

建材試験 情報 2024.1・2

J T C C M J O U R N A L

VOL.
60

寄稿

コンクリート系構造物にダンパーを取り付けるための
突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法に関する検討／毎田悠承

建材試験図鑑

工事用材料試験編

その2 硬化コンクリートの圧縮強度試験

技術紹介

中間柱用親綱支柱の落下阻止性能試験

JIS A 1532 (建具の面内変形性試験方法) の制定

建具の面内変形性試験装置

【最終回】連載

建材への道のり／田村雅紀



寄稿 ● **02** **コンクリート系構造物にダンパーを取り付けるための突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法に関する検討**

東京大学 地震研究所 准教授 **毎田悠承**

● **08** **建材試験図鑑**

工所用材料試験編 その2 硬化コンクリートの圧縮強度試験
大樹七海×建介

技術紹介 ● **14**

試験報告

中間柱用親綱支柱の落下阻止性能試験

総合試験ユニット 西日本試験所 試験課 主幹 **早崎洋一**

● **16** **規格基準紹介**

JIS A 1532(建具の面内変形性試験方法)の制定

総合試験ユニット 企画管理課 参与 **和田暢治**

● **18** **試験設備紹介**

建具の面内変形性試験装置

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主査 **宮下雄磨**

連載 ● **20**

骨材の系譜

vol.3 海砂

工学院大学 名誉教授 **阿部道彦**

● **27** **部門紹介** — 総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ —

● **28** **建材への道のり**

Vol.17 最終回：漆喰編、そして建材への道のりは続く

工学院大学 教授 **田村雅紀**

● **32** **基礎講座**

音と室内環境について

Vol.5 吸音性能

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主査 **森濱直之**

● **34** **特別企画**

「巻頭言」を振り返って

● **36** **年間総目次**

● **38** **資格取得者紹介**

高所作業車運転技能講習を受講して

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ **直井聡人**

● **39** **NEWS**

● **40** **VISITOR**

コンクリート系構造物にダンパーを取り付けるための突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法に関する検討



東京大学 地震研究所 准教授

毎田悠承

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 構造物や、プレストレストコンクリート構造物などのコンクリート系構造物に制振ダンパー (以下、ダンパー) を組み込むことで耐震性を向上でき、近年ではダンパーが組み込まれたコンクリート系構造物も多く建設されている。東北地方太平洋沖地震が発生した2011年以降 (～2015年) に建設された超高層RC造建築物のデータを耐震・制振・免震構造に分類して整理したところ、半数以上が制振構造として建設されている¹⁾。筆者もコンクリート系構造物へのダンパーの適用に関する研究を複数行ってきた^{2)～12)}など。コンクリート系構造物にダンパーを組み込んだ場合、ダンパーが持つ本来の性能を発揮させるためには、コンクリート系部材とダンパーとの接合部には、そこに作用する複合応力に対して十分な剛性と耐力を確保する必要がある。コンクリート系部材にダンパーを接合するために鉄骨製のガセットプレート (以下、G. PL) が用いられ、鋼コンクリート間のずれ止めとして頭付きスタッドや、孔あき鋼板ジベルなどが用いられている。日本建築学会からは、2011年に「鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構」¹³⁾が、2022年には「鋼・コンクリート機械的ずれ止め構造設計指針」¹⁴⁾が新刊として発刊されている。また、2023年には「各種合成構造設計指針・同解説」¹⁵⁾が改定されている。これらの指針類では頭付きスタッドや、孔あき鋼板ジベルを用いた鋼コンクリート合成構造接合部の構造設計指針が示されている。

筆者らはより合理的にコンクリート系構造物にダンパーを適用できる方法として、文献2)～5)ではRCコッターとアンカーPC鋼棒による接合法を、文献7)～8)では突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を、文献11)～12)ではダンパー力対処用異形鉄筋をRC柱梁骨組に通す接合法を提案して、実験と解析によりその有効性と接合部設計法を検討した。本稿では、上述のうちの、突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法^{7)～8)}について検討した研究の概要を紹介する。

2. 提案した接合法の概要と研究目的

文献7)～8)で提案した突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法は突起付き鋳鉄製プレートとコンクリート系部材をPC鋼棒により圧着接合することにより、その接合面に作用するせん断力が、圧着力に接合面の摩擦係数を乗じたせん断力に達するまで (摩擦抵抗と定義) は接合面にずれをほとんど生じさせないことが可能になる (図1(a))。また、接合面の鋳鉄製プレートには突起を設けることで、摩擦抵抗に達した後に突起部のコンクリートの支圧によって応力伝達を行うことが可能になる (図1(b))。G.PLを鋳鉄製とするメリットは、鋳鉄は低い温度での casting 作業が可能であり、複雑形状品を一体で大量製造することができる特長があるため、突起物を有する複雑形状の部材を容易に製造できることである。なお、古くから製造されてきたねずみ鋳鉄 (JIS G 5501:1995、FC材) は脆い性質があるため、この欠点を補い高強度・高靱性である球状黒鉛鋳鉄 (JIS G 5502:2001、FCD材) を用いることとし、作用する応力に対して弾性状態で用いることを原則として、本接合法を提案した。



図1 突起付き鋳鉄製プレート圧着接合部の設計概念

文献7)～8)の一連の研究では、突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法によるコンクリート系構造物へのダンパー適用に関する設計法を確立することを目的とした。文献7)ではまず、突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面のせん断力 (またはせん断力と引張力) 載荷実験および有限要素解析を行い、摩擦抵抗および支圧抵抗の評価、それらを組み合わせたせん断耐力評価式を検討した。文献8)では、文献7)の要素実験に対して、圧着用PC鋼

棒の位置や導入圧着力などのパラメータを増やして追加実験を行い、せん断耐力評価式について再度、検討を行い、接合部設計法を提案した。また、提案した接合部設計法を用いて接合部を設計し、ダンパーを組み込んだRCフレームの実験を行い、骨組、ダンパー、ダンパー接合部の力学挙動を把握した。

3. 接合部要素実験

3.1. 試験体

接合部要素実験の試験体詳細を図2に、鋳鉄製G.PL詳細の一例を図3に示す。試験体はRC梁と鋳鉄製G.PLから構成される。RC梁にはコンクリート打設前に圧着力導入用PC鋼棒を通すシース管(φ23)を設置した。RC梁のかぶり厚さは30mmとした。文献7)～8)において、鋳鉄製G.PLの突起の形状・数量・高さ、圧着力、グラウト材の種類・有無、引張力の有無、圧着力導入用PC鋼棒の配置位置をパラメータとし、比較のために突起なしのプレートに鋼材を用いたものを含め、計30体の試験体を実験した。突起の形状は円柱型突起と円筒型突起の2種類を準備した。試験体や施工方法の詳細は文献7)～8)を参照されたい。

3.2. 载荷・計測

要素実験セットアップ、および計測詳細を図4に示す。試験体はPC鋼棒を用いて反力フレームに固定し、治具を介してG.PLとコンクリートの接合面に繰り返しせん断力 Q を作用させた。プレース型ダンパー取り付けを模擬した

試験体も準備し、それらの試験体では、PC鋼棒により加力治具と鉛直アクチュエータを接続し、引張力 P_T を一定に载荷しながら水平アクチュエータにより繰り返しせん断力 Q を作用させた。変位の計測はRC梁とG.PLの相対水平変位 δ_H 、相対鉛直変位 δ_V (それぞれ4箇所ずつ)とした。PC鋼棒による圧着力はセンターホール型ロードセルにより、計測した。

3.3. 実験結果およびせん断耐力評価

全30体の接合部要素実験試験体の実験結果から、G.PLとRC梁の接合部におけるせん断力 Q -ずれ変位 δ 関係を得た。そのせん断耐力評価について、以下に述べる。

本研究で用いた突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面では、固着破壊後に摩擦、および支圧が効果を発揮する。したがって、突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面のせん断耐力 Q_{PR} は、摩擦抵抗 Q_{fr} と、支圧抵抗 Q_P の加算で実験時せん断耐力を評価した。

【摩擦耐力】

摩擦耐力 Q_{fr} は突起なし試験体の固着破壊後の残留せん断力を摩擦耐力と定義した。この摩擦耐力をそのときの導入緊張力で除することで、摩擦係数 μ_{fr} を算出した。文献7)の実験の際には実験結果から鋳鉄-コンクリート間の摩擦係数を $\mu_{fr}=0.71$ とした。一方、文献8)において実施した実験での突起なし試験体から鋳鉄-コンクリート間の摩擦係数を算出すると、 $\mu_{fr}=0.49$ となった。摩擦係数が低くなった原因として、既往の実験も含め、繰り返し同じ鋳

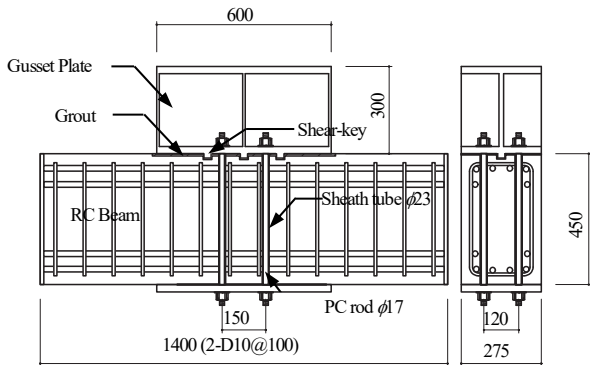


図2 試験体詳細

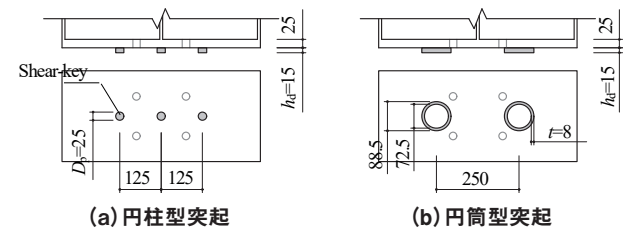


図3 G.PL詳細

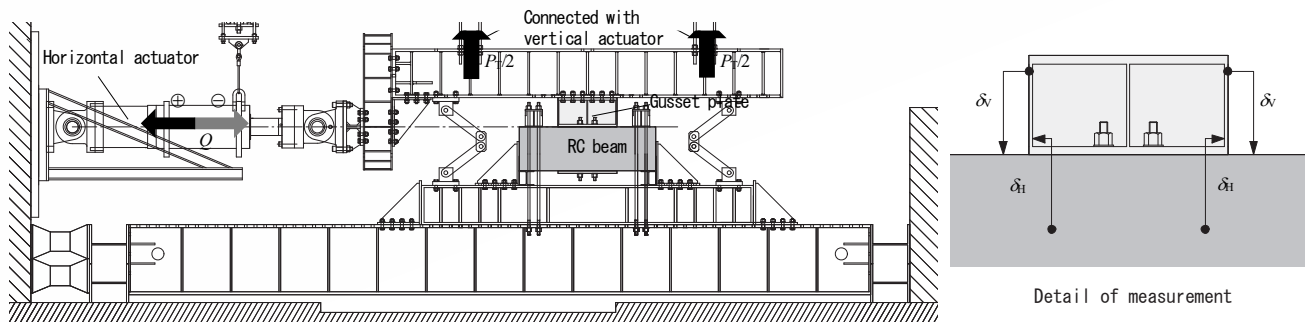


図4 セットアップ、計測詳細

鉄製G.PLを使用していることによる表面粗さの低減や、発錆が少なくなっていることなどが考えられる。したがって、文献7)で実験を実施した試験体では μ_{fr} を0.71とし、文献8)で実験を実施した試験体では μ_{fr} を0.49とし、各試験体の導入緊張力に乗ずることで、それぞれ摩擦耐力 Q_{fr} を式(1)により算出した。

$$Q_{fr} = \mu_{fr} \cdot (P_{PC,ini} - P_T) \quad (1)$$

ここで、 $P_{PC,ini}$: PC鋼棒による圧着力、 P_T : 圧着接合部に作用する引張力である。

【支圧耐力】

(円柱型突起の支圧耐力)

