

JTCCM JOURNAL

2015.11

建材試験

情報 **Vol.**
51



巻頭言 ————— 西野加奈子

一般社団法人への移行に伴う今後の展望と
建材試験センターへの関わりについて

寄稿 ————— 橋高義典

劣化度評価ダイアグラムによる
コンクリート構造物の耐久性評価

技術レポート ——— 内田祐介

高強度太径鉄筋の強度性状に及ぼす
腐食の影響に関する研究

I n d e x

p1

巻頭言

一般社団法人への移行に伴う今後の展望と
建材試験センターへの関わりについて

／一般社団法人建築・住宅国際機構 事務局長 西野 加奈子

p2

寄稿

劣化度評価ダイアグラムによるコンクリート構造物の耐久性評価

／首都大学東京 教授 橋高 義典

p7

技術レポート

高強度太径鉄筋の強度性状に及ぼす腐食の影響に関する研究

／中央試験所 構造グループ 内田 祐介

p13

業務紹介

開閉繰り返し試験(トイレブース、可動間仕切)

／中央試験所 材料グループ 主幹 渡辺 一

p16

連載

建築に学ぶ先人の知恵

世界の伝統的建築構法

第3回 東欧カルパチア山脈周辺の木造教会

／芝浦工業大学 教授 南 一誠

p20

試験報告

「スライダースタック」の性能試験

／中央試験所 構造グループ 中里 匡陽

p24

試験設備紹介

大型壁炉への自動制御静的加力装置の導入

／中央試験所 防耐火グループ 主幹 日詰 康志

p26

業務報告①

構造耐火と広域火災に関する日米防火ワークショップ参加報告

／中央試験所 防耐火グループ 主任 山下 平祐

p28

業務報告②

〈ISO 9001・ISO 14001〉

2015年の規格改正と認証移行を支援する取り組み

／ISO 審査本部 開発部 主幹 山口 奈穂子

p30

たてものでの建材探偵団

葦山の反射炉と梨本の耐火れんが製造の登窯

／性能評価本部 主任 木村 麗

p32

規格基準紹介

JIS A 4710 (建具の断熱性試験方法)の改正について

／経営企画部 企画課 主幹 田坂 太一

p34

技術解説

システム天井の種類とその耐震基準について

／中央試験所 構造グループ 主幹 守屋 嘉晃

p36

基礎講座

鉄筋継手の基礎講座

(シリーズV 鉄筋継手工事の品質管理および検査)

／品質保証室 室長 小林 義憲

p40

建材試験センターニュース

p42

あとがき・編集たより

巻頭言

一般社団法人への移行に伴う今後の展望と 建材試験センターへの関わりについて

一般社団法人建築・住宅国際機構
事務局長 西野 加奈子

今年4月1日に任意団体「建築・住宅国際機構」から「一般社団法人建築・住宅国際機構」に移行し、新たなスタートを切りました。建材試験センターにおかれては、一貫して当機構の主要な会員として活動を支えていただいていることを改めて感謝申し上げます。

当機構は、従来から建築・住宅分野における技術、制度、基準、規格等の国際的調和及び諸外国との交流等国際的活動を推進してまいりましたが、特にISO（国際規格）については、1991年から建築・住宅分野の国内審議団体の一つとして、数多くの国際規格の作成に関与してまいりました。

現在は、TC10/SC8「建築製図」、TC21/SC21「排煙設備」、TC59「構築物」、TC92「火災安全」、TC98「構造物の設計の基本」、TC163「建築環境における熱的性能とエネルギー使用」、TC205「建築環境設計」、TC219「床敷物」、TC268「コミュニティにおける持続可能な開発」の国内審議団体として、国際会議への出席や国内での意見集約・調整など、関係各位のご協力を賜りながら、活動しております。さらにTC59/SC3「建築における機能・使用者要求並びに性能」並びにTC98/SC3「荷重・外力とその他の作用」については、幹事国としての活動も行っております。

また、ICIS（国際建設情報協議会）やIEA（国際エネルギー機関）等を通じ、国際的活動を推進し、さらに、国土交通省が進めている二国間会議や国際協力への支援を行っているところです。

一方、建材試験センターにおかれましては、ISOについて、1991年からTAG8（建築）の活動にご尽力され、また、2003年からはTC163/SC1「試験及び測定方法」の国内審議団体として積極的に活動されており、当機構が毎年開催している「ISO/TC163&TC205 合同シンポジウム」についても多大のご協力をいただいております。

ISOの作成は、長い時間がかかる上、海外との文化、風土、習慣等の違いなどで関係者間の合意形成が難しくなっているところがございますが、グローバル化が進む中、国際標準化への取り組みは極めて重要だと考えております。これからも皆様方の変わらぬご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



劣化度評価ダイアグラムによるコンクリート構造物の 耐久性評価



首都大学東京 教授 橋高 義典

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物（以下、RC構造物）の耐久性を確保するためには、構造物の供用に伴う経年劣化の特徴を把握して、これに的確に対応した維持管理を行うことが重要である。そのためには、対象とするRC構造物について、今後数年間の供用を仮定した健全性の評価を行い、現状の維持管理の有効性を確認するとともに、必要に応じて新たな保全策を検討する必要がある。ここでの健全性の評価とは、RC構造物のある時点での劣化度等から数年後の劣化度の発生または進展を予測し、RC構造物の性能に与える影響を評価することである。

RC構造物の劣化度予測に関しては、今までに膨大な研究成果の蓄積があり、劣化因子、材料劣化度、構造物の性能低下などについて個別の検討は行われているが、それら相互の関係はあまり明確でない。また、劣化要因をデータ化し評価式から構造物の劣化度評価値を演繹的に算出する手法もあるが、劣化要因の再現性、実際の劣化測定値に基づいた検証等が課題と思われる。

本報では、RC構造物の耐久性評価の課題を整理し、筆者が提案する劣化度評価ダイアグラム（PDF t 曲線）に基づいた耐久性評価方法¹⁾を説明するとともに、中性化によるRC部材の劣化についての耐久性評価例を示す。

2. 劣化度評価ダイアグラムによる耐久性評価

2.1 RC構造物の耐久性評価の課題および考え方

RC構造物の耐久性評価の課題は以下のとおりである。

- 1) 外的要因の多様性：自然の環境下に長期おかれ外的要因が多岐にわたり地域によっても異なる。
- 2) 複合材料：鉄筋とコンクリートとの複合材であり、かつ寸法が大きいRC構造体の性能を評価するためには、材料単体の作用因子、劣化度評価だけでなく、複合的な作用および特性の時間変化を考慮しなければならない。

左記1)の多様性について、物理的な劣化は一般的に積算的な性質を持つ増加関数と考えられることから、複合劣化に対して多種のパラメータによる演繹的评价よりも、時間単一あるいは劣化因子単一の作用量のみを変数とする劣化関数の基本形を予め定め、構造物の実際の劣化度の測定データを外挿し、劣化関数の係数を帰納的に決定する方法が単純かつ推定精度もよいと考えられる。また、この時評価される係数により様々な構造物の耐久性に関する特性を共通的な尺度で評価できる。

2)の複合的な作用に関しては、時間、劣化因子の作用量、材料の劣化度、構造体の性能低下、それぞれの関係を独立事象として定量評価しかつ相互の関係を明確にすることが必要である。

2.2 劣化度評価ダイアグラム（PDF t 曲線）

図1にRC構造物の性能 P と経過年 t との関係を示す。 P と t との関係を表す構造物の性能低下曲線 $P(t)$ が得られれば、任意の経過年での構造物の性能低下が予測でき健全性評価が行える。しかしながら、実際の大型構造物では性能値の実測が難しいこと、RC部材の場合は多種の材料の複合的な劣化であることなどから $P-t$ 曲線をダイレクトに評価することは難しい。そこで以下の手順により評価を行う。

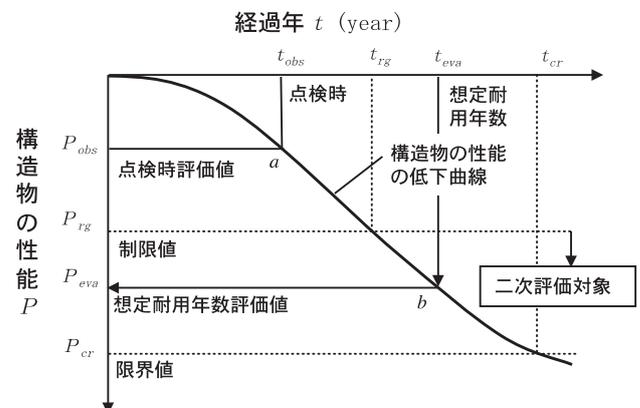


図1 構造物の性能 P と経過年 t との関係

劣化因子の作用量 F と経過年 t との関係 $F = F(t)$ を係数 α と評価基本式 $f(t)$ により下式のように表わし $F-t$ 曲線

とする (図2)。

$$F = F(t) = \alpha f(t) \quad (1)$$

係数 α は劣化因子の作用の強さを表し、劣化因子指数と呼ぶ。劣化因子の作用量 F は、鉄筋位置での塩化物イオン濃度、中性化深さ (CO₂作用量の代替値) 等である。

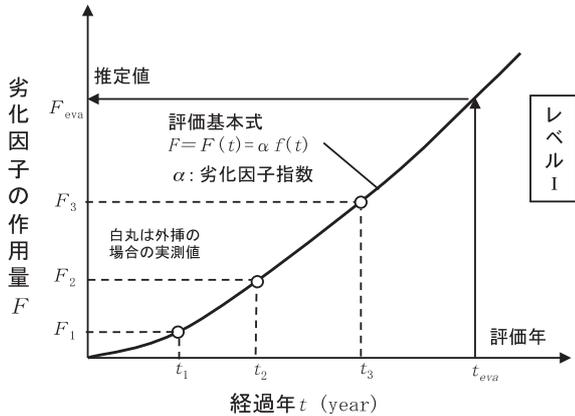


図2 劣化因子の作用量 F と時間 t との関係の評価 ($F-t$ 曲線)

材料の劣化度 D と劣化因子の作用量 F との関係を係数 β と評価基本式 $d(F)$ により表し $D-F$ 曲線とする。

$$D = D(F) = \beta d(F) \quad (2)$$

ここでの係数 β は劣化因子の作用に伴う材料の劣化の程度を表し、材料劣化指数とする。

さらに、構造物の性能 P と材料の劣化度 D との関係を (3) 式で定式化し $P-D$ 曲線とする。 P と D の関係は地域性、作用因子に係わらず普遍性があることから、劣化後の材料特性を用いた数値解析、設計式、実験式などで求める。

$$P = P(D) \quad (3)$$

(1) 式 ~ (3) 式の評価曲線を統合すると、図3に示す RC 構造物の劣化度評価ダイアグラム (以下、 $PDFt$ 曲線) が得られる。本図で、右下 (レベルIV) の領域は、右上 (レベル I) および左下 (レベル III) の t および P の数値を数点プロットする事で得られる。本図が図1に示した構造性能の時間変化を評価する $P-t$ 曲線となる。評価対象となる F, D, P には多くがあり、表1に評価物理量の例を示す。 $PDFt$ 曲線による健全性評価の手順を図4にフローで示す。

表1 評価物理量の例

劣化因子の作用量 F	材料劣化度 D	構造物の性能 P
F_1 二酸化炭酸 (中性深さ)	D_1 圧縮強度	P_1 部材の剛性
F_2 塩化物イオン濃度	D_2 ヤング率	P_2 部材の耐力
F_3 熱	D_3 鉄筋腐食度	P_3 構成則 (復元力特性)
F_4 電磁波	D_4 断面欠損	P_4 地震応答
F_5 骨材膨張	D_5 引張強度	P_5 鉄筋の付着強度
F_6 機械震動	D_6 ひび割れ抵抗性	P_6 ボルトの引抜耐力
F_7 凍結融解	D_7 ボルト定着力	P_7 気密性
F_8 化学物質	D_8 -	P_8 ひび割れ
F_9 -	D_9 -	P_9 -
F_{10} その他	D_{10} その他	P_{10} その他

注) 妥当な評価基本式あるいは評価式がすべて明らかになっているわけではない。

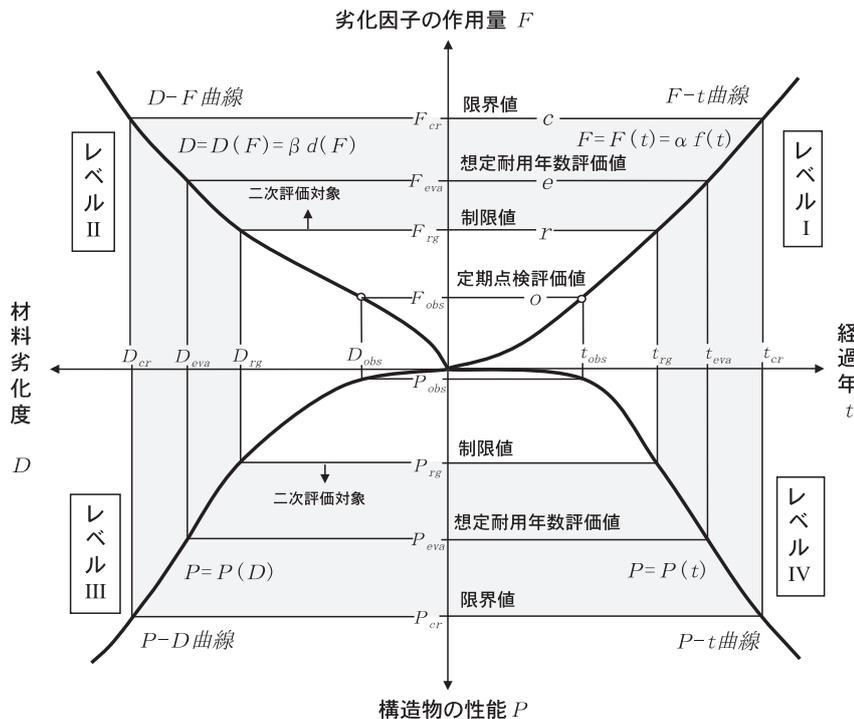


図3 RC 構造物の劣化度評価ダイアグラム ($PDFt$ 曲線)

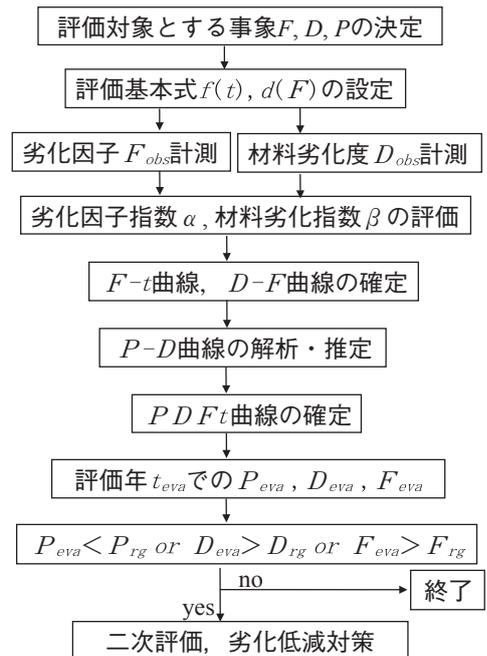


図4 $PDFt$ 曲線による健全性評価のフロー

3. 中性化による鉄筋腐食の劣化度評価ダイアグラム (PDFt 曲線) の例

3.1 劣化因子の作用量と時間との関係 (F-t 曲線)

中性化に影響する劣化因子の作用量としては炭酸ガスが考えられるが実測が困難であり、炭酸ガスの作用量の代替値を中性化深さとする。中性化深さと時間との関係式は以下が一般的に用いられ²⁾、本式を劣化因子の作用量の基本式とする。

$$F_1 = \alpha_1 \sqrt{t} \quad (4)$$

ここに、 F_1 : 中性化深さ (mm), t : 年数 (year) である。

α_1 (mm/ $\sqrt{\text{year}}$) は中性化に関する劣化因子指数であり、対象物の環境条件、材料条件などで定まり、その構造物に作用する中性化進行の程度が相対評価できる。 α_1 は定期点検時 t 年での F_1 の実測結果から外挿により求める。なお、この α_1 は従来の中性化速度係数の概念と同じである。

3.2 劣化因子の作用量と材料劣化度との関係 (D-F 曲線)

中性化深さと鉄筋の腐食減量に関しては以下の提案式がある³⁾。

$$W_c = B\sqrt{d} \quad (5)$$

$$B = \frac{1}{38.1} (1.35T + 2.76H + 1.80O_2 - 163) \quad (6)$$

ここに、 W_c : 腐食による鉄筋の質量減少量 (10^{-4}g/cm^2), T : 温度 ($^{\circ}\text{C}$), H : 雰囲気相対湿度 (%), O_2 : 酸素濃度 (%), d : 中性化が鉄筋部分へ達成後の期間 (day) である。

ここで、 W_c は時間のルートと線形関係にあることより、(4) 式より中性化深さと鉄筋の腐食減量 D_3 との関係以下を基本式で表す⁴⁾。

$$D_3 = \beta_1 \sqrt{F_1^2 - F_0^2} \quad (7)$$

ここに、 D_3 : 腐食による鉄筋の腐食減量 (mg/cm^2), F_1 : 中性化深さ (mm), F_0 : 鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ (mm) である。 F_0 は安全を見てかぶり厚さとしてもよい。

β_1 ($\text{mg/cm}^2/\text{mm}$) は鉄筋腐食に関する材料劣化指数であり、対象物の環境条件、材料条件などで定まり、その構造物が潜在的に有する鉄筋腐食の進行の程度が相対評価できる。 β_1 は鉄筋腐食が想定された場合に、中性化深さ F_1 と鉄筋の腐食減量 D_3 の実測結果から外挿により求める。また、 β_1 を推定する場合は (4) 式～ (6) 式より以下とする。

$$\beta_1 = \frac{B}{\alpha_1} \sqrt{365}/10 = 1.91 \frac{B}{\alpha_1} \quad (8)$$

3.3 材料劣化度と構造性能との関係 (P-D 曲線)

3.3.1 鉄筋の腐食減量と曲げ強度保持率の関係

例えば、構造性能として曲げ強度を評価する。RC 梁供試体の鉄筋の腐食促進後、曲げ載荷試験を行なって得られた最大荷重と鉄筋の質量減少率の関係等より、曲げ強度と主筋の腐食減少率との関係を求めた例には以下がある⁵⁾。

$$P_2 = -2.01 \times 10^{-2} \times m + 1.00 \quad (9)$$

ここに、 P_2 : 曲げ強度保持率 (-), m : 鉄筋の質量減少率 (%) である。

腐食減量 D_3 (mg/cm^2) で表すと、

$$P_2 = -2.01 \times 10^{-2} \times \frac{D_3}{\rho/4} + 1.00 \quad (10)$$

ここに、 P_2 : 曲げ強度保持率 (-), d : 鉄筋径 (mm), ρ : 鉄筋の密度 (g/cm^3) である。

3.3.2 鉄筋の腐食減量とせん断強度保持率の関係

構造性能 P を鉄筋コンクリート柱・梁の設計式から求められるせん断強度の低下度とする。例えば、せん断強度の算定には、鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説⁶⁾ によるものがある。せん断強度 V_u は下式による値のうちの最小値である。

$$V_u = \mu p_{we} \sigma_{wy} b_e j_e + \left(\nu \sigma_B - \frac{5p_{we} \sigma_{wy}}{\lambda} \right) \frac{bD}{2} \tan \theta \quad (11)$$

$$V_u = \frac{\lambda \nu \sigma_B + p_{we} \sigma_{wy}}{3} b_e j_e \quad (12)$$

$$V_u = \frac{\lambda \nu \sigma_B}{2} b_e j_e \quad (13)$$

ここに、 p_{we} : 有効補強筋比 $a_w/b_e S$, μ : トラス機構の角度係数 $= 2-20R_p$, ν : コンクリート圧縮強度の有効係数, λ :

表2 記号と入力データ

部材のクリアスパン L (mm)	2500
部材のせいと幅 D b (mm)	700
せん断補強筋間隔 s (mm)	100
せいと横方向のかぶり厚 $c_d c_s$ (mm)	20, 30, 40
せん断補強筋径 d_s (mm)	10, 13, 16, 19
中子筋の本数 N_s	2
コンクリートの圧縮強度 σ_B (N/mm^2)	30
せん断補強筋の降伏強度 σ_{wy} (N/mm^2)	295
主筋径 d_b (mm)	29
主筋の本数 N_1	12

