。なお、回収骨材の使用の有無は、指定事項あるいは生産者と購入者が協議して指定することができる事項とはなっていない。そのため、生コン工場の方針で配合計画書に記載されることとなる。

また、スラッジ水を使用する場合の記入方法としては、スラッジ固形分率を1%未満で使用する場合には、「1%未満」と記入することが規定された。

### 3.5 レディーミクストコンクリートの納品書について

納品書については、2011年12月の追補改正時に環境ラベル(メビウスループ)の表示が導入されたが、今回の改正で、新たに高炉スラグ微粉末とシリカフュームが追加され、表4に示すリサイクル材の使用が可能となった。

また、回収骨材の導入に伴う様式の変更が行われ、「回収骨材置換率」の記入欄が追加された。回収骨材の使用法がA方法の場合には「5%以下」と記入し、B方法の場合には配合の種別による骨材の単位量から求めた回収骨材置換率を記入することとなった。

### 3.6 附属書Cのスラッジ水の規定について

附属書C(練混ぜ水)に規定されているスラッジ水について、スラッジ固形分率の限度の規定内容に追加変更が行われた。スラッジ固形分率を1%未満で使用する場合には、配合計画書の目標スラッジ固形分率の欄及び納品書のスラッジ固形分率の欄に「1%未満」と記入することが規定された。この場合、スラッジ水は練混ぜ水の全量として使用し、かつ、濃度の管理期間ごとに1%未満となるよう管理することが規

定されている。なお、このスラッジ固形分率を1%未満で使用する場合には、スラッジ固形分を水の質量に含めてもよいこととなった。

### 3.7 試験規格(JIS A 1126, JIS A 1141)の引用取止めについて

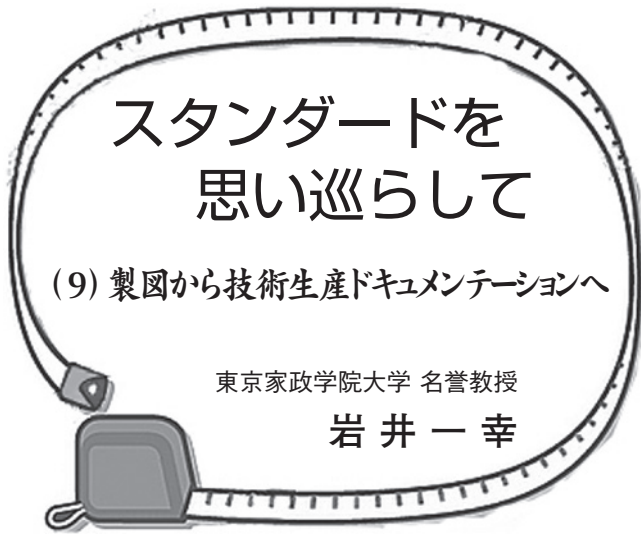
JIS A 1126(ひっかき硬さによる粗骨材中の軟石量試験方法)とJIS A 1141(骨材に含まれる密度1.95g/cm<sup>3</sup>の液体に浮く粒子の試験方法)については、公益社団法人日本コンクリート工学会(JCI)に設置されているコンクリート試験方法JIS改正原案作成委員会において、試験の目的・信頼性や危険な薬品の使用を鑑み、規格の廃止が検討されており、これを考慮して、JIS A 5308における引用を取り止めることとなった。なお、JIS A 1141の試験方法に代替する試験方法が全国生コンクリート工業組合連合会で検討されており、ZKT(全生工組連試験方法)として規格化される予定とのことである。

## 4. おわりに

JIS A 5308の改正について紹介した。JIS A 5308の改正に伴い、JIS Q 1011[分野別認証指針(レディーミクストコンクリート)]も改正されている。

レディーミクストコンクリートは土木・建築構造物の基幹材料として広く用いられている。規格改正により、新しい技術が盛り込まれた製品が社会に普及していくことになる。レディーミクストコンクリートを使用する建設工事に携わる技術者の皆様に本稿が参考になれば幸いである。

(文責：経営企画部 調査研究課 兼 企画課 課長 鈴木 澄江)



# スタンダードを 思い巡らして

## (9) 製図から技術生産ドキュメンテーションへ

東京家政学院大学 名誉教授

岩井一幸



頭の中にあるものや空間のイメージを外在化し、他の人に伝えるには、言葉か、文章か、図である。人は、ものや空間と3次元世界、それらに時間軸を加えた4次元の世界に生きている。3次元・4次元のイメージを2次元(紙やモニター)の世界に映すのであるから、言葉や文章の文法と同様に、ものや空間の構成を伝える3次元4次元の世界を2次元に表現したものや空間を理解できるルール、すなわち図学や製図法を基に3次元の世界を2次元の世界として表すルールが求められる。それにより、使用者、製作者、組立者等関係者に同じイメージを伝えることができ、その伝達の範囲が、国際化すれば国際的な製図法の標準化が求められる。これを担ってきたのが、初期の工業製図(technical drawing)から現在はより広い概念を扱うISO/TC10(Technical product documentation)で、建築関係を扱うのがSC8(Construction documentation)である。



歌舞伎は平面的で、オペラは立体的である。歌舞伎の背景は、書き割り2次元であるのに、オペラの舞台は、場面ごとに3次元で構想されているという。着物は平面を立体化して着るのに対し、洋服は立体裁断によっている。折り紙も平面を立体に展開する。平面のグラフィックデザインや絵本は世界的に著名であるし、日本のアニメは平面の絵を動かしているのに、ディズニーアニメは立体表現が多い。特許の意匠図も、日本は正投影図であるが、米国の特許図は等角投影図である。

約15年前のベストセラー『話を聞かない男、地図が読めない女』(アラン・ビーズ、バーバラ・ビーズ著、主婦の友社、2000年4月刊)は男脳と女脳の構造の違いを述べた本であるが、空間能力、すなわち対象物の大きさ、空間に占める割合、動き、配置などでイメージする能力は、4歳にして男女差はすでに顕著で、女性は頭の中で物を見る時、2次元で捉えるのが得意なのに対して、男性はそこに奥行を加えて立体的にみていると報告している。

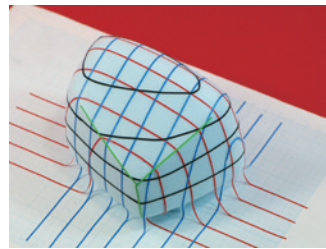


写真1 線図製図演習

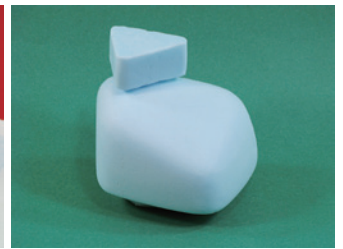


写真2 自由局面生成

実際に女子学生に三面図を一体的に理解させるのは大変で、三面それぞれが収まっている、頂点には穴が開き、水がもれると言ってもわからない。建築やインテリア分野では空間を平面立面の各面に投影した2次元に捉え、アイデア段階のスケッチは、その空間のイメージ把握を平面プランのエスキースから始める。自由曲面も扱うプロダクトデザインでは3次元イメージのアイデアスケッチから始め、三面図では表現できない、いわゆる線図によって曲面を理解することも求められる(写真1, 2)。

このような文化・分野の違い、男女差は、製図においてどのように考えるべきか。言語が世界中で地域や社会で変わると同様に、図化のルールにも材料や作り方の違い、地域や分野により異なるルールがある。これらを一体系にまとめることは可能であろうか。



建築設計で求められるのは、空間を把握し、新たなイメージを実現するからであり、図化と設計方法と深く関係している。小学校時代、方眼紙(『数学教育の歴史』(小倉金之助著、勁草書房)によると、お雇い外国人が関数を教えるために明治初期に導入したものであるが、日本では畳とグリッドが結びついている。)を渡され、自宅のプランを畳の数をもとに苦労して書いた記憶があるが、グリッドプランニングは、日本では子どもの頭の中でも行われる。海外で自宅のプランを書いて頼むと、実際にメジャーで計測し、図化する。もっとも昨今は、室の大きさを畳敷きでもないのに何畳と示し、畳の室が無い住宅も増えてきた。畳による空間把握ができない日本人が生まれているのではと危惧する。建築家でなくとも空間の基準となる軸を持ち、誰でも平面図を描けるのは、日本文化の構造を共通に持つことで日本のものづくりの発展に大いに貢献したのではないかと考えられる。



製図教育は、明治維新期には始まっている。お雇い外国人が、東京大学ではフランス人、工部大学校ではイギリス人、工部美術学校ではイタリア人が自国の製図を教え、また導入技術も国によって異なったため、様々な技術が展開した。しかし、殖産振興の中で製図教育が初等教育にも取り入れられたことによって、今日の大学教育では一般教育の中に図学教室が置かれ、技術教育の中に製図学が根付いてきた。現在、日本では、小学校の図画工作科の時間に絵を描くことで、体験的に2次元と3次元を知り、中学校の技術・



家庭科目に図学と製図の基礎を取り上げている。1989年以前別々に学習していた技術・家庭科目を男女共に学ぶようになったが、情報基礎も新設され、1998年には必修となり、技術分野の学習時間数は、戦後徐々に減ってきている。諸外国では、現在も小学校初期より工作等を行う科目を扱っているが、日本ではイメージを図化し、実際の工作経験につなぐという、明治期からの流れが知識教育偏重になり、コンピュータの普及と合わせ、製図教育やものづくり教育を再構成する必要が出てきているのではなかろうか。



製図規格が初めて制定されたのは1930年(昭和5年)の日本標準規格JES (Japan Engineering Standard, 以下「JES」という。)の第119号「製図」である。これは、政府が製品の設計や購入のために用いていたドイツ規格(DIN)を基に定めたものであった。1943年に臨時日本標準規格(臨JES)第428号「製図」として、戦争のために改正されたが、戦後、1949年に工業標準化法が制定され、それに基づいた日本工業規格(JIS)としての製図規格が戦後の工業の復興のために重要視された。1950年、新製図規格が機械製図を主に日本規格協会(案)として作成された。この案を基に一般工業を目標とする日本工業規格JIS Z 8302「製図通則」が1952年に制定された。1958年の見直しで、このJIS Z 8302は一般工業を目標とする共通の性質を持つものとして、部門別にJIS A 0150「建築製図通則」、JIS A 0101「土木製図通則」、JIS B 0001「機械製図」を定めた。建築分野では1958年頃はモジュール研究が課題であった時代で、工業化と結びついて図面の合理化の検討が併せて行われていた。1962年「建築製図通則」は改正され、構成材を空間に位置付ける基準面の表示にモジュール(module)のMをデザインした記号が用いられている。



ISOが製図に関わる規格の検討を開始したのは、1959年ISO/R128「技術製図—表示の一般原理」、ISO/R129「技術製図—寸法記入方法」である。建築分野の製図標準化は、初期には、TC59 (Building construction)において、SC1:モジュラーコーディネーション、SC2:構成要素、SC3:製図法として分野別に始まり、1973年のTC10/SC8第1回ロンドン会議で製図が独立し、TC10の全体製図法の中で扱うようになった。

建築分野では1972年にISO2494「製図—投影法」が初めて規格化されている。しかし、日本を含め各国が製図規格を定めたのは、国際標準化より古く、歴史的経緯もあり、また各国も工業化が進展している中であるから、製図の標準を独自に持っている多くの国が、国際標準化の重要性を認めISOの作業に参加しても、国際的に統一するコンセンサスを得ることは難しく、各国が個別産業の中で展開してきた図面を国際規格化することは、なかなか決まらなかった。



機械分野では、1960年代に各国で生産分業化が始まり、

国際的に通じる製図が求められた。1973年にISOの提案を取り入れたJIS B 0001が制定されたが、国内と国際的な製図通則とが異なり、国際規格が急速に展開したことにより、現場や教育に混乱を生じさせることとなった。

ISOではISO/R128, ISO/R129の改正にあたり、土木建築部門の製図の考え方を取り入れるように作業を行ってきた。JISをISOと整合するため、この成果を取り入れ、日本の製図に国際性を与えようと日本規格協会に、設計製図合理化委員会を設置し、その作業を開始した。1984年にはJIS Z 8302が廃止され、体系化された9規格(Z8310-8318)に分割して制定された。JIS Z 8310「製図総則」は、ISO規格を取り入れつつも、従来からの日本の現状を色濃く反映した製図規格に国際性・汎用性・平易性を取り入れ、製図規格の体系化を図り、一連の規格が整理された。しかし、製図法や生活製品のような各地域で発展した規格を、後から国際規格として完全に標準化するのには困難で、定まったISO規格は必ずしも完全な体系ではなく、各国が同意できた規格が定められていることを知っておく必要がある。

1995年(平成7年)WTOとのTBT協定により、ISO規格とJISを一致させることが急務となった。2000年には、ISOとの整合のために規格改正が行われたが、機械分野ではJIS製図規格体系に強いこだわりがあり、ISO製図とは完全に一致することにはならなかった。2010年JIS Z 8310が26年ぶりに改正され、JIS B 0001も10年ぶりに改正された。建築分野は、製図を永続的に検討する機関がなく、改正は行われなかったが、製図の重要性からも永続する機関の設置が望ましいところである。



ICT (Information and Communication Technology) の発展により、CADやコンピュータソフトの支援で誰でも簡単に図面が描けるようになり、直接図形を描くソフト開発者を除けば、中身はブラックボックスでも扱えるようになった。以前は線図がわかり、描けることが1つの能力であったが、それも簡単になってきた。