文献7)～8)で実施した要素実験試験体のそれぞれの摩擦耐力、支圧耐力の計算値、およびせん断耐力の計算値と実験値の一覧を表1に示す。円柱型突起の支圧耐力 $Q_{p,s}$ は式(2)、(3)により算出することとする。これらの式を用いた根拠等は文献7)～8)を参照されたい。

$$Q_{p,s} = 4.5 \cdot \sigma_B \cdot h_d \cdot D_p \quad (P_{PC,ini} - P_T \geq 85 \text{ kN}) \quad (2)$$

$$Q_{p,s} = 2.25 \cdot \sigma_B \cdot h_d \cdot D_p \quad (P_{PC,ini} - P_T < 85 \text{ kN}) \quad (3)$$

ここで、 σ_B : コンクリートの圧縮強度、 h_d : 突起高さ、 D_p : 突起の直径である。

(円筒型突起の支圧耐力)

円筒型突起は円柱型突起で用いた式(2)、(3)を準用し、且つ下に述べる円筒型突起内の円柱状コンクリートのせん断抵抗を考慮した式を提案した。円筒型突起付き鉄製G.PLとコンクリートの接合面に想定される応力分布を図5に示す。円筒型突起内には円柱状のコンクリートがあり、せん断力を負担していると考えられる。そのため、文献16)、17)などにおいて妥当性が報告されている圧縮応力下におけるシアオフ破壊時の円柱状コンクリートシアキーのせん断応力度の算定式を参考に、本論文の突起内コンクリートのせん断応力度 τ を、式(4)を用いて算出することとした。

$$\tau = 0.24 \cdot \sigma_B + 0.68 \cdot \sigma \quad (4)$$

ここで、 σ : コンクリートの圧縮応力度(導入緊張力を接合面の面積で除した値)である。

次いで、支圧応力について検討する。実験前後の突起周囲のコンクリートの状況を写真1に、支圧応力分布を図5

表1 せん断耐力の計算値と実験値の一覧

| Phase | Object | $P_{PC,ini} - P_T$ (kN) | μ_{fr} | $Q_{fr,cal}$ (kN) | $Q_{p,cal}$ (kN) | Q_{cal} (kN) | Q_{test} (kN) | Remarks |
|-------------------|--------|-------------------------|------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|---------|
| I ⁷⁾ | S | 566 | 0.73 | 413 | 0 | - | - | |
| | F1 | 528 | | 375 | 0 | - | - | |
| | FS1 | 28 | | 20 | 102 | 122 | 101 | |
| | FS2 | 554 | | 393 | 205 | 598 | 647 | |
| | FS3 | 690 | | 490 | 205 | 695 | 737 | |
| | FS4 | 351 | | 249 | 205 | 454 | 541 | |
| | FS5 | 8 | | 6 | 102 | 108 | 91 | |
| | FS6 | 546 | | 388 | 109 | 497 | 460 | |
| | FS7 | 551 | | 391 | 410 | 801 | 740 | |
| II ⁷⁾ | FS8 | 546 | 0.71 | 388 | 328 | 716 | 677 | |
| | F2 | 549 | | 390 | 0 | - | - | |
| | FS9 | 232 | | 165 | 205 | 370 | 388 | |
| | FS10 | 432 | | 307 | 205 | 512 | 323 | *1 |
| | FS11 | 431 | | 306 | 205 | 511 | 575 | |
| | FS12 | 433 | | - | - | - | - | *2 |
| | FS13 | 639 | | 454 | 205 | 659 | 743 | |
| | FH1 | 28 | | 20 | 133 | 153 | 206 | |
| | FH2 | 549 | | 390 | 243 | 632 | 666 | |
| III ⁸⁾ | FH3 | 744 | 0.49 | 528 | 246 | 774 | 700 | |
| | FH4 | 538 | | 382 | 485 | 867 | 507 | *1 |
| | F3 | 536 | | 263 | 0 | - | - | |
| | FS14 | 419 | | 205 | 235 | 440 | 480 | |
| | FS15 | 83 | | 41 | 235 | 276 | 280 | |
| | FH5 | 20 | | 10 | 153 | 163 | 188 | |
| | FH6 | 532 | | 261 | 277 | 538 | 622 | |
| | FH7 | 532 | | 261 | 555 | 816 | 685 | |
| | FH8 | 420 | | 206 | 294 | 500 | 519 | |
| | FH9 | 212 | | 104 | 290 | 394 | 420 | |
| | FH10 | 423 | | 207 | 294 | 501 | 537 | |
| FH11 | 418 | 205 | 588 | 793 | 755 | | | |

$P_{PC,ini}$: Initial post-tensioned force, P_T : Tensile force, $Q_{fr,cal}$: Calculated value of friction resistance, $Q_{p,cal}$: Calculated value of bearing resistance, Q_{cal} : Calculated value of shear strength, Q_{test} : Experimental value of shear strength
 *1 Underfilling mortar, *2 Use epoxy resin for grout

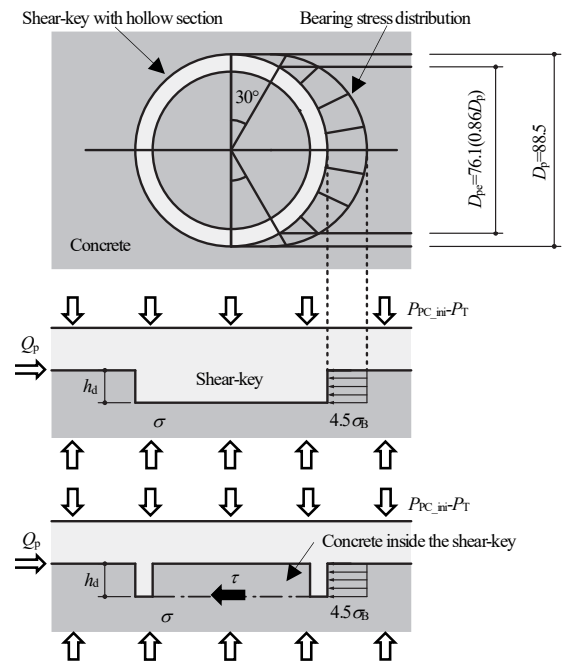
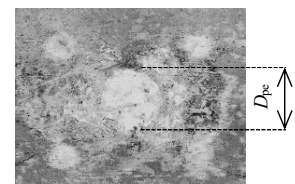


図5 円筒型突起の支圧応力分布



(a) 実験前



(b) 実験後

写真1 突起周囲のコンクリートの状況

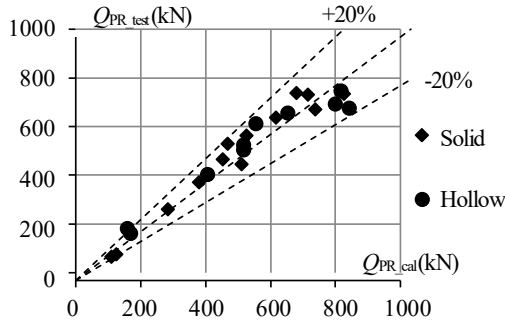


図6 セン断耐力の実験値と計算値の比較

に示す。実験後の状況からコンクリートの支圧部の圧壊が確認された。また、支圧応力は突起の中心から放射上に分布していると考えられる。実験後にコンクリートの支圧部の圧壊が顕著に見られた幅を、突起の有効支圧長さ D_{pe} と定義し、実測した全試験体の平均値を取って $D_{pe}=0.86D_p$ とした。以上のことを式(2)、(3)に取り込み、整理すると円筒型突起の支圧耐力式(5)、(6)を得る。なお、支圧だけでなく突起内コンクリートのせん断抵抗も含むことになるが、支圧抵抗が優勢なため、便宜上、支圧耐力と定義する。

$$Q_{p,h}=3.9 \cdot \sigma_B \cdot h_d \cdot D_p + \tau \cdot A_c \quad (P_{PC_{ini}} - P_T \geq 85 \text{ kN}) \quad (5)$$

$$Q_{p,s}=1.9 \cdot \sigma_B \cdot h_d \cdot D_p + \tau \cdot A_c \quad (P_{PC_{ini}} - P_T < 85 \text{ kN}) \quad (6)$$

ここで、 A_c ：突起内コンクリートの断面積である。

【耐力評価値と実験値の比較】

突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面では、固着破壊後に摩擦、および支圧が効果を発揮する。したがって、突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面のせん断耐力 Q_{PR} は、式(7)のように、前述した摩擦抵抗式 Q_{fr} (式(1))と、突起による支圧耐力式 Q_p (突起の形状、圧着力に応じて式(2)、(3)、(5)、(6)のいずれかを用いる)の加算で実験時せん断耐力を評価する。

$$Q_{PR}=Q_{fr}+n \cdot Q_p \quad (7)$$

ここで、 n ：突起の個数である。

文献7)～8)で実施した試験体のせん断耐力の実験値と計算値の一覧を表1に、実験値と計算値の比較を図6に示す。なお、突起のないS、F1～3試験体、モルタル充填不良のFS10、FH4試験体、グラウト材にエポキシを用いたFS12試験体は評価対象から除外している。図6から、大多数の試験体で耐力を概ね $\pm 20\%$ 以内と良好に評価できたことが分かる。

4. ダンパー接合部設計法

4.1. ダンパーの接合部設計用耐力

本接合部における基本的な設計概念は、ダンパーを有効に機能させるためにレベル2(例えば0.5m/sec)地震動程

度でダンパー自体に発生しうる最大荷重までを安全余裕度を考慮した摩擦抵抗として設計する。レベル2を超える地震動(例えば0.75m/sec)を受けたときに生じ得るダンパーやその取り付け部材の限界荷重に対して保有耐力接合などの付加耐力として、突起部のコンクリートの支圧によって接合面が破壊しない設計とする。

4.2. 設計用摩擦係数

前節にダンパー接合部設計時の摩擦抵抗による設計とすべき荷重を示した。この摩擦抵抗分を算定するときの摩擦係数は、AIJ鋼構造接合部設計指針¹⁸⁾の露出柱脚の降伏せん断耐力の計算におけるベースプレート下面とコンクリートの摩擦係数を参考にして、設計用摩擦係数 $\mu_{fr,des}=0.4$ として設計することとする。文献7)におけるPhase I、II実験では $\mu_{fr,test}=0.71$ であり、繰り返し使用による表面粗さや発錆の減少などの影響を受けた文献8)におけるPhase III実験では $\mu_{fr,test}=0.49$ であったことから、設計時の安全余裕度を考慮して $\mu_{fr,des}=0.4$ とした。

4.3. 設計用支圧耐力式

必要な突起の寸法、数量は、円柱型突起であれば本稿の式(2)、(3)を用いて、円筒型突起であれば本稿の式(5)、(6)を用いて評価することとする。なお、突起の支圧抵抗は保有耐力接合などの付加耐力と考えているが、設計時は図5に示した支圧応力の角度を45度方向($0.73D_p$)など大きい角度で分布すると仮定することで、より安全側に支圧抵抗を評価できる。

5. ダンパーを組み込んだRCフレーム実験

前章に示したダンパー接合部設計法を用いて、接合部を設計し、ダンパーを組み込んだRCフレームの実験を行い、骨組、ダンパー、ダンパー接合部の力学挙動を把握した。

5.1. 試験体

試験体は1層1スパンのRCフレームと、座屈拘束ブレース(BRB)から構成した。超高層RC造建築物を想定した約1/2スケールの縮小模型試験体である。パラメータは、BRBの接合形式、ヒンジリロケーションの有無とした。通常のRC骨組では梁端に塑性ヒンジが計画されるが、ダンパー接合部の損傷抑制の観点から、塑性ヒンジ部にG.PLを取り付けるのは望ましくない。そこで、上梁中央、および柱脚にG.PLを取り付けて2本のBRBをハの字形に組み込んだNO試験体と、上下の梁にヒンジリロケーションを施し、梁端にG.PLを取り付けて、1本のBRBを斜めに組み込んだHR試験体の計2体とした。RCフレームはいずれも梁降伏先行型に設計し、HR試験体の梁の配筋は柱梁の節点位置における曲げ終局モーメントがNO試験体と等しくなるように設計した。RCフレームの降伏耐力 Q_{RC} はいずれの試験体も約500kNである。BRBの降伏軸力 N_{BRB} は、その水平成分 Q_{BRB} が、RCフレーム降伏耐力 Q_{RC} の約30%となるように設計した。したがって、BRBの降

伏軸力の水平成分は約150kNとなるように設計した。BRBは、NO試験体では取り付け角度 $\alpha=45^\circ$ で2本取り付けた。1本当たりの水平力が約75kNになるように設計すると、降伏軸力 N_{BRB} は約106kNとなる。HR試験体では $\alpha=26.6^\circ$ で1本取り付け。水平力が約150kNになるように設計すると、 N_{BRB} は約168kNとなる。