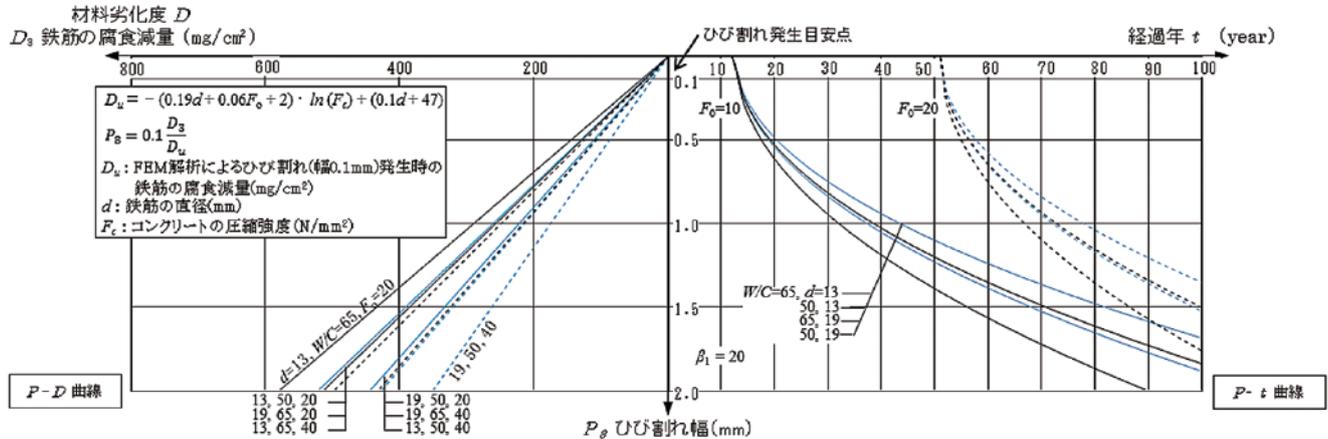
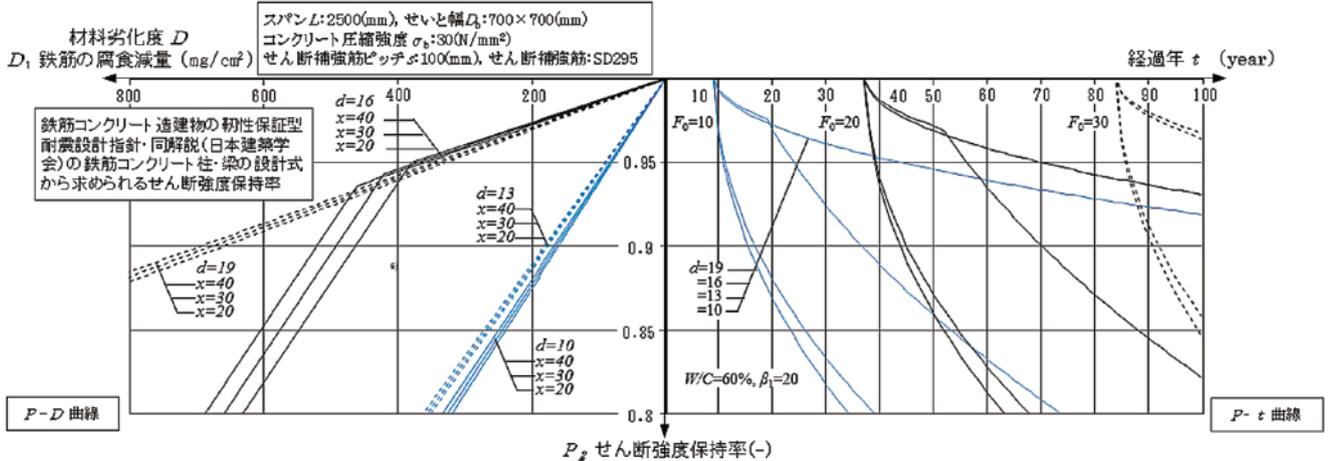
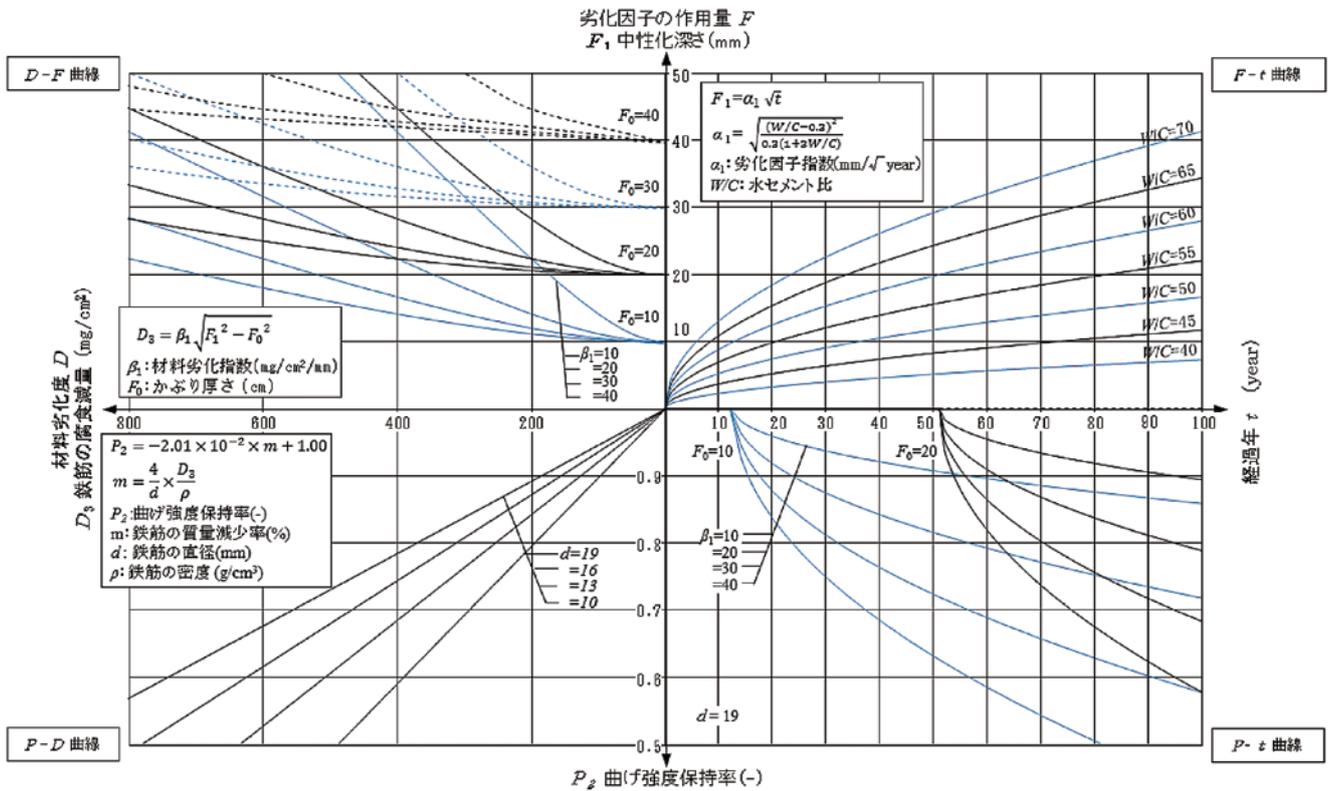


図5 中性化により鉄筋腐食した柱および梁部材の曲げ強度・せん断強度・ひび割れ発生に関するPDFt曲線例

トラス機構の有効係数, b_s : 横補強筋最大間隔 $b_c / (N_s + 1)$ である。

今回は、かぶり厚さ、せん断補強筋径を変化パラメータとしそれ以外は表2に示すような固定値とした。せん断補強筋が腐食により断面減少し、主筋は健全とした。腐食によるせん断補強筋の強度低下は、文献⁷⁾を参考に孔食による強度低下を考慮し、腐食による断面減少率を2倍したものを降伏強度から減じたものとした。コンクリートの有効圧縮強度の係数 ν は下式のCEB式とした。

$$\nu = 3.68 \sigma_B^{-0.333} \quad (14)$$

3. 3. 3 鉄筋の腐食減量とひび割れ発生の関係

構造性能をコンクリート表面のひび割れとする。鉄筋腐食は一様に進行すると仮定すると、ひび割れ発生時(0.1mm)の補強筋の腐食量推定式については以下がある⁸⁾。

$$D_u = -(0.19d + 0.06x + 2.0) \cdot \ln(F_c) + 0.1d + 47 \quad (15)$$

ここに、 D_u : ひび割れ発生時(0.1mm)の鉄筋の腐食減量(mg/cm²)、 d : 鉄筋の直径(mm)、 F_c : コンクリートの圧縮強度(N/mm²)である。鉄筋の腐食量とひび割れの開口は、ほぼ線形関係にあることより⁹⁾、補強筋の腐食減量 D_3 とひび割れ幅 P_8 (mm)との関係は下式となる。

$$P_8 = 0.1D_3 / D_u \quad (16)$$

3. 4 PDF_t曲線

前節に示す各評価式より算定した、中性化により鉄筋腐食した部材の曲げ強度・せん断強度・ひび割れ発生に関するPDF_t曲線例を図5に示す。本図のF-t曲線、D-F曲線は代表的な条件を例として示したが、実際の評価では実測結果から外挿して求める方法が望ましい。いずれの構造性能Pにおいても、上半分のF-t曲線、D-F曲線は共通なので、せん断、ひび割れの構造性能についてはF-t、D-F曲線は省略した。このように、F-t曲線、D-F曲線、P-D曲線それぞれ独立した評価図となり、劣化事象、構造性能毎に組合せることができるのがPDF_t曲線の特徴である。

4. まとめ

本報告では、劣化度評価ダイアグラム(PDF_t曲線)に基づいた耐久性評価方法を紹介した。本法の特徴は、劣化関数の基本評価式を定め、劣化度の実測データを外挿し、劣化指数および評価曲線を帰納的に決定するため推定精度が

高いこと、経過年 t 、劣化因子の作用量 F 、材料劣化度 D 、構造物の性能 P それぞれの関係を独立事象として定式化することで、各評価項目の関係が明確になり、構造性能の時間変化を合理的に評価できることなどである。また、具体的な例として、中性化により鉄筋腐食したRC部材の性能について評価例を示した。今後は各評価式の精度の向上が課題である。

【参考文献】

- 1) 橘高義典：鉄筋コンクリート構造物の高経年化技術評価における健全性評価の方法論、日本建築学会技術報告集、Vol.16、No.32、pp27-30、2010.2
- 2) 岸谷孝一：鉄筋コンクリートの耐久性、鹿島建設技術研究所出版部、1963
- 3) 友沢史紀、福土勲、森永繁：中性化および鉄筋腐食速度にもとづく鉄筋コンクリートの速度論的耐久性予測手法に関する予備的考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.101-102、1985
- 4) Kitsutaka Y. and Tsukagoshi M.: Method on the aging evaluation in nuclear power plant concretes structures, Nuclear Engineering and Design, pp.286-290、2014
- 5) 木下真一、内田慎哉、鎌田敏郎：飛沫帯にあるRC部材の曲げ耐力に関する劣化予測手法、コンクリート工学年次論文集、Vol.33、No.1、pp.887-892、2011
- 6) 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、日本建築学会、1999
- 7) 日本コンクリート工学協会、コンクリート構造物の長期性能照査支援モデルに関するシンポジウム委員会報告書・論文、(実験式、p.244)、2004.10
- 8) 橘高義典、L. P. Nguyen、塚越雅幸、松沢晃一：鉄筋コンクリート表面のひび割れ発生時の鉄筋腐食量に関する検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.33、No.1、pp.1145-1150、2011.7
- 9) 橘高義典：表面ひび割れ幅からの鉄筋腐食減量の推定に関する破壊力学的検討、日本コンクリート工学協会、コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム・論文集、pp.21-28、1998

プロフィール

橘高 義典(きつたか・よしのり)

首都大学東京 大学院都市環境科学研究科建築学域 教授
工学博士

専門分野: 建築材料、コンクリート工学

最近の研究テーマ: 建築物のエイジング、コンクリートの微視的評価、高靱性コンクリート、仕上材料の評価

高強度太径鉄筋の強度性状に及ぼす 腐食の影響に関する研究

内田 祐介

1. はじめに

従来、鉄筋コンクリート構造物は耐久性に優れているとされてきたが、近年、塩害、アルカリ骨材反応、中性化などの様々な要因による構造物の劣化現象が報告されている^{1), 2)}。また、コンクリート構造物の中には、海洋構造物、取水構造物など海水と接し、劣化しやすい環境下に建設されるものがあるほか、一般の構造物も中性化や飛来塩化物の影響を受け、鉄筋が腐食する場合がある。このような様々な要因によるコンクリート構造物中の鉄筋の腐食は、鉄筋コンクリート部材の構造性能に大きな影響を及ぼすと考えられ、鉄筋の腐食と強度性状の把握は構造物の耐久性の観点から極めて重要である。しかし、近年大型構造物に使用されるSD490やD41などの高強度、太径鉄筋の腐食が力学的性能に及ぼす影響についてのデータは少ない³⁾。

本研究は、SD490やD41などの高強度、太径鉄筋を含む、種類および径の異なる異形鉄筋が、種々の方法で腐食した場合の断面形状を回転式3次元レーザー変位測定器により鉄筋軸方向に沿って測定し、腐食領域の形状ならびに断面減少率を把握するとともに、鉄筋の力学的性能との関係について明らかにすることを目的とする。

なお、本研究は、筆者が首都大学東京大学院、橋高研究室在籍時に実施したものである。

2. 実験概要

本研究では、腐食方法として電食および塩水噴霧による二つの方法を取り上げ、それぞれの方法で所定の水準で供試体を腐食させ、断面積や引張強さなどの測定を行った。表1および表2にそれぞれの方法における実験水準を示す。表3は鉄筋の種類毎の機械的性質を、表4は鉄筋の径毎の寸法や質量を示す。

2.1 供試体概要

使用した鉄筋はねじ節鉄筋であり、鉄筋種類はJIS G3112に規定されているSD295A, SD345, SD390, SD490とし、SD295AはD13, SD345およびSD390はD13, D19, D29, D41,

SD490はD19, D29, D41を対象とした。供試体長さは600mmであるが、その内中央部の50mmを腐食対象領域とし、腐食対象領域外はシリコン樹脂および防水性ビニルテープで保護した。図1、写真1に供試体の一例を示す。

2.2 腐食方法

(a) 電食

電食は、供試体の腐食対象領域を3%NaCl水溶液に浸し、鉄筋を陽極、銅板を陰極として直流安定化電源により30V一定の通電を行い、鉄筋の目標断面減少率が2.5～30%の設定した水準値になるまで行った(図2)。

なお、本研究では、電食は異種金属接触腐食のことを指す。これは、異種金属が電氣的に接触し、腐食環境中で相互に影響し合い生じる腐食現象である。

表1 実験水準(腐食方法:電食)

要因	水準
鉄筋種類	SD295A, SD345, SD390, SD490
鉄筋の径	D13, D19, D29, D41
腐食による目標断面減少率(%)	0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0

表2 実験水準(腐食方法:塩水噴霧)

要因	水準
鉄筋種類	SD295A, SD345, SD390, SD490
鉄筋の径	D13, D19, D29, D41
腐食による目標断面減少率(%)	0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0

表3 鉄筋の種類毎の機械的性質(JIS規格値)

鉄筋種類	公称値	
	降伏点または0.2%耐力(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)
SD295A	295以上	440～600
SD345	345～440	490以上
SD390	390～510	560以上
SD490	490～625	620以上

表4 鉄筋の径毎寸法・質量

呼び名	公称値			外径 φD (mm)	基形部寸法 φV (mm)	節の寸法 P (mm)
	直径 (mm)	断面積 (mm ²)	単位長さ あたりの質量 (kg/m)			
D13	12.7	126.7	0.995	14.1	12.1	7.0
D19	19.1	286.5	2.25	21.5	18.2	8.0
D29	28.6	642.4	5.04	32.1	27.4	14.0
D41	41.3	1340	10.5	46.3	38.9	16.0

(b) 塩水噴霧

写真2, 図3に試験で使用した塩水噴霧劣化促進試験機の概要を示す。試験機内部の棚は5段組みの格子状であり, 1段100kgまで供試体を設置することが可能である。本試験では, 温度35℃で5%NaClの塩水を噴霧する条件下に供試体を設置した。

2.3 断面積測定

(a) 試験概要

図4に断面積測定に使用した回転式3次元レーザー変位測定器を示す。本装置は両脇のチャックにより供試体を固定し, 供試体を回転させながら, レーザー変位計を任意の軸に移動させることで, 供試体の表面形状を3次元的に計測する装置である。本装置は, 装置本体, 制御ユニット, センサコントローラから構成されており, 供試体の測定位置およびピッチは制御ユニットで設定する。なお, 本装置で計測可能な被測定物は, 長さ400～700mm, 重量70kgまで, 径10～50mm程度までである。

断面積測定範囲は, 腐食前の健全な鉄筋の断面積測定開始点と測定終了点にポンチを打ち設定した。その後, 回転式3次元レーザー変位測定器で, 腐食試験前の健全な鉄筋の断面積を測定した。腐食による目標断面減少率が所定の値に到達した供試体を, 20℃の10%クエン酸水素二アンモニウム水溶液に48時間浸漬した後, 乾布で拭き取り錆を除去し, 断面積の測定を行った。断面積測定は, 腐食の前後で測定開始点を揃えて行った。

(b) 測定方法

図5に断面積測定方法の概念図を示す。供試体の長手方向の測定範囲は, 腐食部分50mmに腐食部分の両端の健全部分5mmずつを加えた60mmとし, 測定は1mm間隔で行った。また, 円周方向は0.36°間隔で測定した。以上の条件で任意の供試体断面を測定すると式(1)のデータが得られる。

$$P = (r, \theta) \dots (1)$$

ここに, r : 半径 (mm)

θ : 回転角 (rad)

式(1)における極座標において, 重積分により式(2)に示

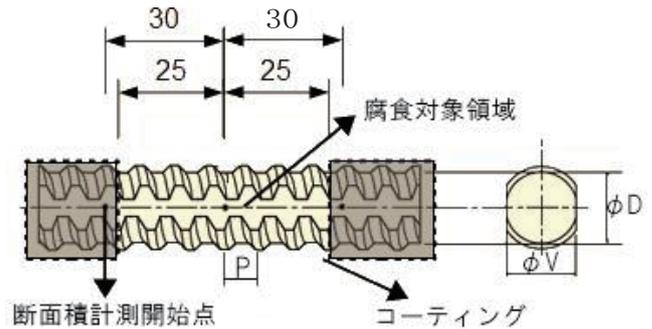


図1 供試体概要



写真1 供試体外観

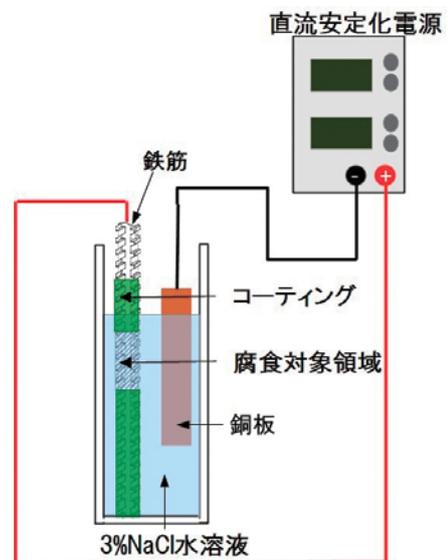


図2 腐食方法概要図(電食)

す断面積を求めた。

$$dS = \frac{1}{2} r^2 d\theta \quad \dots (2)$$

2. 4 引張試験

腐食後の力学的性能を把握するため、供試体の断面積の測定後、万能試験機(容量1000kN)を用いた引張試験を行なった。試験区間は腐食対象領域を含む120mmとし、防水の目的で供試体に巻きつけたビニルテープやシリコンは、鉄筋と試験機のチャック間のすべりを防ぐため除去した。引張試験の際には、図6に示す変位測定治具を用いて変位を測定した。



写真2 複合劣化促進試験機(塩水噴霧)

3. 実験結果および考察

3. 1 断面積測定結果

図7に電食により5～30%まで断面減少したSD490-D41の同一測定点の断面の形状を、健全部分の断面と合わせて示す。図中の0%と30%腐食の結果を比較すると、多少の凹凸が生じながらも、概ね一様に断面積が減少していることがわかる。また、図8および図9には、電食および塩水噴霧により腐食した鉄筋SD345-D41の5%腐食における断面減少率を示す。写真3は、電食と塩水噴霧により腐食した供試体の様子である。

なお、断面減少率とは、腐食により減少した断面積を腐食前の供試体の断面積で除した値である。断面減少率を見ると、電食によって腐食した鉄筋は、腐食の進み方に特徴的な傾向は見られないが、塩水噴霧により腐食した鉄筋は、節の頂点部分ではあまり腐食が進まず、節間の部分で腐食が進むという傾向が見られた。これは、節間の部分に塩水がたまり、節の頂点部分より塩分が付着しやすいためと考えられる。

3. 2 降伏点残存率

図10、図11に鉄筋の平均断面減少率と見かけの降伏点残存率の関係として、電食および塩水噴霧より得られた結果を示す。なお、ここでの降伏点は引張荷重を公称断面積で除した見かけの値であり、降伏点残存率は腐食後の見かけの降伏点を健全な鉄筋の見かけの降伏点で除した値とした。図10より、電食により断面減少すると鉄筋種類や径によらず降伏点は線形に低下する傾向にあった。その低下の傾向は式(3)で表される。

$$y = 100 - 1.07x \quad \dots (3)$$

ここに y : 降伏点残存率 (%)
 x : 平均断面減少率 (%)

また、図11より塩水噴霧により断面減少すると、電食による結果と同様、種類や径によらずその降伏点は線形に低下す

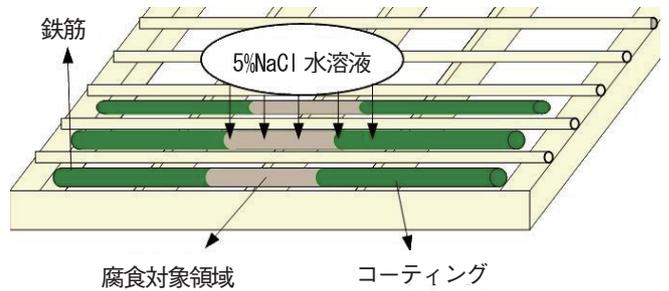


図3 腐食方法概要図(塩水噴霧)