現在、図面は単に形や空間を作るといった機能から、そのものが発注され、消費されるまでの情報を運ぶものとして拡張して機能することにより役割が大きく変化し、ユーザーズ、生産、施工、管理、消費までの連続するドキュメンテーションの手段であるBIM (Building Information Modeling) の基礎として展開している。平面で扱う製図規格から、コンピュータによる3次元CADなど、さらにデザインライフ、管理までの4次元まで急速にデジタル化が進行し、電子データを対象とした標準化作業に移行している。メタデータの標準化、データ交換などの議論が行われ、製図作業という伝統的基礎から新たなテクノロジーへの展開としてTC59にSC13 (Organization of information about construction works: 建設作業における情報の組織) が置かれ、製図の国際標準化の究極の目的である製図の基礎を明確にし、異なる使用状況においても音楽の記述のように国際的に受け入れられるユニバーサルな製図言語を形成する方向を目指し、活動している。

# 天井及びその部材・接合部の耐力・剛性の設定方法のための試験方法について

## その2 天井ユニットの試験方法及び許容耐力・剛性の評価

単位 mm

### 1. はじめに

天井全体の許容耐力と剛性を評価するためには、各種接合部の試験または天井ユニットの試験のいずれかを行うことが必要である。

今回は、接合部の各種試験方法を紹介したが、今回は天井ユニットの試験方法を紹介しますとともに、これまで紹介した試験により得られたデータから接合部・天井全体の許容耐力・剛性の評価について紹介する。

### 2. 天井ユニットの試験方法

試験体は、天井面構成部材、吊り材および斜め部材によって実際の構造方法のとおり組み上げられたものとし、必要に応じて加力方向に直交する方向への変形を拘束するための斜め部材などを取り付ける。吊りボルトの本数は加力方向に3本以上、加力方向に直交する方向に3本とし、吊りボルトの上端は構造耐力上主要な部分または天井の支持構造部に相当する試験フレームに固定する。試験体数は加力方向（野縁・野縁受け方向）ごとに1体以上、正負繰り返し加力を1体とする。試験体の代表例を図1に示す。

1) 試験は水平方向の荷重を、野縁・野縁受け方向ごとに以下に示す方法によって加えるものとする。

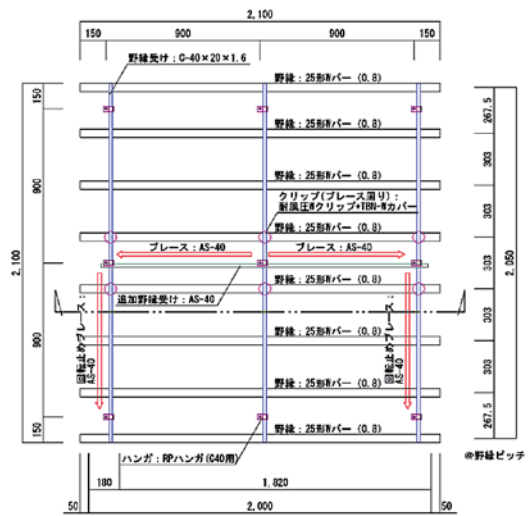
試験方法の実施例を図2に、試験実施状況を写真1～写真3に示す。図のように、天井面構成部材のうち均等に力が作用する箇所に取り付けたジグに正負それぞれの一方向（試験体の形状が原点に対して互いに対称の場合には、正又は負一方向のみ）の水平力を加える。最大荷重が得られるまで荷重を段階的に加え、損傷時の荷重での変位を用いて次式により制御変位の基準値  $D_a^+$ 、 $D_a^-$  を算出する。

$$D_a^+ = \frac{\bar{d}^+}{a^+}, \quad D_a^- = \frac{\bar{d}^-}{a^-}$$

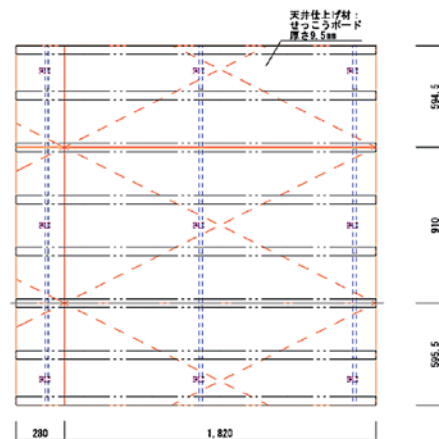
ここで、

$a^+$ ,  $a^-$  : 1.5以上の数値

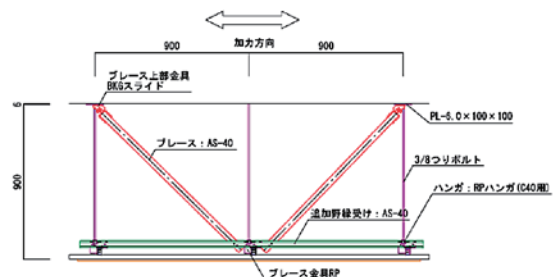
$\bar{d}^+$ ,  $\bar{d}^-$  : 正負の損傷時の荷重での変位の平均値 (mm)



天井下地材 割付図



天井仕上げ材 割付図



試験体 断面図

図1 試験体の代表例 (在来工法)

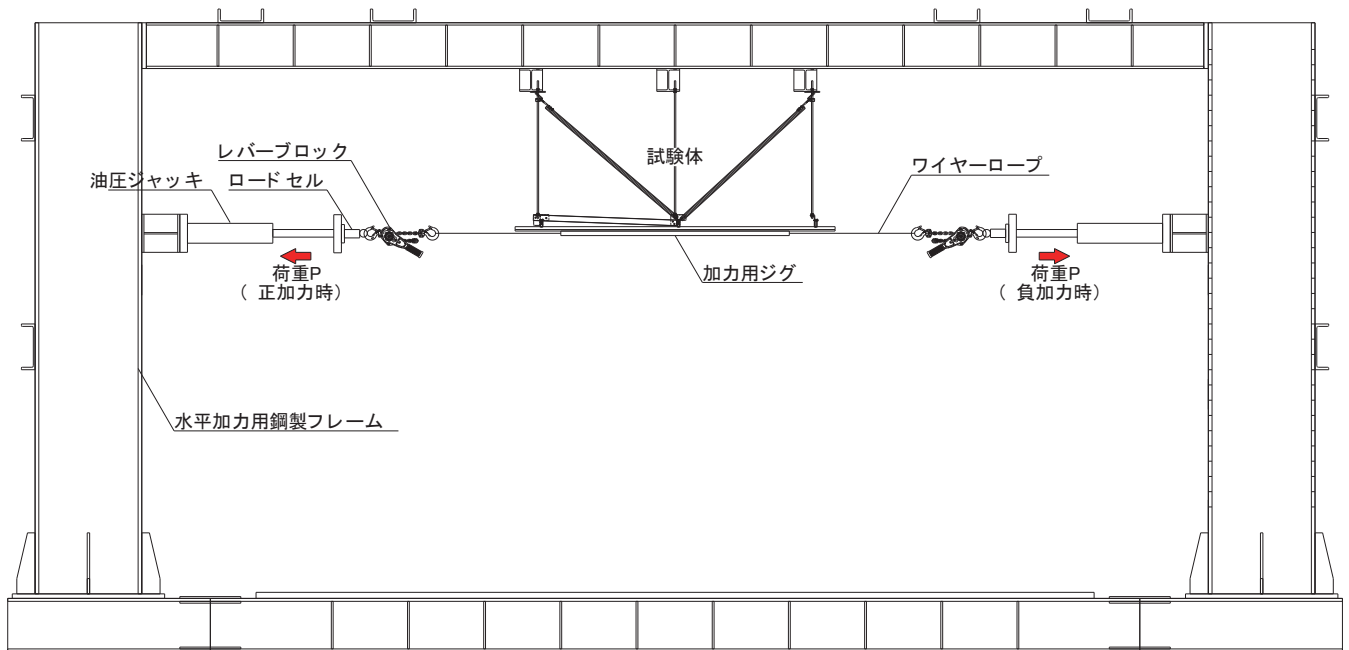


図2 天井ユニットの試験方法の例

2) 天井面構成部材のうち、均等に力が作用する箇所に取り付けたジグに図3に示す履歴の正負繰り返し力を加える。図において、 $\pm 0.5 D_a$ 、 $\pm D_a$ 、 $\pm 1.5 D_a$ の各変位段階でそれぞれ3回以上繰り返すものとする。

試験結果には、加力方向ごとに、①  $a^+$ 、 $a^-$  (損傷時の荷重から許容耐力を求めるための数値で、1.5以上とする。)の数値及び繰り返し回数、② 損傷時の荷重及び最大荷重、③ 試験体各部の変形又は破壊の形態、④ 荷重-変位曲線を記載する。

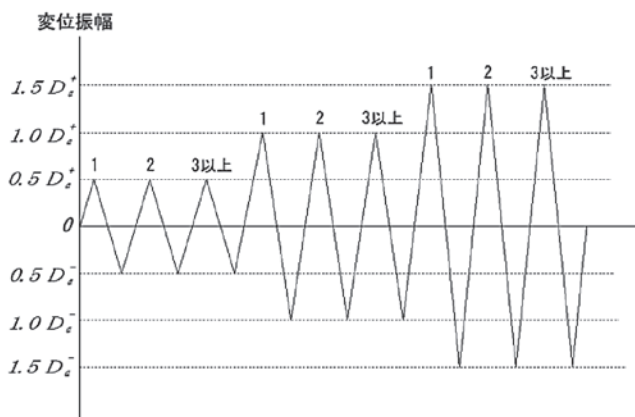


図3 繰り返し载荷履歴

#### <試験実施上の注意点>

- ① 地震時に天井に加わる水平力は天井面構成部材に近い高さに生じることから、加力ジグは天井仕上げ材に取り付けるか、天井仕上げ材が固定されていないシステム天井では、仕上げ材を設置するバー材などに取り付ける。
- ② 水平方向変位の測定箇所は天井面とするが、システム天井では天井仕上げ材が固定されていない場合があるので、その場合は、天井仕上げ材を設置するバー材とする。ただし、バー材の変形が著しい場合は、斜め部材を止め付ける野縁受け・追加野縁受け (斜め部材を止め付けるために設置された野縁受け)なども測定の対象とする。
- ③ 水平方向変位は、中央1箇所だけでなく、周辺・前後を含めて6箇所程度について測定する。
- ④ 斜め部材の軸力を推定する場合は、斜め部材にひずみゲージを貼付し、測定したひずみ量から算定する。
- ⑤ 正負繰り返し加力を行う場合、正負で荷重状態が異ならないよう留意する。当センターでは、天井面構成部材の両側に加力用のジャッキを設置し、加力方向ごとに使用するジャッキを換えて引張により水平荷重を加えている。
- ⑥ 変位の測定は斜め部材の軸方向変位について行う。



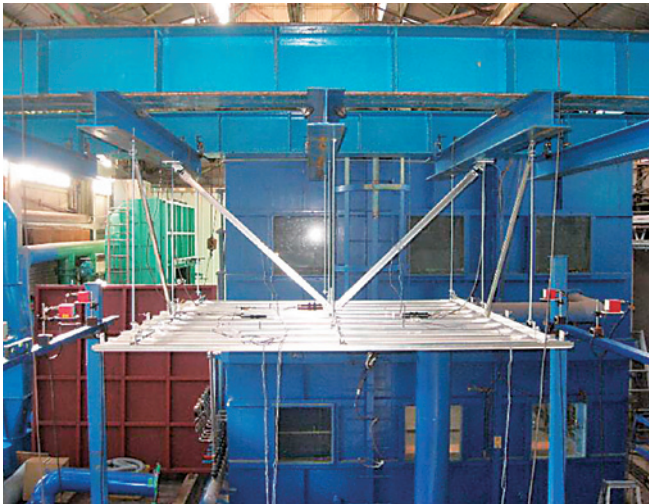


写真1 試験実施状況 (在来工法)



写真2 試験実施状況 (在来工法)



写真3 試験実施状況 (システム天井)

### 3. 許容耐力・剛性の評価

#### 3.1 接合部の許容耐力・剛性の評価

1) 接合部の許容耐力は、以下の加力方向ごとに示す方法によって得るものとする。

i) 引張方向又は圧縮方向

一方向加力試験の結果に基づき、次式によって算出する。

$$P_a = \frac{\bar{P}_d}{a}$$

ここで、

$P_a$  : 許容耐力 (N)

$\bar{P}_d$  : 損傷時の荷重の平均値 (N)

$a$  : 1.5以上の数値

なお、損傷時の荷重とは、天井材に滑りおよび外れ並びに損傷が生じた時の荷重をいう。

ii) 水平方向

正負繰り返し試験の結果が一方方向試験の結果とおおむね同等であることが確かめられた場合には、次式によって算出した数値を許容耐力とする。

$$P_a^+ = \frac{\bar{P}_d^+}{a^+}, P_a^- = \frac{\bar{P}_d^-}{a^-}$$

ここで、

$P_a^+, P_a^-$  : 正負の許容耐力 (N)

$\bar{P}_d^+, \bar{P}_d^-$  : 一方方向試験での正負の損傷時の荷重の平均値 (N)