5.2. BRB 接合部の設計

突起付き鋳鉄製G.PL圧着接合部では、接合部設計用耐力までを鋳鉄とコンクリート間の摩擦抵抗とし、突起は耐力余裕として設計する。ダンパーにBRBを用いる場合、BRBの実降伏点のばらつきを考慮した降伏軸力に、塑性化部ひずみ $\epsilon_p=2.0\%$ における耐力上昇率1.5倍を乗じた接合部設計用耐力 $N_{y, BRB, J}$ ¹⁹⁾に対して、導入圧着力と突起を設計する。なお、本実験ではG.PLは鋼(SM400A)製とした。鋳鉄(FCD400)と鋼(SM400A)の降伏強度は同等であり、鋳鉄-コンクリート間と、鋼-コンクリート間の摩擦係数も同等であることが分かっている⁷⁾。接合面の鋼板に突起を溶接するため、突起周囲に溶接余盛が発生するが可能な限り削り、実験結果への影響を極力除外した。なお、本章では、ダンパーにBRBを用いたため、以降、RCフレームと突起付き鋳鉄製G.PL圧着接合部のことを「BRB接合部」と称す。

【導入圧着力】

NO試験体では、接合部設計用耐力 $N_{y, BRB, J}=173\text{kN}$ の鉛直(または水平)成分122kN($=173\text{kN} \times \sin 45^\circ$)に対して、鋼-コンクリート間の摩擦係数を $\mu_{fr}=0.4$ として設計すると、必要な導入圧着力は305kNとなる。BRB引張時に接合面に作用する引張力 $N_{y, BRB, J} \times \cos 45^\circ=122\text{kN}$ も考慮する。したがって、427kNの圧着力をPC- $\phi 17$ (B種1号: $P_y=212\text{kN}$)を4本用いて導入する。1本当たり107kNの導入圧着力である。

HR試験体では、接合部設計用耐力 $N_{y, BRB, J}=274\text{kN}$ の水平成分245kN($=274\text{kN} \times \cos 26.6^\circ$)に対して、NO試験体と同様の方法で設計する。必要な導入圧着力は612kNとなる。BRB引張時に接合面に作用する引張力 $N_{y, BRB, J} \times \sin 26.6^\circ=123\text{kN}$ も考慮する。したがって、735kNの圧着力をPC- $\phi 21$ (B種1号: $P_y=323\text{kN}$)を4本用いて導入する。1本当たり184kNの導入圧着力である。

【突起】

突起は、両試験体のG.PLにおいて外径88.5mm、内径72.5mm、厚さ8.0mmの円筒型突起1個とした。本稿第3章に示した式(5)によりそれぞれの試験体のコンクリート強度 σ_B を用いて支圧耐力を計算すると、NO試験体では485kN、HR試験体では479kNとなり、これが接合部の耐力余裕となる。

5.3. 載荷

実験セットアップを写真2に示す。上下層柱をピン支持とする。下層柱のピン支承は反力床に固定する。加力梁を

介して上層柱のピン支承とアクチュエータを接続し、載荷を行う。柱に軸力は導入していない。



写真2 セットアップ

5.4. 実験結果

【層せん断力 Q -層間変形角 R 関係】

層せん断力 Q -層間変形角 R 関係を図7に示す。

NO試験体では、1/67radの1サイクルピーク時に Q は560kN、-1/67radの1サイクルピーク時に Q は-632kNであった。-1/50radの1サイクルピーク時に-1/67radピーク時の荷重に到達しなかったため、このサイクル中に引張となる右のBRBが破断したと考えられる。また、+1/50radの2サイクルピーク時では、1サイクルピーク時よりも荷重が低下したため、左のBRBが破断したと考えられる。いずれのBRBも累積塑性変形能力を超えたために破断したと考えられる。HR試験体では、 Q は1/67radの1サイクルピーク時に573kN、-1/67radの1サイクルピーク時に-663kNであった。

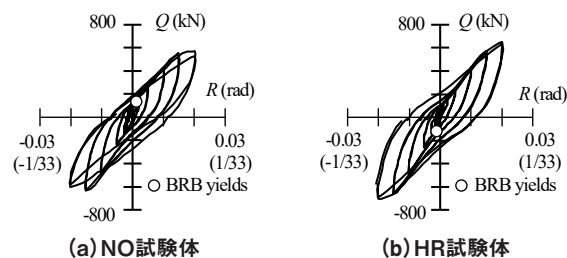


図7 層せん断力 Q -層間変形角 R 関係

【G.PLの挙動】

G.PLの挙動について考察する。G.PLのずれ δ_{GH} -累積層間変形角 $\sum|R|$ 関係を図8に示す。層せん断力の状態に着目して、 $R=1/100\text{rad}$ サイクル時の層せん断力が正側載荷時(■-◆)、正側除荷時(◆-□)、負側載荷時(□-◇)、負側除荷時(◇-△)の各状態における挙動を考察する。NO試験体では右BRBの上梁に取り付くG.PL、HR試験体では下梁に取り付くG.PLの結果を示す。

G.PLのずれ δ_{GH} は正負の載荷時に大きくなり、除荷しても変位はあまり変化しない。 δ_{GH} は、最大でもNO試験

体では0.2mm以内、HR試験体では0.3mm以内に抑えられている。HR試験体は1本当たりのBRB軸力が大きく、取り付け角度が小さいために、G.PLに作用する水平方向力がNO試験体よりも大きい。BRBの挙動に影響を及ぼすようなずれは生じておらず、突起付き鋳鉄製プレート圧着接合部はダンパーの取り付けに有効であると言える。

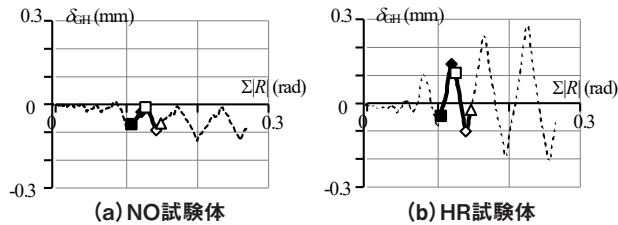


図8 G.PLのずれ Δ_{GH} —累積層間変形角 $\Sigma|R|$ 関係

6. おわりに

コンクリート系構造物にダンパーを取り付ける方法として提案した突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法について検討した研究の概要を紹介した。計30体の接合部要素実験を行い、接合部のせん断耐力を良好に評価できる評価法を提案した。また、そのせん断耐力評価法からダンパー接合部設計法を提案した。提案した設計法を用いて設計したダンパー接合部により、BRBを組み込んだRCフレーム実験を行い、接合部設計法の有効性を確認した。

本接合法はコンクリート系構造物へのダンパーの取り付けとして提案したものであるが、鉄骨(S)造建物の露出柱脚や、柱RC梁S構造の接合部など鋼-コンクリート間の接合部にも用いることができると考えている。構造物の耐震性だけでなく、施工性、経済性、合理性の更なる向上の一助となるよう、今後も検討を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 毎田悠承, 蒔田峻介, 仁科智貴, 和泉信之: 耐震・制振・免震構造に分類した既存超高層RC造建築物の構造特性, 日本建築学会技術報告集, 第24巻, 第56号, pp.171-176, 2018.2
- 2) 毎田悠承, 吉敷祥一, 野々山昌峰, 曲哲, 前川利雄, 濱田真, 坂田弘安, 和田章: 座屈拘束筋違を取り付けるための接合部を有するRC部分架構の実験—鉄筋コンクリート骨組への座屈拘束筋違の活用に関する研究 その1—, 日本建築学会構造系論文集, 第77巻, 第681号, pp.1737-1746, 2012.11
- 3) 毎田悠承, 吉敷祥一, 曲哲, 前川利雄, 濱田真, 坂田弘安, 和田章: 座屈拘束筋違を組み込んだ鉄筋コンクリート部分架構の力学挙動—鉄筋コンクリート骨組への座屈拘束筋違の活用に関する研究 その2—, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第699号, pp.603-612, 2014.5
- 4) 毎田悠承, 前川利雄, 出水俊彦, 濱田真, 曲哲, 吉敷祥一, 坂田弘安, 和田章: RC建築物における座屈拘束筋違の制振効果および接合部設計法—鉄筋コンクリート骨組への座屈拘束筋違の活用に関する研究 その3—, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第710号, pp.647-657, 2015.4

- 5) 毎田悠承, 渡辺英彦, 前川利雄, 濱田真, 増子寛, 曲哲, 吉敷祥一, 坂田弘安, 和田章: 座屈拘束筋違を組み込んだRC骨組の実大施工実験およびアンカー-PC鋼棒の緊張力長期計測, 日本建築学会技術報告集, 第24巻, 第58号, pp.1027-1030, 2018.10
- 6) 毎田悠承, 吉敷祥一, 曲哲, 前川利雄, 濱田真, 坂田弘安: 座屈拘束ブレース接合部を有する損傷位置保証型RC梁の力学挙動, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第737号, pp.1091-1101, 2017.7
- 7) 毎田悠承, 木下澄香, 坂田弘安, 島崎和司, 和泉信之, 佐伯英一郎: 突起付き鋳鉄製プレートとコンクリートの圧着接合面におけるせん断耐力の評価—突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を用いたコンクリート系構造物へのダンパー適用に関する研究 その1—, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第739号, pp.1425-1435, 2017.9
- 8) 毎田悠承, 坂田弘安, 島崎和司, 和泉信之, 竹中啓之, 渡辺亨, 佐伯英一郎, 波田敬一郎: 突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を用いたダンパー接合部設計法の提案とダンパーを組み込んだRCフレーム実験による検証—突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を用いたコンクリート系構造物へのダンパー適用に関する研究 その2—, 日本建築学会構造系論文集, 第85巻, 第770号, pp.563-573, 2020.4
- 9) 毎田悠承, 森貴禎, 坂田弘安, 和泉信之, 前川利雄: 棒鋼ダンパーを用いたRC造方立壁の有効活用に関する実験研究, 日本建築学会構造系論文集, 第84巻, 第760号, pp.851-861, 2019.6
- 10) Yusuke Maida, Hiroyasu Sakata, Zhe Qu, Toshio Maegawa, Hiro Suzuki: Cyclic loading test of lightly reinforced concrete wall piers with slit dampers in RC frames, Engineering Structures, Vol.236, 112099, 2021.6
- 11) Yusuke Maida, Hiroyasu Sakata: Cyclic loading test of reinforced concrete frames protected with brace-type friction dampers, Advances in Structural Engineering, Vol.25, Issue 1, pp.83-97, 2022.1
- 12) Yusuke Maida, Hiroyasu Sakata: Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Frames with Bracing-Friction Dampers for Seismic Resistance, Journal of Earthquake Engineering, Vol.27, Issue 14, pp.3975-3991, 2023.10
- 13) 日本建築学会: 鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構, 2011.2
- 14) 日本建築学会: 鋼・コンクリート機械的ずれ止め構造設計指針, 2022.2
- 15) 日本建築学会: 各種合成構造設計指針・同解説 2023, 2023.8
- 16) 阿久津好太, 松崎育弘, 福山洋, 木村博, 高橋啓, 今道律子: 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造の鉛直接合部に関する実験研究: その4 変形を考慮したせん断伝達機構, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C分冊, pp.565-566, 1990.7
- 17) 阿部隆英, 樋渡健, 久保田雅春, 高瀬裕也, 香取慶一: コンクリート構造物の耐震補強の接合部に適用する円柱状シアキーの提案と耐力式の構築, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第736号, pp.873-883, 2017.6
- 18) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, pp.292-295, 2013.7
- 19) 日本免震構造協会: パッシブ制振構造設計・施工マニュアル第2版, pp.147-240, 2007.7

<プロフィール>

東京大学 地震研究所 准教授・博士(工学)