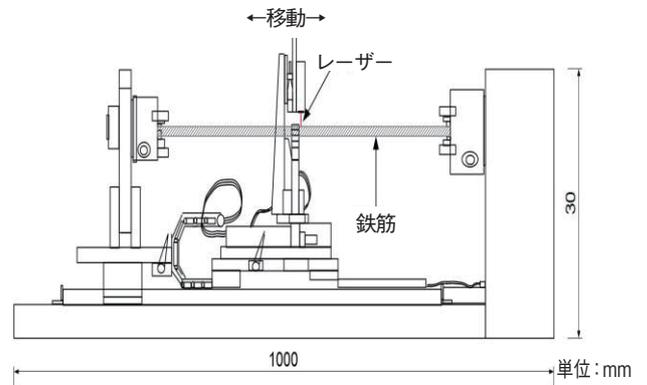


図4 回転式3次元レーザー変位測定器

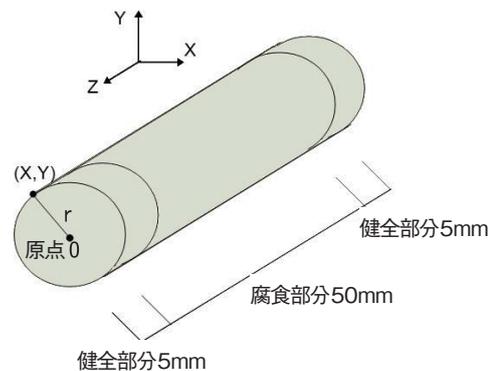


図5 断面積測定概念図

る傾向があり、(4)式で表される。

$$y_i = 100 - 0.95x \quad \dots (4)$$

ただし、電食により腐食した鉄筋の降伏点残存率と塩水噴霧により腐食した鉄筋の降伏点残存率の低下度を比較すると、電食によって腐食した鉄筋の方がより断面減少に伴う降伏点残存率の低下が大きくなった。これは塩水噴霧によって腐食すると、電食のように一様に腐食せず、節間の部分に偏って断面減少をする傾向があるためであると思われる。また、降伏点残存率は、鉄筋の種類や径によらず断面減少率と同様の割合で低下していく傾向が見られた。

3.3 引張強さ残存率

図12、図13に、鉄筋の平均断面減少率と見かけの引張強さ残存率の関係として、電食および塩水噴霧より得られた結果を示す。なお、見かけの引張強さは、最大荷重を公称断面積で除した見かけの値であり、引張強さと残存率は、腐食後の見かけの引張強さを健全な鉄筋の見かけの引張強さで除した値である。電食によって断面減少すると、引張強さは種類や径によらず一定の割合で線形に減少する傾向が見られた。その低下の傾向は式(5)で表される。

$$y_i = 100 - 1.05x \quad \dots (5)$$

ここに y_i : 引張強さ残存率 (%)
 x : 平均断面減少率 (%)

また、塩水噴霧によって断面減少すると、鉄筋の種類や径によらず鉄筋の引張強さは線形に低下する傾向にあった。その低下の傾向は式(6)で表される。

$$y_i = 100 - 0.86x \quad \dots (6)$$

電食と塩水噴霧による腐食した鉄筋の引張強さ残存率の低下を比較すると、電食の方がより断面減少に伴う引張強さと残存率の低下が大きいことが明らかとなった。

引張強さと残存率は、鉄筋の種類や径によらず断面減少率と同様の割合で低下していく傾向にあった。これは、降伏点残存率と同様の傾向である。

3.4 ヤング係数残存率

図14、図15に鉄筋の平均断面減少率と見かけのヤング係数残存率の関係として、電食および塩水噴霧により得られた結果を示す。本実験では、試験区間120mmのうち、腐食部は50mmとしている。そこで、腐食部の見かけのヤング係数は、試験で得られた荷重-変位曲線の関係から、健全部のヤング係数 E_1 を 205kN/mm^2 とし、式(7)により求めた。

$$E_2 = l_2 / (S \times \Delta l / \Delta P - l_1 / E_1) \quad \dots (7)$$

ここに、 S : 鉄筋の公称断面積 (mm^2)

E_2 : 腐食部の見かけのヤング係数 (N/mm^2)

l_1 および l_2 : 試験区間の健全部および腐食部の長さ (mm)

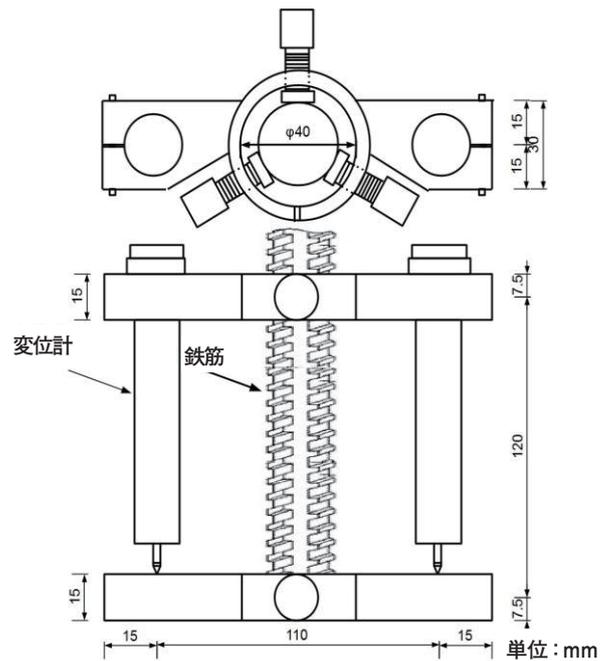


図6 引張強さと試験用変位測定治具

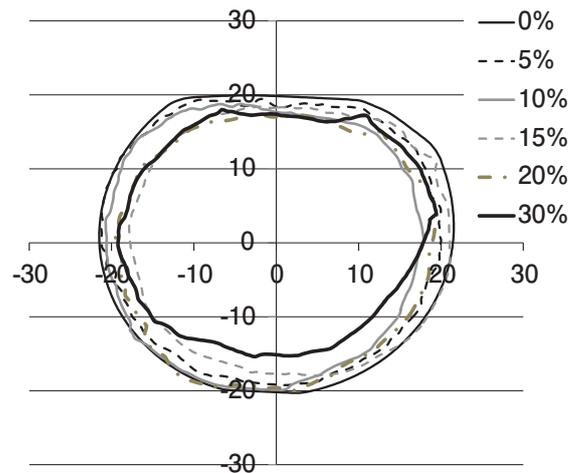


図7 断面形状(SD490-D41-電食)

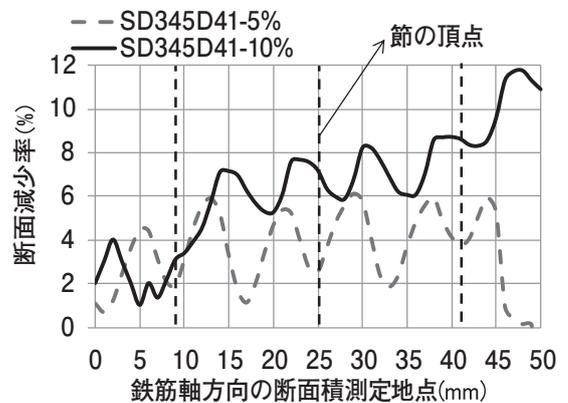


図8 断面減少率(電食)

ΔP : 荷重-変位曲線における降伏点の1/3および2/3時の荷重の差 (N/mm^2)

Δl : 降伏点の1/3および2/3時の変位の差 (mm)

電食により腐食した鉄筋の見かけのヤング係数残存率を線形に低下していると仮定して、式(8)のような1次直線で回帰した。

$$y_e = 100 - 1.30x \quad \dots (8)$$

ここに、 y_e : ヤング係数残存率 (%)

x : 平均腐食断面減少率 (%)

また、塩水噴霧においても電食同様、見かけのヤング係数残存率を線形に低下していると仮定して、1次直線で回帰した。

$$y_e = 100 - 2.55x \quad \dots (9)$$

鉄筋のヤング係数は、一般的に鉄筋種類にかかわらず $205kN/mm^2$ として用いられるが、腐食した鉄筋の断面積は不均一であり、その結果として応力集中で標点間の破断の伸びが小さくなっている。従って、腐食した鉄筋では健全な鉄筋に対して同じような変形を生じさせる荷重が小さくなるため、見かけのヤング係数は小さくなることが考えられる。そのため、腐食による断面減少率が大きいものほど、見かけのヤング係数は小さくなる傾向にあった。電食で腐食した鉄筋と塩水噴霧で腐食した鉄筋の見かけのヤング係数残存率を比較すると、塩水噴霧によって腐食した鉄筋は、電食で腐食した鉄筋より見かけヤング係数の低下が大きくなった。

降伏点残存率および引張強さ残存率と比較して、ヤング係数残存率の分布が大きく生じているのは、局所的な断面欠損が影響し、 ΔP および Δl が一定に低下していないためであると考えられる。

4. まとめ

SD490やD41などの高強度、太径鉄筋を含む種々の降伏強度や径を持つ鉄筋コンクリート用異形棒鋼について、電食、塩水噴霧等の腐食促進を行い、回転式3次元レーザー変位測定器による断面積測定装置により、3次元的に腐食領域の形状、断面減少率を把握し、引張試験によって力学的性能を調べた結果、以下の知見が得られた。

- (1) 電食と塩水噴霧による試験結果を比較すると、節部分の断面減少率は、塩水噴霧の方が大きくなる傾向が見られる。
- (2) 回転式3次元レーザー変位測定機による断面積の測定することで、断面減少の分布を把握することができる。
- (3) 腐食に伴う降伏点残存率および引張強さ残存率は、種類や径によらず線形に低下し、腐食した断面減少率に比例する強度低下を示す。腐食に伴う見かけのヤング係数

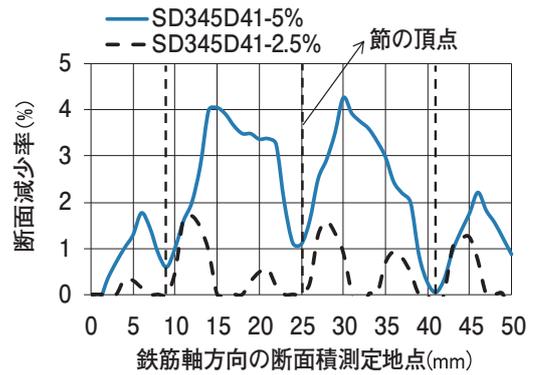


図9 断面減少率(塩水噴霧)



写真3 5%腐食鉄筋(左:電食, 右:塩水噴霧)

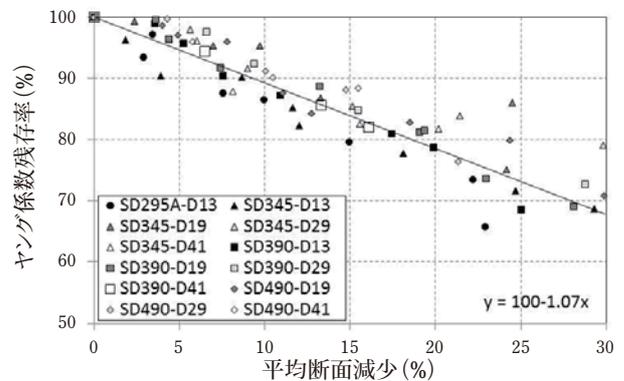


図10 見かけの降伏点残存率(電食)

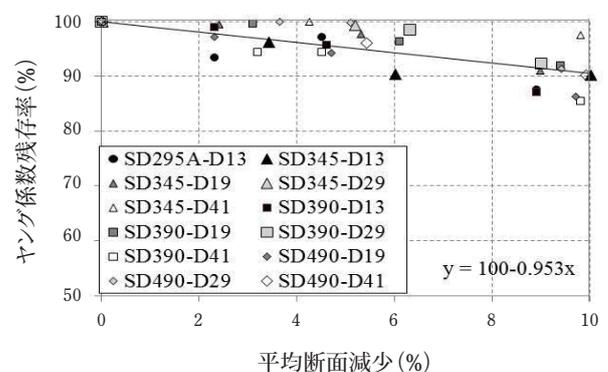


図11 見かけの降伏点残存率(塩水噴霧)

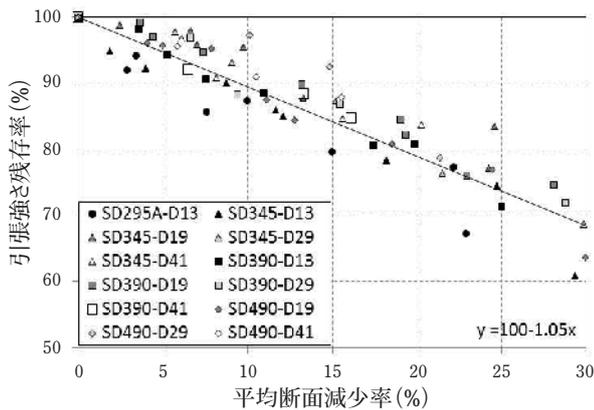


図12 見かけの引張強さ残存率(電食)

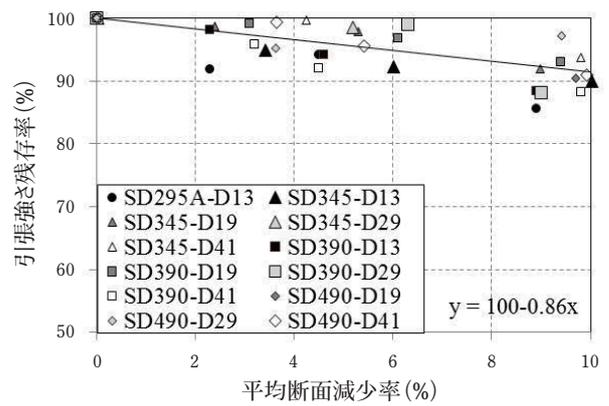


図13 見かけの引張強さ残存率(塩水噴霧)

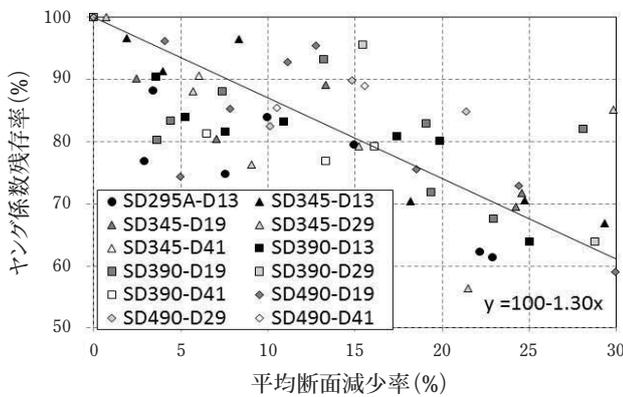


図14 見かけのヤング係数残存率(電食)

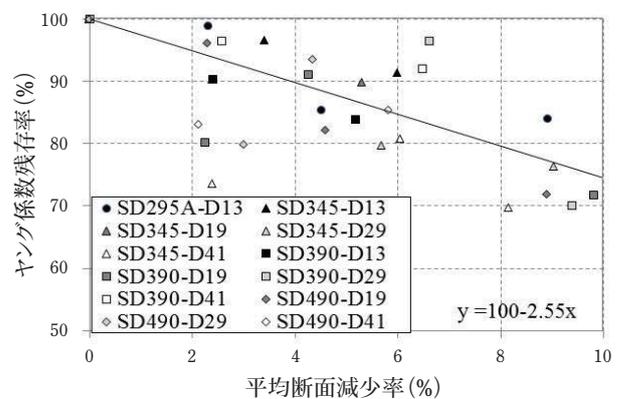


図15 見かけのヤング係数残存率(塩水噴霧)

残存率は断面減少が生じると低下する。

- (4) 電食と塩水噴霧を比較すると、電食によって腐食した鉄筋の方が降伏点残存率および引張強さ残存率の低下が大きい。

【参考文献】

- 1) 土木学会：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向，コンクリート委員会腐食防食小委員会報告，1997
- 2) 日本コンクリート工学協会：複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会報告書，2001
- 3) 金蚩来，野口貴文，長井宏憲：腐食形態を考慮した腐食鉄筋の力学的性能評価に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第624号，pp.181-186，2008.2

*執筆者

内田 祐介(うちだ・ゆうすけ)

中央試験所 構造グループ

従事する業務：

アンカーボルトなどの構造物緊結材の性能試験，木造などの構造物試験など



開閉繰り返し試験（トイレブース，可動間仕切）

中央試験所 材料グループ

1. はじめに

建具は、人の出入り口、採光の確保、換気、断熱、防音、防犯などを目的として、建築物の開口部に設置されるドアや窓である。開閉方式には複数の方式があり、ドアを例に代表的な開閉方式を図1に示す。建具は、人の出入りや換気を行う場合には開閉の操作が行われるため、開閉繰り返しの耐久性が要求される。

今回は、トイレブース、可動間仕切などの間仕切りに設置される片開き方式のドアの開閉繰り返し試験について紹介する。

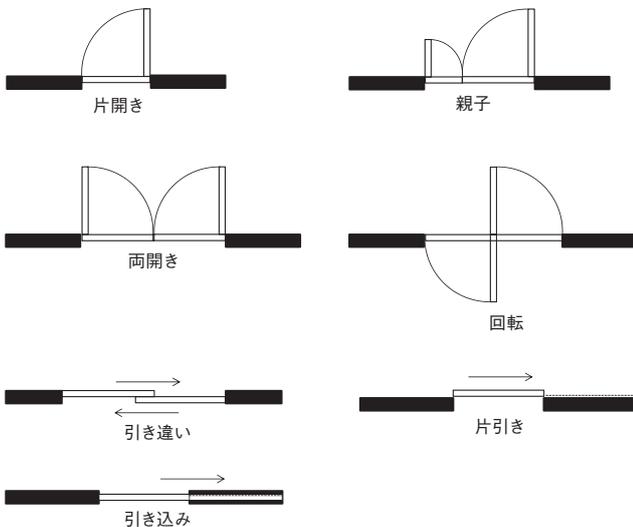


図1 ドアの開閉方式の例

2. 試験装置

ドアの開閉繰り返し試験装置は、片開き方式の開閉装置が4基設置されており、個別に条件を設定し同時に試験を進めることができる。試験装置の構成は、試験体を設置するフレーム、ドアを開閉させる駆動部、試験体と駆動を繋ぐアームおよび制御盤から成っている。制御盤では、開き角度、開閉の速度、開閉方向（右開き又は左開き）、開閉繰り返し回数及び試験機の駆動方式を自由に設定することができる。

また、専用のアタッチメントを取り付けることでレバーハンドル又は握り玉の操作によるラッチングを含めた開閉繰り返し試験も可能である。

試験が可能なドア枠のサイズは、幅1000mm、高さ2700mmまでであるが、条件によっては2台の開閉装置を利用することで幅1400mmまで対応が可能である。

試験装置の外観を写真1および写真2に示す。



写真1 開閉繰り返し試験装置



写真2 開閉繰り返し試験装置[制御盤]

3. 試験方法

建具の開閉繰り返し試験は、建具枠を開閉試験装置に設置し、戸の開閉を繰り返し行うことが多いが、トイレブースおよび可動間仕切りのように間仕切り壁に設置されたドアについては、間仕切りにヒンジ(丁番)が設置されるため、実際に近い状態に試験体を組み立てを行うことが多い。以下にトイレブースおよび可動間仕切りの開閉繰り返し試験内容を示す。

1) トイレブース

トイレブースは、間仕切り部分にグラビティヒンジが取り付けられ、ドアを自動で「開く」または「閉じる」の操作を行う。試験では自開するようにヒンジを設置していることが多く、その場合、試験機の駆動は閉める時に駆動させ、開く時には駆動を止めて自開するように設定し試験を行う。

試験体：標準的に使用されるブース寸法から、条件の最も厳しい形状のL字形とし、寸法は、幅1000mm、奥行き1400mm、高さ1900mmとする。試験装置への設置は、仮設の壁と床を介して行う。仮設の壁は、角形鋼管(厚さ2.3mm、100mm×100mm×6000mm)に厚さ12.5mmの石こうボードを打ち付けたものとし、床はコンクリートとする。試験体および設置の例を図2に示す。

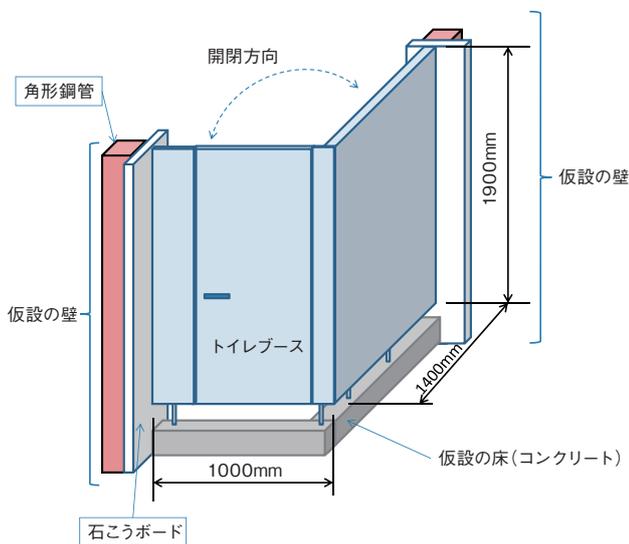


図2 試験体および設置の例

試験規格：一般社団法人公共建築協会「建築材料・設備機材等品質性能評価事業」に係る評価基準に基づく試験方法に規定され、JIS A 4702(ドアセット)の開閉試験によるスイングドアによって行う。「開く・閉じる」をもって1回とし、開閉回数10万回の開閉繰り返し試験を行う。ドアは全閉から全開とし、開閉速度は、1分間当たり5～10回とする。試