$a^+, a^-$  : 制御変位の基準値  $D_0$  の設定に用いた1.5以上の数値

2) 接合部の剛性は、加力方向ごとの荷重－変位曲線に基づき、損傷時の荷重に相当する点と原点を結ぶ直線によって得るものとする。

#### <評価上の注意点>

① 試験で得られる荷重－変位曲線は、接合部の緊結の程度、構成部材の種類や加力方向によって様々な形態の荷重－変位履歴が得られ、損傷時の荷重が明確に求められない場合がある。この時は、以下に示す方法で降伏荷重を求め、降伏荷重を損傷時の荷重に読み替える。なお、損傷時の荷重は試験体ごとに適切に設定する必要がある。

- i) 荷重-変位曲線に基づき、初期剛性 $K$ の直線 I を引く。
- ii) 初期剛性 $K$ の1/3の傾きをもつ直線を、荷重-変位曲線に接するように平行移動したものを直線 II とする。
- iii) 直線 I と直線 II の交点での荷重を損傷時の荷重 (降伏荷重)  $\bar{P}_d$  とみなす。

ここで、初期剛性 $K$ は、最大荷重 $P_{max}$ の0.1～0.2倍に相当する荷重値と原点とを結んだ直線から得ている。

図4に一方方向加力試験で得られた荷重-変形曲線から損傷時の荷重を求める場合の代表例をいくつか示す。

- ② 水平方向の許容耐力に関しては、正負繰り返し加力後の結果が一方方向加力の結果とおおむね同等であることが確認できれば、一方方向加力試験で得た損傷時の荷重の平

均値から算出することが可能である。

同等性評価の基準としては、i) 一方方向加力試験での荷重-変位曲線と正負繰り返し加力試験での荷重-変位曲線がほぼ同等であること、ii) 正負繰り返し加力試験による荷重の低下が顕著でないことの2点が挙げられる。

なお、おおむね同等でないと評価される試験結果が出た場合には、一方方向加力試験の結果から制御変位の基準値 $D_a$ をさらに小さく設定し直し、正負繰り返し試験を行う必要がある。

### 3.2 天井全体の許容耐力・剛性の評価

- 1) 天井全体の許容耐力は、以下の加力方向ごとに示す方法によって得るものとする。

正負繰り返し試験の結果が一方方向試験の結果とおおむね同等であることが確かめられた場合には、天井材の構成その他の実況を考慮し、次式によって算出した数値を天井全体の許容耐力とする。

$$P_a^+ = \frac{P_d^+}{a^+}, P_a^- = \frac{P_d^-}{a^-}$$

ここで、

$P_a^+, P_a^-$  : 正負の許容耐力 (N)

$P_d^+, P_d^-$  : 一方方向試験での正負の損傷時の荷重 (N)

$a^+, a^-$  : 制御変位の基準値 $D_a$ の設定に用いた1.5以上の数値

- 2) 天井全体の剛性は、加力方向ごとの荷重-変位曲線に基づき、損傷時の荷重に相当する点と原点を結ぶ直線によって得た剛性に、天井材の構成およびその他の実況を考慮した数値とする。

#### <評価上の注意点>

- ① 許容耐力の評価方法は、3.1で示した接合部の水平方向の許容耐力の評価の考え方と同じである。具体的には正負繰り返し加力後の結果が一方方向の結果とおおむね同等であることが確かめられれば、一方方向加力試験で得た損傷時の荷重に基づく数値を天井の許容耐力として設定することができる。

正負繰り返し加力の結果が同等性の評価基準を満たさない場合は、一方方向加力試験の結果から損傷時の荷重をさらに小さく見積もった上で制御変位の基準値を設定し直し、再度正負繰り返し加力試験を行う必要がある。

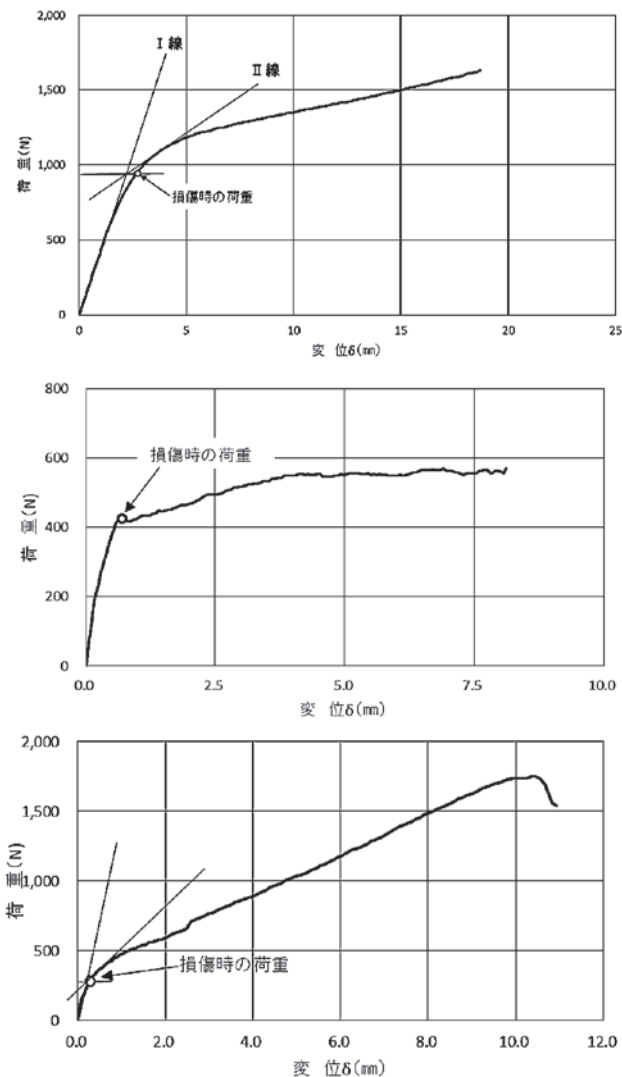


図4 損傷時の荷重の求め方の例

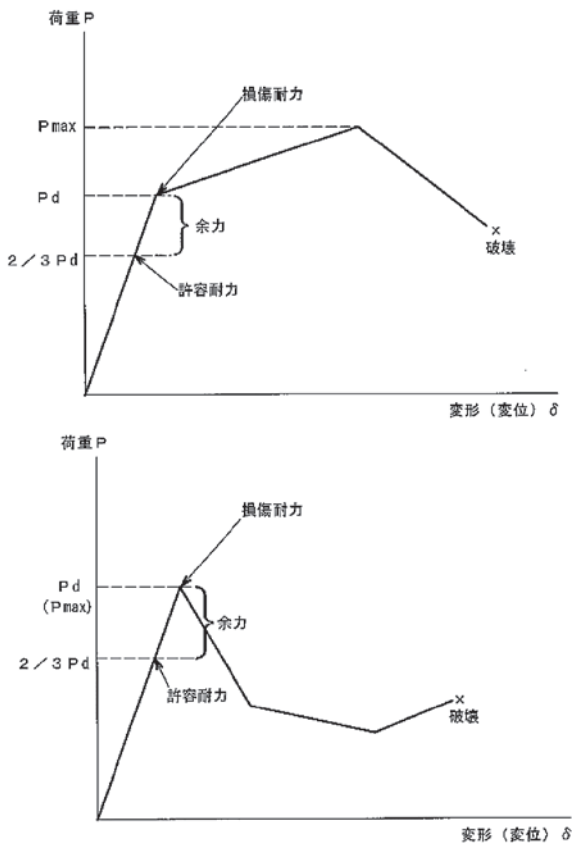


図5 荷重-変位曲線のイメージ

② 天井全体の荷重-変位曲線において、図5に示すように、最大耐力に達する前に非線形が生じる場合や、ほぼ弾性剛性で最大耐力に達するが、その後の劣化が急激な場合が想定される。しかし、いずれの場合も構造耐力上の安全性についての余裕をみて、天井の許容耐力は、損傷耐力(降伏耐力)の2/3以下に設定することとしている。また、実際に行った正負繰り返し加力試験の荷重-変位曲線の代表例を参考として図6に示す。

#### 4. おわりに

本年4月から義務付けられた「特定天井」は、「脱落によって重大な危害を生ずるおそれがある天井」と定義され、その条件は、吊り天井であること、6mを超える高さに設置する天井であること、水平投影面積が200m<sup>2</sup>を超える規模の天井であること、天井面構成部材の重さが2kg/m<sup>2</sup>を超えるものであること、人が日常の活動の中で立ち入ることが想定される場所にあることの全てに当てはまる天井とされている。音楽ホールや劇場、映画館、宴会場、体育館、ホテルやオフィスのエントランスロビーなどがその対象に含

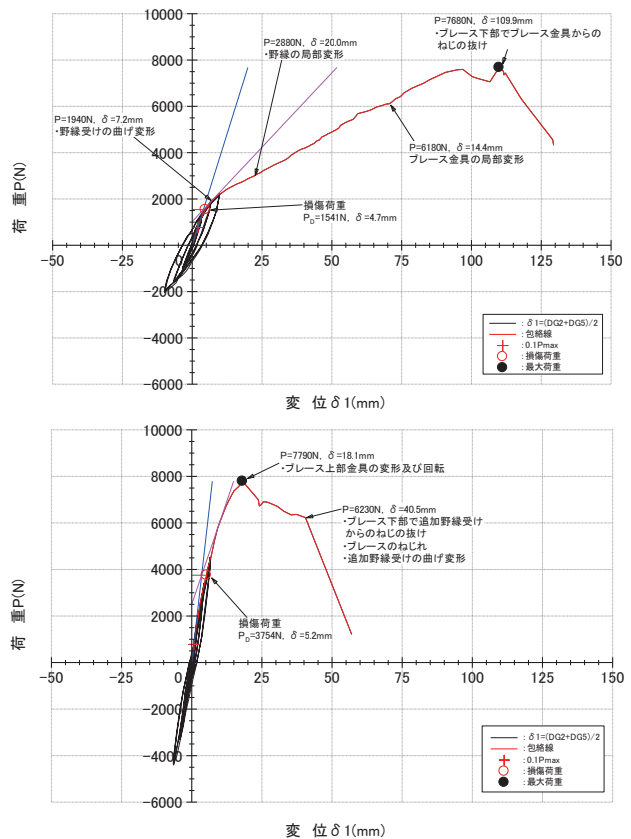


図6 荷重-変位曲線の代表例

まれることが予想される。

「建築物における天井脱落対策に係わる技術基準の解説」によれば、天井脱落対策に係る技術基準としては、本来、極めて稀な地震動の発生時(大地震時)においても脱落しないことを目標とすべきではあるが、現在の技術的知見では、大地震時における構造躯体に吊られている天井の性状を明らかにすることは困難である。このため、今回の技術基準では、天井の性状をある程度想定することが可能な稀な地震動の発生時(中地震時)において天井の損傷を防止することにより、中地震を超える一定の地震時においても天井の脱落の低減を図ることを目標としている。従って、ここで紹介した、接合部・天井ユニットの試験・評価から許容耐力・剛性を算定する場合、定められたルールに従って進めることは言うまでもないが、単純に機械的に進めるのではなく、天井面全体を想定し、設置条件、破壊メカニズム、その他考慮すべき事項などを勘案し、余裕をもって評価する配慮が必要である。

(文責：中央試験所 副所長 川上 修)



# 泰日工業大学 (TNI) でのインターンシップを終えて

村上 哲也

## 1. 経緯

当センターは、約20年前まで独立行政法人国際協力機構 (JICA) の技術協力プロジェクトに参加し、インドネシアを始めとする発展途上国へ職員を派遣していた。しかしながらそれ以降、海外の試験・研究機関などの情報交換は行いつつも、その他の積極的な協力・支援などの実施には至っていなかった。

このたび、創立50周年を迎え、いま一度積極的な技術協力・支援を海外に向けて実施しようとの運びとなり、その第一歩として、経済産業省「貿易投資促進事業」の一環で実施される『2013年度 国際即戦力育成インターンシップ事業』[実施事業者：一般財団法人海外産業人材育成協会 (HIDA) および独立行政法人日本貿易振興機構 (JETRO)] に筆者が参加することとなった。

この事業への応募にあたり、同省貿易経済協力局技術協力課から紹介いただいた、一般社団法人日・タイ経済協力協会 (JTECS) の協力に基づき、タイ王国の泰日工業大学 (Thai-Nichi Institute of Technology : TNI) への派遣を提案することとなった (同事業では、応募者が自ら受入機関を提案する「提案型」と受入機関候補リストから希望を選択して応募する「公募型」があり、筆者は提案型で応募した)。

次章にて、受入機関を紹介する。

## 2. 泰日工業大学 (TNI) とは

研修の受入機関である TNI は、2007年6月に開学した新設の私立大学である。大学の設立は、泰日経済技術振興協会 [Technology Promotion Association (Thailand-Japan) : TPA] によって行われた。なお、TPA は、JTECS 初代理事長 穂積五一氏の支援を受けて1973年に元留学生 (日本への留学経験があるタイ人) らにより設立された非営利団体である。

TPA による大学設立事業は、TPA 設立30周年にあたる2003年から開始され、「日本企業との連携に基づき、タイにおける日本型ものづくり実践教育を行い、優秀な産業人の



写真1 泰日工業大学 (TNI)

育成とタイの産業界へ人材供給をする」ことを目的として進められた。開学後は、タイの現地日系企業のニーズに基づき、各種専門分野の知識のほか、日本語でのコミュニケーション能力や産業の現場における実践力などを有する産業人材を育成することを目指し、日々の教育にあたっている<sup>1)</sup>。

## 3. 受入機関での研修

TNI への派遣期間は、2013年9月18日から2014年2月27日までの164日間であった。この期間中、TNI から提示されたインターンシップの内容は、以下のとおりであった。

- 1) 奨学金提供企業への訪問
- 2) TNI の就職イベントなどへの参加
- 3) TNI の日本語ウェブページの編集・更新作業
- 4) TNI の親団体である TPA での研究・研修への参加
- 5) TNI 学生が実施する技術的・工学的その他の活動への参加
- 6) その他 (インターンシップに必要なと思われる内容に関する研修など : 全てのプログラム参加者共通)

実際に実施した内容を、以下に紹介する。

### (1) 奨学金提供企業への訪問

奨学金提供企業への訪問を兼ねて、卒業生が就職した企

業への訪問およびインタビュー調査を実施することとなった。調査にあたり、前回(ニュースレター No.2<sup>2)</sup>)の調査内容に添って資料を作成した。

調査対象は15社であり、39名の卒業生と、11名の管理者または人事担当者に対しインタビューを実施した(その他20名の管理者とお会いした)。インタビューでは、卒業生の活躍ぶりを見聞することに加え、各企業における人材育成の手法などを伺うことができた。



写真2 インタビューの状況1  
(Asahi Tec Aluminum (Thailand) Co.,Ltd.)