専門分野: 建築構造、鉄筋コンクリート構造

最近の研究テーマ: コンクリート系構造物の耐震構造および損傷制御

建材試験 図鑑

工事用材料試験編 その2
硬化コンクリートの
圧縮強度試験

ケンスケさん、
コンクリートの
強さを測るぞ～！
の巻ですね

ハイ！
ナナウサさん＆皆さん！
今回は
コンクリートの
圧縮強度試験
を見に行きましょう～

NANAUSA

Created by
OOKINANAMI KENSUKE
大樹七海 x 建介

KENSUKE

Mission

コンクリートの強度は
重要な指標！
設計通りの強さで
出来ているかな？

コンクリートの強度は
構造物の安全性に
密接に関わります

打ち込まれたコンクリートが
所定の基準を満たしているか
圧縮試験機を用いて
「硬化コンクリートの
圧縮強度試験」
を行って確認します！

No. 2 建材試験図鑑カード

コンクリートの 圧縮強度試験方法



Method of test for
compressive strength of
concrete

試験の順序

START

工場でフレッシュ
コンクリート
(生コン)を作製

アジテータ車
(ミキサー車)で
現場に運搬

生コンを現場
で荷下ろし

前回

＜受入検査＞
スランプ・
空気量試験
→供試体作製

供試体の脱型
→養生
→圧縮試験

今回
ココ

前回のおさらい

円筒形の型枠に
コンクリートを詰めて
供試体をつくりました！



今回試験に使う供試体は
一般的な建築用途の
直径(φ)100mm×高さ200mm
サイズですよ！

供試体のサイズは
コンクリートの材料である骨材
(砂利や碎石)の大きさにより
3サイズあるのです

例えばダム用では40mmを超え
る大きな骨材を使用するので
φ150mm×300mmの大きさの
供試体を使います※



※一般的にふるいを使って40mmを超える骨材を除去(ウェットスクリーニング)した試料で供試体を作製します。

では、立派な圧縮試験機を見に行きましょう～



今回も船橋試験室ですね！レッツゴ～！

前回のつづき→

脱型

できあがった供試体は水分が蒸発しないようにラップして静置へ



はっかん

打設から16時間～3日以内に型枠から脱型します



きれいな円柱～

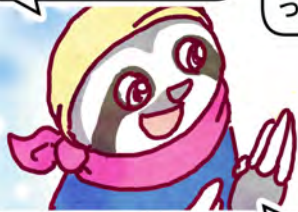


養生

そして、脱型後の供試体を「養生」します

養生って、供試体を休ませること？！

うーん、でも近いかな？「養生」は供試体を適度な温湿度の環境下で保管することを指します



水中などで保管して強度が上がってから圧縮強度試験を行います！



えっ、コンクリートは水の中に入れてあげると強くなるの？

ハイよく、「乾燥で硬くなる」と思われがちですが違うのです

コンクリートはセメント・水・砂利・砂などでできた複合材料ですが

このセメントは、「水と水和反応(化学反応)」により硬化していくのです

乾燥して水分不足だと水和反応が不十分となり十分に硬化できないのです

えっ違うの！？



へえ～！

そして養生には種類があります



養生の一例

- ・標準養生：20±2℃の水中に浸水又は湿潤状態で静置
- ・現場水中養生：外気温の水中に浸水
- ・封かん養生：水分が飛ばないように容器や袋に封入

さて、強度試験の前に
供試体の端面を
きれいに整えますよ！

きれいに
見えるけど…？

供試体の研磨



見た目がきれいでも
ガタつきがあるんですよ
平らな盤上に置いて、
上から力を入れて左右に
ふってみるとわかりますよ

ホントだ！
カタカタする～

カタ
カタ

端面がガタついたらまだと
力が均等にかからないので
研磨機でつるつるにします！

水を出しながら
ガリガリ削るので
すね～



他にセメントと水を混ぜた
ペーストを塗り付ける
キャッピングという方法も
あります

供試体の寸法測定

次に
寸法測定！

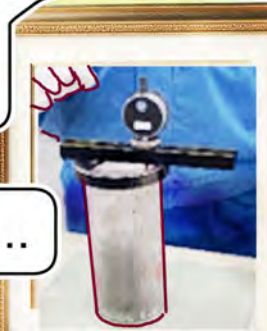
供試体の
直径や高さを
ノギスで測定
します！



デジタルの
ノギスもあるのね～！

他にも
載荷面の平面度、
直角度、平行度、などの
測定項目もあります

えっ
結構たくさん…



平面度



直角度



平行度

そこで、JIS A 5308
(レディーミクストコンクリート)では、
寸法精度の確認された型枠で作製された
供試体の場合は、
寸法測定を省略して公称直径を用いてもよい
とあるのですよ

なるほど
寸法測定の手間を
考えれば納得です

はい。これで供試体の
準備がほぼ整いました！
いよいよ試験機の登場～



圧縮強度試験機

一般的な圧縮試験機は「本体」と「検力器」から構成されています

「加圧盤」は、供試体への加圧が偏らないように「球座」という部品についています

本体ですが

供試体を押す上部を「加圧盤」

下部を「底盤」と呼びます

供試体

クロスヘッド

加圧盤

底盤

検力器



球座

加圧盤

「加圧盤」のついている所を「クロスヘッド」と呼んでいてここで高さ位置を調整します

正しい測定のための工夫ですね～！

供試体のサイズや予想強度に合わせて測定条件を設定します

範囲設定してからゼロ値設定します

試験条件設定

そこは、最大荷重が範囲を超えないように少し大きめのレンジにするのがポイントです

以上です！

例えば、予想強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ であれば、 $\phi 100\text{mm}$ の公称断面積 7854mm^2 をかけて 189kN と予想、 500kN レンジを選びます

189kNだから200kNレンジじゃなくて？

荷重範囲設定 (レンジ)

ゼロ値設定 (バランス)

試験直前の確認

つぎに、供試体のほうは、検印証や記号等を確認して端面に付着している異物などをヘラで落としてから底盤に設置します

念入りに確認！

試験スタート！

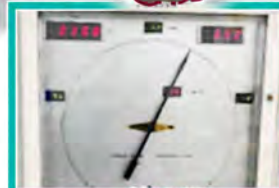
加圧盤を供試体に近づけたら

荷重レバーを握ってスタート！

あ、黒い針が動いた！



荷重レバー



検力器

※JISA1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)に従って、毎秒 $0.6 \pm 0.4\text{N}/\text{mm}^2$ で载荷します
 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の供試体の場合、毎秒約 5kN の速さとして！

最大荷重の測定

供試体が急激な破壊を始めてきたら、
 載荷速度の調整を止め、
 載荷し続けて、様子をみますよ

右の検力器の
 赤い針が最大荷重で、
 黒い針が、かけている
 荷重を示しています

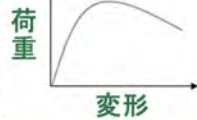
供試体

検力器

あ、黒い針の方は
 下がってきた

残った赤い針の方は
 最も耐えた荷重を
 示すのね！

荷重と変形のイメージ



あまり激しく壊れず
 グズグズっとですね！

静か
 じゃ！

強度が高いと
 激しく壊れるので
 注意が必要です

破壊性状の分類

さて、以下の破壊性状を
 確認してみましょう！

良好な破壊性状の一例



※直径100mmの場合
 ※破壊後の性状分類が、生コン工場品質管理
 ガイドブック(全生連)で示されています

へえ～！
 良い破壊の仕方があるのね！
 どんどん載荷すると、そういえば
 dからaの砂時計形状になったわ！

圧縮強度の算出

では、
 この供試体の
 圧縮強度を算出します

3個測定して
 それぞれの強度を
 平均したものを
 "1回"とみるのね

算出した
 圧縮強度

判定

・呼び強度の強度値
 ・仕様書の判定基準強度
 など

それぞれの値を
 照らし合わせて
 判定します

この判定で
 結果の良し悪しが
 わかるのね！

※最大荷重を有効数字3桁まで読み取って
 断面積で割り、圧縮強度を算出して
 四捨五入で有効数字3桁に丸めます
 例:

$$(358\text{kN} \times 1000) \div [(100\text{mm}/2)^2 \times \pi] = 45.6\text{N}/\text{mm}^2$$

呼び強度と強度値

呼び強度とは
生コンクリートの強度区分のことで、
JIS A 5308のレディーミクストコンクリートでは
18、21、24、27、30、33、36…と60まで
規定されています
「N/mm²」を付けると強度値になります

呼び強度自体には
単位は付かないのですね

はい、そうです

JIS A 5308では

- ・1回の試験結果は、呼び強度の強度値の85%以上
- ・3回の試験結果の平均値は、呼び強度の強度値以上であることが、求められています

つまり、呼び強度24なら

- ・3回の結果の平均値で24N/mm²以上
- ・1回の結果で20.4 N/mm²以上
ということですね！

正解です～！

今回の
おはなし
業務解説
コーナー

コンクリートの圧縮強度試験



【コンクリートの圧縮強度試験】

工事材料試験所各試験室では、建設工事の現場などから採取したコンクリートの圧縮強度試験を実施しています！

浦和試験室と武蔵府中試験室は東京都試験機関B類に登録されており、東京都内建設工事の高強度コンクリートの圧縮強度試験にも対応しています。また、住宅基礎コンクリートの品質管理も現場試験手配から一貫して行っています。

コンクリートの圧縮強度
試験動画公開中！



【実施試験室】 浦和試験室、武蔵府中試験室、船橋試験室、横浜試験室、福岡試験室

次回予告

今回は、供試体の
採取方法と仕様書の
判定基準強度について
入っていきます！

大事な強度の話の
掘り下げで～す！

プロフィール

大樹七海(オオキナナミ) 弁理士・作家(雅号)

第21回本づくり大賞優秀賞受賞。理研・産総研にて半導体、創業研究を経て芸術・科学・知財・歴史専門。著作『世界の知的財産権』『弁理士にお任せあれ』『ストーリー漫画でわかるビジネスツールとしての知的財産』、内閣府選定『マンガでわかる規格と標準化』(日本規格協会)、経産省「暮らしの中のJIS」他。

建介(ケンスケ) 技術士(建設部門)・一級建築士

建材試験センターで構造、材料、工事材料の分野の試験業務を経験した技術者。好きなものはマンガ、SNS、ナマケモノ。専門はコンクリート工学、建築材料学。

現場の安全を守る! 安全第一の親綱支柱

中間柱用親綱支柱の落下阻止性能試験

comment

今回は、有限会社エイム（以下、依頼者と呼ぶ。）から依頼された中間柱用親綱支柱の落下阻止性能試験について報告する。

親綱支柱は、「仮設機材認定基準とその解説（第9版）」（以下、本基準と呼ぶ。）の中で、「支柱用親綱を取り付ける親綱保持金具、支柱本体及び支持物への取付金具等からなる支柱」と定義されている。親綱とは、JIS A 8971（屋根工事用足場及び施工方法）の3用語及び定義 3.22 親綱に「安全帯、墜落防護さく（柵）などの取付設備として使用するロープ。」とあり、高所作業の際に人命を守る役割を果たす。

親綱支柱の性能は、本基準の強度試験により確認されており、2019年2月以降、現在作業現場で使用されている親綱は、おもりに100kgを落下させ、親綱支柱の曲がり角が45度以内にとどまり、落下距離が2.1m以内の仕様となっている。また、親綱支柱には、設置方向があり、親綱支柱を設置スパン方向に平行に配置した平行方向と、設置スパン方向と直交に配置した直交方向の両方向での性能を確認している。

親綱支柱は人が落下した際、親綱支柱も変形することでエネルギーを吸収し、人への衝撃値を緩和してい

る。親綱支柱は、設置間隔10m以下で2本使用し、その親綱支柱間に親綱を設置することが原則である。例えば、間隔20mであると、親綱支柱2本・親綱1本のセットが2つ必要となる。仮に、間隔20mで親綱支柱を3本使用となると、中間の親綱支柱（以下、中間柱と呼ぶ。）の前後に設置した親綱2本に人が同時落下した際、中間柱は両側から綱引きされた状態となり、親綱支柱でエネルギー吸収ができず、人への衝撃値が増してしまう。

今回の試験は、上記の中間柱に着目した試験であり、片側の親綱支柱を中間柱に見立て、鋼材による固定支柱とした。また、計測は垂下量に加えて、人に加わる衝撃値（報告書では、衝撃荷重と明記）も合わせて計測を行った。

結果は、垂下量は本基準の落下認定基準2.1m以内を満足し、衝撃荷重は4.2～4.3kNとなることを確認した。

試験後、依頼者から「今回の親綱支柱について、仮設工業会の単品承認を取得し、また、NETIS（新技術情報システム）への登録も行った。」と聞いている。

1. 試験内容

有限会社エイムから提出された中間柱用親綱支柱について、落下阻止性能試験を行った。

2. 試験体

試験体の詳細を表1及び図1に示す。

3. 試験方法

試験実施状況を写真1に示す。試験は、「第9版 仮設機材認定基準とその解説（厚生労働大臣が定める規格と認定

基準）」をもとに中間柱用親綱支柱の落下阻止性能試験を行った。その際、支柱の片側を鋼製支柱とした。また、試験用ロープはワイヤロープ（1.7m）とし、落下時の衝撃荷重の計測を行った。