験終了後の状態が開閉に異常がなく、使用上支障がないことを確認するとともに構造金物および固定金具にゆるみが生じないことを確認する。試験状況の一例を写真3に示す。



写真3 トイレブースの開閉繰り返し試験状況

2) 可動間仕切

可動間仕切は、ドア部分にドアクローザが取り付けられ、ドアを自動で閉じる。そのため、試験機の駆動は開き時のみを駆動させ、閉じる時には駆動を止めて自閉するように設定して試験を行う。

試験体：図3に示すように試験装置のフレームの上下に設置された角形鋼管(厚さ2.3mm、100mm×100mm×6000mm)に、最大高さ：3000mm、最大幅：5400mmのサイズに施工する。

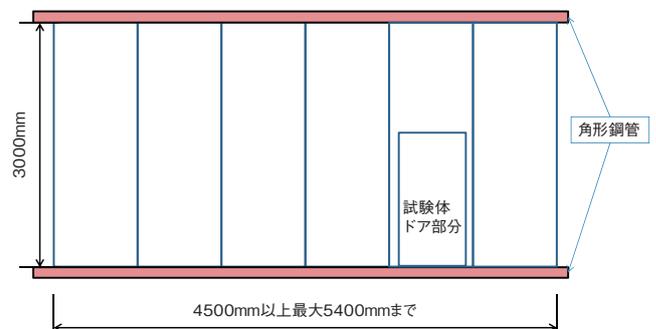


図3 試験体および設置例

試験規格：一般社団法人公共建築協会「建築材料・設備機材等品質性能評価事業」に係る評価基準に基づく試験及びJIS A 6512 (可動間仕切) に従って行う。

なお、ドアの開閉操作は、スプリングラッチボルトの操作は除くようになっている。戸の開閉角度は $80^{\circ} \pm 5^{\circ}$ とし、開閉操作は、「開く・閉じる」をもって1回とし、開閉回数10万回の開閉繰り返し試験を行う。試験終了後の状態が開閉に異常がなく、使用上支障がないことを確認する。試験状況の一例を写真4に示す。

4. おわりに

今回ご紹介した開閉繰り返し試験装置は、建具以外の収納家具や耐火金庫の開き戸についても条件によって開閉繰り返し試験が可能である。また、試験装置のフレームを利用し、エアシリンダを組み込むことで、引き違い方式、片引き方式の建具、引き込み方式についても開閉繰り返し試験が可能である。是非ご利用頂ければ幸いである。



写真4 可動間仕切の開閉繰り返し試験状況

* 執筆者

渡辺 一 (わたなべ・はじめ)

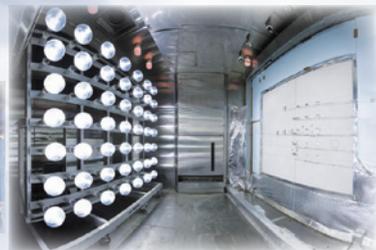
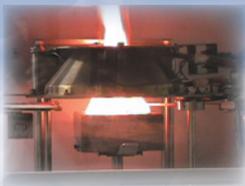
中央試験所 材料グループ 主幹

従事する業務:

家具等の性能試験, 建具類の開閉繰り返し試験



中央試験所は、拡張・整備計画を行っています



一般財団法人
建材試験センター

【中央試験所】

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5丁目21番20号

TEL : 048-935-1991 FAX : 048-931-8323

http://www.jtccm.or.jp

世界の伝統的建築構法

第3回 東欧カルパチア山脈周辺の木造教会

芝浦工業大学 教授 南 一 誠

1. はじめに

東ヨーロッパのルーマニア、ウクライナ、ポーランド、スロバキア各国の国境近く、カルパチア山脈周辺には、中世から続く木造教会や校倉造りの民家が残っている。都会の石造りの教会とは違い、田園風景の中にある木造教会は地域の人々の日常生活に溶け込んで見える。50メートルを超える、天を突くような高い木造教会の塔を建てた技術は、日本の伝統建築を担ってきた棟梁の技量と肩を並べる高度なものである。カルパチア山脈はブナの原生林で知られるが植林も多く、地域の林から取れるトウヒ、ナラ、モミなどの木で建物の屋根、壁、内装などのすべての部位が造られている。風雪に晒されている屋根や外壁を覆う木の小片は、長い年月に渡って、定期的に葺き替えられてきたはずである。木造教会が200年、300年という時を経て、今日に至るまで創建当時の姿を保ちえたのは、補修に必要な木材を供給する林業や建物を維持管理する地域の技術者などが、途絶えることなく存在してきたからであろう。カルパチア山脈の森と一体となった地域社会が、時代の変化に対応しながら、継承されてきたのである。

この地方の木造教会と民家の基本的な構造はともに校倉である。教会の一部は、民家の伝統的な構造形式が発展したものである。高くそびえる鐘楼は校倉の上に軸組み構造を載せた形式のものや、校倉の外側に被さるように軸組み構造を立てたものなどがある。正倉院などの日本の校倉は五角形の断面をした校木を積み重ねているが、この地域の校木は正方形に近く、一本一本の校木の断面は非常に大きい。雨、雪から外壁を保護するため、校木の外側が鱗のような形の木の小片で覆われている木造教会が多い。屋根も木材で葺かれており、建物の外側すべてを、幾何学的に美しい形に加工された木が覆い尽くしている。一方、教会内部の壁や天井には、宗教画が鮮やかな色彩で描かれている。画は校木の上に直接、描かれたものや、布を張りその上に描かれたものがある。小さな高窓から差し込む光が照らし出す、村人たち



写真1 ルーマニア デセッシュティの教会



写真2 ルーマニア デセッシュティの教会 詳細



写真3 ルーマニア シュルデシティの教会



写真5 ウクライナ ヤシニアの教会 遠景



写真6 ウクライナ ヤシニアの教会 出入口廻り



写真4 ルーマニア シュルデシティの教会 詳細

の濃密な祈りの空間は、素朴な外観とは対照的である。天井は船を逆さにしたようなヴォールト形状のものもあり、北欧の木造船の技術が援用されたことを想起させる。

2. カルパチア山脈の木造教会

2.1 ルーマニア デセシュティの聖パラスキヴァ教会

1770年建造のルーマニア正教の教会。ウクライナと国境

を接するルーマニア北西部、県都バイア・マーレ北東の農村地帯に立地する。マラムレシュ地方の丘陵には、天を突くような高い鐘楼を持つ教会が存在している。デセシュティ村の聖パラスキヴァ教会もその一つで、屋根の妻面の最上部にある半円錐形の屋根飾り(クララ)が特色である。教会正面の屋根面には、屋根葺き材の形状を変えて、十字架が表現されている。教会に至る道路には、豪華に木工細工が施された住宅の門が、技を競って立ち並んでいる。(写真1, 2)

2.2 ルーマニア シュルデシティの大天使ミハイル・ガヴリエル教会

1767年建造のルーマニア正教の教会。バイア・マーレから東へ10kmのところに立地する。森の木々のように真っ直ぐに聳え立つ鐘楼は54mもの高さがある。鐘楼の中段には4つの小尖塔がのる。礼拝堂の天井はヴォールト形状であり、宗教画が描かれている。2.3キロ離れたプロピシュにも似た形式の教会がある。(写真3, 4)



写真7 ウクライナ コロチャヴァの教会

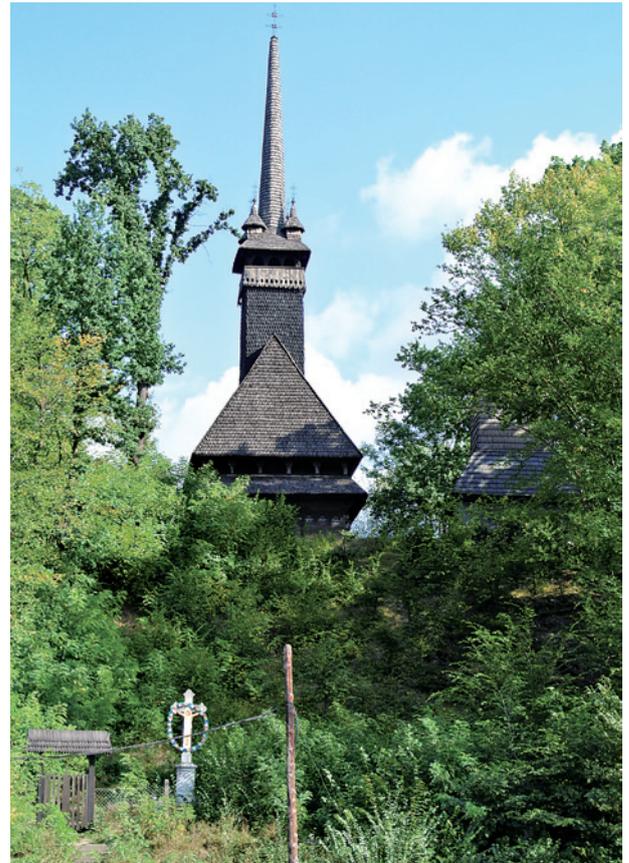


写真9 ウクライナ ダニロヴォの教会



写真8 ウクライナ コロチャヴァの教会 詳細

2.3 ウクライナ ヤシニアの救主昇天教会

1824年建造のギリシャ正教の教会。テッサ川を跨ぐ吊り橋を超えてアプローチする。小高い丘の上に立つ教会は十字型の平面である。教会中央部には、八角形をしたドームが載っている。隣接して18世紀頃に建てられた鐘楼が建つ。外壁を覆う木片の幾何学的な形が美しい。屋根葺き材は側面をV字型にカットし次の板を差し込む、樋部倉矧ぎの形をした精緻な加工が施されている。(写真5, 6)



写真10 ウクライナ ダニロヴォの教会 詳細



写真11 ウクライナ クライニコヴォの教会 正面



写真12 ウクライナ クライニコヴォの教会 側面

2.4 ウクライナ コロチャヴァの精霊教会

1795年建造のギリシャ正教の教会。教会正面に吹放しの回廊を持つ。深い出庇が、校倉の壁を降雨から保護している。礎石に直接、校木が置かれている。(写真7, 8)

2.5 ウクライナ ダニロヴォの聖ニコライ教会

1779年建造のギリシャ正教の教会。小高い丘の上に聳え立つ姿が優雅で美しい。近くによって屋根を見上げると、屋根葺き材の分厚い板厚から力強い印象を受ける。(写真9, 10)

2.6 ウクライナ クライニコヴォの教会

ダニロヴォから4kmの所に立地する。屋根面と鐘楼が構成する幾何学的な形態が美しい。3kmほど離れたソクルニツァにも似た形式の教会がある。(写真11, 12)

今回は、スロバキア、ポーランドの木造教会とカルパチア山脈周辺の校倉民家について紹介します。

【参考文献】

1. 太田邦夫, 東ヨーロッパの木造建築 架構形式の比較研究, 1988年。本書に掲載している写真は2013年9月に太田邦夫氏が企画された調査に同行させていただいた時に撮影したものである。本書の記述はその折に、太田氏よりご教示いただいた内容も参考にさせていただいている。
2. 地名表記やその他の情報については、UNESCOの世界遺産に関するホームページの情報や、外務省、各国政府大使館、政府観光局がウェブサイトで提供している情報を参考にした。

プロフィール

南 一誠 (みなみ・かずのぶ)
 芝浦工業大学 工学部 建築学科 教授
 最近の研究テーマ: 建築構法,
 建築ストック活用



「スライダーボード」の性能試験

(発行番号: 第15 A 1125)

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	「スライダーボード」の性能試験			
依頼者	株式会社 ダイサン			
試験項目	静止摩擦係数算出試験, 疲労試験			
試験体 (依頼者 提出資料)	試験体記号	主な構成材 mm		
	SB-0.4R	寸法: 上側; 500×404×3.8, 下側; 540×404×3.8 材質: ポリアセタール樹脂		
(注) 試験体は, 1004×404×3.8のものを切断して, 上記寸法とした。 参 照: 図1(試験体), 写真1及び写真2(試験体)				
試験方法	概要	静止摩擦係数算出試験	写真3に示すように, 反力架台上にすべり止め, 試験体(下側), 試験体(上側), すべり止め, 鉛直載荷用加圧板, おもりの順にそれぞれ設置した後, 鉛直載荷用加圧板に, 一方の水平荷重を加えた。なお, 加力は鉛直載荷用加圧板の変位δが 0.5 mm を超えるまで行った。鉛直荷重は, 鉛直載荷用加圧板及びおもりの重量とし, 2.07, 3.60, 5.25, 9.16 kN の4条件について, 加力速度は, 0.02, 0.1, 0.5 mm/sec の3条件について, 各3回加力を行った。ここで, 各加力は, 変位δについて任意の位置より行った。また, 上記試験は疲労試験前(初期状態)と疲労試験後の2回実施した。	
		疲労試験	初期状態における静止摩擦係数算出試験終了後, 変位δの振幅を±10 mm とした, 三角波による正負繰り返し加力試験を行った。なお, 鉛直荷重は 9.16 kN とし, 繰り返し回数は, 5000回とした。また, 加力速度は, 2000回を超えるまでを 20 mm/sec, 以降 5000回までを 10 mm/sec とした。	
	加力装置	100 kN 自動コントロール式加力試験機(ロードセル容量: 20 kN)		
	測定装置	電気式変位計(容量: 50 mm, 感度: 200×10^{-6} / mm, 非直線性: 0.1 %RO)		
試験結果	試験体記号	試験項目	静止摩擦係数	全試験終了後の試験体状況
	SB-0.4R	疲労試験前(初期状態) 静止摩擦係数算出試験	0.15	—
		疲労試験後 静止摩擦係数算出試験	0.27	試験体(上側及び下側)における すべり面格子部の摩擦
(注) 静止摩擦係数は, 各鉛直荷重及び各加力速度における全ての試験結果を基に, 最小二乗法により算出した原点を通る直線の勾配とした。 参 照: 図2(荷重-変位曲線及び荷重・変位の時刻歴波形の代表例), 図3(最大水平荷重と鉛直荷重の関係) 図4(最大水平荷重と繰り返し回数の関係), 写真4(全試験終了後の試験体状況)				
試験期間	平成27年 6月 23日			
担当者	構造グループ 統括リーダー 室 星 啓 和 統括リーダー代理 伊 藤 嘉 則 主 幹 守 屋 嘉 晃 中 里 匡 陽 (主担当) 林 健 太			
試験場所	中 央 試 験 所			

新400100038R

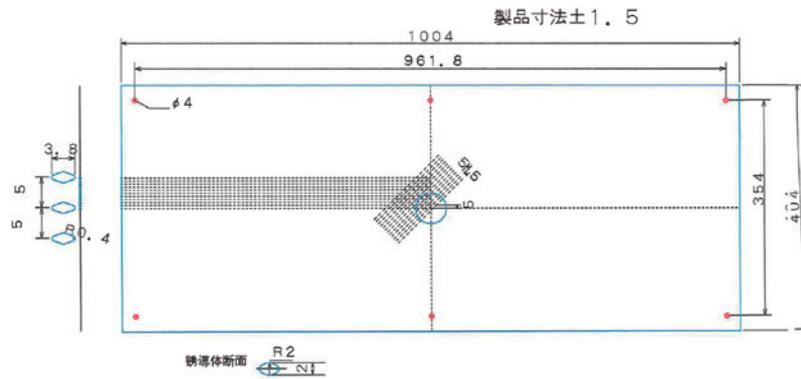


図1 試験体(切断前)

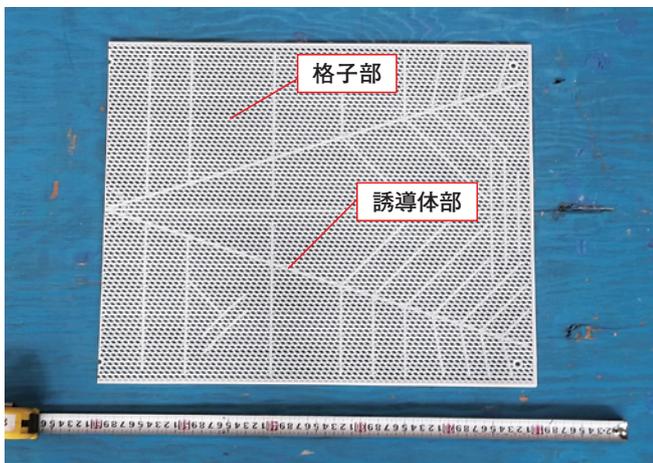


写真1 試験体(上側)

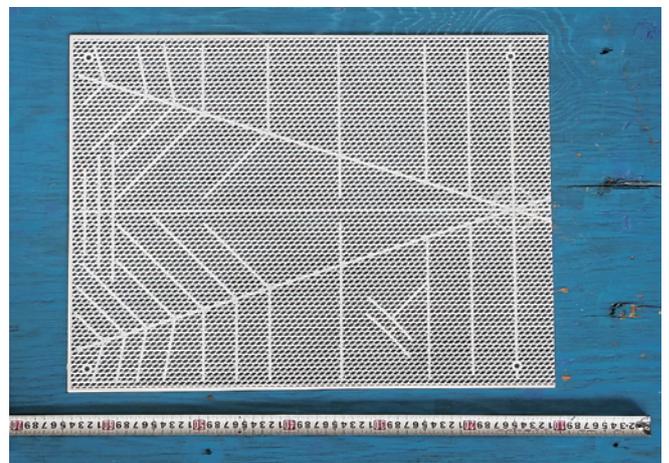


写真2 試験体(下側)

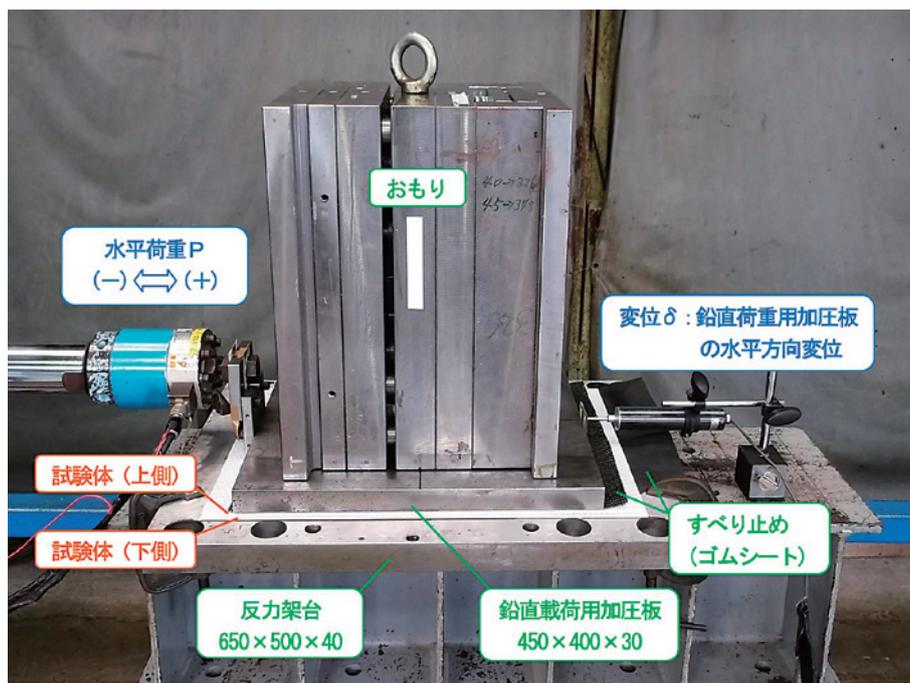
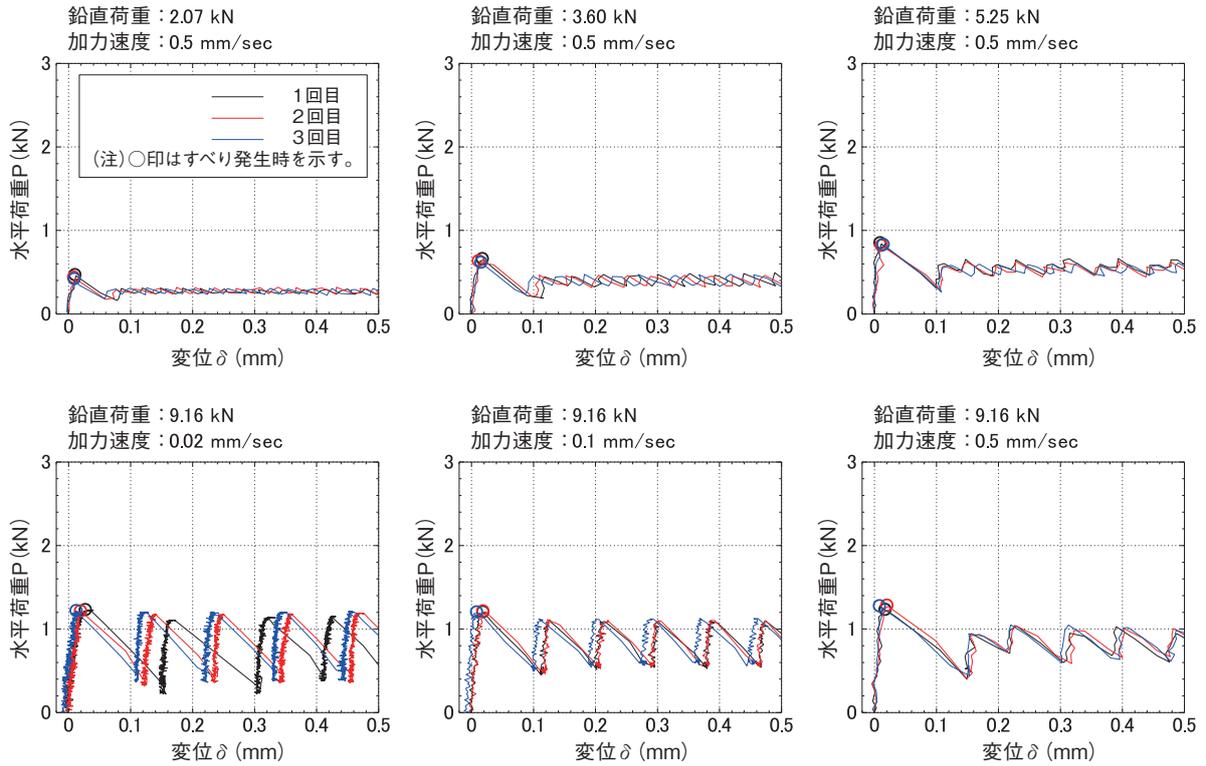
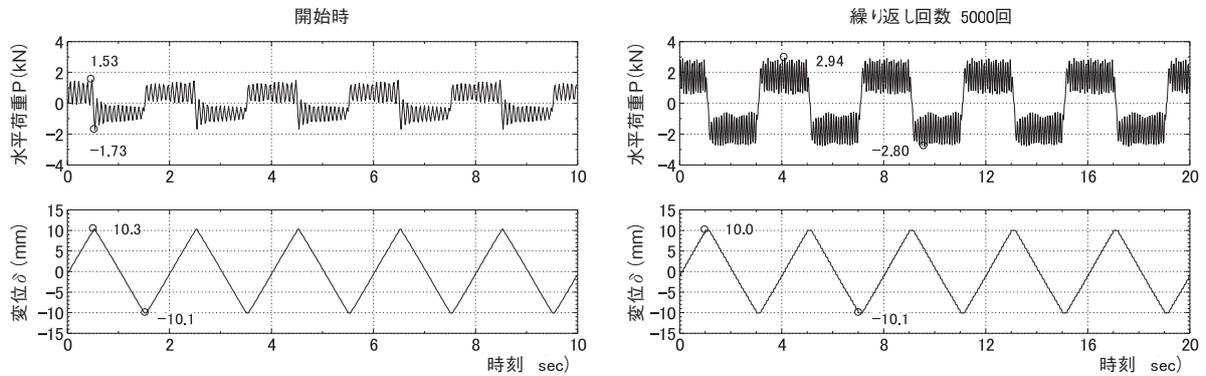