写真3 インタビューの状況2  
(Sumipol Co.,Ltd.)

## (2) JobFairへの参加

就職イベントなどへの参加として、2014年1月15日に開催されたTNI JobFair2014を見学した。これは、TNIに奨学金を提供する企業を始めとする全115社がブースを構え、1000人超の求人が準備される、大規模な就職説明会である。タイでは、大学などで行われる就職説明会で就職先を見つける学生が多い。日本のように、年度始めに一斉就職するような習慣が今のところ根付いていないため、このような就職説明会が大いに活用されており、各企業もこの時期の求人活動に力を入れている。

イベントには、4年生だけでなく、3年生以下の学生も参加しており、将来の就職または進学について真剣に考えている面が見られた。タイは、失業率が非常に低いため学生の就職への意欲はそれほど高くない、と事前に聞いていたこともあり、意外な一面が見られたようにも思った。しかし、一方で、学生たちの志の高さを感じられた瞬間でもあった。



写真4 TNI JobFair2014

## (3) ウェブページ作成・編集作業

渡タイ直後にTNIから提示された業務は、ウェブページの作成・更新であった。日系企業へのアピールを目的として管理している日本語のページを作成・更新する作業である。筆者は現在の所属部署(当センターの部署)に配属されてから数年間、ウェブページ作成に係る作業を一部担当していた。この経験を生かし、記載事項を読みやすいレイアウトに整理したり、不足するコンテンツを追加したりして、関係者や責任者と相談・調整の上、速やかに更新作業を行った。

また、JETRO Bangkok 浅野氏らからの提案・要望に基づき、新たにバス・電車を使用した場合のTNIへのアクセス方法を記載したページを作成した<sup>注1)</sup>。さらに、日本人来訪者(学生を含む)向けにTNI近隣の飲食店・施設などを紹介するページ(TNImap)を作成した。わずかながら、新たなコンテンツを提供でき、来学者各位に貢献できたのではないだろうか。

編集後のウェブページおよび新たなコンテンツであるTNImap<sup>注2)</sup>を是非、ご参照いただきたい(特に、TNIの近くにお越しの際は是非ともご一読を)。



図1 作成・編集したウェブページの例

注1) 泰日工業大学日本語サイト <http://www.tni.ac.th/web/TNI2012-jp/> から TOP>アクセス>大学へのアクセス

注2) 泰日工業大学日本語サイト <http://www.tni.ac.th/web/TNI2012-jp/> から TOP>アクセス>TNI map

## (4) TPAでの活動

TNIの親団体であるTPAにて、タイ国内における建設産業に係る動向、特に規格(Thai Industrial Standard:TIS)の運用事情などを調査する予定であったが、TPAからの協力が得られず、実施には至らなかった。

一度訪問した際、機器の校正装置を見学する機会があったが、その他のTPAにおける活動は皆無であった。しかし、様々な材料試験が実施できる環境が整っているように見受けられた。今後、当センターと何らかの形で提携ができれば幸いである。





写真5 TPA パタナカーン新館

### (5) TNIにおける各種の活動

TNIでは、年間行事として様々な活動を実施している。派遣期間中に実施された活動のうち、筆者が参加したものをご紹介します。

#### ① SAKURA キャンプ

TNIの学生募集活動の一環で、タイ全国から高校生を募り、キャンパスでの活動体験をさせる、という催しに参加した。1泊2日で行われるイベントで、日本のオープンキャンパスとは随分様相が異なるが、これは、タイ国内各所から各種階層(家庭の所得層など)の高校生が集うために組まれたプログラムのようなのである。

このイベントの一部として行われた、「おにぎりを作る」プログラムに参加し、筆者も微力ながらお手伝いをした。おにぎりを作る際に用いる言葉をタイ語で話すことは困難で、どうすれば良いのかをうまく伝えられなかった。その結果、高校生たちが作ったおにぎりは、“過剰な圧力がかけられた”ものとなってしまっていたが、それらも愛嬌であろう(プログラム終了後に、余ったご飯を用いて、日本語教師の峯田先生と共におにぎりを作った。プログラムの作業準備に当たった学生に対して作ったものであるが、より本物に近い(?)おにぎりを味わって貰えたのではないだろうか)。



写真6 Sakura camp

#### ② 卒業式

タイでは日本の大学と同様、2学期制を採用している。しかし、卒業式(卒業証書授与式)の時期は、日本とは大きく

異なる。これは、第二学期終了時点で卒業が決定する学生と、その後に設けられる夏期講習(タイの大学の夏休みは3月~5月中旬ごろが一般的<sup>3)</sup>)を終えた時点で卒業が決定する学生がそれぞれいるため、卒業認定を一齐に出せないことに起因している。

例年、TNIの卒業式は9月から11月の間をめどに実施される。本年度の卒業式では、2012年度の卒業生724名(学部、大学院の合計)が学位を授与された。ほとんどの卒業生が既に就職を済ませており、在學生とは少し違った顔をしていた。今後ますます活躍されることを期待している。



写真7 卒業式の様子

#### ③ スリン県における学生募集プログラム

TNIの学生募集活動の一環で、スリン県に行き、近隣県で日本語を学習している高校生を募り、日本語を用いた活動を共に行う、という催しに参加した。

筆者は、自身の趣味である「歌」を活動の内容とし、文部科学省唱歌「ふるさと」および童謡「赤とんぼ」を高校生らと共に歌うことにした(旋律が易しいながら有名な曲と、難しいながら人気のある曲を選んだ)。

TNIの学生にサポートしてもらいながら活動を行ったが、日本語の歌を歌うという行為は予想以上に難しいものであったようで、高校生たちの顔は芳しいものではなかった。しかし、終了後に出されたコメントが意外にも悪いものではなかったのは、筆者にとっても、TNIの学生募集活動にとっても、喜ばしいことであろう。



写真8 “Utau” activity の様子と看板



#### ④岡山理科大学附属高等学校の来訪

岡山理科大学附属高等学校より、教員および生徒が国際教育プログラム実施の一環でTNIに来訪された。ポーンアノン副学長によるタイの歴史に関する講義、水谷専任講師による「日本の科学技術のタイ社会への貢献」と題した講義が行われ、生徒の皆さんは熱心に耳を傾けていた。筆者も講義に参加したが、タイ王国と日本との歴史上の関係や、タイに進出している日系企業の多様さなど、参考になる情報が得られ、筆者にとっても良い機会となった。この他、THAI TORAY SYNTHETICS COMPANY LIMITEDにおける素材開発に係る講義、Bodindecha (Sing Singhaseni) Schoolにおける理科の授業および水質調査の実験に同行し、生徒の皆さんの活動を微力ながらサポートした(拙いタイ語しか使えなかったため、文字通り微力でしかなかった)。

文部科学省では、中等・高等教育期間に、海外における学習体験を積ませることを推奨しており、日本との繋がりがあるTNIには、各種機関からの研修受入要請が多く寄せられている。このようなプログラムによって、交流活動を継続することが、国際的な教育や人材育成を行う上で重要な要素となるのではないだろうか。



写真9 合同授業(理科)の様子



写真10 水質調査実験の様子

#### (6) その他

上述のほか、様々なイベントに参加させて頂いた。1) Loy Krathong (精霊流し)、2) King's Birthday ceremony (国王誕生日の記念式典)、3) Toi et moi Concert (トワ・エ・モワのコンサート)、4) Career campus (企業による就職説明会) などである。

大学だからこそそのイベントを多く体験でき、特に学生が主たる開催者となって行うイベントに参加でき、興味深い経験となった。



写真11 精霊流し



写真12 教職員合同写真(国王誕生日の記念式典)



写真13 トワ・エ・モワ



写真14 就職説明会

#### 4. TNI 以外での研修生活(タイでの生活について)

これまで、事業におけるインターンシップ研修の直接の内容について触れてきたが、派遣期間中、研修の他に体験したことをご紹介する。

##### (1) 食事

筆者は、エビ・カニ・イカのご飯アレルギー(俗に、甲殻類アレルギーと呼ばれるもの)を持っており、タイ料理の多くを、注意なしには食べられなかった(有名な料理を食べられなかった、といったほうが正確かもしれない)。特にトムヤムクン(エビ煮込みスープ)、プーパッポンカレー(渡り蟹のカレー炒め)などの代表的なタイ料理は、自身の保有するアレルギーに反応する物質を多量に含んでいるため、手出しできなかった。このため、食事に同行してくれる同僚たちに、多大なる迷惑をかけたことと思う。しかし、それらを含まない料理を選んで注文してくれるなど、同僚からの優しい心遣いに触れることができ、嬉しい一面もあった。

アレルギーで食べられない料理もあったが、それだけではなく、渡タイ当初から食事の注文にも相当な困難があった。TNIのキャンパスはスアムアン地区(バンコクの中心地から約10km離れた場所)にあり、周辺にある飲食店には、タイ語のメニューしかない。屋台に至っては、食材しか置いていない(メニューがない)ところもあり、特に夕食を取るのに多くの労力を費やした(朝は学食で食事ができ、昼は同僚と同行したため困ることはなかった)。

悪戦苦闘の日々を過ごす中、紀伊國屋書店(バンコク伊勢丹内)にて「タイ×屋台めし<sup>4)</sup>」を購入できたことが大きな救いとなった。国内事前研修では、これほどまで食事に困るような情報を得ていなかったし、英語で記載されたメニュー

を置いていない店がこれほど多いとは予想だにできなかった。そのため、この本が食事における唯一の頼りであった。

余談ではあるが、書籍を手に入れてからは3. (3) のTNI map (食事処マップ) の作成を進めることもでき、タイの料理店に対する好奇心が以前よりも数段増した。著者および出版社に感謝である。

写真15  
タイ×屋台めし

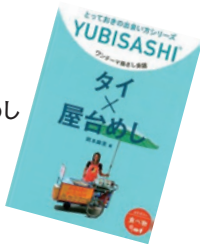


写真16 バスマップ  
(Bangkok Bus Guide)

## (2) 交通

タイの交通として有名なのは、トゥクトゥク、サムローなどであろう。しかし、これらは危険である旨を国内事前研修において聞いていたため、筆者はこれらへ挑戦をしなかった(そもそも、乗車方法がわからなかった)。一方、幸いなことに、研修担当者(水谷氏)がタイのバス交通に関する情報に精通しており、移動にはバスを活用することができた(タイのバスに関する書籍<sup>5)</sup>を参照されたい)。ただし、バスの運行時間に時刻表なるものはなく、バスが来るまで、ひたすらバス停で待つ必要があったが。

TNIの立地は、徒歩30分圏内に駅(エアポートリンク・フアマーク駅)があり、かつ、バス停が校門のすぐ目の前にあるという、比較的恵まれた環境である。しかしながら、周辺の路面の舗装状態は優れておらず、バスに乗車していると車体が上下によく揺れる。歩道も無論同様で、ブロックはどこにいても凹凸だらけである。これはタイの交通事情が車優先であるため、基本的に歩行者や自転車を交通として捉えていないためである。そのため、交差点には歩道橋も横断歩道も、もちろん、歩行者用の信号もない(ない箇所が圧倒的に多い)。自動車のレーンの最左側は、常時左折可能であるため、道路の横断には大変苦勞した(モーターサイ[バイク]が逆走する<sup>注3)</sup>こともある上、最左側が常時左折、通常レーンの直進といった、3方向を確認する行為が必要になるので、常々ヒヤヒヤしながら横断していた)。

この他、バンコク・スカイトレイン(Bangkok Mass Transit System: BTS)、バンコクメトロ(Mass Rapid Transit: MRT)、タクシーが利用可能な交通手段であった。いずれも渡タイ当初は乗車方法が分からず、利用に苦慮したが、各種ガイドブック、Webなどの助けを得て、徐々に活用できるようになった。何事も経験だ、とよく言われるが、日々それを実際に体験した。

注3) タイ道路交通法違反であるが、常態的に行われている。



写真17 BTS



写真18 バンコク市内バス



写真19 メータータクシー



写真20 交差点  
[最左側の左折車と直進車が合流]

## (3) 同僚たちとのコミュニケーション

研修における活動のほか、教職員による新年会(日本でいうところの忘年会)が行われ、筆者も教職員に混じって参加することができた(タイでは、賃金のほかの賞与がないため、このような福利厚生イベントがスタッフの士気を維持するために重要であるとのこと:水谷氏談)。