表1 試験体

| | |
|----|-----------------------|
| 名称 | 中間柱用親綱支柱 |
| 材料 | 親綱支柱、親綱ロープ |
| 数量 | 3体（直交方向設置2体、平行方向設置1体） |
| 備考 | 記載事項は、依頼者提出資料による。 |

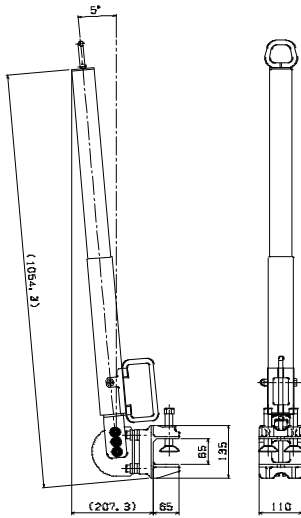


図1 試験体



写真1 試験実施状況

表2 試験結果

| 試験体 | | 試験用ロープの衝撃荷重 (kN) | 垂下量 (mm) | 試験体の状況 |
|------|-----------|------------------|----------|------------------------------|
| 番号 | 取付方向 | | | |
| No.1 | 直交方向 (外側) | 4.4 | 1275 | ・支柱の脱落なし ・支柱脚部プレート及び頂部の変形 |
| No.2 | 直交方向 (外側) | 4.2 | 1460 | ・支柱の脱落なし ・支柱脚部プレート及び頂部の変形 |
| No.3 | 平行方向 | 4.3 | 1310 | ・支柱の脱落なし ・支柱脚部プレート及び頂部の変形 |

4. 試験結果

試験結果を表2に、試験後の試験体の状況を写真2に示す。

5. 試験日、担当者および場所

試験日：2023年4月18日

担当者：試験課長 佐川 修
小森谷誠 (主担当)
早崎洋一
品末竹彦

場 所：有限会社エム (山口県岩国市)



写真2 試験体の状況 (試験体名：No.3)

(発行番号：第23C0054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)

author for comment

早崎洋一

総合試験ユニット 西日本試験所 試験課 主幹
<従事する業務>
構造試験業務(木質構造、あと施工アンカー試験等)

【お問い合わせ先】

西日本試験所 試験課
TEL：0836-72-1223 FAX：0836-72-1960

information

西日本試験所では、試験設備は、水平加力では最大500kN対応の大型面内せん断試験装置、曲げ試験では、最大支持スパン10m対応の1000kN構造物曲げ試験装置を所有しています。また、出張試験に対しても、柔軟な試験対応を心掛けています。試験をご検討の際には、まずは、ご一報頂ければ幸いです。

建具の耐面内変形性および性能維持確認を目的とする試験方法規格

JIS A 1532(建具の面内変形性試験方法)の制定

1. はじめに

近年、地震や台風などの自然災害は増加傾向にあり、建具の耐久性能に関心が高まっている。建具の気密性や断熱性は、省エネ住宅の普及及び地球温暖化対策のために極めて重要である。しかし、地震や台風などにより、これらの性能が低下してしまう場合がある。そのため、地震などの大きな外力が建具に加わった場合の性能を評価できる試験方法がJIS A 1532として令和5年7月20日付けで制定された。なお、この規格は、経済産業省の委託事業【窓とドアの面内変形試験方法に関する国際標準化委託事業(令和2年度～令和4年度)】により、検証実験、装置開発を行い制定された。また、この規格を制定するために、原案作成団体である一般社団法人日本サッシ協会と当センターが協力して面内変形性試験装置を開発した(写真1)。

以降この概要について紹介する。

2. 本規格の特徴

本規格の建具とは、適用範囲で規定している通り、主として建築物の外壁の開口部に取り付けるサッシ及びドアセットであり、建具の製品規格は、JIS A 4702(ドアセット)及びJIS A 4706(サッシ)である。製品規格で規定している気密性、水密性、断熱性などの性能項目は、初期性能が主であり、製品規格で引用する性能維持を確認する試験方法規格は、JIS A 1530(建具の開閉繰り返し試験方法)のみ

である。JIS A 1530は、建具の機械的耐久性の確認を目的としており、開閉力の測定は行うが、規定回数の開閉繰り返し後に、開閉に異常なく、使用上支障がないことを確認する試験方法であり、気密性、水密性などの基本性能が維持されているかを確認する試験方法ではない。また、面内変形に関する試験方法規格は、JIS A 1521(片開きドアセットの面内変形追随性試験方法)があるが、JIS A 1521の評価基準はドアセットの静的な面内変形に対する(地震時に避難を目的とした)開放性である。この規格では、面内変形性を“建具が地震などによって生じる面内変形に耐え得る程度、又はこれに加えて基本性能を維持する程度”と定義し、二つの目的を持つ試験方法規格とした。

開発した試験装置は、気密性試験、水密性試験、耐風圧性試験などを行える動風圧試験装置とドッキングすることにより、試験体を移動させる際の試験体の付け外し、運搬などによって試験体の状態を変化させることなく試験を行うことができる(写真2)。

3. 規定した試験方法について

前述したように、面内変形に関する試験は、JIS A 1521のドアセットを対象とした開放性の試験方法のみであったが、この規格では適用範囲をサッシまで拡大し、面内変形性試験として面内変形試験と面内変形履歴試験の二つの試験方法を規定した。

面内変形試験は、静的試験に加え繰り返し試験を規定



写真1 面内変形性試験装置

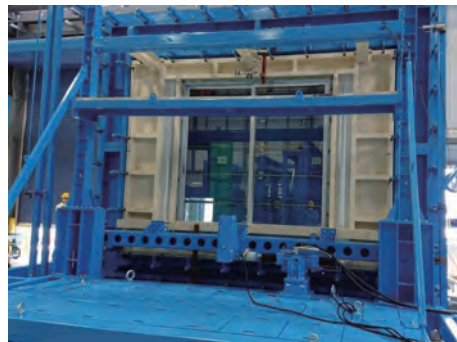


写真2 試験実施状況

し、変形、破損、脱落などの有無を確認する試験方法とした。なお、面内変位は、JIS A 1521で規定されている鉛直変位を含めた計算式ではなく、JIS A 1414-2（建築用パネルの-第2部：力学特性に関する試験）及びJASS14（カーテンウォール工事）並びに昨年度制定されたカーテンウォールの面内変形追従性試験方法ISO 24084（Curtain walling-Inter-storey displacement resistance-Test method）に記載している上下枠の水平変位量の差とした。また、検証実験によりどちらの計算式でも面内変位に大きな違いがないことも確認した。

面内変形履歴試験は、面内変形後も気密性、水密性、開閉力など建具の基本性能を維持しているかどうかの確認を目的とした試験方法とした。この規格で適用する基本性能は、開閉力、気密性、水密性とした。性能維持を確認する基本性能は、他に断熱性、遮音性なども考えられる。しかし、面内変形試験とそれ以外の試験をそれぞれ別の試験装置で行う場合、試験体の付け外し、運搬などによって試験体の状態が変化しないように注意する必要がある、専用の試験装置内への搬入が必要になる断熱性及び遮音性は、試験体の状態を変化させないことが現時点では難しいと判断したため、この規格では開閉力、気密性及び水密性に限定した。

上記二つの試験方法以外に、JIS A 1516（建具の気密性試験方法）で測定ができない場合に、代替試験方法として附属書Aに捕集箱を用いない気密性試験方法を規定した。JIS A 1516に規定されている流量測定装置において、空気を集める箱を一般的に捕集箱としている。流量測定装置（捕集箱）は建具の室内側に取り付けると規定されており、面内変形試験装置と気密性試験装置を一体化する場合に捕集箱が取り付けられない場合があるため、この試験方法を規定した。この測定方法は、ISO 6613（Windows and doors-Air permeability-Test method）などに採用されている圧力供給側で通気量測定を行う一般的な方法である。ただし、附属書Aに規定した試験方法は、現時点では製品規格で引用されていないため、製品規格で規定されている気密等級を判定する場合は、JIS A 1516で試験を行う必要がある。

4. 断熱性の低下について

冒頭で述べたように、建具の断熱性の維持は省エネ住宅の普及及び地球温暖化対策のために極めて重要である。この規格では、断熱性は基本性能に適用していないが、建具を構成する複層ガラス及び建具枠などに経年変化がない場合は、断熱性の低下は気密性の低下に依存すると考えられる。そのため、日本サッシ協会では、外部風など建具の漏気に影響を与える要因を考慮した条件における気密性の低下と断熱性の低下の相関関係を実験により導くことを計画している。実験完了後には、相関関係を協会HPなどで公

開することが望まれる。

5. おわりに

JASS14では、面内変形試験及び耐風圧試験の前後に基本性能の確認をしている。この規格においても、耐風圧性を面内変形履歴試験に加えるか議論を行ったが、地震に対する面内変形性及び基本性能維持の確認を目的としたため、今回の制定では見送ることとした。

建具メーカー各社は、地震や台風などの外力を受けても基本性能が大きく劣化しない製品を開発するなど、その耐久性能に関心が高まっており、この規格の制定により自然災害に強い建具の性能を適正に評価することができ、より耐久性の高い製品の開発が促進され、ひいては、建築物の省エネルギー性能の向上と地球温暖化対策に資することが期待される。そのためには、この規格が製品規格の性能項目として引用されることが望まれる。

また、経済産業省の委託事業においては、JISの開発と並行して国際標準の開発を進めている。自然災害に対する多くの知見を有する日本製品の性能が、同様の自然災害が多いアジア諸国を中心に、海外市場において適正に評価される環境を構築するため、ISO規格の発行に向け、日本サッシ協会が取り組んでいる。

なお、この規格で開発した試験装置は、カーテンウォールなどの簡易的な面内変形試験装置としても使用できる。試験装置の詳細に関しては、本号の試験設備紹介を参照されたい。

参考文献

- JIS A 1532：2023, 建具の面内変形性試験方法
- JIS A 4702：2015, ドアセット
- JIS A 4706：2015, サッシ
- JIS A 1516：1998, 建具の気密性試験方法
- JIS A 1521：2018, 片開きドアセットの面内変形追従性試験方法
- JIS A 1530：2015, 建具の開閉繰返し試験方法
- JIS A 1414-2：2010, 建築用パネルの性能試験方法-第2部：力学特性に関する試験
- ISO 24084：2022, Curtain walling- Inter-storey displacement resistance- Test method
- 建築工事標準仕様書・同解説 JASS14カーテンウォール工事

author



和田暢治

総合試験ユニット 企画管理課 参与

<従事する業務>

総合試験ユニットの品質管理業務など、日本サッシ協会の試験規格部会、国際標準化部会委員

面内変形試験後の気密性や水密性等の基本性能維持・確認が可能に 建具の面内変形性試験装置

1. はじめに

今回、当センターに新規導入した試験装置は、JIS A 1532 (建具の面内変形性試験方法) を制定するにあたり開発された試験装置です。

本稿では、最近の地震の状況やJIS A 1532の制定の経緯及び概要、建具の面内変形性試験装置について紹介します。

2. 最近の地震の状況

日本周辺では、**図1**の様に陸のプレート及び海のプレートが各2つあり、陸のプレートの下に海のプレートが1年あたり数センチの速度で沈み込んでいます。このため、複数のプレートに複雑な力がかかっており、世界でも有数の地震多発地帯になっています。2022年を例に挙げると、1年間で体に感じる地震の回数が多かったのは、1位 宇都宮、2位 水戸、3位 福島、4位 東京となっています。**図2**は、日本周辺の震央分布図になり、2023年10月の30日間に発生した震源地の分布になります。日本で過去から今までに観測されている震源地は300万箇所以上あり、地震発生回数は、体に感じない地震を含めて年間約15~20万回、その内体に感じる地震は年間約2000回起こっており、日本全国どこにいても地震に対する備えが必要ということが分かります。