写真3 試験実施状況(鉛直荷重: 3.60 kN 時)

試験項目：疲労試験前(初期状態)静止摩擦係数算出試験



試験項目：疲労試験



試験項目：疲労試験後静止摩擦係数算出試験

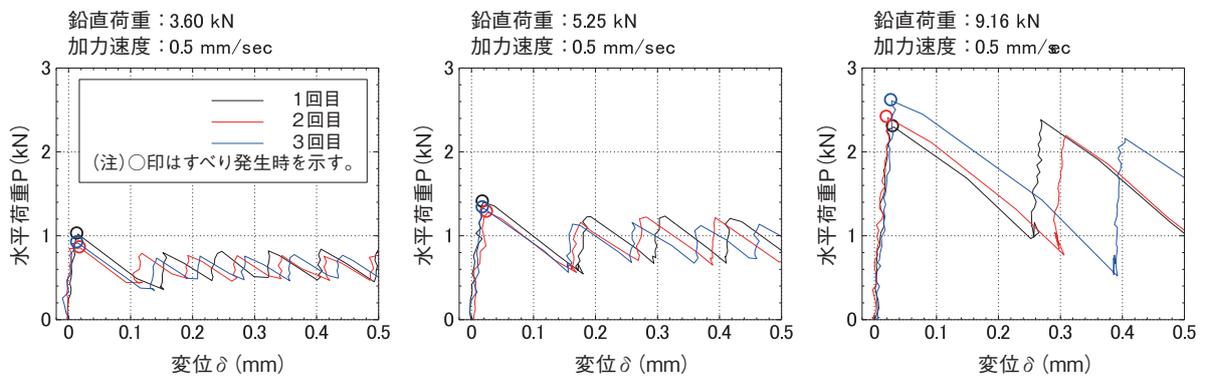
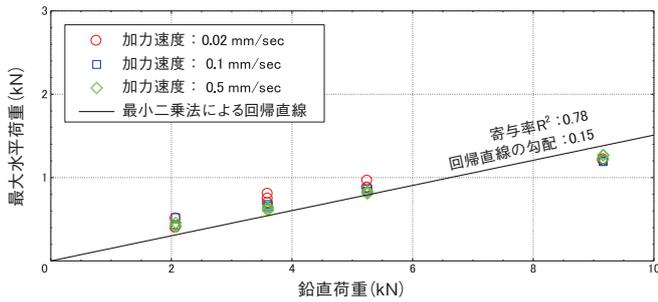


図2 荷重-変位曲線及び荷重・変位の時刻歴波形の代表例

試験項目：疲労試験前(初期状態)静止摩擦係数算出試験



(注)最大水平荷重は、上側及び下側の試験体相互がすべり始めた時の荷重とした。

試験項目：疲労試験後静止摩擦係数算出試験

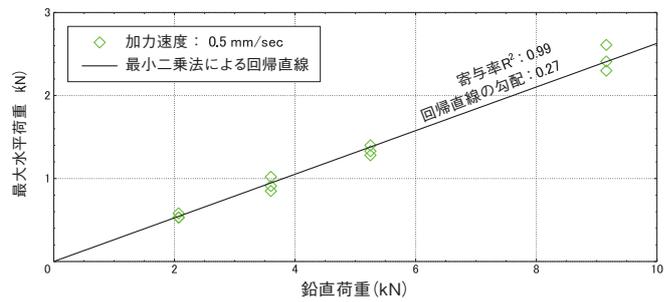
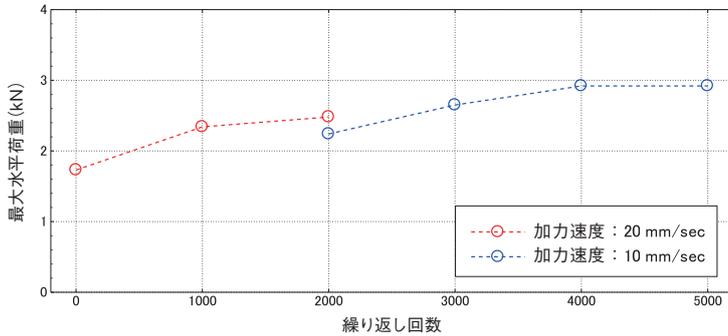


図3 最大水平荷重と鉛直荷重の関係(左：疲労試験前(初期状態), 右：疲労試験後)

試験項目：疲労試験



(注)最大水平荷重は、各繰返し回数時から5回分の水平荷重データにおける最大値(絶対値)とした。

図4 最大水平荷重と繰返し回数の関係

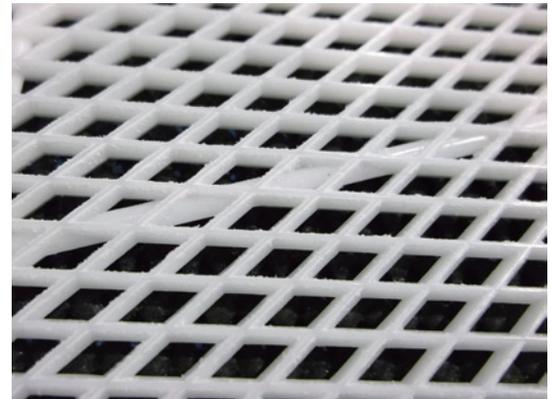


写真4 全試験終了後の試験体状況
・試験体(下側)におけるすべり面格子部の摩耗

コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

今回は、株式会社ダイサンより依頼のあったスライダボードの性能試験を紹介した。スライダボードは、ポリアセタール樹脂を材料として、格子状で厚さ3.8mmに射出成形されたボードで、解説写真1のように、重量物をパレット積みで運搬する際、地面に敷いて使用すると、摩擦抵抗が小さいため比較的小さな力で重量物を動かすことができる。



解説写真1 使用例

試験は、まず、初期性能を確認するため、静止摩擦係数算出試験を実施し、続いて、繰返し使用した際の耐久性(摩擦係数の推移)を確認するために、疲労試験を実施した後、再度静止摩擦係数算出試験を実施した。

静止摩擦係数算出試験は、鉛直荷重及び加力速度の条件を変えた12条件について各3回の加力を行い、報告書の図3に示す最大水平荷重と鉛直荷重の関係における回帰直線の勾配を静止摩擦係数として算出した。なお、疲労試験前(初期状態)の静止摩擦係数は0.15であった。

疲労試験では、最大のおもり(重量：9.16kN)を載荷した状態で、三角波による正負繰返し加力を5000回行った。な

お、報告書の図2の荷重の時刻歴波形および図4の最大水平荷重と繰返し回数の関係に示すように、水平荷重の最大値(絶対値)は、開始時が1.73 kNであったのに対し、5000回時では2.94 kNと1.7倍に増加した。これは、すべり面格子部の摩耗による影響であると考えられる。

疲労試験後の静止摩擦係数算出試験では、加力速度の条件が0.02及び0.1 mm/secの一部の試験時に、すべり止めを挟んだ試験体(下側)一反力架間ですべりが発生したため、0.5mm/secの試験結果のみを使用して静止摩擦係数を算出した。その結果、静止摩擦係数は0.27であり、初期状態に比べて1.8倍に増加した。

中央試験所 構造グループでは、この他にも様々な構造部材や試験条件による性能試験を実施しており、ご活用頂ければ幸いです。

【構造部材の性能試験に関するお問い合わせ】

中央試験所 構造グループ
TEL：048-935-9000 FAX：048-931-8684

(文責：構造グループ 中里 匡陽)

試験設備紹介

大型壁炉への自動制御 静的加力装置の導入

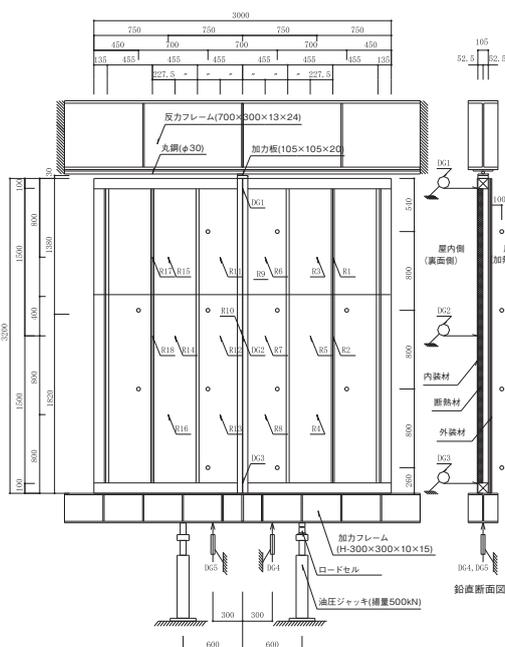
中央試験所

1. はじめに

中央試験所防耐火グループでは、2010年10月に施行された公共建築物木材利用促進法により木質系耐火構造の柱・梁・床・耐力壁等の防耐火試験の依頼が増加しています。

木質系耐火構造は、その試験特性上、仕様によっては試験が長時間となる場合もあり、従来の手動式の載荷装置では、作業効率が悪いため、2004年に先行して梁・床等の載荷加熱試験を行う大梁炉に自動制御静的加力装置を導入しておりました。

2015年7月より、壁の載荷加熱試験をおこなう大型壁炉についても、同型の自動制御静的加力装置を導入致しましたので、その概要について紹介致します。



試験体設置図(大型壁炉)

2. 自動制御静的加力装置の概要

本装置は、コントローラ、油圧ユニット、自動平衡指示器、油圧ポンプ、ロードセル、データ測定用のパソコンで構成されています。載荷システムの構成を図1に示します。

従来は、試験荷重を一定に維持する為、ロードセルから自動平衡指示器に表示される値を目視で確認し、手動により圧力を調整することで、試験荷重を一定に保持する作業を行ってきました。

今回、自動制御静的加力装置を導入することにより、自動的に油圧を調整し、試験荷重を長時間、一定に維持することが可能となりました。

ロードセルで検知された電圧は、自動平衡指示器を介してコントローラで受け、コントローラから荷重を一定に維持するように油圧ユニット信号を送っています。

試験荷重を下回る場合は、油圧ユニットのインバータの回転数を可変させながら油を油圧シリンダ送り出すことにより圧力を上昇させ、所定の試験荷重に調整します。

また、試験荷重を上回る場合は、拘束オンオフ弁を作動させ油圧シリンダ内の油をタンクに逃がし荷重を調整します。なお、計測された荷重データの取り込みについては、手動操作と同様に自動平衡指示器を介して、従来から当試験所が使用しているデータ測定用パソコンに入力されます。

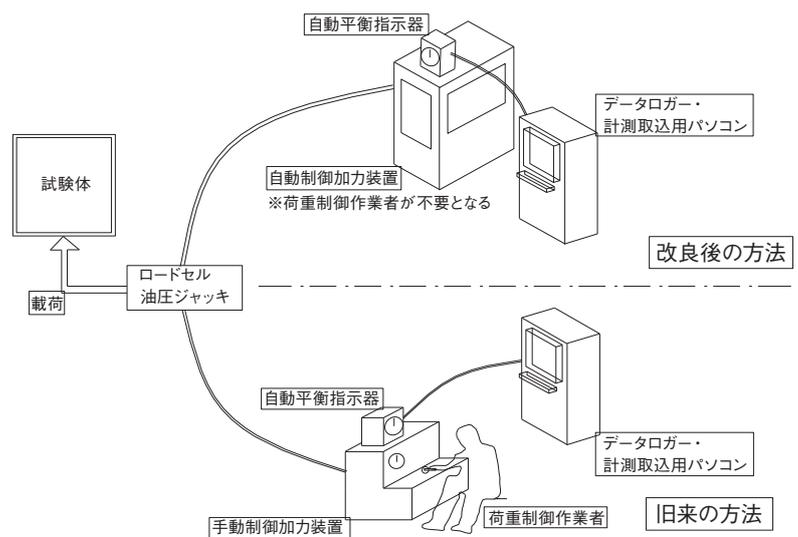


図1 載荷システム

コントローラ部分と油圧ユニット部分を写真1に、仕様を、表1および表2に示します。



写真1 自動制御静的加力装置

表1 油圧ユニットの仕様

型式	MP-6 ALS-S インバーターモータ駆動可変吐出ポンプ
モータ出力	0.75kW
吐出量	0.08 ~ 0.48L/min
制御周波数範囲	6 ~ 60Hz
最大流量	0 ~ 6Mpa (0 ~ 61kgf/cm ²) ……15L/min 6 ~ 70 (61 ~ 714kgf/cm ²) ……3L/min
圧力調整範囲	2 ~ 10Mpa (21 ~ 102kgf/cm ²)
電源容量	2.5KVA
作動油種類	一般作動油 ISO VG 32
タンク容量	25L
有効油量	16L
外形寸法	幅 850×奥行 580×高さ 955mm (台車 156mm 含む)
概略質量	180Kg

3. 大型壁炉の概要

大型壁炉(写真2)は1999年より、稼働しているプログラム制御で加熱を行う試験炉であり、耐力壁の载荷加熱試験を行う専用の炉です。

主に対象となる試験は、準防火構造(20分)、防火構造(30分)、準耐火構造(45分、60分)、耐火構造(1時間+3倍放冷+ α 、2時間+3倍放冷+ α)です。

熱源は都市ガス、加熱面積は、幅3050mm、高さ3000mmです。

表2 コントローラの仕様

型式	DSC-2A
制御出力	1ch: インバータポンプへのアナログ出力 ch2: 高速オンオフ弁駆動出力
アナログ入力	0 ~ ±5V 入力を数値 0 ~ ±2000 に変換 1ch, 2ch: 制御荷重計, 3ch: もりかえ, 変位ホールド用荷重計 4ch: 圧力入力
アナログ出力	数値 0 ~ ±1000 を出力 0 ~ ±10V に変換; インバータポンプ駆動用
PWMパルス出力	減圧用高速オンオフ弁の起動用
接点入出力(8ch)	電磁弁駆動用 その他のシーケンス制御用
通信速度	RS232C 最大速度 115.2kpps まで選択可能
外形寸法	幅 203mm×奥行 200mm×高さ 138mm
概略質量	3.5kg

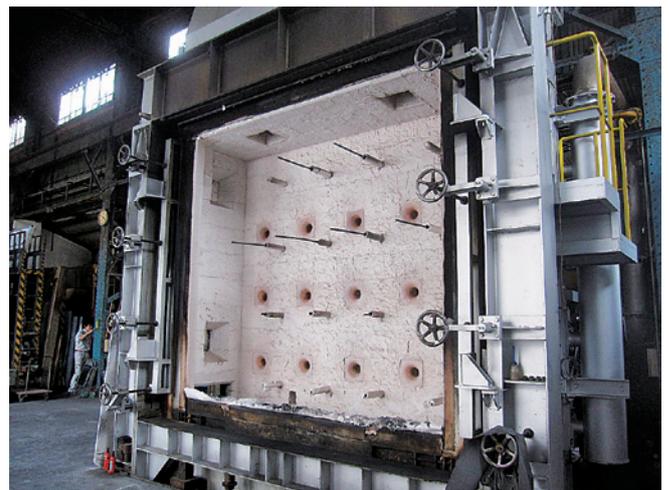


写真2 大型壁炉

4. おわりに

今回、大型壁炉に自動制御静的加力装置を導入したことにより、载荷装置関係は全てが自動化され、より一層の作業効率化が図られ、今後、木質系耐火構造を含めた長時間の試験に対応しやすく改善されました。

試験に関するご相談は、下記までお問い合わせください。

中央試験所 防耐火グループ

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

(文責: 中央試験所 防耐火グループ 主幹 日詰 康志)

業務報告①

構造耐火と広域火災に関する 日米防火ワークショップ参加報告

中央試験所 防耐火グループ 山下平祐

1. はじめに

2015年3月16日から18日にかけて、構造耐火と広域火災に関する日米防火ワークショップ(Workshop for Fire-Structure Interaction and Large Outdoor Fires, 以下, WSと示す)が米国国立標準技術研究所(NIST)にて開催された。筆者はWSに参加し、ポスター発表を行ったので、本稿で概要を報告する。

2. 開催の経緯

本WSは、日米間の防火分野における研究交流を目的としており、過去には2011年に米国(NIST)、2012年に日本(建築研究所、消防研究センター等)で開催されている。2012年からは、日本火災学会とNISTの間で交わされた研究協力の趣意書に基づき、関連研究機関の共同開催という形で行われている¹⁾。今回のWSはアメリカ合衆国メリーランド州ゲイザーズバーグ市に位置するNISTの研究所(Engineering Laboratory, 写真1)で開催され、日本からは27名、米国からはNISTの研究者を中心に68名が参加した。会場となったNISTは国立の計量標準研究所である。標準物質の管理から世界貿易センタービル崩壊に関する調査まで多岐にわたる業務、研究を行っており、多くのノーベル賞受賞者を輩出している。

3. ワークショップの概要

WSのプログラム概要を表1に示す。WSの基本テーマである「広域火災(Large Outdoor Fire)」と「構造耐火(Fire-Structure Interaction)」に関する研究について、口頭発表とポスターセッションが3日間にわたって行われた。また、最終日には火災実験施設「National Fire Research Laboratory(NFRL)」の見学も行われた。

表1 プログラム概要

日時	講演テーマ(O:口頭発表, P:ポスターセッション)	講演数
3/16 am	Physical Aspects of Fire Spread and Ignition (O)	6
	Fire-Structure Interaction (P)	7
3/16 pm	Large Outdoor Fire Hazards (O)	4
	Physical Aspects of Fire Spread and Ignition (O)	4
	Fire Safety Science (P)	8
3/17 am	Large Outdoor Fires (P)	7
	Fire Resistant Structures (O)	6
3/17 pm	Physical Aspects of Fire-Structure Interaction (O)	8
	Fire Safety Science (P)	6
3/18 am	Physical Aspects of Fire Spread and Ignition (O)	4
	Physical Aspects of Fire-Structure Interaction (O)	5
3/18 pm	NIST's National Fire Research Laboratory (O)	3
	Laboratory Tour	-



写真1 広大な敷地を有するNIST



写真2 口頭発表の会場

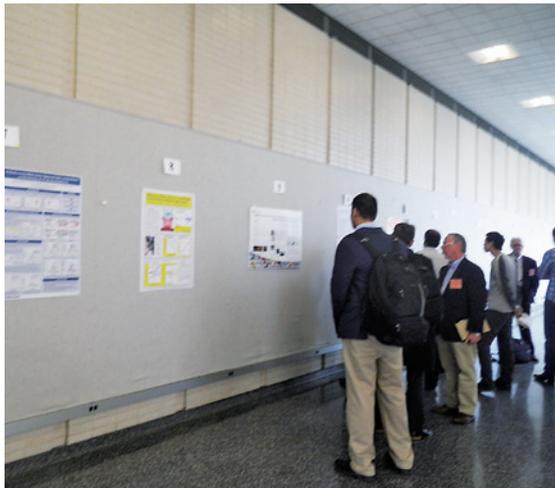


写真3 ポスターセッションの会場



写真4 実大火災験棟の様子

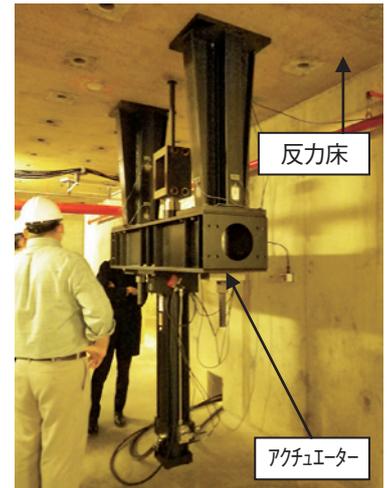


写真5 地下室の様子

3.1 口頭発表

広域火災に関する講演では、日本からは主に地震火災に関する研究が発表されたのに対し、米国からは林野火災に関する研究が多く発表された(写真2)。米国では市街地の近くに林野が残っていることが多い。これらの林野と住宅地の境界で発生する火災はWildland-Urban Interface (WUI) Fireと呼ばれ、火の粉の飛散を伴うため大規模化しやすい。米国における火災損失額の上位15件のうち、半分以上がWUI火災によるものとなっており、大きな問題となっている。地震大国の日本と広大な国土を有する米国のお国柄が研究内容にも表れているように感じた。

構造耐火に関する講演では、様々な形態の構造物の耐火性について発表が行われた。大規模木造建築物の普及が進む日本からは、木構造の耐火性に関する研究が多く発表された。また、研究内容は、日本では実験を主体にしているものが多いのに対し、米国では様々なモデルを駆使したシミュレーション主体のものが多いように感じた。

3.2 ポスターセッション

ポスターセッションは、各分野で30分程度の時間が割り当てられ、その間、作成者はポスターの横で集中的に質疑を受けるといったスタイルで行われた(写真3)。映像を利用したものなど、バリエーションに富んだプレゼンテーションと活発な意見交換が行われた。英語が得意でない(≒できない)ため、不安そうに立っている筆者の許にも何人かの研究者が訪れてくれたが、意思疎通を図ることは難しく、もどかしい思いをした。ただ、どうにか聞き取れた内容の中には筆者の考えと一致するものもあり、今後の励みとなる経験となった。

3.3 火災実験施設(NFRL)の見学

多彩な研究施設を備えたNFRLは、2014年に実大火災実験棟を増設した(写真4)。この実験棟では、広大な空間(床18m×27m、高さ9m)に設置した構造物に対して実大火災実験を行うが、実験を行っている間も、反力床に開けられた穴を介して、地下室に設置したアクチュエーターで構造物に加力を行うことができるという(写真5)。さらに、最大20MWの発熱速度を計測できる巨大なフードも備えている。

4. おわりに

以上、WSの概要について報告した。筆者にとっては、WSの場で様々な研究者と交流を持つことができたことが何よりも貴重な経験となった。今後は、WSで得た知見を職務に活用していきたいと思う。

なお、今回のWS参加は、千葉大学の平島先生に背中を押してもらうことで実現することができた。また、参加にあたり、千葉大学の研究論文発表支援プログラムの適用を受けた。ここに、改めて感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 日米防火ワークショップ実行委員会：日米防火ワークショップの開催経緯と概要、火災、Vol.62, No.6, pp.40-42, 2012.