これら学内でのイベントのほか、タイ人の同僚らに国内観光へ誘ってもらい、Nam Tok Sai Yok Noi (น้ำตกไทรโยคน้อย), Pattaya (พัทยา), Ayutthaya (อโยธยา) などへ訪れることができた(これらのお礼を兼ねて巻き寿司をこしらえたところ、喜んでくれた。それのお返しとしてソムタム(ส้มตำ)とグリーンカレー(แกงเขียวหวาน)を年末のとある日に昼食として出してくれた)。

TNIのスタッフとの会話は、タイ語と英語を交えたもので、完全な意思疎通は出来なかった。しかし、食事や旅行などで彼らと多くの時間を共有できたことが、単なる同僚ではなく、親しい友人のような関係となれたことに繋がったと思う。この関係(仲間たち)を末永く大切にしたい。





写真21 NewYearParty(Cowboy Night)



写真22 パタヤへの日帰り旅行



写真23 寿司パーティー



写真24 Som-tam Lunch party

## 5. おわりに

当事業への参加にあたり、自らの業務調整、派遣期間中の業務引き継ぎ、転居、渡航準備(筆者は海外渡航経験が派遣以前になかったため、非常に苦労した)など、乗り越えるべき壁がたくさんあった。また、それほど得意でもない英語を多用すること、新たな言語を学ぶことなど、学習しなければならないことも多く、日本国内にいる間は、常に不安を抱えていた。また、渡タイ後もしばらくは不慣れな環境もあり、苦難の連続であったように思う。しかし、こういったものは日々の流れとともに解消されていくようで、派遣期間の半分(約3ヶ月)を過ぎた年末年始頃には、多少の慣れを感じるようになった。タイ語を堪能に話せるレベルには辿りつけなかったが、異国間のコミュニケーションは、言語だけに依るところではなく、それ以外の部分が大きいと感じられた。これが最も大きい収穫であったと思う。

今後の当センターの事業展開、海外への協力・支援などをどのような形で実施できるか、帰国直後の筆者には想定もできないが、個人的には、この派遣を通じて得られた素

晴らしい仲間・同僚と、今後も継続して交流を持ちたいと思っており、それが第一の将来に対する目標である。

派遣期間中、所属する部署(調査研究課)の同僚たちに筆者自身が担当する業務を分担いただいた。協力体制を整えてくれた課長および課員各位、ならびに課の業務をサポートしてくださり、かつ、海外派遣の機会を与えてくださった役職員各位に、末筆ながら感謝申し上げます。

### 【謝辞】

派遣期間中、受入機関の担当である水谷光一氏(学長室 専任講師)およびMs. Supaporn Hempongsopa(国際広報部長)、ならびに学長室および国際・広報部ならびにJTECS事務局長松平様および同タイ代表山本様より多くの協力を得た。また、本文中に記載していないが、タイおよび周辺国における建設事情を日系ゼネコン4社[タイ竹中、タイ清水、大成タイランド、タイ鹿島(訪問順)]にご教授いただいた。ここに記して感謝の意を表します。



写真25 学長室での業務風景



写真26 空港での見送り

- 1) 泰日工業大学: Thai-Nichi Institute of Technology (TNI) . <http://www.tni.ac.th/web/TNI2012-jp/>
- 2) TNI ニュースレター No.3 2012 卒業生の就職 . [http://www.tni.ac.th/web/upload/files/TNInewsletter\\_\(jp\)\\_No\\_3.pdf](http://www.tni.ac.th/web/upload/files/TNInewsletter_(jp)_No_3.pdf)
- 3) 水野うしお. タイの常識・非常識, AREE BOOKS, 2008.
- 4) 岡本 麻里. ワンテーマ指さし会話 タイ×屋台めし. 情報センター出版局, 2010.  
(注釈: この本には各種の料理、お菓子、飲料類の写真が名前とともに掲載されている。屋台ごとに異なる注文方法も掲載されていて、タイ語しか通じない屋台街で食事する際には、かなり活躍する)
- 5) 水谷 光一. バンコクバス物語. めこん, 2008.

### \*執筆者

村上 哲也(むらかみ・てつや)  
経営企画部 調査研究課  
従事する業務: 建材・建築分野の調査  
研究・標準化





たてものでの建材探偵団

## 高雄山 神護寺



今回は、京都の北に位置する高雄山<sup>じんごじ</sup> 神護寺を紹介しします。神護寺へは、京都駅からJRバスまたは市バスを利用して周山街道(国道162号線)を北上し、乗車1時間足らずでバス停「高雄」へ到着します。このあたりは、床柱<sup>とこばしら</sup>として名高い「北山杉」の産地で、街道沿いには昔ながらの製材所・材木店が散在しています。バス停からは、高低差で約50メートルを階段などで清流「清滝川」の河原に下り、そこで高雄橋を渡ると参道に至ります。参道入口からは上りになり、300段程の階段を含め約100メートルを登りきると神護寺の楼門(写真1)に到着します。

神護寺は、天長元年(824)高雄山寺<sup>たかおさんじ</sup>と神願寺<sup>しんがんじ</sup>を合併して「神護国祚真言寺」と称したのが始まりとされ、平安仏教を開いた最澄<sup>さいしやう</sup>、空海<sup>くうかい</sup>に深い関わりを持つ名刹<sup>めいさつ</sup>であります。ことに、空海(弘法大師)は、唐(中国)より帰朝して、大同4年(809)に入山、以来、14年間住持(住職)されたところでもあります<sup>2), 3)</sup>。

神護寺は、平安時代に2度の災害のため、堂塔のほとんどを焼失しましたが、文覚上人<sup>もんかく じんえい</sup><sup>4)</sup>が寿永3年(1184)後白河法皇の勅許を得、源頼朝の援助もあって往年以上の復興をみたといわれています。さらに、その後の応仁の乱(1467～1477)では、再び兵火を受け神護寺の諸堂宇は消失しました。

現存する最古の建物は、安土桃山時代(1573～1603)に再建された大師堂(写真2:納涼房とも呼ばれ、空海の住房であったと言われている)です<sup>5)</sup>。

伽藍の多くは、元和9年(1623)京都所司代板倉勝重の奉行によって再興されたもので楼門、旧金堂(現在の毘沙門堂)、五大堂、鐘楼、明王堂<sup>5)</sup>(写真3)があります。また、昭和10年(1935)実業家山口玄洞氏の寄進で現在の金堂、多宝塔などが新築されて今日の伽藍が整えられたと伝えられています。

神護寺は、度重なる災害でほとんどの堂塔を消失するこ

写真1  
神護寺 楼門  
(正門:両脇に二天像を安置)



写真2  
大師堂(入母屋造り柿ぶき重要文化財)

写真3  
明王堂  
(扁額は7代目市川団十郎の揮毫)



と数度におよび、その都度、再興を果たしてきました。幸いなことに、平安時代前期と鎌倉時代の寺宝が多く残されており、現在、国宝17点、重要文化財2833点があり、この中には歴史の教科書でなじみの深い「絹本着色伝・源頼朝像」などが含まれています<sup>6)</sup>。これらのうち、主要なものは毎年5月初旬の「宝物虫払い」行事で展覧されています。

### 【引用文献等】

- 1) 高雄山寺:平安京造営の最高責任者(造宮大夫)である和気清盛公(733～799)が創建。
- 2) 加藤精一:弘法大師伝、弘法大師千五十年御遠忌記念出版 真言宗豊山派宗務所, 昭和58年3月21日
- 3) 日本美術全集6 密教の美術「東寺/神護寺/室生寺」. 榎学習研究社, 1980
- 4) 文覚上人(1139～1203):平安後期-鎌倉時代の僧。もと北面の武士で、俗名は遠藤盛遠。後白河法皇、源頼朝などの援助を得て神護寺を復興したと伝えられている。
- 5) 明王堂:神護寺に安置されていた不動明王(空海作)は、天慶3年(940)に平将門の乱を鎮圧するため、寛朝僧正が関東に出開帳された。その地にこの不動明王を御本尊として成田山新勝寺が建立された。(神護寺案内板から)
- 6) 日本古寺美術全集第9巻.「神護寺と洛西・洛北の古寺」. 榎集英社, 昭和56年

(文責:品質保証室 特別参与 柳 啓)

# コンクリートの基礎講座

## V 構造物編「非破壊試験(微破壊試験), コンクリートコアの試験」

コンクリートの基礎講座も今回が最終回となりました。今月号は、構造物編と題して、コンクリート構造物の非破壊試験(微破壊試験)およびコンクリート構造物から採取したコンクリートコアの試験(物理試験, 化学分析)について紹介します。

### 1. はじめに

試験(検査)は、その内容によって破壊試験と非破壊試験(検査)に大別されます。前者は、コンクリートの圧縮強度試験に代表されるように、物質(試験体)に外力を加えて、破断や亀裂の発生・成長を観察・計測し、その物質の品質や性能を調べる試験の総称です。一方、非破壊試験とは、JIS Z 2300(非破壊試験用語)によると、“素材又は製品を破壊せずに、品質又はきず、埋設物などの有無及びその存在位置、大きさ、形状、分布状態などを調べる試験”と定義されています。なお、広義には、目視観察(軽微な測定器の使用を含む)も非破壊試験の一つといえます。

コンクリート構造物の試験(検査)は、その構造物の健全度、変状の種類や原因、劣化の程度などを調査・診断する際に行われます。一般に、調査対象となる構造物は、今後も継続して供用する機会が多いため、可能な限り損傷を与えずに、構成材料の品質や状態を把握する必要があ

ります。そこで、コンクリートや鉄筋の品質や状態を推定するために、数多くの非破壊試験(微破壊試験)が提案・実用化されています。また、コンクリートや鉄筋の品質や状態を直接調べるために、コンクリート構造物の強度や耐久性に大きな影響を及ぼさない程度にコンクリートをはつり取ったり、コンクリートコアを採取して試験を行う場合もあります。

### 2. コンクリート, 鉄筋を対象とした非破壊試験

非破壊試験は、様々な工業製品に幅広く利用されていますが、ここでは、表1に示すコンクリート構造物を構成する主材料であるコンクリートおよび鉄筋を対象とした試験について紹介します。また、国土交通省大臣官房技術調査課では、コンクリート構造物(橋梁上・下部工)の強度測定方法として、ボス供試体や小径コアによる微破壊試験を採用しているので、ここで併せて紹介します。

なお、コンクリートや鉄筋を対象とした非破壊試験方法の多くは、(一社)日本非破壊検査協会が団体規格として「日本非破壊検査協会規格(NDIS)」を制定しているので、試験方法の詳細についてはNDISを参照していただきたい。

表1 コンクリートおよび鉄筋を対象とした非破壊試験, 微破壊試験

分類	試験対象(探査対象)	代表的な試験・測定方法
非破壊試験	コンクリートのひび割れの有無, 進展	・目視観察(軽微な測定器の使用を含む)
	コンクリートのひび割れ位置・深さ, コンクリート表面の浮き・はく離, コンクリート内部の空洞の有無	・サーモグラフィー法 ・弾性波法(超音波法, 衝撃弾性波法, 打音法) ・アコースティック・エミッション(AE法) ・電磁波レダ法
	コンクリートの圧縮強度	・反発度法(リバウンドハンマー) ・弾性波法(超音波法, 衝撃弾性波法)
	鉄筋(配筋状態), かぶり厚さ, 埋設物の有無	・電磁波レダ法 ・電磁誘導法
	コンクリート構造物内部の状況	・X線透過撮影法
微破壊試験	鉄筋の腐食状況	・自然電位法 ・分極抵抗法 ・電気抵抗法
	コンクリートの圧縮強度	・ボス供試体による圧縮強度試験 ・小径コアによる圧縮強度試験 ・局部破壊法(プルオフ法, プルアウト法, ブレークオフ法)
	コンクリートの中性化	・ドリル削孔粉による中性化深さ試験

## 2.1 コンクリートのひび割れ、はく離、空洞の探査

標記の欠陥を検出する方法としては、(1)サーモグラフィ法 (2)弾性波法 (3)アコースティック・エミッション(AE法) (4)電磁波レーダ法などがあります。各試験(測定)方法の概要を次に紹介します。

### (1)サーモグラフィ法(赤外線サーモグラフィ法)

サーモグラフィ法とは、赤外線映像装置を用いて、物体表面の温度分布(熱画像)を測定し、熱画像上の表面温度の異常部から、コンクリート表面や内部の欠陥の有無を推定する測定方法のことです。非接触で高速に大断面の測定が可能であり、壁面の仕上げ材の浮き・はく離、橋梁床板やトンネル覆工のコンクリート浮き・はく離、構造物の漏水、住宅の断熱性能の評価などに利用されています。

### (2)弾性波法

弾性波法とは、コンクリート表面に設置した発振子や衝撃入力装置によってコンクリート内部に弾性波を発生させ、それをコンクリート表面の受振子で測定し、コンクリート内部の欠陥の位置や寸法を推定する測定方法の総称です。この弾性波法は、利用する周波数の範囲や弾性波の与え方、受信方法等によって、超音波法、衝撃弾性波法、打音法などに分類されます。

### (3)アコースティック・エミッション(AE法)

アコースティック・エミッションとは、コンクリートのひび割れの発生に伴って発生し伝播する弾性波を検出する測定方法のことです。過剰な外力、地震時などの異常な荷重、鉄筋腐食などによってコンクリート内部にひび割れが発生すると弾性波として検出できるため、コンクリートの表面部にAEセンサを設置しておけば、ひび割れの発生監視に利用できます。なお、広義にはAE法も弾性波法に分類されます。