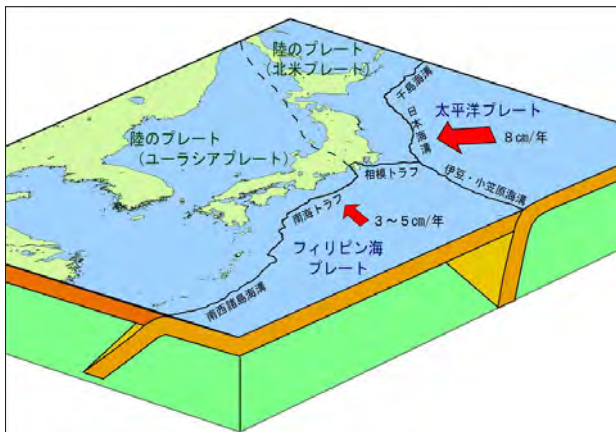


図1 日本付近のプレートの模式図

3. JIS A 1532制定の経緯及び概要

JIS A 1532の試験方法が制定される以前、建具の性能維持を確認する試験方法は、JIS A 1530 (建具の開閉繰り返し試験方法) があり、製品規格のJIS A 4702 (ドアセット) 及びJIS A 4706 (サッシ) で引用されていました。また、建具の面内変形に関する試験方法はJIS A 1521 (片開きドアセットの面内変形追従性試験方法) がありました。各試験方法の目的は、前者が建具の機械的耐久性の確認、後者が戸の開放性の確認となっています。

このようにJIS A1532制定以前は、地震・台風などの外力を受けた後に、気密性、水密性といった建具の基本性能が維持されているかを確認する試験方法は確立されていませんでした。そのため、建具が地震による面内変形に耐え得る程度を確認する面内変形試験、これに加えて面内変形履歴後の開閉力、気密性、水密性といった基本性能を維持する程度を確認する面内変形履歴試験を含む建具の面内変形性試験方法を制定することになりました。

試験規格の概要に関しては、本号の規格基準紹介を参照ください。

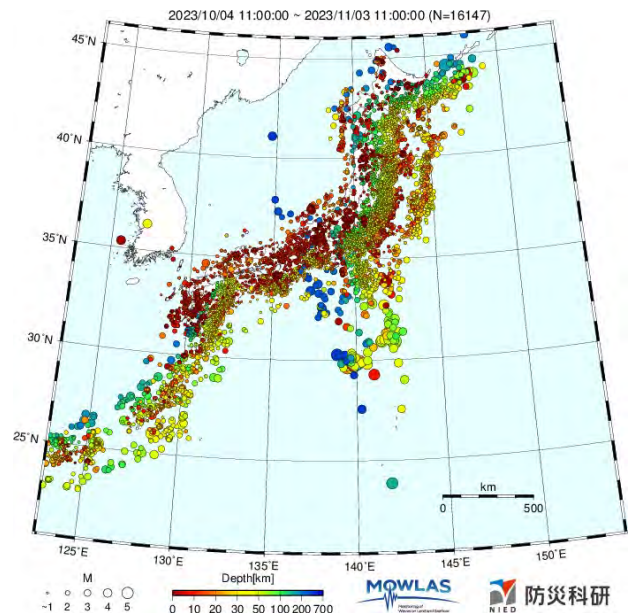


図2 震央分布図

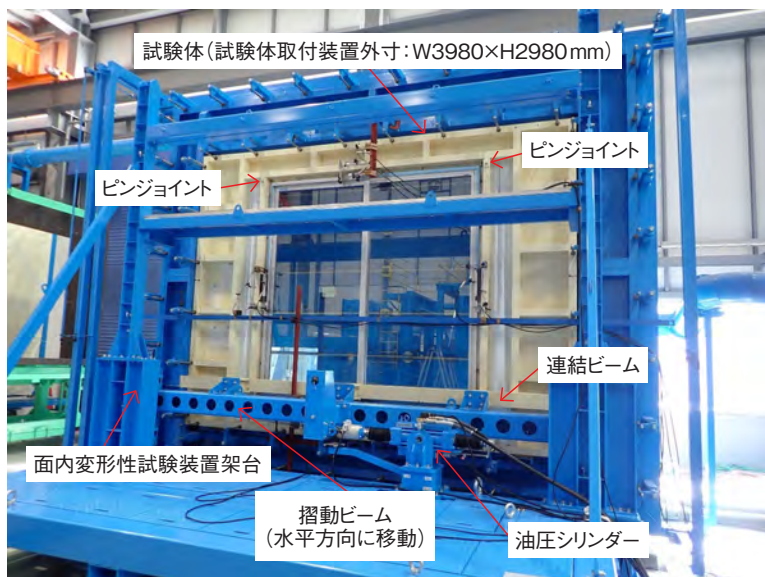


写真1 試験装置全景

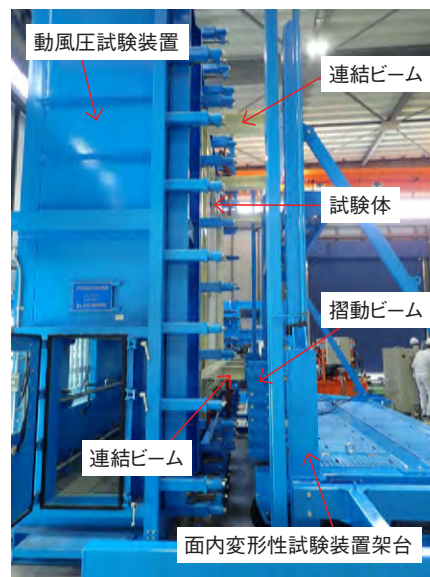


写真2 動風圧試験装置と組み合わせた状態

4. 建具の面内変形性試験装置について

建具の面内変形性試験装置を写真1及び写真2に、仕様を表1に示します。試験装置は、油圧サーボシリンダー、油圧ポンプユニット、面内変形性試験装置架台、制御機器等で構成されています。この試験装置は、試験体に静的面内変形をかけることはもちろんの事、動的に面内変形をかけることも可能な試験装置となっています。加えて、当センターが所有する動風圧試験装置と組み合わせることによって、試験体の移動、運搬、付け外し無く、風圧や層間変位を受けた後の気密性や水密性の性能確認など、相互の影響を考慮して試験を行う事が可能となっています。

5. おわりに

本稿では、当センターに新たに導入した建具の面内変形性試験装置を紹介しました。この試験装置を用いることにより、建具の基本性能を維持する程度を確認する試験が可能となりましたので、試験のお問い合わせ、お申込みをいただければ幸いです。

表1 主要機器の仕様

| 主要機器 | 仕様 |
|-------------|--|
| 油圧サーボシリンダー | 静的シリンダーストローク： ±100mm 動的シリンダーストローク： ±75mm 0.33Hz(3秒周期) ±50mm 0.5Hz(2秒周期) ±25mm 1.0Hz(1秒周期) |
| 油圧ポンプユニット | AC200V、15KW |
| ロードセル | 50kN |
| 面内変形性試験装置架台 | 本体加力台 摺動レール |
| 制御・電気機器 | 加振制御コンピュータ及びソフトウェア 油圧シリンダー用デジタルサーボアンプ ロードセルアンプ ペーパレス記録計 アナログ関数発信機 操作盤 動力制御盤 |
| 面内方向耐荷重 | 9.8kN |
| 試験体最大重量 | 2t |

参考文献

- 1) JIS A 1532 : 2023, 建具の面内変形性試験方法
- 2) JIS A 4702 : 2021, ドアセット
- 3) JIS A 4706 : 2021, サッシ
- 4) JIS A 1530 : 2014, 建具の開閉繰返し試験方法
- 5) JIS A 1521 : 2018, 片開きドアセットの面内変形追従性試験方法
- 6) 気象庁 HP 地震発生のしくみ, https://www.data.jma.go.jp/egev/data/jishin/about_eq.html (参照 : 2023.11.03)
- 7) 防災科学研究所 HP, Hi-net 自動処理震源マップ <https://www.hinet.bosai.go.jp/hypomap/?ft=1&LANG=ja>
NIED Hi-net : <https://doi.org/10.17598/NIED.0003>
(参照 : 2023.11.03)

author



宮下雄磨

総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ 主査

< 従事する業務 >
開口部材の気密性・水密性・耐風圧性試験、送風散水試験など

【お問い合わせ先】

中央試験所 環境グループ

TEL : 048-935-1994 (直通) FAX : 048-931-9137

骨材の系譜

工学院大学 名誉教授 阿部道彦

vol.3 海砂

1. はじめに

今回は海砂で、前回少し説明した砂のうちの1種である。海砂はその塩分量をどのように規制するかについて多くの検討が行われ、現在に至っている。ここでは主としてその経緯について述べ、加えて最近の海砂の採取および除塩の状況の一例を紹介してみたい。

2. 海砂とは

海砂の定義・意味については、すでに本連載の2で触れたが、関連する様々な用語が使用されてきている。表1にはその概要を時系列で示したが、1950年代までは海砂といえば海岸の砂を意味していたようで、文献により浜砂という呼び方もされていた。1960年代になり、高度経済成長により骨材需要が急激に伸びてくると、常時海水に浸っている砂、すなわち海底の砂が海砂の主流となっていく。日本コンクリート会議（現日本コンクリート工学会の当初

表1 海砂に関する用語の経緯

| 発表年 | 使用された用語 | 発表者または機関 |
|------|----------------------------------|------------------|
| 1888 | 塩砂、海砂 | 曾禰達蔵 |
| 1935 | 浜砂 | 日本ポルトランドセメント業技術会 |
| 1954 | 海岸砂（浜砂、河口砂〔河口川砂、河口浜砂〕） | 大島久次（建設省営繕局） |
| 1955 | 海砂（波打ち際から0～100m） | 狩野春一（東京工業大学） |
| 1956 | 海砂（浜砂、河口砂） | 大島久次（建設省営繕局） |
| 1966 | 海岸砂利 ^{注1)} | 通産省 |
| 1968 | 海砂利 ^{注1)} （海浜地および海域に賦存） | 砂利採取計画認可準則 |
| 1969 | 海岸砂丘砂 | 柳場重正他（金沢大学） |
| 1973 | 海底砂 | 福岡通商産業局 |
| 1973 | 海浜河口砂 | 佐治泰次他（九州大学） |
| 1974 | 海砂（海底砂、海浜砂、砂丘砂、河口砂） | 日本コンクリート会議 |
| 1976 | 海砂、浜砂（砂丘砂を含む） | セメント協会 |

の組織）の報告書¹⁾では、海砂を表1に示す4つに分類しているが、セメント協会の報告書²⁾では、海砂は海中および満潮時には海水に浸る可能性のある海岸から採取するものとし、浜砂は海岸に隣接し、直接海水に浸らないもので、砂丘砂などを含むとしており、また、河口砂は川砂に分類している。

3. 目地モルタル用の砂として

明治になって西洋からわが国に入ってきた建築技術で建てられた建物は、当初は煉瓦造や石造などの組積造が主であった。これらの組積造では、煉瓦や石を接合するための目地にモルタルを使う必要があり、そこには砂が必要であった。当時はまだ品質の優れた河川産の砂（川砂）が豊富に存在したと推測されるが、わが国は周囲を海で囲まれ、かつ、都市は海岸に隣接して発達していたので、地域によっては海砂（海岸砂）を使いたいという要望が出てくるのは自然の成り行きだったといえる。

当時は、「塩分を含んだ砂を用いると、モルタルは濡れたままで固まらないし、壁が何となく湿っぽいので住人には不健康であり、壁の表面には白泡が吹き出してくる」³⁾ため、海砂は敬遠されたようであるが、1888年に曾禰達蔵は、どのモルタルもこのような結果になるわけではなく、石灰モルタルの中のある種のモルタルには不適であるが、その他のモルタルにはむしろ適当であることを化学的に詳述している⁴⁾。

4. 鉄筋コンクリート用の砂として

4.1 端島の鉄筋コンクリート造アパート群

わが国でコンクリート造の建物がつくられたのは19世紀末で、20世紀に入ると鉄筋コンクリートの橋が、次いで建物がつくられるようになる。そして前述の日本コンクリート会議の報告書によると、海砂が使用されたと考えられる初期の建物としては、長崎県端島（通称、軍艦島）の鉄筋コンクリート造アパート群（写真1）がある。これらは大正初年（1912）から昭和にかけて建設されており、潮風