*執筆者

山下 平祐(やました・へいすけ)
中央試験所 防耐火グループ 主任
従事する業務：
防耐火構造に関する試験



引き続き2015年5月28日より『ISO 9001・ISO 14001 認証移行説明会』を全国12都市で開催し、のべ801名にご参加いただきました(写真1)。この説明会では、組織の認証移行に関する手続きを示した「ISO 9001・ISO 14001 発行に伴うマネジメントシステム認証移行手続き」(2015年5月18日、当センター発行)に基づき、規格改正の最新動向、認証移行期限とそれまでに必要となる準備と手続き、ギャップ分析サービス(後述)、などについてご説明しました。また、「DIS版ギャップ分析ツール」(後述)を用いながら、現行規格との違いを主体に改正規格のエッセンスをお伝えしました。

質疑応答では、マニュアルの改訂や移行審査の時期、移行審査までに必要とされる教育訓練や運用実績の詳細、改正規格の用語、ギャップ分析サービスについて、など多岐にわたる質問がありましたが、これらの質問・回答の多くは組織に共通することから、説明会に参加されていない組織にもわかるよう、「認証移行に関するQ&A」として登録組織専用サイト(<https://ep.jtccm.jp/>)に公開しました。

4. ギャップ分析ツールの開発と分析の実施

ISO 9001・ISO 14001の改正を前に、IAF(国際認定フォーラム)は、組織が認証をスムーズに移行するため、現状のシステムと新規格の差異をつかむためのギャップ分析を推奨しました¹⁾。



写真1 ISO 9001・ISO 14001 認証移行説明会(6/25 仙台)

これを受け当センターは、組織がギャップ分析を行うための『ギャップ分析ツール』を開発し、6月より登録組織へ無償提供いたしました。その後、9月にはFDIS(最終規格案)版を発行し、間もなくISO規格版に改訂する予定です。

さらに、ギャップ分析は原則として組織が自ら実施するものですが、組織の要請がある場合、認証機関(審査員)によるギャップの特定を行うこともできることとなっています¹⁾。組織によっては様々な理由でギャップ分析を実施できない場合もあると想定され、そのことが認証移行の妨げとならないよう、当センターでは2015年9月1日より、審査員が組織のギャップ特定を行う「ギャップ分析サービス」を開始いたしました。

5. 今後の展開

本稿掲載号が発行される頃にはJIS Q 9001:2015、JIS Q 14001:2015も発行され、組織の認証移行が本格的にスタートしていることでしょう。当センターでは引き続き、11月より全国主要都市で『ISO 9001・ISO 14001 規格改正・認証移行説明会』を、12月下旬からは2015年版改正規格に対応した「規格解説セミナー」・「内部監査セミナー」、などを開催する予定です。これらの説明会、セミナーを通して組織が規格の要求事項や意図することへの理解を深め、円滑に認証を移行し、経営に役立つツールとしてさらなる事業展開に寄与することを祈念しております。

【参考文献】

- 1) JAB(公益財団法人日本適合性認定協会)，“「ISO 9001:2015及びISO 14001:2015発行に伴うマネジメントシステム認証及び認定の移行要領」及び「IAF参考文書 ISO 14001:2015への移行計画の指針」参考訳の公表”，JABホームページ，2015-03-03，<http://www.jab.or.jp/news/2015/030300.html>，(参照日：2015-10-08)

(文責：ISO 審査本部 開発部 主幹 山口 奈穂子)

たても建材探偵団

韮山の反射炉と 梨本の耐火れんが製造の登窯

<世界文化遺産に登録された反射炉>

今年7月、「明治日本の産業革命遺産—製鉄・鉄鋼、造船、石炭産業」として、8県にまたがる23施設について、世界文化遺産に登録されました。製鉄・鉄鋼の分野の施設では、たたら、反射炉、高炉、製鉄所が登録されています。

たたらは、西洋の近代製鉄技術の導入前から使われ、主に砂鉄を原料に木炭を燃料に和釘などが造られました。反射炉は、幕末、オランダの技術書をもとに築かれ、銑鉄を熔かし大砲などが製造されました。その銑鉄の性質を良くするため、鉄鉱石から銑鉄を造る高炉が築かれました。明治中期以降になると製鉄所が創設され、本格的な近代製鉄が始まります。

現在、鋼は、鉄鉱石を原料にコークスを燃焼させて高炉で銑鉄を作り、転炉で脱炭し成分調整して製造されます。鋼は、代表的な建材の一つでもあります。近代製鉄の発達は、幕末の海防を目的とした大砲の製造や造船に始まりました。これらの量産を目的に、佐賀に始まり各地で反射炉が築造されます。反射炉は、炉内に燃料と銑鉄を置き、炉内で発生させた熱を炉の天井や壁に反射させ、銑鉄を溶かす熔解炉です。そして、熔けた銑鉄を鑄造して大砲などを造るため、敷地内には反射炉の他に、鑄造施設なども設置されていました。

韮山反射炉も世界遺産に登録された施設の一つです。

<韮山反射炉の築造> (図1)

台場の築造 (東京都港区台場) :

幕末になると、鎖国をしていた我が国に外国船が来航し、1853年7月、浦賀にペリー艦隊の黒船が入港します。これ



図1 伊豆半島地図

を契機に、江戸の町の防備のため、翌月から大砲を据える品川台場の築造が始まります。現在でも名残を残し、第三台場へは、お台場海浜公園から渡ることができます。この築造の指揮を執ったのは、伊豆韮山の代官 江川太郎左衛門英龍 (垣庵) (1801-1855) です。英龍は西洋技術や海防に関心が高く、1839年には江戸湾

の測量を行い、1840年頃には高島秋帆より砲術を学びました。

反射炉築造の計画 (静岡県下田市高馬) :

英龍は、大砲の製造のため、1853年12月から反射炉の築造に取り掛かります。築造場所は、輸送に便の良い下田港の近くの高馬という地域に計画されました。ところが、着工後、下田に入港していたペリー艦隊の乗組員が、築造の始まった高馬の現場に立ち入ります。軍事機密の観点から、反射炉の築造場所は、韮山に移転することとなりました。高馬付近のバス停には「反射炉跡」と付けられ名残をみることができます (写真1)。

反射炉の築造 (静岡県伊豆の国市韮山) :

1854年6月から韮山での反射炉築造が始まります。しかし完成までは、多難だったようです。1854年11月の安政の大地震では目に見えない亀裂が生じ、翌年7月の暴風雨でこの亀裂が広がり炉の崩落の危険性が生じ再構築を要しました。1855年1月には英龍が亡くなります。しかし、英龍は、生前、既に反射炉を築造している佐賀藩と交流を持っていたこともあり、技術的協力を得て、1857年11月に連双2基の計4炉が竣工します。高さは約15.7m、低層部が炉体部で、高層部が煙突部です (写真2)。

耐火れんがの土 (静岡県賀茂郡河津町梨本) :

炉体内部や煙突は耐火れんがです。炉内の温度は鉄の溶解に必要な約1500℃となります。耐火れんがを見ると「○」の印が付いているものがあります (写真3)。これは、梨本の白土を用いた印といわれています。天城山中の梨本という地域の土は、陶土として陶器が作られた経緯がありました。これを知った英龍が検分し、材料に採用したといわれています。白土は、この他、韮山反射炉近くの日田山の土なども用いられました。使用されている耐火れんがの大半は、大きき220×220×91mm、重さ約7kgです。

<工部省赤羽工作分局へ>

韮山反射炉の廃止 :

大砲の原料の銑鉄は大阪などから届きますが、銑鉄の質は良くなく効率よく鑄造できなかったようです。また、利便性も良くなく、1864年頃より、東京都北区滝野川へ反射炉設置計画や、文京区関口へ鑄砲工場設置計画などが挙がりました。1864年11月には、韮山の反射炉の廃止が提案され、1866年4月、幕府直営から江川家の私営となりました。

錬鉄の製造へ ;

日本では、苦心のもと反射炉は造られましたが、海外では、18世紀後半には銑鉄から錬鉄を製造するパドル炉が発明され、19世紀半ばには鋼鉄を効率よく製造するベッセマーの転炉などが発明されます。反



写真1 反射炉跡バス停 (東海バス)

射炉の寿命が短かったのは、海外技術導入期の試行錯誤の時代であったためと思います。

明治に入り、大砲の製造は、陸軍省の砲兵工廠へと継がれます。また、殖産興業を目的に設置された工部省では、銑鉄を錬鉄にすることなどを構想に掲げ、1871 (M4) 年、東京都港区赤羽に工場を造り、赤羽製鉄寮 (後の赤羽製作寮、赤羽工作分局) を設けます。ただ、実態は構想通りには進まず、機械や鋳鉄柱や鉄橋などが製造されました。

耐火れんがの改良へ；

赤羽製作寮では、耐火れんがの必要性から、1873 (M6) 年、梨本に新たに「豆州加茂郡梨本村不熔白煉化石製造所」を築きます。梨本の山中では登窯の跡を見ることができます (写真4)。また、窯の裏山には耐火れんがで造られた小さな祠があります (写真5)。1875 (M8) 年にれんが職人の稲葉来蔵らにより建てられました。ここで製造された耐火れんがには、「赤羽製作寮」と刻印されています。工部省鉦山局に設けられた群馬県の中小坂製鉄所にも使用され、現在も、耐火れんがが保存されています。しかし、性能は良くなく、1878 (M11) 年に改良を図るため、この分野に明るい宇都宮三郎のいる同省深川工作分局の管轄となります。

<保存活動>

蕪山反射炉保存の変遷；

江川家私営となった蕪山の反射炉は、1872 (M5) 年に陸軍省の調査が行われ、1873 (M6) 年に引き渡されました。風雨にさらされる炉の保存の動きが生じ、1879 (M12) 年第三種官有地 (古蹟風光保存地) となりました。それでも放置荒廃が進み、取り壊しも検討されたようですが、英龍の苦心を思い、子孫らの働きにより、1908 (M41) 年 陸軍省の後援による保存修理工事が行われ、格子状の鉄帯が取り付けられました。1922 (T12) 年3月には史跡として指定されます。1922 (T12) 年9月の関東大震災では耐火れんがなどの若干のずれや、1930 (S5) 年の北伊豆地震では煙突最上部の崩落もありましたが、全体の崩壊に至らなかったのは、1908 (M41) 年の大規模な補修工事の効果と言われています。



写真2 現在の蕪山反射炉

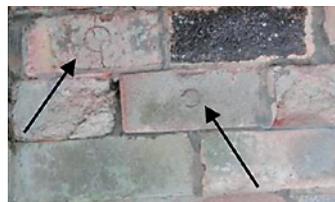


写真3 反射炉の耐火れんが○印



写真5 梨本の登窯の裏山の祠



写真4 梨本の耐火れんが製造登窯

戦後は、鉄鋼産業の貴重な遺産として再認識され、東大浜田稔 教授らによる設計施工監理のもと、1957 (S32) 年に鉄骨トラスによる補強工事が行われました。現在、反射炉のデザインとも見える鉄骨トラスはこの時に設けられたデザインです。

その後、長年の風雨による自然損耗、炉体れんがの風化脱落、鉄骨柱とれんがとの離反が顕著になり、更に、東海沖地震が予想され、1980-1988 (S53-63) 年にかけて、調査・設計・工事が行われ、原形保存と鋼材による補強、耐久性能向上、耐震性の向上が図られました。技術顧問に東大 岸谷孝一教授が、施工は竹中工務店が、調査、設計監理は建材試験センターが行いました。詳細は、末尾の参考資料で参照できます。特に参考資料 (2) では、維持管理方法についても記されています。なお、当時設計監理を担当した当センターの森幹芳 元理事によると、将来行われる保存修理に際し、技術者に宛てたメッセージが南B炉内に込められているそうです。

耐火れんが製造の地の現状；

工部省工作局の管轄で耐火れんがを製造した、「豆州加茂郡梨本村不熔白煉化石製造所」は、1880 (M13) 年の工場払下概則により1883 (M16) 年稲葉来蔵に交付されます。しかし、この地の白土は採取しつくされ、1889 (M22) 年にこの地での製造は終了します。

1979 (S54) 年には産業考古学会の調査により断面図などが記録され、保存要望されています。現在、残されている2つの登り窯のうち、片方の登り窯の天井は落下していますが、もう片方には、簡易の屋根が架けられ、一部アーチ状の天井も原形を留めています。

さまざまな技術の発達の過程を訪ねるのも楽しみです。

(文責：性能評価本部 主任 木村 麗)

参考資料

- (1) 浜田稔 山根昭, 蕪山反射炉保存工事について, 日本建築学会建築雑誌 73 (855), pp.15-17, 1958.02.20
- (2) 編集 蕪山町教育委員会 (財) 建材試験センター, 史跡 蕪山反射炉 保存修理事業報告書, 1989.3
- (3) 森幹芳, 岸谷孝一, 勝畑安雄, 史跡 蕪山反射炉保存修理事業について—その1—事業の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 1197, 1989.10
- (4) 長能正武, 岸谷孝一, 森幹芳, 原誠, 史跡 蕪山反射炉保存修理事業について—その2—耐震性の向上及びその確認調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 1198, 1989.10
- (5) 坪内信朗, 岸谷孝一, 森幹芳, 史跡 蕪山反射炉保存修理事業について—その3—耐久性向上のための調査と保存工事, 日本建築学会大会学術講演梗概集 1199, 1989.10

JIS A 4710 (建具の断熱性試験方法) の改正について

1. はじめに

JIS A 4710 (建具の断熱性試験方法) は、サッシ及びドアセットの熱貫流率を測定するための試験方法規格である。この規格は、熱箱法による測定方法を規定しており、1979年に“複層ガラス入り断熱サッシの断熱性試験方法”の名称で制定され、その後、1981年、1989年、1996年及び2004年の4回の改正を経て、今回の改正に至っている。1981年の改正では、現在とほぼ同じ“建具の断熱性能試験方法”に名称が改められ、2004年には、同様の測定方法であるISO 12567-1 (Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot - box method - Part 1 : Complete windows and doors) (以下、ISO規格という)との整合化を目的に、ISO規格を全面的に取り入れたJISに改正された。

今回の改正では、当センターにおいて、JIS原案作成委員会〔委員長：当センター中央試験所 黒木勝一所長(当時)〕を組織し、JIS原案を作成した。

ここでは、改正原案作成時の主な審議事項及び検討概要について紹介する。

2. 今回の改定の趣旨

今回の改定は、主に以下の2点を目的に行われた。

- (1) 2010年に改正された対応国際規格(ISO規格)との整合化
- (2) 不明確な規定内容(用語及び定義、風速測定の目的、温度測定の位置など)の明確化

3. 審議中に特に問題となった事項及び改正点

今回の改正審議において、特に問題となった事項及び審議結果は、次のとおりである。

3.1 試験装置の仕様

国内6機関で実施されたこの規格による建具の断熱性能のラウンドロビン試験¹⁾では、いずれの機関も表面熱伝達率の分布が生じており、また、その傾向は機関により異なることが指摘されている。これは、主に各機関の試験装置の仕様が異なることによるものと考えられ、試験体とパッフル板との位置関係など、試験装置の詳細を規定すべきとの意見があった。

しかし、熱箱法は、熱抵抗既知の校正板との比較試験ともいえるので、表面熱伝達率の分布による影響は相殺されるた

め、理論的には熱貫流率の測定結果に与える影響はさほど大きくならない。そのため、今回の改正では、試験装置の詳細は規定しないこととした。

ただし、表面熱伝達率に極端な分布がある場合、試験体の形状及び断熱性能によってはその影響が無視できなくなることも考えられる。そのため、試験体と校正板は同程度の寸法とするとともに、試験装置は表面熱伝達率の分布が生じにくい仕様とすることが望ましい。

3.2 試験体の最低寸法(本体5.6)

この規格では、試験体の伝熱開口面積を 0.8m^2 以上と規定しているが、我が国では、この面積を満たさない製品(以下、小開口建具という)も数多く製造されている。そのため、小開口建具の測定方法を追加するか議論された。

既往の検討²⁾では、小開口建具1体の場合とそれと同一製品を複数体並べ全体の面積を 0.8m^2 とした場合との比較試験が行われており、両者の測定結果が $\pm 3\%$ 以内の差で一致する結果が得られていたことから、この検討を参考とした測定方法を追加した。試験体の並べ方については、高さ方向における表面熱伝達率の分布の影響を考慮し、原則として横並びとした。

なお、小開口建具1体当たりの伝熱開口面積は規定していないが、各機関の試験装置の仕様や製品の形状から考えると、横並びで設置できる試験体は多くとも3~4体程度となる。そのため、試験体1体当たりの伝熱開口面積は、 0.2m^2 以上とする必要がある。

3.3 校正板の仕様(附属書A, 附属書C)

前述したように、熱箱法は、校正板との比較試験ともいえるので、本試験の不確かさには、校正板の熱抵抗測定の不確かさや校正板の製作精度が大きく影響する。

このうち、校正板の熱抵抗は、校正板と同一仕様の試験片によってJIS A 1412(熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法)の第1部(保護熱板法)又は第2部(熱流計法)によって決定されるが、1%以下の標準不確かさで校正や測定ができる機関もあるので、このような装置で測定すれば、校正板の熱抵抗測定に起因する不確かさは小さくできる。

一方、校正板の製作は難しく、また、試験片と実際の校正板との熱抵抗が同一である事が前提となるため、以前から製作の容易な校正板の提案が求められていた。特に、複合板の校正板は、心材の厚さがばらつくと面内での熱抵抗分布が生じやすい、面材と心材との接着が難しいという課題があった。そのため、厚さのばらつきや熱伝導率の経時変化が比較

的小さく、ガラス板などの面材との接着も可能な押出法ポリスチレンフォーム1種b(以下、XPSという)を心材とする校正板の例を追加した。

例示した校正板は、単板と複合板の2種類であり、JIS A 4702(ドアセット)及びJIS A 4706(サッシ)の断熱性の規格値を概ねカバーできる性能を持つ仕様となっている(表1)。

また、校正板の大きさは、1600×1600mmを標準としているが、環境温度を求める際に必要となる形態係数は、この大きさに対応する値が規定されていなかったため、対応する値に変更している。

3.4 熱箱法における熱貫流率測定の不確かさ評価(附属書E)

ISO規格では、熱箱法における熱貫流率測定の不確かさ評価が附属書に含まれており、それをそのまま翻訳するか検討された。しかし、ISO規格では、相対不確かさの概念で評価が行われており、また、合計表面熱伝達抵抗の校正の不確かさの評価方法が記載されていない。特に、低熱抵抗の校正板では、合計表面熱伝達抵抗の校正の不確かさが無視できないこともあり、国内の各機関で行われている不確かさの推定方法を参考に、標準化熱貫流率の評価方法を例示することとした。

4. その他の改正点

4.1 温度測定及びバップルの位置(本体5.4)