### (4)電磁波レーダ法

電磁波レーダ法は、コンクリート構造物内部の埋設物の有無、コンクリートの躯体厚さ、空洞等の有無を推定する測定方法の一つです。この方法は、コンクリート内部に放射された電磁波がコンクリートと電気的性質(比誘電率、導電率)が異なる物体(例えば、鉄筋、埋設物、空洞など)との境界面で反射する性質を利用した測定方法です。

簡便かつ短時間で広範囲の測定が可能であり、特別な資格・免許等が不要なため、すぐに結果が得られる方法です。しかし、簡便な手法ゆえに作業者の技量や経験に依存するところが多い測定方法となります。

## 2.2 構造体コンクリートの圧縮強度(非破壊試験)

構造体コンクリートの圧縮強度を非破壊で推定する方法

としては、(1)反発度法 (2)弾性波法(超音波法、衝撃弾性波法) (3)局部破壊試験による方法などがあります。各試験(測定)方法の概要を次に紹介します。

### (1)反発度法

反発度法は、最も一般的な試験方法であり、コンクリートの表面をリバウンドハンマー(通称:シュミットハンマー)によって打撃し、その反発度からコンクリートの圧縮強度を推定する試験方法です。

試験方法は、JIS A 1155(コンクリートの反発度の測定方法)に規定されています。ただし、同JISはコンクリートの反発度を測定する方法について規定したものであり、反発度から圧縮強度を推定する方法(強度推定式など)は規定されていません。なお、反発度から圧縮強度を推定する方法は、日本材料学会、日本建築学会、土木学会等の団体規格に規定されています。

### (2)弾性波法(超音波法、衝撃弾性波法)

弾性波法は、コンクリート内部の欠陥の位置や寸法の推定に利用されていますが、国土交通省では、橋梁の上部工(桁部)および下部工(柱部、張出し部)の強度測定方法として、弾性波法に分類される超音波法および衝撃弾性波法を採用しています。なお、これらの測定方法および強度推定方法として、「超音波試験(土研法)による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)」、「衝撃弾性波法 iTECS法による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)」、「衝撃弾性波法 表面2点法による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)」が提案されています。

## 2.3 構造体コンクリートの圧縮強度(微破壊試験)

国土交通省では、橋梁の上部工(桁部)および下部工(柱部、張出し部、フーチング部)の施工管理および発注者の検査における強度試験方法として、(1)ボス供試体による強度試験 (2)小径コアによる強度試験を微破壊試験と称して採用しています。また、その他数種類の(3)局部破壊試験も提案されています。各試験方法の概要を次に紹介します。

### (1)ボス供試体による圧縮強度試験

ボス供試体とは、ボス型枠を用いてコンクリート構造物と一体で成型された突起状の供試体(代表的な寸法:100×100×200mm)のことであり、コンクリート構造物と同様な方法で養生したのちに割り取り、JIS A 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)に従って圧縮強度試験を行います。ボス供試体は、コンクリート構造物の外部に突起しているため、構造物の表面に割り取った跡は残りますが、構造物自体を損傷させることが少ないため、微破壊試験といわれています。



## (2) 小径コアによる圧縮強度試験

小径コアとは、直径が50mm以下(通常25mm程度)のコンクリートコアのことです。小径コアによる圧縮強度試験とは、コンクリート構造物から小径コアを採取し、そのコアの圧縮強度から構造物コンクリートの圧縮強度を推定する試験方法です。

一般に、コンクリートコアによる圧縮強度試験は、JIS A 1107(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)に従って行われるため、コンクリート構造物から採取するコアの直径は、60～120mm(粗骨材の最大寸法の3倍以上)となります。このJISによる試験方法と比較して、コンクリート構造物の損傷範囲や損傷深さが軽微なことから微破壊試験と呼ばれています。

## (3) 局部破壊試験

局部破壊試験とは、コンクリートの表層を一部破壊し、その破壊時の抵抗力から圧縮強度を推定する方法であり、プルオフ法(引張)、プリアウト法(引抜き)、ブレイクオフ法(曲げ折り)などが提案されています。ただし、我が国では、ほとんど採用されていません。

## 2.4 鉄筋(配筋状態)、かぶり厚さ、埋設物の探査

コンクリート中の鉄筋探査法として広く利用されている方法には、(1)電磁波レーダ法 (2)電磁誘導法 の2種類の方法があります。また、コンクリート内部の状況をほぼ実体に近い状態で確認できる唯一の方法として、(3)X線透過撮影法があります。各試験(測定)方法の概要を次に紹介します。

### (1) 電磁波レーダ法

電磁波レーダ法とは、コンクリート構造物内部の埋設物[鉄筋(配筋状態、かぶり厚さ)、鉄骨、埋設管]を探査する測定方法の一つです。同方法は2.1で述べたように、測定原理上、コンクリートの躯体厚さやコンクリート内部の空洞等の有無を調査することも可能です。

### (2) 電磁誘導法

電磁誘導法は、試験コイルに交流電流を流すことによってできる磁界内に試験対象物を設置することによって対象物の探査を行います。従って、適用範囲はコンクリート中の鉄筋位置や鉄筋径、鉄筋以外の埋設金属となります。

電磁誘導法は、電磁波レーダ法ではできない鉄筋径の推定が可能であり、また、コンクリート中に空隙や豆板等があっても鉄筋位置の推定が可能です。なお、測定精度は、径が大きな鉄筋ほど深い位置まで探査が可能であり、かぶり厚さは薄いほど測定精度は高くなります。

## (3) X線透過撮影法

X線透過撮影法は、工業や医療分野で幅広く利用されている非破壊検査方法です。一方からX線を照射し、対向する裏面にフィルムを設置して透過像を撮影します。従って、試験する箇所の両面に、装置とフィルムを設置するための空間が必要となります。また、放射線防護のための安全管理上の制限があり、現場作業においては低エネルギーのX線装置の使用に限定されます。これらの制限から、建築構造物の場合は、壁、床の鉄筋位置や版厚の測定、土木分野では、橋梁のPC桁のシース内のグラウトの充填確認、床版における空洞の検出などに適用されています。

## 2.5 鉄筋腐食

鉄筋の腐食程度は、コンクリート構造物の健全度、変状の種類や原因推定の判断資料になるだけでなく、補修・補強の要否の判定、補修・補強方法を選定する際の重要な情報になります。

一般に、鉄筋の腐食状況の試験(調査)は、はつり調査によって行われますが、構造物内で鉄筋腐食の可能性が高い箇所を見つけるために、自然電位によって鉄筋の腐食状況を確認する場合があります。コンクリート中の鉄筋が腐食していると、電子は鉄筋内を流れイオンはコンクリート中を移動します。これら電子やイオンの流れを腐食電流と呼び、腐食反応の速さ(腐食速度)を表します。自然電位法は、腐食状況に応じて変化する電位を測定することにより、鉄筋の腐食状況を推定する電気化学的方法です。

標準的な測定方法は、土木学会規準 JSCE-E601(コンクリート構造物における自然電位測定方法)に規定されています。また、その他の測定方法として、分極抵抗法、電気抵抗法などの非破壊検査方法があります。

## 3. コンクリート構造物から採取したコアの試験

コンクリート構造物の耐震診断や変状が認められた構造物の劣化原因を推定することを目的として、構造物自体の調査に加えて、構造物からコンクリートコアを採取し各種試験を実施する場合があります。(表2参照)

コンクリートコアの試験は、表3に示すように、物理試験、化学分析、組織分析等に区分できます。ここでは、広く一般的に行われている代表的な物理試験と化学分析について紹介します。

表2 劣化原因, 関連する試験項目と主な試験方法・測定機器との関係

劣化原因	関連する試験項目	主な試験方法・測定機器
強度ほか劣化全般	コンクリートのひび割れの有無, ひび割れ幅, ひび割れ深さ	非破壊試験: 目視観察 (スケール, ノギス) 破壊試験: はつり調査
	コンクリートのひび割れの有無, コンクリートの浮き・はく離, コンクリートの表面状況 (ポップアウト, スケーリング), コンクリート内部の空洞の有無	非破壊試験: 目視観察, サーモグラフィ法, 弾性波法 (超音波法, 衝撃弾性波法, 打音法), アコースティック・エミッション (AE法), 電磁波レーダ法 破壊試験: はつり調査
	コンクリート構造物内部の状況	非破壊試験: X線透過撮影法
	コンクリートの圧縮強度・曲げ強度	破壊試験: 耐圧試験機 (JIS A 1107, JIS A 1114) 非破壊試験: 反発度法 (リバウンドハンマー), 弾性波法 (超音波法, 衝撃弾性波法) 微破壊試験: ボス供試体, 小径コア, 局部破壊法 (プルオフ法, プルアウト法, ブレークオフ法)
	コンクリートの静弾性係数 (ヤング係数)	破壊試験: ひずみゲージ法, コンプレッソメータ法 (JIS A 1149)
	コンクリートのポアソン比	破壊試験: ひずみゲージ法, コンプレッソメータ法
	鉄筋の強度	破壊試験: 万能試験機 (JIS Z 2241, JIS Z 3120)
	鉄筋 (配筋状態), かぶり厚さ, 埋設物の有無	非破壊試験: 電磁波レーダ法, 電磁誘導法 破壊試験: はつり調査
	配合推定	化学分析等: セメント協会法 (F18 <sup>1)</sup> ), グルコン酸ナトリウム法 (NDIS3422 <sup>2)</sup> ), プラズマ発光分光分析 (ICP)
中性化	中性化深さ	化学分析等: フェノールフタレイン法 (JIS A 1152), 示差熱重量分析, 粉末X線回折, 電子線マイクロアナライザー (EPMA) 微破壊試験: ドリル削孔粉
	中性化速度	促進試験: 促進中性化試験 (JIS A 1153)
	中性化に伴う塩化物イオンの移動状況	化学分析等: 塩化物イオンの試験方法 (JIS A 1154), EPMA
塩害	鉄筋の腐食状況, 断面欠損率	化学分析等: 10%クエン酸二アンモニウム溶液処理, プラニメータ 非破壊試験: 自然電位法, 分極抵抗法, 電気抵抗法 破壊試験: はつり調査 (腐食度の分類)
	塩化物イオン量, 浸透状況	化学分析等: 塩化物イオンの試験方法 (JIS A 1154), EPMA
	塩化物の浸透速度	促進試験: 急速塩化物浸透法
凍害	表面の浸食深さ	破壊試験: はつり調査 化学分析等: EPMA面分析
	気泡間隔係数	組織分析: リニアトラバース法, 画像解析
	空気量	組織分析: リニアトラバース法, 画像解析
	細孔径分布	組織分析: 水銀圧入式ポロシメータ
アルカリシリカ反応	アルカリ量	化学分析等: 抽出液の原子吸光, プラズマ発光分光分析 (ICP)
	アルカリ骨材反応による膨張予測	化学分析等: 細孔溶液中の水酸イオンの定量
	析出物の分析	化学分析等: 化学成分分析, 粉末X線回折, SEM-EDX, 蛍光X線分析, 示差熱重量分析, 酢酸ウラニル蛍光法
	骨材のアルカリシリカ反応性試験	化学分析等: 化学法 (JIS A 1145) 促進試験: モルタルバー法 (JIS A 1146), 迅速法 (JIS A 1804), 再生骨材迅速法 (JIS A 5021)
	解放膨張率, 残存膨張率	促進試験: JCI-DD2 <sup>3)</sup> (40°C, 95%以上), カナダ法 (80°C, 1NのNaOH溶液), デンマーク法 (50°C, 飽和NaCl溶液)
	骨材の岩種, 反応性鉱物の調査	岩石学的試験: 目視観察, 偏光顕微鏡観察, 粉末X線回折 (JCI-DD3), 有害鉱物の定量 (JCI-DD4)
化学的腐食	化学的腐食深さ	化学分析等: EPMA
	析出物の分析	化学分析等: 化学成分分析, 粉末X線回折, SEM-EDX, 蛍光X線分析, 示差熱重量分析, 酢酸ウラニル蛍光法