写真1 端島の鉄筋コンクリート造アパート群
（写真提供：（一社）長崎県観光連盟）

や調査および施工上の不具合と相俟って著しい鉄筋腐食が生じているとされている。

一方、同報告書では、他の構造物の調査結果も踏まえて、入念な施工を行えば海砂を使用してもコンクリートの耐久性を弱めることはないことを指摘している¹⁾。

4.2 建築学会の仕様書における砂の塩分の規定

1923年の建築学会の建築工事仕様書では、コンクリート工事に用いる砂は、川砂で塩気の混入や付着などのないものとしている。1929年の同じく建築学会のコンクリート及び鉄筋コンクリート標準仕様書では、鉄筋コンクリートに用いる砂は塩類を含まないものとしている。これが1942年の仕様書まで続くことになる。

戦後、1950年の日本建築学会の鉄筋コンクリート標準仕様書では、「鉄筋コンクリートに用いる骨材は、有害量の塩分を含まないものとする」となり、有害量という言葉が挿入されることとなる。そしてこれが、1952年のJASS 5に踏襲されることとなるが、有害量の具体的な数値については示されず、次項に述べる狩野春一博士らの実験を待つこととなる。

4.3 狩野春一博士らの実験

(1) 海岸砂の塩分含有量の調査

1954年に大島久次は、狩野春一博士の指導の下、鉄筋コンクリートに用いる海岸砂の塩分含有量の限度について、当時の飲料水の塩化物イオンの許容限度である30mg/L²⁾を適用し、コンクリート中の砂の量の平均を640kg/m³、単位水量の平均を225kg/m³として食塩NaClに換算した値を求め、砂に対する塩分含有量の限度を0.00174%としている⁵⁾。

$$225 \times 30 / 10^6 \div 640 \times 58.5 / 35.5 \times 100 \div 0.00174\%$$

そして、神奈川県久里浜海岸で波打ち際からの距離と採取深さごとにNaClの含有量を調べている。

さらに、神奈川県相模湾で海岸砂を河口砂（河口川砂、河口浜砂）と浜砂に分けて、合計6箇所について採取箇所での砂の塩分含有量を調べ、河口川砂1箇所については塩分含有量がなかったが、他の5箇所は0.005～0.01%程度となっており、前述した0.00174%をはるかに超える結果を得ている⁶⁾。

(2) 溶液中における軟鋼片の腐食実験

大島は図1に示す3cm×3cm×1mmの軟鋼片の片面1cm×1cmを残して塩化ビニルを塗布した供試体を、NaCl濃度0～4%に変化させた14種類の蒸留水石灰飽和溶液と無石灰溶液中に各2個浸漬し、3ヶ月目の結果から錆の発生限界について、蒸留水石灰飽和溶液の塩分濃度「0.02%から0.05%の間が錆発生限界であると一応認められる」と述べている⁷⁾。

この結果に基づき、コンクリート中の含塩砂（海砂のこと）が混合水（練混ぜ水のこと）に溶解した場合を考えると、混合水の塩分含有率Nは、上記(1)で用いた砂の量と

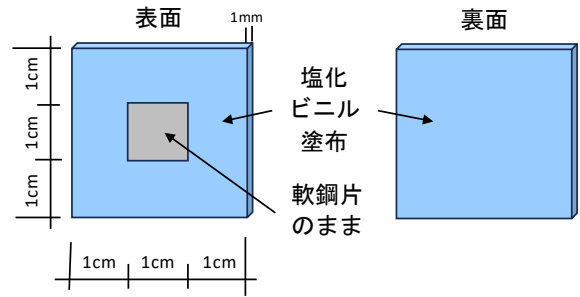


図1 腐食実験に用いられた軟鋼片供試体

単位水量および砂の塩分含有量の調査結果から、

$$N(\%) = 640 \times (0.005 \sim 0.01) / 225 \\ = 0.0142 \sim 0.0284$$

さらに、現場では混合水に水道水を使用するので、水道水のNaCl許容限度Pは、

$$P(\%) = 0.003 \times (23+35.5) / 35.5 = 0.0049$$

よって、現場で使用されるコンクリートの混合水は、

$$N+P = (0.0142 \sim 0.0284) + 0.0049 \\ = 0.0191 \sim 0.0333 \div 0.02 \sim 0.03$$

そして、「この数値と今回の実験結果である錆発生限界値、0.02%と0.05%の中間値を対比し、東京都に搬入されている海岸砂の大部分は概ね錆の発生を起こさない限度に近いものであることが察知されよう。」と述べ、これらを砂に対する塩分含有量に換算して、「海岸砂の塩分限度(じょげんど)Aは、A≒0.01%前後である」としている⁸⁾。

このうち、小島武らにより図2に示すような引抜鋼丸棒(丸鋼のこと)を用いた実験が行われ、その結果からある程度の食塩の含有は許されることを示唆しているが、安全をみて大島らの限度(じょげんど)に限定しておくのが安全としている。

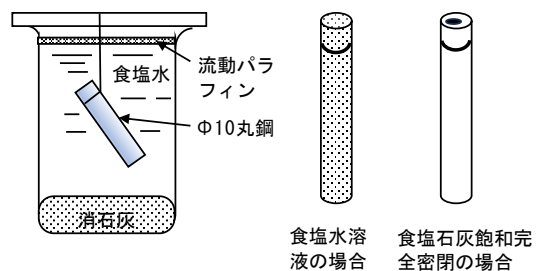


図2 腐食試験装置と試料(丸鋼)の腐食状態

これらの成果に基づき、1957年版のJASS 5に砂の塩分の許容限度が、細骨材の絶乾重量に対してNaClとして0.01%と規定された。

ここまでの実験は、主として塩水中での鉄筋の腐食を調べるものであったが、1970年代からは塩分を含むコンクリートに鉄筋を埋め込んだ供試体を用いて、促進試験または暴露試験により鉄筋の腐食状況を調べる方法に切り替わっていく。図3には筆者らが行った実験を例示する。

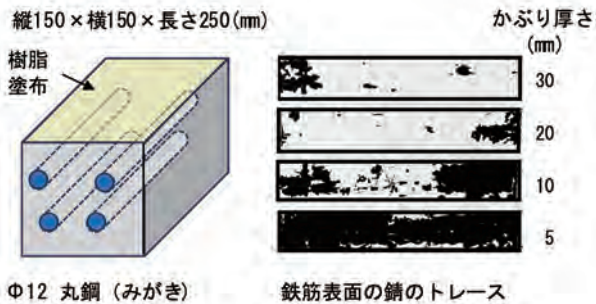


図3 鉄筋入りコンクリートによる腐食試験

4.4 日本コンクリート会議の調査研究

JASS 5における砂の塩分規定は当時のわが国における唯一のもので、海岸砂のように塩分量の比較的小さいものを対象にしていたように思われる。その後、骨材需要の急激な増加により、海岸砂以外の海砂の使用量も増加することとなり、海砂中の塩分の規定の見直しが各方面から要望されていた。

このため、1972年に日本コンクリート会議は、海砂に関する調査研究委員会を設置して、文献調査、海砂使用の実態調査、海砂使用の構造物の調査および海外における海産骨材の使用状況の調査を行った。

図4は、生コンにおける海砂使用の経過を示したもので、生コンに一番早く海砂を使用したのは北海道で1961年のことであり、翌1962年からは西日本で海砂が使用され始め、その後急激に増加していることがわかる。

図5は、海砂を海底砂、海浜砂、砂丘砂および河口砂の4つに区分し、地域ごとにどの海砂が使用されているかを示したもので、西日本はいずれの地域においても海底砂が

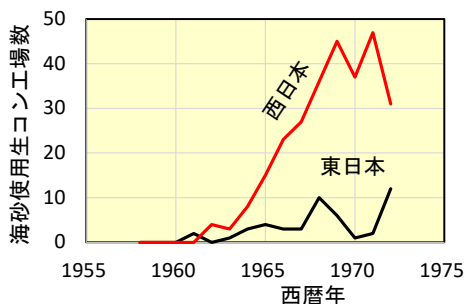


図4 海砂使用生コン工場数の推移

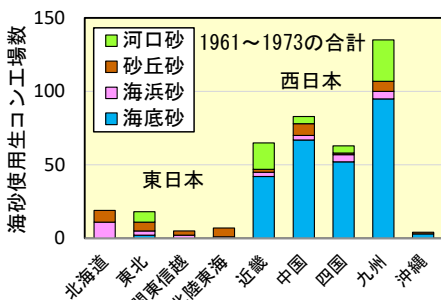


図5 地域別使用海砂の種類

卓越していることがわかる。海底砂は、前回の連載で紹介したように、海底からポンプなどで砂を吸引し、船中または陸揚げしたあとに洗浄するものである。

そして、構造物の実態調査や海外の基準の調査などを踏まえて、「塩化物含有量の限度は、構造物の設計施工全般にわたって何らかの措置を講じることを条件として、基準として砂の絶乾重量にたいし、NaCl換算で0.1%以下とする。」としている⁹⁾。

4.5 1975年のJASS 5の改定

1975年にJASS 5では、骨材の仕様を級別に3種類に分け(I級、II級、III級)、細骨材中の塩分については、I級は0.02%以下、II級とIII級については、鉄筋の防せい(錆)のために必要な措置を講じることを条件に、0.1%に緩和している。

解説では「石灰飽和溶液中での食塩による軟鋼の腐食に関する化学的および電気化学的手法による研究によれば、食塩の濃度が細骨材中の塩分に換算して0.03~0.04%が発せいしない上限であることが確認され、これにもとづいて細骨材の絶乾重量に対して塩分(NaCl)の含有量を0.02%以下とすれば、鋼材の発せいに関しては実用上安全となる。」として、I級の0.02%の根拠を述べている。

II級とIII級の0.1%の根拠については解説に触れていないが、日本コンクリート会議の調査研究によるものと思われる。そして、0.02%を超える場合の措置として、水セメント比、かぶり厚さ、防せい剤、亜鉛めっき鉄筋および表面仕上げによる対応をあげている。

4.6 1977年の建設省住宅局建築指導課通達

このころになると、諸官庁・公共団体等の仕様書に塩分量の規定が盛り込まれるようになるが、それらの規定は図6に示すように不統一なものであった。このため、建設省建築技術審査委員会「コンクリート細骨材塩分問題専門委員会」は、その後の鉄筋コンクリートの調査・検討にもとづき、細骨材中の塩分が0.04%以下であれば、特別な措置を講じなくてもよいとする見解を示した。そして、昭和52年に建設省住宅局は標記通達を出し、細骨材中の塩分は原則0.04%以下とし、これを超える場合の措置を、0.04

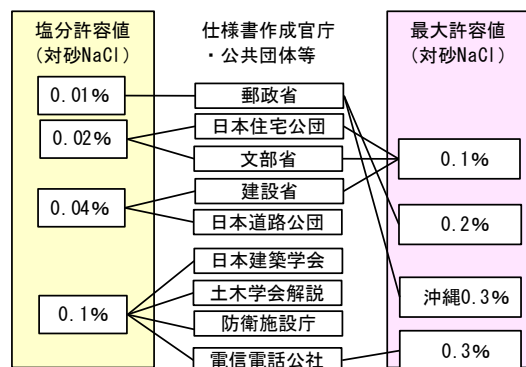


図6 各種仕様書における塩分許容値 (1977年頃)

%を超え、0.1%以下の場合と、0.1%を超え、0.2%以下の場合について示した。

4.7 1978年のJIS A 5308の改正と1979年のJASS 5の改定

1978年にはJIS A 5308(レディーミクストコンクリート)が改正され、骨材の附属書が設けられて、建築用骨材については細骨材中の塩分NaClは0.04%以下とし、これを「超すものについては購入者の承認を得るものとする。ただし、その限度は原則として0.1%とする。」と規定された。

翌年には、上記の建設省住宅局の通達およびJIS A 5308の改正を考慮してJASS 5が改定され、1975年版のI級の砂に対する塩分0.02%が0.04%に変更された。II級とIII級について0.04%を超える場合の措置は1975年版と同様である。

4.8 NaCl総量規制の提案

これまでは細骨材、特に海砂を対象にその塩分量を規制する方針で規定が考えられていたが、1980年の日本建築学会大会で「鉄筋の腐食に関与するのは、コンクリート中の塩分含有量であるので、塩分の規定に関しては、コンクリート単位容積中に含まれる塩化物のNaCl換算値によるのがよい。」との提案がなされている。そして、コンクリートの単位細骨材量を750kg/m³と仮定し、この値を細骨材中の塩分含有量に乗じて表2に示すコンクリートの塩分含有量を求めている¹⁰⁾。