測定箇所数が不明確であったため、取付パネルの見込み面は最低でも各面の中心に1点とする旨を追加した。また、低温側のバップルと取付パネルの距離は、ISO規格に合わせ100mm以上とした。

4.2 標準の合計表面熱伝達抵抗(本体6.2.2.1)

ISO規格及び関連規格であるJIS A 2102-1(窓及びドアの熱性能—熱貫流率の計算—第1部：一般)との整合を目的に、合計表面熱伝達抵抗を $0.165\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ から $0.17\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

表1 附属書Cに追加した校正板の例とJIS A 4702及びJIS A 4706の断熱性能の規定値^{注1)}

種類	仕様又は等級	標準化(された)熱貫流率 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
校正板	単板	4.55
	複合板	1.92
サッシ及び ドアセット	H-1	4.65
	H-2	4.07
	H-3	3.49
	H-4	2.91
	H-5	2.33
	H-6	1.90

注1) JIS A 4702及びJIS A 4706は、いずれも2015年6月22日に改正され、より高い断熱性能をもつ製品の安定した供給を行うことを目的に、上位等級であるH-6等級が追加された。

Wに変更した。また、室内外の表面熱伝達抵抗の比率に関する規定がなかったため、校正時の外気側風速を1.5m/s以上と規定した。

なお、熱貫流率に関する用語及び定義が不明確であったため、実測値を「測定(された)熱貫流率」に、標準の合計表面熱伝達抵抗の差分を補正した熱貫流率を「標準化(された)熱貫流率」に変更した。

4.3 取付パネル及び端部からの熱量補正(本体6.2.4)

校正時と試験時の取付パネルが異なる場合でも取付パネルの熱抵抗を求めることができるよう、JIS A 1412によって測定した熱伝導率より求めても良いこととした。

4.4 試験体の取付方法及び伝熱開口寸法の取り方(附属書JA)

これまで、伝熱開口寸法の取り方は、く(躯体)体開口を原則としていたが、建具の外形寸法がく(躯体)体開口よりも小さくなる場合もある。そのため、次のa)～c)の3点を規定し、伝熱開口寸法はa)又はc)のうち小さい方の寸法とした。

- a) く(躯体)体の開口
- b) くぎ(釘)打ちフィン及びヒレは含まない。
- c) 建具の外形寸法

建具の納まりは、建物の工法によって異なるため、工法を木造と非木造に区分し、それぞれの工法における納まりを整理した(表2)。また、それぞれの納まりの取付寸法及び伝熱開口寸法の取り方を規定した。

表2 各工法における建具の納まり

工法	納まり
木造	内付け 半外付け 半外付けテラス 外付け
非木造	RC ALC 鉄骨半外付け 鉄骨外付け 同面
木造・非木造共通	ドアセット

5. おわりに

JIS原案作成委員会の主な審議事項及び検討概要について紹介した。この規格基準紹介が、JIS A 4710を使用する皆様の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 経済産業省委託 平成23年度国際標準化事業“窓の断熱性計算方法に関する標準化ラウンドロビンテスト結果報告書”
- 2) 一般社団法人日本サッシ協会委託“伝熱面積 0.8m^2 未満のサッシの断熱性試験方法についての検討”(一般財団法人建材試験センター発行報告書、発行番号第10R006号)

(文責：経営企画部 企画課 主幹 田坂 太一)

システム天井の種類とその耐震基準について

守屋 嘉晃

1. はじめに

一般的につり天井と呼ばれている天井下地材は、2つに大別される。1つは在来天井と呼ばれる下地材構成のつり天井、もう1つはシステム天井と呼ばれるユニット化されたつり天井である。

ここでは、システム天井の種類とその耐震基準について紹介する。

2. システム天井の種類

主にオフィス等に使用されるシステム天井にはいくつかのタイプがあり、使用される部材構成・工法も異なる。つり天井の分類を図1に、代表的なタイプの概要を以下に示す。

① **ラインタイプ**：ラインタイプの概要を図2に示す。

設備ゾーンをライン状に配置するためにスチールまたはアルミ製Tバーのラインを走らせ、天井パネルをHバーに差し込み、設備ゾーンをTバーのライン間に乗せて張り上げる工法である。Tバーは平行に並べた野縁受けを介してつる間接つりタイプが採用されている。この工法の特長は、天井面に設置する設備機能を集中させて、施工の合理化、簡略化を図っている。

② **クロスタイプ (大判)**：クロスタイプ (大判) の概要図を図3に示す。

スチールまたはアルミ製のTバーを所定のモジュールに組み、天井パネルを落とし込む工法である。モジュールは、天井パネルの大きさに合わせて格子状にTバーを配置し、ラインタイプと同様にTバーを、野縁受けを介してつる間接つりタイプが採用される場合が多い。この工法の特長は、大きな天井パネルを落とし込むことによる施工性の良さにある。

③ **グリッドタイプ**：グリッドタイプの概要図を図4に示す。

天井パネルおよび照明器具などを、スチール又はアルミ製のTバーで組まれた格子内に落とし込む工法である。そのため施工性が良く、工期の短縮が図れ、かつ、設備機器の増設、移設及び撤去も容易にできる。天井面のつり方は、Tバーに直接Tハンガを取り付けてつる直つりタイプで、天井パネル下面がフラットなものや天井パネルの四周に段差を設けたテグラー加工されたものを下地に落とし込むのが一般的となっている。

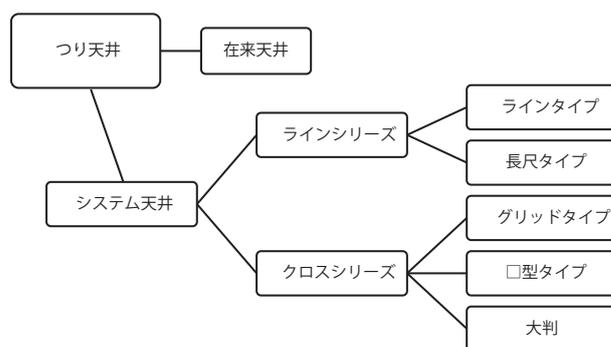


図1 つり天井の分類

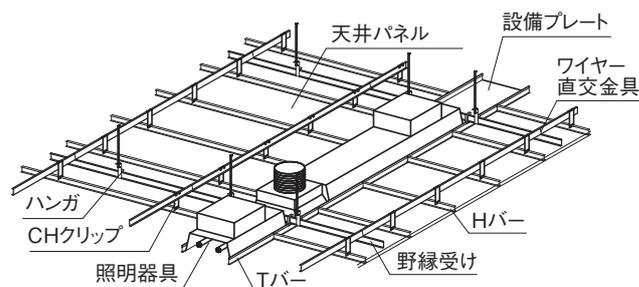


図2 ラインタイプの概要

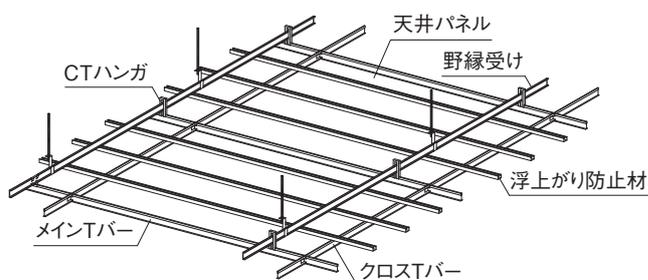


図3 クロスタイプ (大判) の概要

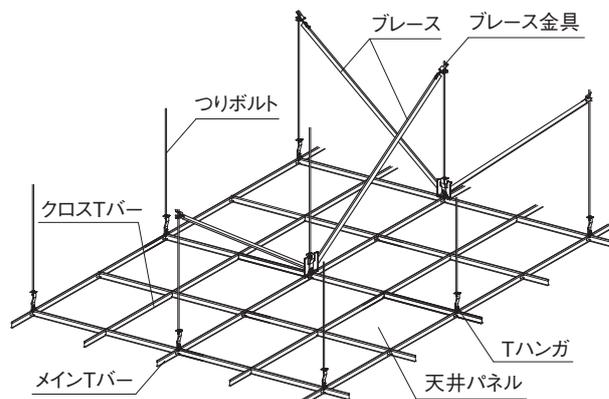


図4 グリッドタイプの概要

3. システム天井の耐震基準と特徴

システム天井の耐震性能については、ロックウール工業会が、1980年代よりシステム天井の耐震基準を定め、資料を配布している。配布当初は、ラインタイプにおける耐震仕様となっていたが、2015年に制定された「システム天井 新耐震基準」¹⁾では適用範囲をグリッドタイプに絞り、耐震安全性の目標やブレース材の選定方法、設置基準、配置例を明示している他、ラインタイプについては耐震に対する考え方が示されている。一方、クロスタイプ(大判)の耐震性の検討については各メーカーの仕様にゆだねられているのが現状である。

ライン・クロスタイプおよびグリッドタイプ下地構成例を図5および図6に示す。

システム天井の耐震性能は、応力伝達の特徴の違いから、ライン・クロスタイプなどで多く採用されている間接つりタイプとグリッドタイプで採用される直つりタイプの2種類に分類される。

図5に示すように、間接つりタイプは、ブレースが緊結される下地材層と地震による慣性力が作用する仕上げ材層までの応力伝達過程に複数の接続箇所が存在するため、水平力に対する抵抗機構が複雑となる。また、これらのタイプは下地材の構成上、強・弱軸が発生し易い構造であり、既往の研究²⁾の実験結果では、加力方向の違いによる剛性、耐力の違いが報告されている。一方、図6に示す直つりタイプは、慣性力が作用する仕上げ材層からブレースまでの応力伝達過程が非常にシンプルである。システム天井は、在来天井に比べて天井面構成部材等の単位面積質量が軽いという特徴から、必要となる耐力が小さくて済み、耐震性を検討しやすいという利点がある。近年、グリッドタイプのシステム天井は、必要耐力に対して十分な面内剛性を有するとの報告³⁾がなされるなど、研究、開発が進められている。

4. まとめ

2015年4月号で、「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」⁴⁾に示されている試験法、評価法に基づいて行った在来天井およびシステム天井によるつり天井の水平加力試験の結果を掲載した⁵⁾。その中で、システム天井試験体は、在来工法試験体と比べて天井面の面内剛性が低くなる結果であったが、システム天井試験体の仕様は、いずれも間接つりタイプのクロスタイプである。上述のとおり、システム天井の種類は多岐にわたり、実験結果はその中の一部の仕様によるものにすぎない。

計算ルート⁴⁾では、天井面が十分な面内剛性を有していることが前提条件となっており、システム天井は対象外とされているが、近年、システム天井の面内剛性を確保する取り組み

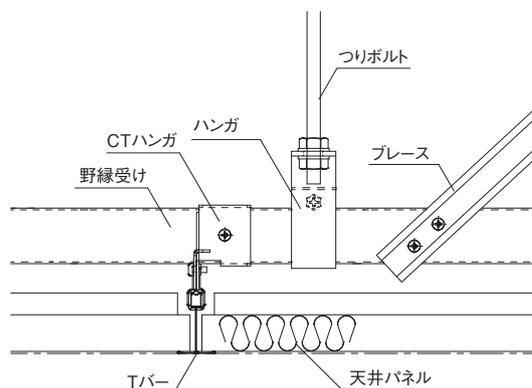


図5 間接つりタイプの下地構成例

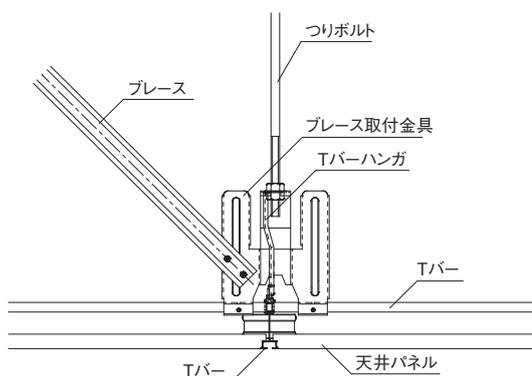


図6 直つりタイプの下地構成例

が進められている。今後の更なる研究開発に期待したい。

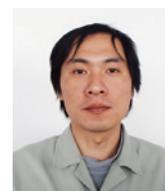
【謝辞】本報告の作成にあたり、ロックウール工業会にご協力をいただきました。関係者各位に深く感謝いたします。

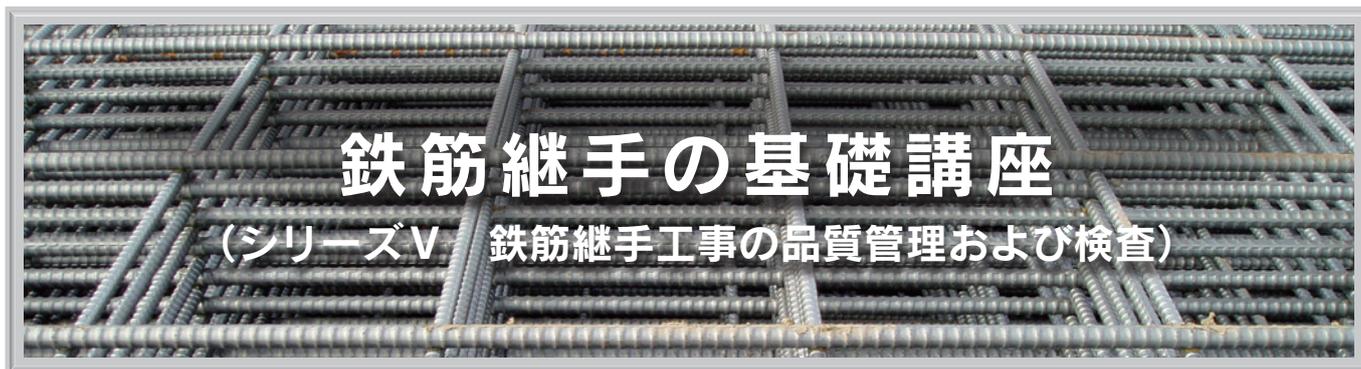
【参考文献】

- 1) ロックウール工業会：システム天井新耐震基準(2015年版)、2015.3
- 2) 細岡正樹、他：天井の耐震性に関する研究(その9)クロス天井の水平加力試験、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造I、pp.217-218、2009.8
- 3) 荻原健二、他：グリッド天井の水平面内剛性確認試験 その1試験概要と結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造I、pp.871-872、2015.9
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所、建築研究所、新・建築士制度普及協会：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説(平成25年10月版)、2013.10
- 5) 守屋嘉晃：「天井脱落対策に係る技術基準における試験法および評価法」に基づく特定天井の耐震性能の検証、建材試験情報、pp.4-7、2015.4

* 執筆者

守屋 嘉晃(もりや・よしあき)
中央試験所 構造グループ 主幹
従事する業務：
構造部材、非構造部材の構造試験





鉄筋継手の基礎講座

(シリーズV 鉄筋継手工事の品質管理および検査)

「鉄筋継手の基礎講座」の最終回となる今回は、鉄筋継手工事における品質管理と検査について紹介します。

土木・建設工事では、工程毎に使用する材料の品質や工程・工事の品質を確保・保証するため、組織的な品質管理活動が行われています。また、各工程・工事の施工結果（出来栄）について、関連する法令や仕様書等を満足するか否か、関係者（施主、監理者、自治体、確認検査機関など）の検査を受けます。

鉄筋継手に関する品質管理とは、鉄筋コンクリート工事において必要不可欠である鉄筋の継手（鉄筋継手工事）について、法令や発注者（工事施工者）が要求する性能を踏まえて、いかに合理的かつ経済的に鉄筋継手工事（鉄筋継手部の加工・施工）を行うかを管理する行為のことです。

一方、鉄筋継手の検査とは、鉄筋継手部の品質が、法令や発注者等の要求性能を満足するか否かを検査会社が実施した検査結果（検査報告書）等に基づいて、判断（合否判定）する行為のことです。

従って、鉄筋継手に関する品質管理および検査は、鉄筋コンクリート構造物の構造安全性や耐久性等を確保するために極めて重要な事項となります。

鉄筋継手に関する品質管理および検査の方法は、各種仕様書や要領書などによって異なります。ここでは、公益社団法人日本鉄筋継手協会（以下、「継手協会」と称す。）の仕様書である、鉄筋継手工事標準仕様書・ガス圧接継手工事（2009年）¹⁾、同・溶接継手工事（2009年）²⁾、同・機械式継手工事（2009年）³⁾（以下、「標準仕様書」と称す。）に定める品質管理体系（図1参照）に基づく品質管理および検査について紹介します。

1. 鉄筋継手工事における品質管理

従来、鉄筋継手工事における品質管理は、継手工法毎に

それぞれ異なった施工要領書に基づいて実施されてきました。しかし、2000年に建築基準法施行令が改正され、それに伴う建設省告示第1463号「鉄筋の継手の構造方法を定める件」により、重ね継手以外の鉄筋継手として、ガス圧接継手、溶接継手、機械式継手の構造方法が規定され、それぞれの継手が同列に取り扱われるようになりました。

鉄筋継手の品質を確保するためには、すべての継手工法に対して、同一のレベルで品質管理を行うことが重要です。

図1に鉄筋継手工事における一般的な品質管理体系を示します。

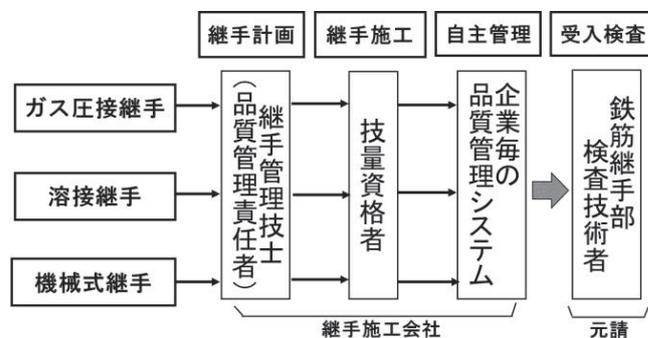


図1 鉄筋継手工事の品質管理体系⁴⁾

2. 継手の施工計画

鉄筋継手工事に限らず、建設工事において各工程・工事を仕様書どおりに行うためには、適切な施工計画の立案と、その施工計画に基づいた合理的かつ経済的な施工管理が重要となります。鉄筋の継手工事においては、通常、元請施工者が施工計画書を立案し、継手の施工会社が施工要領書を、鉄筋継手部の検査会社が検査要領書を作成します。

施工計画書および施工要領書の作成に際しては、設計図書および特記事項などの設計・監理者の要求事項および承認を必要とする事項を確認します。

継手協会では、施工計画書および施工要領書の作成と指導ができる「継手管理技士」の制度を確立し、「鉄筋継手管理技士」、「圧接継手管理技士」、「溶接継手管理技士」および「機械式継手管理技士」の4つの技士の認証をしています。これらの「継手管理技士」の有資格者が、実質的な鉄筋継手工事の品質管理責任者として重要な役割を担っています。

3. 継手の施工

継手の施工は、継手の工法毎に認証された「技量資格者」が行うことを標準仕様書などで要求されています。ガス圧接技量者および鉄筋溶接技量者は継手協会が認証を行っており、機械式継手作業者は主に機械式継手製造会社が講習修了証を発行しています。

技量資格者は、建設工事現場毎に定められた施工要領書に従って、適切に継手施工を行うことが重要です。

4. 自主管理

自主管理とは、品質管理の一環として、継手の施工会社が、施工した鉄筋継手の品質を確認・保証するために自主的に行う製品検査のことです。製品検査の詳細（検査項目、方法、頻度等）は、鉄筋継手の種類、品質、発注者から要求性能等によって異なります。

なお、継手協会の優良圧接会社および優良鉄筋溶接会社は、外観検査は全数、超音波探傷検査は自主管理パトロールによって自主的に管理・実施することを要求しています。

5. 受入検査

受入検査とは、建設工事現場に納入される鉄筋（所定の工法で継手された鉄筋）について、鉄筋の種類・径、寸法、継手工法、品質、数量等が発注どおりであるかを確認し、その鉄筋が受け入れ可能か否かを判断するために行う検査のことです。図2に受入検査体制の一例に示します。

受入検査は、原則として元請施工者が行いますが、鉄筋

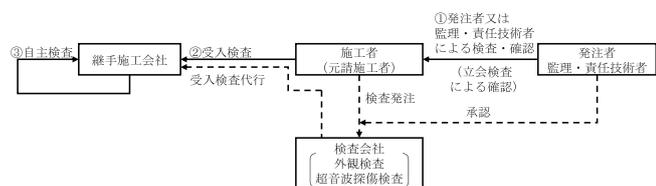


図2 鉄筋継手工事の検査体制の一例⁵⁾

継手部の品質については、元請施工者の代理人として、検査会社の検査技術者が行います。この検査技術者は、「鉄筋継手部検査技術者」として継手協会が認証しており、継手工法により資格種別が区分されています。

なお、受入検査では、検査の信頼性を担保するため、検査会社および検査技術者は、適切な技術力を有するとともに継手の施工会社と利害関係のない、中立で公正な立場であることが必要です。そのため、継手協会では、検査会社の第三者性、検査体制および検査業務の品質管理体制を審査して、「優良鉄筋継手部検査会社」、「登録鉄筋継手部検査会社」として認定しています。

継手協会の標準仕様書に基づく、鉄筋継手の受入検査方法の概要を継手工法別に以下に紹介します。

(1) ガス圧接継手

ガス圧接継手の検査は、外観検査と超音波探傷検査によるものと規定しています。外観検査は全数検査、超音波探傷検査は抜取検査です。

外観検査の項目は、圧接部のふくらみの直径および長さ、圧接面のずれ、圧接部における鉄筋中心軸の偏心量、圧接部の折れ曲がり、片ふくらみ、過熱による垂れ下がり、へこみ、焼き割れ等を確認します。