注<sup>1)</sup>: セメント協会「硬化コンクリートの配合に関する共同試験報告 (F18)」を示す。

<sup>2)</sup>: 日本非破壊検査協会の団体規格「日本非破壊検査協会規格 (NDIS)」を示す。

<sup>3)</sup>: 日本コンクリート工学会の団体規格「JCI規準」を示す。

表3 コンクリートコアの試験の概要

分類	関連する試験項目	主な試験方法・測定機器
物理試験	ひび割れの深さ	目視観察(スケール, ノギス)
	圧縮強度・曲げ強度	耐圧試験機(JIS A 1107, JIS A 1114)
	静弾性係数(ヤング係数)	ひずみゲージ法, コンプレッソメータ法(JIS A 1149)
	ポアソン比	ひずみゲージ法, コンプレッソメータ法
	中性化深さ	フェノールフタレイン法(JIS A 1152), 示差熱重量分析, 粉末X線回折, 電子線マイクロアナライザー(EPMA)
	鉄筋の腐食状況, 断面欠損率	目視観察(腐食度の分類), 10%クエン酸二アンモニウム溶液処理, プラニメータ
化学分析	中性化に伴う塩化物イオンの移動状況	塩化物イオンの試験方法(JIS A 1154), EPMA
	化学的腐食深さ	EPMA
	塩化物イオン量, 浸透状況	塩化物イオンの試験方法(JIS A 1154), EPMA
	アルカリ量	抽出液の原子吸光, プラズマ発光分光分析(ICP)
	析出物の分析	化学成分分析, 粉末X線回折, SEM-EDX, 蛍光X線分析, 示差熱重量分析, 酢酸ウラニル蛍光法
	アルカリ骨材反応による膨張予測	細孔溶液中の水酸イオンの定量
	配合推定	セメント協会法(F18 <sup>1)</sup> ), グルコン酸ナトリウム法(NDIS3422 <sup>2)</sup> ), ICP
組織分析	気泡間隔係数	リニアトラバース法, 画像解析
	空気量	リニアトラバース法, 画像解析
	細孔径分布	水銀圧入式ポロシメータ
	表面の浸食深さ	目視観察, EPMA面分析
促進試験	中性化速度	促進中性化試験(JIS A 1153)
	塩化物の浸透速度	急速塩化物浸透法
	骨材のアルカリシリカ反応性試験	化学法(JIS A 1145), モルタルパー法(JIS A 1146), 迅速法(JIS A 1804), 再生骨材迅速法(JIS A 5021)
	解放膨張率, 残存膨張率	JCI-DD2 <sup>3)</sup> (40℃, 95%以上), カナダ法(80℃, 1NのNaOH溶液), デンマーク法(50℃, 飽和NaCl溶液)
岩石学的試験	骨材の岩種, 反応性鉱物の調査	目視観察, 偏光顕微鏡観察, 粉末X線回折(JCI-DD3), 有害鉱物の定量(JCI-DD4)

注<sup>1)</sup>:セメント協会「硬化コンクリートの配合に関する共同試験報告(F18)」を示す。

<sup>2)</sup>:日本非破壊検査協会の団体規格「日本非破壊検査協会規格(NDIS)」を示す。

<sup>3)</sup>:日本コンクリート工学会の団体規格「JCI規準」を示す。

### 3.1 コンクリートコアの物理試験

#### (1) 圧縮強度(曲げ強度)

構造物に使用したコンクリートの圧縮強度(曲げ強度)は, 製品検査結果や施工時の管理記録等で確認できます。しかし, 構造物コンクリートの品質は, 施工条件や環境条件によって異なります。また, アルカリシリカ反応や凍害などによって, コンクリートの品質が低下する場合があります。そこで, 耐震診断(補修・補強の要否の確認)などを目的として, コンクリート構造物からコアを採取し, 実際の圧縮強度(曲げ強度)を確認する場合があります。

試験方法は, JIS A 1107(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)に規定されています。コアの採取場所は, 試験の目的によって異なりますが, 建築構造物の場合は, 各階3箇所(3体)程度, 橋梁の下部工では, 一基当たり3箇所(3体)程度採取します。

なお, 曲げ試験方法は, JIS A 1114(コンクリートからの

角柱供試体の採取方法及び強度試験方法)に規定されていますが, 実際に試験を行うことはほとんどありません。

#### (2) 中性化

この基礎講座で既に紹介しましたが, 打設当初のコンクリートは強アルカリ性を示し, 鉄筋の腐食防止能力を有しています。しかし, 二酸化炭素の侵入に伴ってコンクリートは徐々に中性化が進行し, 中性化領域が鉄筋位置に到達すると, 急速に鉄筋が腐食する場合があります。そこで, コンクリート構造物の耐久性の観点から, 中性化の状況, 中性化速度, 今後の進行状況を確認するために, コンクリートコアによる中性化試験が行われています。

試験方法は, JIS A 1152(コンクリートの中性化深さの測定方法)に規定されています。また, 微破壊による中性化試験方法として, NDIS3419(ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法)が提案されており, 部材(大断面)の中性化深さの分布状況を確認する場合などに



利用されています。

なお、後述しますが、コンクリートの中性化深さは塩化物イオンの移動・凝縮に関係するため、塩化物イオンの浸透深さなどと併せて評価・確認することが重要です。

### (3) 静弾性係数 (ヤング係数)

ヤング係数が小さい骨材を使用すると、コンクリートの乾燥収縮量が増加したり、床版のたわみ量が大きくなる場合があります。そのため、日本建築学会では、既往の研究成果に基づき、圧縮強度とヤング係数との関係式を提案し、ヤング係数の下限値を規定しています。通常の骨材を使用したコンクリートの場合、この規定値を下回することはほとんどありません。しかし、構造物が火害を受けたり、アルカリシリカ反応などによりコンクリートに微細なひび割れが発生すると、圧縮強度に比較して、ヤング係数は極端に低下します。そこで、コンクリートの劣化状況を把握することを目的として、コンクリートのヤング係数やポアソン比を確認する場合があります。

試験方法は、JIS A 1149 (コンクリートの静弾性係数試験方法) に規定されています。なお、ひずみの測定方法には、ひずみゲージ法とコンプレッソメータ法がありますが、コンクリートコアの場合は、前者が一般的です。

### (4) アルカリシリカ反応性

アルカリシリカ反応は、コンクリートの細孔溶液中のアルカリ性成分と、その成分に対して溶解反応を示す骨材中の有害鉱物との反応です。アルカリシリカ反応の疑いのある構造物の調査項目には、ひび割れ、変色、ゲルの析出などの目視観察、ひび割れ幅や膨張率の測定、構造物から採取したコンクリートコアの物理試験 (膨張率)、化学分析、岩石学的試験などがあります。

ここでは、コンクリートコアの物理試験の中から、骨材のアルカリシリカ反応性試験および残存膨張率について概説します。

#### ① 骨材のアルカリシリカ反応性試験

耐久性編で紹介しましたが、骨材のアルカリシリカ反応性試験には、化学法、モルタルバー法、迅速法 (再生骨材迅速法) があります。これらの試験方法は、コンクリートに使用する骨材を対象とした試験方法ですが、コンクリートコアから取り出した骨材についても適用することができます。この手法は、再生骨材を対象としたアルカリシリカ反応性試験方法として採用されています。

ただし、化学法の場合、骨材に付着したセメントペースト分を塩酸等で処理した後試験に供すると、“無害”と判定されるべき骨材が“無害でない”と判定される場合があるため、試験を行う際には、JIS A 5021 (コンクリート用再生

骨材H) の本体および解説を参照していただきたい。

#### ② コンクリートコアの解放膨張率・残存膨張率試験

アルカリシリカ反応性による区分が“無害でない”と判定された骨材を使用した場合、供用初期にはアルカリシリカ反応の兆候がなくても、環境条件などによってアルカリシリカ反応による劣化が顕在化する場合があります。

構造物の調査時までコンクリートがどの程度膨張したか、また、今後どのぐらいの速度で、最終的にはどの程度まで膨張するか等について、確実な試験方法は確立されていません。ただし、これらの目安として、構造物から採取したコンクリートコアの解放直後の膨張率 (解放膨張率)、促進養生条件下における膨張率 (残存膨張率) を測定する方法が提案されています。

試験方法は、日本コンクリート工学会の団体規格である JCI-DD2 (アルカリ骨材反応を生じたコンクリート構造物のコア試料による膨張率の測定方法 (案)) に規定されています。また、その他の促進膨張試験としては、温度 80℃、1N の NaOH 溶液中に供試体を浸せきする方法 (カナダ法)、温度 50℃、飽和 NaCl 溶液中に供試体を浸せきする方法 (デンマーク法) などがあります。

## 3.2 コンクリートコアの化学分析

### (1) 配合推定

配合推定とは、化学分析結果に基づいてコンクリートを構成する材料の割合を推定する試験です。打設されたコンクリートの構成材料の割合や、配 (調) 合どおりであるか等を確認するため、構造物から採取したコンクリートコアについて配合推定を行う場合があります。

試験方法として最も一般的な方法は、セメント協会法：セメント協会「硬化コンクリートの配合に関する共同試験報告 (F18)」です。同方法は、微粉碎した試料を塩酸処理した後、不溶残分および酸化カルシウムを定量し、それらの値から、単位骨材量や単位セメント量を推定する試験方法です。ただし、同方法は、石灰石骨材や貝殻が混入した海砂を使用したコンクリートについては、セメント水和物中のカルシウムと骨材中のカルシウムが区分できないため適用することができません。そこで、この問題を解消するため、溶解液としてグルコン酸ナトリウム溶液を使用する方法 (NDIS3422)、セメントの構成成分のうち酸化カルシウムに次いで量が多く変動の少ない酸可溶性シリカに着目し、プラズマ発光分光分析装置 (ICP) を用いて測定する方法が提案されています。

## (2) 塩化物イオン含有量

製造・調合編で紹介しましたが、JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート)には、塩害を防止するため、荷卸し地点における塩化物含有量の上限値が規定されています。ただし、この規定は1986年の改正時に定められた規定であり、これ以前に建設された構造物については、塩化物含有量がわかりません。また、塩化物イオンは、海水や凍結防止剤など構造物の外部環境から供給される場合もあります。

そこで、塩害が懸念されるコンクリート構造物については、構造物から採取したコンクリートコアについては、塩化物イオン含有量やその分布状況を確認するための試験が行われています。

試験方法は、JIS A 1154 (硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法)に規定されています。なお、コンクリートの中性化に伴い、コンクリート中の固定化された塩化物イオンが遊離し、コンクリート内部に移動して濃縮される場合があるため、試験や評価に際しては、この点に注意する必要があります。

一方、分析可能領域の拡大に伴い、塩化物イオンの分布状況や炭酸化の進行状況を把握するため、電子線マイクロアナライザー (EPMA) を利用した分析も行われるようになってきました。

## (3) アルカリシリカ反応性

アルカリシリカ反応性に関連する化学分析としては、アルカリ量の定量、細孔溶液中の水酸イオンの定量、析出物の化学分析などがあります。

アルカリシリカ反応は、コンクリートの細孔溶液中のアルカリ性成分と、骨材中の有害鉱物との反応であるため、コンクリート中のアルカリ量を測定することによって、アルカリシリカ反応の可能性を判断することができます。コンクリートコア中のアルカリを分析する場合、水溶液試料を調整する必要があり、粉末試料の場合は強酸溶解法や熱水抽出法、コアの場合は高圧で細孔溶液を抽出する方法が採用されています。しかし、いずれも方法も規格化されていません。

なお、抽出・定容した水溶液は、原子吸光光度計やプラズマ発光分光分析装置 (ICP) にかけてNaとKの含有量を測定します。

### 3.3 コンクリートの組織分析 (微細構造)

ここでいう組織分析 (微細構造) とは、硬化コンクリート中の空気量、気泡間隔係数 (気泡の大きさ)、細孔の分布状況など、気泡組織に関する分析のことです。

コンクリートの凍害の可能性は、構造物の環境条件 (気象

条件、部位条件、日射条件など) が重要な要因となります。一方、耐久性編で紹介しましたが、凍害は、硬化コンクリートの気泡組織とも密接な関係があります。そこで、寒冷地における構造物の変状の種類や原因を調べる際に、スケーリングやポップアウトなどの外観観察と併せて、硬化コンクリート中の空気量、気泡間隔係数を測定する場合があります。測定方法は、ASTMに規定されているリニアトラバース法が一般的ですが、最近では、画像解析によって気泡の大きさや数を短時間で測定する方法も採用されています。また、硬化コンクリートの細孔径分布は、水銀圧入ポロシメータを用いて測定します。

コンクリートコアを対象とした試験では、コンクリートの力学的性状だけでなく、劣化原因を推定するために必要な様々な情報を得ることができます。例えば、電子線マイクロアナライザー (EPMA) やX線回折によって、コンクリート中の元素情報や結晶形態を確認することが可能です。しかし、残念ながら当財団では対応できない項目も多数あります。

## 4. おわりに

今回は、構造物編と題して、コンクリート構造物の非破壊試験 (微破壊試験) およびコンクリート構造物から採取したコンクリートコアの試験について紹介しました。誌面の都合で、はつり調査や鉄筋の腐食度試験など紹介できなかった試験も数多くあります。また、誌面で紹介した各試験・測定方法についても概要だけの説明になってしまいました。機会がありましたら、各種試験 (測定) について、コンクリート構造物の変状の種類、劣化原因別に詳しく紹介したいと思います。

約1年 (11回) にわたって掲載してきましたコンクリートの基礎講座も今回で終了となります。長い間、ご愛読いただきましてありがとうございます。

普段コンクリートにあまり馴染みのない読書の皆様に少しでもコンクリートのことを理解して頂きたく平易な文章で紹介してきましたが、言葉足らずで誤解を招く表現もあったかと反省しています。

コンクリートは、ほぼ全ての材料が国内で調達できる数少ない工業製品であり、今後も土木・建築分野において欠かせない材料です。今回の基礎講座によって、読者の皆様に少しでもコンクリートに興味をもっていただければ幸いです。

(文責：工事材料試験所 副所長 真野 孝次)





(((((.....))))))

## ISO39001 (道路交通安全マネジメントシステム) の第1号認証を授与

ISO 審査本部

当センター ISO 審査本部は、高俊興業株式会社 (東京都中野区 代表取締役社長 高橋俊美) へ、建材試験センター ISO39001 (道路交通安全マネジメントシステム) 登録第1号として認証を授与しました (認証登録日: 2014年3月28日, 登録番号: RT0001, 登録範囲: 産業廃棄物及び一般廃棄物の収集・運搬)。

高俊興業株式会社は、1978年 (昭和53年) 4月に東京都中野区で創業し、産業廃棄物および一般廃棄物の収集・運搬、中間処理、再資源化などの業務を営む組織です。高俊興業は、廃棄物収集運搬車両187台を日々運用しており、交通事故の未然防止教育および安全機器の全車両搭載など、様々な事故防止対策を講じているとのこと



です。ISO39001の認証取得を機に、道路交通事故根絶の活動を推進し、一層の社会貢献を進めるとの決意談話を高橋社長より頂きました。

(((((.....))))))