超音波探傷検査は、圧接部内の内部欠陥の検出を目的として、図3のとおりJIS Z 3062（鉄筋コンクリート用棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法及び判定基準）に基づいて行います。超音波探傷検査における抜取検査は、検査ロットを同一作業班が同一日に施工した圧接箇所200箇所程度を標準とし、検査ロットごとに30箇所をランダムに抽出します。

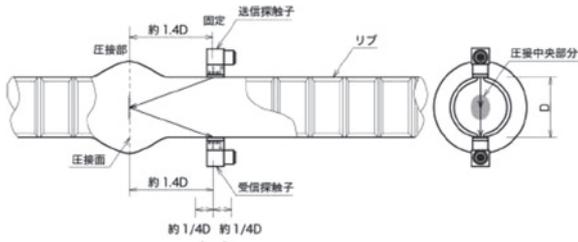
なお、行政庁や設計事務所の設計図書には、超音波探傷検査ではなく、引張試験による検査が記されている場合があります。その場合は、JIS Z 3120（鉄筋コンクリート用棒鋼ガス圧接継手の試験方法及び判定基準）により試験を行うことが一般的です。

(2) 溶接継手

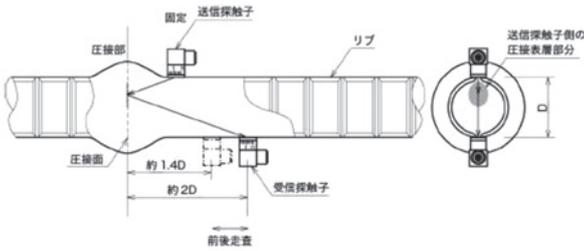
溶接継手の検査は、外観検査と超音波探傷検査により行い、引張試験による検査を併用する場合は特記によるとしています。外観検査は全数検査、超音波探傷検査は抜取検査です。

外観検査の項目は、溶接部の割れ、溶込み不良、溶落ち、ピット、ビードの不整、クレーターのへこみ、余盛高さ、アンダーカット、偏心量、折れ曲がり等を確認します。

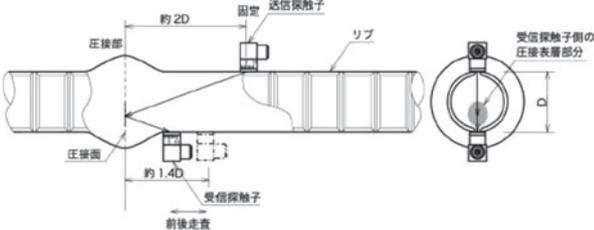
超音波探傷検査は、溶接部内の内部欠陥の検出を目的として、図4のとおり日本鉄筋継手協会規格JRJS 0005（鉄筋コ



(1) 圧接中央部分の探傷における探触子の走査方法

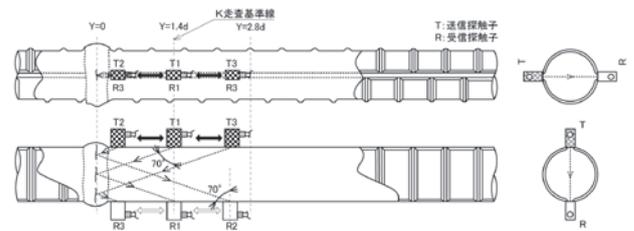


(2) 送信探触子側の圧接表層部分の探傷における探触子の走査方法

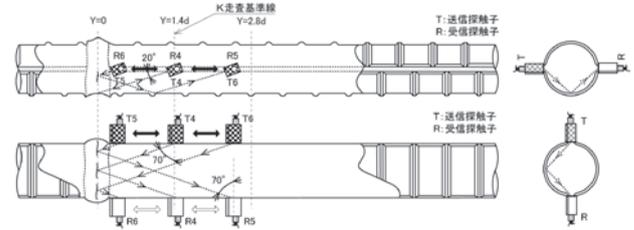


(3) 受信探触子側の圧接表層部分の探傷における探触子の走査方法

図3 ガス圧接継手部の超音波探傷試験方法⁶⁾



① 右側1/2溶接部の探傷



② 左側1/2溶接部の探傷

図4 溶接継手部の超音波探傷試験方法⁷⁾

コンクリート用棒鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び判定基準(案)に規定されている直角K走査法および斜めK走査法(又は斜めタンデム走査法)により行います。超音波探傷検査における抜取検査は、ガス圧接継手と同様、検査ロットを同一作業班が同一日に施工した施工箇所200箇所程度を標準とし、検査ロットごとに30箇所をランダムに抽出します。

なお、現場施工の溶接継手の品質に不安定さが懸念される場合は、プロセス管理等の妥当性を検証することを目的として引張試験による検査を実施することがあります。溶接継手の引張試験は、JIS Z 2241(金属材料引張試験方法)によって行われます。

(3) 機械式継手

機械式継手は、ねじ節鉄筋継手、モルタル充填継手、端部ねじ加工継手、鋼管圧着継手等の工法があり、それぞれ検査方法や確認する内容が若干異なります。ここでは、機械式継手工法の中で大部分のシェアを占めているねじ節鉄筋継手の検査について紹介します。

継手協会の標準仕様書では、ねじ節鉄筋継手の検査は、外観検査と超音波測定検査により行うことと規定していま

す。外観検査は全数検査、超音波測定検査は抜取検査です。

外観検査の項目は、カプラーの外観、挿入マーク(マーキング)の有無、挿入長さ(マーキングの位置)、グラウト材の充填状況、養生ナットがある場合は合わせマークです。

超音波測定検査は、内部欠陥の検出を目的としたガス圧接継手や溶接継手の超音波探傷検査と異なり、鉄筋がカプラー内に適正に挿入されているか確認するとともにプロセス管理や外観検査が適正に行われていたかどうか確認することを目的としています。超音波測定検査の試験方法は、図5のとおり日本鉄筋継手協会規格JRJS 0003(機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定試験方法及び判定基準)に規定されている「表面SH波法」または「SVコーナエコー法」により行います。超音波測定検査における抜取検査は、検査ロットを同一作業班が同一日に施工した施工箇所200箇所程度を標準とし、検査ロットごとに10箇所をランダムに抽出します。

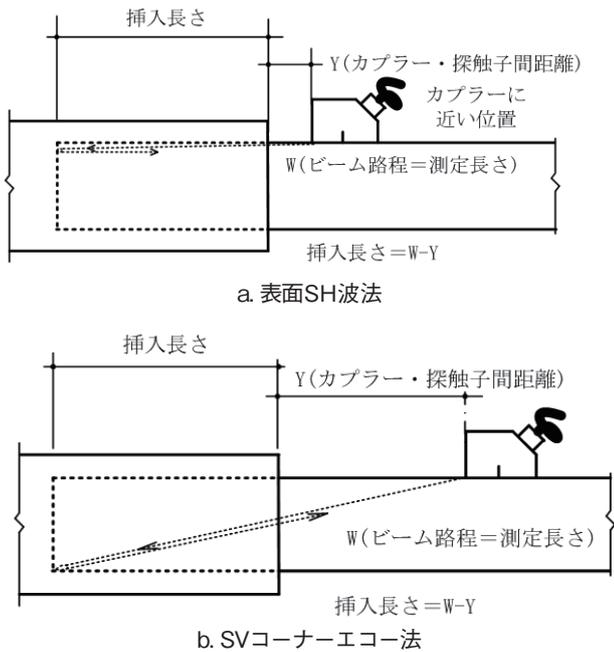


図5 機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定試験方法⁸⁾

6. おわりに

建材試験センター 工事材料試験所の4試験室（武蔵府中試験室、浦和試験室、横浜試験室、船橋試験室）、西日本試験所および福岡試験室では、鉄筋ガス圧接継手、溶接継手、機械式継手の技量確認およびそれらの工法で継手した鉄筋の引張試験および曲げ試験を実施しています。

また、工事材料試験所の3試験室（浦和試験室、武蔵府中試験室、船橋試験室）と福岡試験室では、JIS G 3112（鉄筋コンクリート用棒鋼）に規定されている異形棒鋼 呼び名D51など太径鉄筋の引張試験が可能な2000kN万能試験機を設置しています。

詳しくは、当センターのホームページをご覧ください。

【謝辞】

本シリーズの執筆にあたり、公益社団法人日本鉄筋継手協会にご協力をいただきました。ここに心より感謝申し上げます。

【引用または参考とした文献】

- 1) (社)日本鉄筋継手協会：鉄筋継手工事標準仕様書 ガス圧接継手工事，2009年
 - 2) (社)日本鉄筋継手協会：鉄筋継手工事標準仕様書 溶接継手工事，2009年
 - 3) (社)日本鉄筋継手協会：鉄筋継手工事標準仕様書 機械式継手工事，2009年
 - 4) (社)日本鉄筋継手協会：鉄筋継手工事標準仕様書改訂講習会 講習資料 2009年
 - 5) (社)日本鉄筋継手協会：継手管理技士テキスト 共通編，p.28，2010年
 - 6) 日本工業規格 JIS Z 3062：2014（鉄筋コンクリート用異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法及び判定基準）
 - 7) 日本鉄筋継手協会規格 JRJS 0005：2008（鉄筋コンクリート用異形棒鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び判定基準（案））
 - 8) 日本鉄筋継手協会規格 JRJS 0003：2015（機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定試験方法及び判定基準）
- ・(社)日本鉄筋継手協会：鉄筋継手マニュアル，2005年

（文責：品質保証室 室長 小林義憲）



用語の解説

※用語の定義については、JRJS 0003：2015による

表面SH波法：SH波探触子を用いて、鉄筋端部の上側の角度から反射される端面エコーを検出して挿入長さを計算する測定方法。

SVコーナーエコー法：表面SV波探触子を用いて、鉄筋のSVコーナーエコーを検出して挿入長さを計測する測定方法。

【SV波とSH波の相違点】（SV：Shear wave Verticalの略，SHはShear wave Horizontalの略）

- ① SV波もSH波もともに横波（Shear wave）で鋼中音速が約3240m/秒である点は共通。
- ② SV波探触子は世界中で最も多量に生産されており、JIS Z 3060の建築鉄骨溶接部の超音波探傷に用いられる。
- ③ SH波探触子は、かなり特殊な用途に用いられる。SV波探触子が縦波を発生させ、鋼材との境界面でスネルの法則により横波にモード変換される現象を利用するのに対し、SH波探触子は最初から横波振動で横波を発生させそのまま鋼中に入射させる点が大きな違い。このためSH波探触子を使用する場合は極めて粘度の高い（水あめ程度の）接触媒質を必要とし、探触子を自由に走査させることは困難であるため、通常は静止状態で使用する。

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（1件）について平成27年9月1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
TC0315003	2015/9/1	二瀬窯業(株) 関東工場及び技術部技術課	A 6916	建築用下地調整塗材

ISO 9001 登録事業者

ISO 審査本部では、下記企業（2件）の品質マネジメントシステムをISO9001（JIS Q 9001）に基づく審査の結果、適合と認め平成27年9月4日付で登録しました。これで、累計登録件数は2268件になりました。

登録事業者（平成27年9月4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
RQ2267	2015/9/4	ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008)	2018/9/3	住友林業(株) 住宅事業本部 木化営業部	東京都千代田区大手町一丁目3番2号	建築物の設計・工事監理及び 施工
RQ2268	1998/10/2*	ISO 9001:2008 (JIS Q 9001:2008)	2017/9/24	大和小田急建設(株)	東京都新宿区西新宿4丁目32番22号 <関連事業所> 土木事業部、技術本部(土木推進部、購買部、CS・品質推進部、安全環境部 環境グループ、技術部)、品質環境委員会、横浜支店(総務課、営業課[土木チーム]、工事課[土木チーム])、名古屋支店、名古屋支店 静岡営業所、大阪支店(総務課、営業課[土木チーム]、工事課[土木チーム])、東北支店(総務課、営業課[土木チーム]、土木工事課)、東北支店 岩手営業所[土木チーム]、東北支店 福島営業所[土木チーム]	・建築物の設計・開発、施工及び付帯サービス(点検、改修、修繕等) ・土木構造物の設計・開発、施工及び付帯サービス(施工における影響調査)

*他機関からの登録移転のため、登録日・有効期限が他と異なります。

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27年9月19日付で登録しました。これで、累計登録件数は706件になりました。

登録事業者（平成27年9月19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
RE0706	2003/10/31**	ISO 14001:2004 (JIS Q 14001:2004)	2018.9.27	大和小田急建設(株)	東京都新宿区西新宿4丁目32番22号 <関連事業所> 建築事業部、開発事業部、土木事業部、鉄道事業本部、技術本部、経営管理本部、品質環境委員会、横浜支店、名古屋支店、名古屋支店 静岡営業所、大阪支店、東北支店、東北支店 岩手営業所、東北支店 福島営業所	・建築物の設計・開発、施工及び付帯サービス(点検、改修、修繕等) ・土木構造物の設計・開発、施工及び付帯サービス(施工における影響調査) ・不動産売買・賃貸借及び付帯サービス(顧客資産に関するコンサル、物件管理支援)

*他機関からの登録移転のため、登録日・有効期限が他と異なります。

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27年7月～9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27年7月～9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）	108
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）	45
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）	4

あ と が き

3年前から住み始めた今の住まいは、日当たり良好でバルコニーもそれなりに広い。

もともと料理をするのも好きな方で、3年前のゴールデンウィークにベランダ栽培による家庭菜園を始めてみた。まずは大きな鉢と野菜用と表示してあった袋詰め土を購入し、ピーマン、なす、ゴーヤ、大葉など定番の苗をたくさん買ってきて植えてみたところ、梅雨時期から7月初旬にかけてはすくすく育ち収穫も楽しみであった。

しかし、しょせん素人。猛暑の影響もあってか、7月に入ってから急に枯れ出し、収穫できたのは数個のピーマンのみ。

次の年は、インターネットなどで肥料の与え方、土の選び方などを学んで、肥料も少し高いものを買ってきて再チャレンジ。しかし、牛糞入りの肥料だったので匂いが臭く、虫も大量発生。わずかに2年で嫌になり、3年目はもうやらないという思いがあったので、鉢なども片付けずにほったらかしにしていたのだが、今年の6月頃だったか、気づいたら大葉が自然と育ち始めていて、再びやる気モードとなり急遽、再開。

昨年までとは違ったミニ青梗菜や小松菜の種を巻き、獅子唐の苗を植えたところ、大量収穫。収穫した野菜を素揚げや、天ぷらなどにしたら、お酒のつまみとしても最高でビールが一際おいしく感じた。

お酒を飲むのは好きなものの、特に晩酌するタイプではなかったのだが、家飲みをする日が増えてしまい野菜の生長とともに自分の体重までも成長してしまった今夏であった。

(伊藤)

編集たより

今月号では、首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 建築学域の橋高義典 教授に「劣化度評価ダイアグラムによるコンクリート構造物の耐久性評価」と題してご寄稿いただきました。

本稿では、橋高先生が提案されている「劣化度評価ダイアグラム (PDFt曲線)」について詳しく解説いただいたほか、この評価方法による具体的な検討例として、中性化による鉄筋腐食の劣化度評価についてもご紹介いただいております。

また、今月号では、基礎講座「鉄筋継手の基礎講座」が最終回を迎えました。全5回にわたって、鉄筋継手の特性や管理方法などについて、専門外の読者にも関心を持っていただけるよう、できる限りわかりやすい表現や内容となるよう執筆・編集してまいりました。今後も、多くの方々にお読みいただけるよう、本誌の企画・編集に取り組んでまいりたいと思います。

(鶴岡)

建材試験情報

11
2015 VOL.51

建材試験情報 11月号
平成27年11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 経営企画部 企画課
TEL 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

砺波 匡 (建材試験センター・理事)

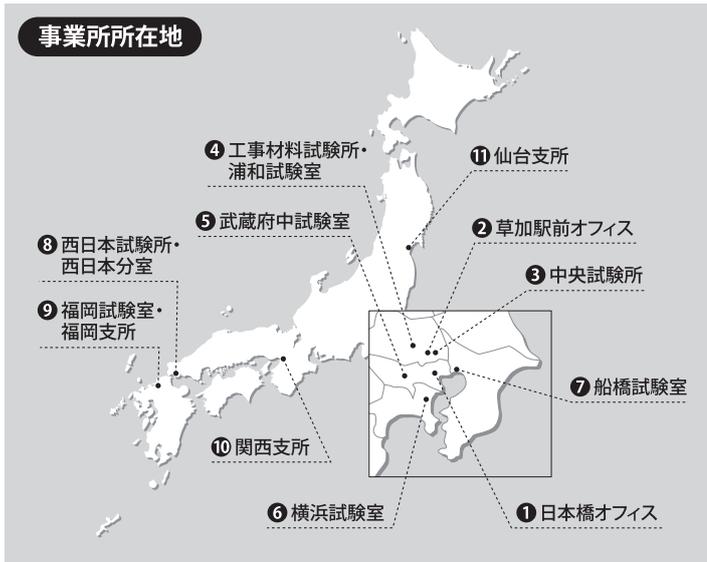
委員

石井俊靖 (同・総務課主任)
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)
穴倉大樹 (同・防耐火グループ)
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)
南 知宏 (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・西日本試験所主幹)

事務局

鈴木澄江 (同・経営企画部副部長)
田坂太一 (同・企画課主幹)
佐竹 円 (同・企画課主任)
鶴岡美穂 (同・企画課)

制作協力 株式会社工文社



1 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5階

ISO審査本部

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

TEL:03-3808-1124 FAX:03-3808-1128

最寄り駅から

- ・東京メトロ日比谷線・都営地下鉄浅草線人形町駅 (A4出口)より徒歩3分
- ・都営地下鉄新宿線馬喰横山駅 (A3出口)より徒歩5分
- ・JR総武本線快速馬喰町駅 (1番出口)より徒歩7分
- ・JR各線・新幹線東京駅 (八重洲中央口)からタクシーで約15分

2 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
性能評価本部 (6階)

TEL:048-920-3816 FAX:048-920-3823

総務部 (3階)

TEL:048-920-3811 (代) FAX:048-920-3820

経営企画部 (6階)

企画課

TEL:048-920-3813 FAX:048-920-3821

調査研究課

TEL:048-920-3814 FAX:048-920-3821

顧客サービス室

TEL:048-920-3815 FAX:048-920-3821

検定業務室

TEL:048-920-3819 FAX:048-920-3825

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口)より徒歩1分

3 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

耐火火グループ

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:048-931-7208 FAX:048-935-1720

右段へつづく

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口)または松原団地駅 (東口)からタクシーで約10分

高速道路から

- ・常磐自動車道・首都高速三郷IC (西口)から約10分
- ・東京外環自動車道草加ICから国道298号線を三郷方面に向かい約15分

4 工事材料試験所・浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

管理課 / 品質管理室

TEL:048-858-2841 FAX:048-858-2834

浦和試験室

TEL:048-858-2790 FAX:048-858-2838

住宅基礎課

TEL:048-858-2791 FAX:048-858-2836

最寄り駅から

- ・JR埼京線南与野駅 (西口)より徒歩15分

5 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

最寄り駅から

- ・京王線中河原駅よりバスで約15分
四谷六丁目循環バス四谷六丁目下車し徒歩2分
- ・都営泉2丁目行バス四谷泉下車し徒歩1分

高速道路から

- ・中央自動車道国立府中ICから約5分

6 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

最寄り駅から

- ・横浜市営地下鉄新羽駅 (出口1または出口2)より徒歩15分
- ・東急東横線綱島駅よりバスで約15分
新横浜駅行, 新羽根駅行, 新羽営業所行バス貝塚中町下車し徒歩2分

7 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

最寄り駅から

- ・JR武蔵野線船橋法典駅よりバスで約10分
桐畑・市川営業所行, 桐畑・中沢経由ファイターズタウン鎌ヶ谷行バス藤原5丁目下車し徒歩3分

8 西日本試験所・西日本分室

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川

TEL:0836-72-1223 (代) FAX:0836-72-1960

最寄り駅から

- ・JR山陽本線・山陽新幹線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路から

- ・山陽自動車道植生ICから国道2号線を小郡・広島方面に向かい約5分
- ・山陽自動車道山口南ICから国道2号線を下関方面に向かい約40分
- ・中国自動車道美祿ICから県道65号線を国道2号線 (山陽方面)に向かい約15分

9 福岡試験室・福岡支所

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6

福岡試験室

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

福岡支所

TEL:092-292-9830 FAX:092-292-9831

最寄り駅から

- ・福岡市営地下鉄福岡空港駅より徒歩10分
- ・JR各線・新幹線博多駅よりバスで約20分
西鉄バス (30, 32, 33番路線) 別府で下車し徒歩1分

高速道路から

- ・九州自動車道福岡ICから都市高速または国道201号線を福岡方面に向かい約20分
- ・九州自動車道太宰府ICから国道3号線を福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約20分
- ・福岡都市高速空港ランプを福岡空港国内線ターミナル方向に向かい約5分
- ・福岡都市高速榎田ランプを福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約10分

10 関西支所

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原2-14-14

新大阪グランドビル10階

TEL:06-6350-6655 FAX:06-6350-6656

最寄り駅から

- ・市営地下鉄御堂筋線東三国駅 (4番出口)より徒歩2分
- ・JR東海道新幹線・山陽新幹線新大阪駅 (新幹線中央改札出口)より徒歩8分

11 仙台支所

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町3-5-22

宮城県管工事会館7階

TEL:022-281-9523 FAX:022-281-9524

最寄り駅から

- ・仙台市営地下鉄勾当台公園駅 (北2出口)より徒歩5分
- ・JR各線・新幹線仙台駅 (西口)より徒歩20分