## 2014年度マネジメントシステム審査員定期研修会を開催

ISO 審査本部

2014年4月21日 (月) と22日 (火) の二日間、東京体育館・第一会議室において、2014年度マネジメントシステム審査員定期研修会を開催しました。この研修会は、審査技術の継承と審査員の力量向上を目的に、全国の所属審査員を一同に集め、毎年開催しております。

一日目は、森本部長、今川副本部長、香葉村部長代理より、①ISO審査本部の事業方針、②外部環境の変化、内部環境の変化、③WG成果報告、④ISO9001、ISO14001改定状況などの説明を行い、最後に知識レベルの確認試験を実施しました。

二日目は、長田理事長の挨拶の後、森本部長の基調講演「20年の診断手法の継承」、林主幹の講演「ビジョンを考える」を行いました。その後、5～6名の班に分かれ、審査結果事例研究をグループディスカッション、パネルディスカッションの形式で行いました。活発な討論・議論が行われ、今年度も有意義な研修会となりました。

今後も研修会を定期的に開催し、審査レベルを向上させ、質の良い審査が提供できるように努めて参ります。



会場の様子



挨拶する長田理事長



グループディスカッションの様子

## JIS マーク表示制度に基づく製品認証登録

製品認証本部では、下記企業（3件）について平成24年12月16日付でJIS マーク表示制度に基づく製品を認証しました。

<http://www2.jtccm.or.jp/jismark/search/input.php>

認証登録番号	認証契約日	工場または事業場名称	JIS 番号	JIS 名称
TC0113006	2013/12/16	北海アサノロックラー(株) 士別製品工場	A5372	プレキャスト鉄筋コンクリート製品
TC0213008	2013/12/16	(有)工藤産業生コン 青森工場	A5308	レディーミクストコンクリート
TC0513005	2013/12/16	(株)シーピーケイ 滋賀工場	A5373	プレキャストプレストレストコンクリート製品

## ISO 14001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）の環境マネジメントシステムをISO14001 (JIS Q 14001) に基づく審査の結果、適合と認め平成26年3月21日付で登録しました。これで、累計登録件数は691件になりました。

登録事業者（平成26年3月21日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RE0691	2014/3/21	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2017/3/20	(株)木村	香川県小豆郡小豆島町安田甲226-2	(株)木村における「土木構造物の施工(作業所群を含む)」に係る全ての活動

## ISO 50001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）のエネルギーマネジメントシステムをISO50001 (JIS Q 50001) に基づく審査の結果、適合と認め平成26年3月21日付で登録しました。これで、累計登録件数は1件になりました。

登録事業者（平成26年3月21日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
REn0001	2014/3/21	ISO 50001:2011 (JIS Q 50001:2011)	2017/3/20	昭和建物管理(株) 名古屋本社	愛知県名古屋市中区錦三丁目23番31号 栄町ビル9階	ビルの設備管理 (管理物件:愛知県女性総合センター ウィルあいち)

## ISO 39001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（1件）の道路交通安全マネジメントシステムをISO39001に基づく審査の結果、適合と認め平成26年3月28日付で登録しました。これで、累計登録件数は1件になりました。

登録事業者（平成26年3月28日付）

登録番号	登録日	適用規格	有効期限	登録事業者	住 所	登録範囲
RT0001	2014/3/28	ISO 39001:2012	2017/3/27	高俊興業(株)	東京都中野区新井1-11-2  <関連事業所> 市川エコ・プラント、東京臨海エコ・プラント	産業廃棄物及び一般廃棄物の収集・運搬

## 建築基準法に基づく構造方法等の性能評価

性能評価本部では、平成26年1月～3月の期間において、下記のとおり建築基準法に基づく構造方法等の性能評価書を発行しました。

性能評価完了状況（平成26年1月～3月）

※暫定集計件数

分 類	件 数
防火関係規定に係る構造方法(耐火・準耐火・防火構造, 防火設備, 区画貫通部措置工法, 屋根飛び火等)	94
防火材料(不燃・準不燃・難燃材料) およびホルムアルデヒド発散建築材料(F☆☆☆☆等)	33
その他の構造方法等(耐力壁の壁倍率, 界壁の遮音構造, 指定建築材料(コンクリート等) 等)	10

## あ と が き

先日、3歳になる孫を連れて、JR大宮駅近くの鉄道博物館に行ってきました。大型模型鉄道ジオラマや汽笛を鳴らしながら回転するC57形式蒸気機関車に目を輝かせる孫を写真に収める一方、30年程前の出張の際によく利用した東海道新幹線の旧型式(0系)展示用車両のシートに座り、一時の感慨に浸ることができました。

建材試験センターは昨年創立50周年を迎えましたが、東海道新幹線も今年で開業50年、その間、大きな事故もなく物流の大動脈を担ってきたことに感謝したいと思います。

最近のニュースでは、南三陸鉄道の全線運行再開、北陸新幹線の新型車両(E7系・W7系)の営業運転開始、安倍首相とケネディ駐日米国大使の山梨リニア実験線試乗など、鉄道関係の明るい話題が目につきます。一方、老朽化した鉄道インフラについては、トンネル内のコンクリート剥落や橋梁の耐震強度不足など問題点も指摘されています。

当センターでは、土木工事用材料の試験として、各種アスファルト混合物、路盤材料、盛土材料の試験、骨材の各種試験、地盤改良材の試験などを実施しています。また、耐震診断関連のコンクリートコア試験、あと施工アンカーの引張試験、モルタル接着強さ試験なども実施しています。

これらの試験を通して、鉄道インフラなど社会基盤の整備や維持管理に貢献していきたいと思っておりますので、ご利用いただければ幸いです。

(春川)

### 編集をより

今月号は、(株)竹中工務店技術研究所の大澤様に「東京タワー 塗装による55年間の維持保全ー塗料の社会資本の長寿命化への貢献と環境負荷低減ー」についてご寄稿をいただきました。

1958年に東京タワーが建設されてから現在まで、鉄塔の塗装の維持保全を目的とする塗替塗装システムについて詳細にご紹介いただいております。建設時の彩色を維持するために試行錯誤されながら、4～6年の間隔で鉄塔の塗装の維持保全に尽力されており、今後、他の鉄塔の維持保全へも活用されることが期待されます。ちなみに、一般的に東京タワーの配色は「赤」と「白」のツートンカラーと認識されていると思いますが、「インターナショナルオレンジ」と「白」であることなど、東京タワーに関する豆知識となる興味深い記述もありました。ぜひご一読いただければ幸いです。

(靄岡)

# 建材試験 情報

5  
2014 VOL.50

建材試験情報 5月号  
平成26年5月1日発行

発行所 一般財団法人建材試験センター  
〒103-0012  
東京都中央区日本橋堀留町2-8-4  
日本橋コアビル  
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 村山浩和  
編集 建材試験情報編集委員会  
事務局 電話 048-920-3813  
FAX 048-920-3821

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

### 建材試験情報編集委員会

#### 委員長

田中享二(東京工業大学・名誉教授)

#### 副委員長

春川真一(建材試験センター・理事)

#### 委員

小林義憲(同・技術担当部長)

鈴木利夫(同・総務課長)

中村則清(同・調査研究課課長代理)

志村明春(同・材料グループ主幹)

伊藤嘉則(同・構造グループ統括リーダー代理)

塩崎洋一(同・防火グループ主幹)

鈴木秀治(同・工事材料試験所主幹)

深山清二(同・ISO審査本部主任)

齊藤春重(同・性能評価本部主幹)

中里侑司(同・製品認証本部課長代理)

大田克則(同・西日本試験所上席主幹)

#### 事務局

鈴木澄江(同・企画課長)

田坂太一(同・企画課主任)

佐竹 円(同・企画課主任)

靄岡美穂(同・企画課)

制作協力 株式会社工文社



## 事業所・アクセス

### ●草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル

### ●総務部 (3階)

TEL.048-920-3811(代) FAX.048-920-3820

### ●検定業務室 (3階)

TEL.048-920-3819 FAX.048-920-3825

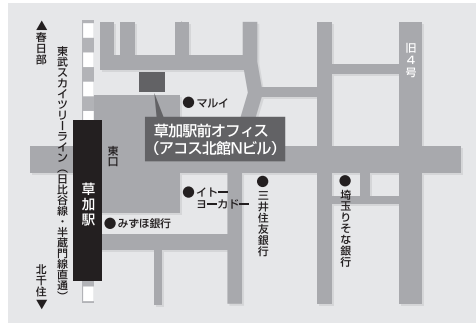
### ●性能評価本部 (6階)

TEL.048-920-3816 FAX.048-920-3823

### ●経営企画部(企画課) (6階)

TEL.048-920-3813 FAX.048-920-3821

(草加駅前オフィス)



### ●日本橋オフィス

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4  
日本橋コアビル

### ●ISO審査本部 (5階)

#### 審査部

TEL.03-3249-3151 FAX.03-3249-3156

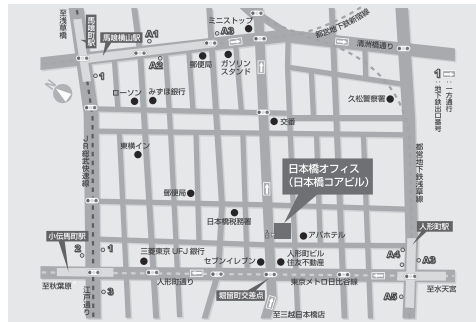
#### 開発部, GHG検証業務室

TEL.03-3664-9238 FAX.03-5623-7504

### ●製品認証本部 (4階)

TEL.03-3808-1124 FAX.03-3808-1128

(日本橋オフィス)



### ●中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20

TEL.048-935-1991(代) FAX.048-931-8323

#### 管理課

TEL.048-935-2093 FAX.048-935-2006

#### 材料グループ

TEL.048-935-1992 FAX.048-931-9137

#### 構造グループ

TEL.048-935-9000 FAX.048-931-8684

#### 防耐火グループ

TEL.048-935-1995 FAX.048-931-8684

#### 環境グループ

TEL.048-935-1994 FAX.048-931-9137

#### 校正室

TEL.048-935-7208 FAX.048-935-1720

(中央試験所)



### ●工事材料試験所

#### 管理課/品質管理室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

TEL.048-858-2841 FAX.048-858-2834

#### 武蔵府中試験室

〒183-0035 東京都府中市四谷6-31-10

TEL.042-351-7117 FAX.042-351-7118

#### 浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

TEL.048-858-2790 FAX.048-858-2838

#### 横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8

TEL.045-547-2516 FAX.045-547-2293

#### 船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26

TEL.047-439-6236 FAX.047-439-9266

#### 住宅基礎課

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

TEL.048-858-2791 FAX.048-858-2836

### ●西日本試験所

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川

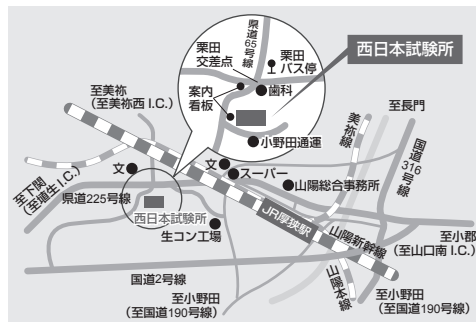
TEL.0836-72-1223(代) FAX.0836-72-1960

#### 福岡試験室

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6

TEL.092-622-6365 FAX.092-611-7408

(西日本試験所)



### 最寄り駅

- ・東武スカイツリーライン草加駅東口徒歩1分

### 最寄り駅

- ・東京メトロ日比谷線・都営地下鉄浅草線  
人形町駅A4出口徒歩3分
- ・都営地下鉄新線  
馬喰横山駅A3出口徒歩5分
- ・JR総武線快速  
馬喰町駅1番出口徒歩7分

### 最寄り駅

- ・東武スカイツリーライン草加駅または松原団地駅からタクシーで約10分
- ・松原団地駅から八潮団地行きバスで約10分  
(南青柳下車徒歩10分)
- ・草加駅から稲荷五丁目行きバスで約10分  
(稲荷五丁目下車徒歩3分)

### 高速道路

- ・常磐自動車道・首都高3環IC西出口から約10分
- ・外環自動車道草加出口から国道298号線、産業道路を経て約15分

### 最寄り駅

- ・埼京線南与野駅徒歩15分

### 高速道路

- ・首都高大宮線浦和北出口から約5分
- ・外環自動車道戸田西出口から国道17号線を経て約15分

### 最寄り駅

- ・山陽新幹線及び山陽本線厚狭駅からタクシーで約5分

### 高速道路

- 【広島・島根方面から】  
・山陽自動車道山口南ICから国道2号線を經由して県道225号に入る
- ・中国自動車道 美祿西ICから県道65号線を「山陽」方面に向かう
- 【九州方面から】  
・山陽自動車道 埴生ICから国道2号線を經由して県道225号線に入る



一般財団法人  
**建材試験センター**  
*Japan Testing Center for Construction Materials*