表2 コンクリート中の塩分含有量の規定値

| 細骨材中の塩分含有量 (NaCl %) | コンクリート中の塩分含有量 (NaCl kg/m ³) |
|---------------------|---|
| 0.04 | 0.30 |
| 0.1 | 0.75 |
| 0.2 | 1.50 |

4.9 建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」における検討¹¹⁾

1980年代にコンクリートの早期劣化が顕在化して、1985年に標記プロジェクトが開始された。このプロジェクトでは、塩害、アルカリ骨材反応および施工に起因する不具合の3つの課題が検討された。塩害には、潮風や融雪剤のように外部からもたらされる塩分による塩害(外部塩害)と海砂などの使用材料による塩害(内部塩害)があるが、特に建築の分野では後者の内部塩害が検討された。

(1) 外観目視による劣化度実態調査

建設年代と海岸からの距離により区分して無作為に抽出された全国4363棟の建築物について、特定行政庁、地方建設局等の担当者による目視調査で、鉄筋露出が見られた棟は691棟であった。これらのうち、海砂使用の有無が判別された466棟について方位および部材の種類ごとに劣化グレード分けして点数を付け、竣工後の経過年数と竣工年

の同じ建築物の劣化度の平均の関係を海砂使用の有無によって区別して表示したものが図7である。これによると、海砂を使用していない場合には、竣工後の経過年数が10~15年以降、劣化の進行が遅くなるのに対し、海砂を使用した場合には、劣化の進行が止まらないという傾向のことがわかる。

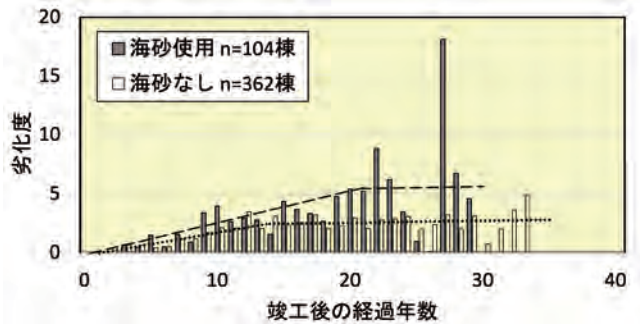


図7 劣化度に及ぼす海砂使用の影響

(2) 海砂使用の判別

コンクリート構造物に海砂が使用されたかどうかを判別するとき、設計図書により海砂使用が確認できない場合には、構造体からコアを採取し表面から1~2cmごとに輪切りにして塩分分析を行い、コンクリート中における塩分の分布から判別するのがよい。図8に示すように、潮風の影響を受けるところでは、表層の塩分量が高くなるが、奥のほうまで塩分量が高い場合には海砂を使用していると判断してよい。また、海砂を使用している場合にはコンクリートの破断面に貝殻が認められるので、それでも確認することができる。

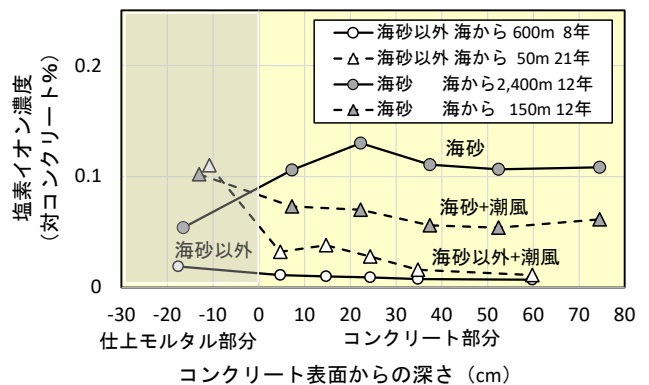


図8 コンクリート中の塩素イオン濃度の分布

(3) コンクリート中の塩分量が鉄筋腐食に及ぼす影響

図9は、海砂または海砂以外の砂を用い、海岸からの距離が800m以上の建物、すなわち潮風の影響を受けにくい建物について、コンクリートの塩分量と鉄筋の腐食の状況を調査した結果のうち、かぶり厚さ20~39mmで鉄筋が中性化域にないものを抽出して示したものである。これによると、コンクリート中の塩分量、すなわち海砂の塩分量

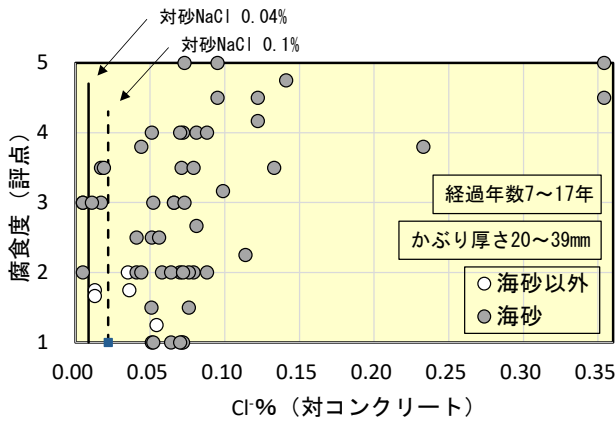


図9 海砂の塩分量と鉄筋腐食の関係

が多くなると、鉄筋は腐食しやすくなることがわかる。なお、塩化物の少ない領域においても、腐食の認められる場合があることから、単に塩化物を少なくするだけでは腐食を抑制することができない場合のあることにも留意する必要がある。

また、図10は鉄筋を塩分量(砂に対するNaCl量)の異なるコンクリート中に埋め込んだ試験体を用いて行った促進試験の結果を示したもので、これによると塩分量0.04%では20サイクルでも鉄筋に腐食は生じていない。

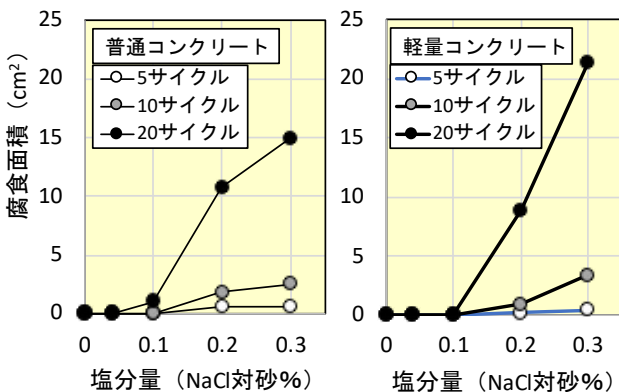


図10 塩分量と鉄筋の腐食面積の関係

(4) 塩化物総量規制値の設定

総量規制値は、前述した昭和52(1977)年の建設省住宅局の通達における対砂NaCl 0.04%および0.1%を基準とし、これらに他材料からコンクリートにもたらされる可能性のある塩化物イオン量を加えて定められている。その規制値の算出過程を以下に示す。

まず、単位細骨材量を 800kg/m^3 としてNaClをClに換算すると、

$$800 \times 0.04/100 \times 35.5/58.5 = 0.194\text{kg/m}^3$$

$$800 \times 0.1/100 \times 35.5/58.5 = 0.485\text{kg/m}^3$$

化学混和剤は、無塩化物タイプを用いる。

セメントは、セメント協会の試験結果によると、普通ポルトランドセメントの塩素イオン含有量は最大0.015%なので、単位セメント量を 350kg/m^3 とすると、

$$350 \times 0.015/100 = 0.0525 \approx 0.053\text{kg/m}^3$$

水は、塩素イオン濃度の規定値が200ppmなので、単位水量を 200kg/m^3 とすると、

$$200 \times 200/10^6 = 0.040\text{kg/m}^3$$

以上を合計すると、他材料からの塩素イオン量は、

$$0.053 + 0.040 = 0.093\text{kg/m}^3$$

したがって、塩化物総量規制値はそれぞれ次のようになる。

$$\text{対砂NaCl 0.04\%} : 0.194 + 0.093 = 0.287 \approx 0.30\text{kg/m}^3$$

$$\text{対砂NaCl 0.1\%} : 0.485 + 0.093 = 0.578 \approx 0.60\text{kg/m}^3$$

5. 海砂の採取と除塩の現状

2000年前後から始まった瀬戸内海における海砂の採取規制により、現在海砂は、主として北部九州、鹿児島、沖縄で採取されている。今回、博多において海砂の採取に関する情報を得る機会があったため、ここに紹介する。

海底砂の採取は、当初はガット船と呼ばれる小型のバケット方式の船により浅海で行われていたが、環境問題などで周辺海域での採取が困難となってからは、大型のポンプ船(海砂採取船)に切り替えられている¹²⁾。

九州北部に位置する玄界灘には現在7か所の海砂採取場があり、写真2に例示する海砂採取船で海底の砂を採取している。写真3は、海砂採取船の模型で、海底に降ろされた巨大な水中ポンプ(写真4)で吸い上げられた砂は、写真5に示すように選別機により貝や砂利が網ふるいにより除去される。除去された貝や砂利などは、海水の汚濁を防ぐため、海中に拡散させることなく海底へ戻される。砂はいったん船倉に貯められ(写真6)、帰港後、船に設置されたバケットまたはベルトコンベヤーにより岸壁の集散場に荷



写真2 海砂採取船の例

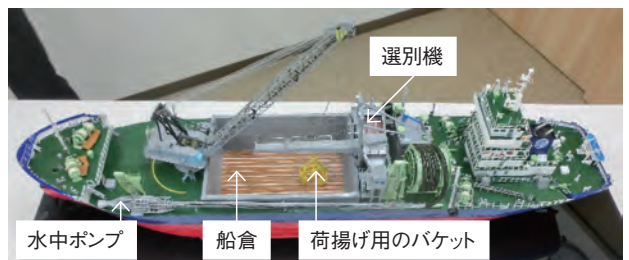


写真3 海砂採取船の模型

揚げられる(写真7)。

荷揚げされた砂は、写真8に示すように用途に応じて粒の大きさ別にふるい分けられ、粒度調整される。

採取された海砂の除塩は、以前は陸上に設置された受水タンク(写真9)の工業用水を用いて、採取船の着岸後に船上で散水(写真10)により行われていたが、現在では荷揚げされたあと写真11に示すように散水により行われている。この除塩設備の底部には砂利と網ふるいが敷かれており、散水により砂の中を通過した水が底部からポンプにより排水されるようになっている。なお、除塩方法の詳細については、他の方法も含め、文献¹³⁾を参照されたい。

塩分試験は場内に設置された骨材試験室(写真12)で毎日行われ、塩分測定器(写真13)によりJIS A 5308の規格値0.04%より厳しい0.02%以下となっていることが確認されたのち、コンクリート用の海砂として出荷されている(写真14)。砂の骨材試験成績書は半年に1回発行されている。

6. おわりに

海砂の使用に端を発した塩分の規制は、紆余曲折を経ながら海砂の塩分量の規制からコンクリートの塩化物量の規制へと移行していった。その間、コンクリートの各構成材料の生産者は塩化物量の含有の少ない製品の製造に努力され、海砂においても現在では0.02%以下という1975年版JASS 5のI級に相当する塩分量を達成している。骨材、特に細骨材の逼迫が叫ばれて久しいが、海砂も貴重な資源の一つとして現行の品質を維持しながら需要に対応していくことが望まれる。

謝辞

本稿執筆にあたり、宇都宮大学名誉教授榊田佳寛先生より資料の提供を受けました。また、博多海砂採取協同組合事務局長小野芳裕氏より最近の海砂採取状況について詳細な情報の提供を頂き、全国生コンクリート工業組合連合会技術委員会委員長の鶴田達哉氏、同連合会常務理事の原田修輔氏には現地視察の仲介の労をとっていただきました。記して謝意を表します。



写真4 水中ポンプ



写真5 選別機による貝殻・砂利の除去¹²⁾



写真6 水とともに砂が船倉へ



写真7 バケットによる荷揚げ

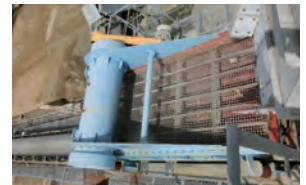


写真8 ふるい分けと搬送



写真9 受水タンク



写真10 船上散水による除塩



写真11 陸上散水による海砂の除塩



写真12 骨材試験室



写真13 塩分測定状況



写真14 除塩されたコンクリート用の海砂

注

注1) 砂利採取法第2条で、砂利は(砂及び玉砕を含む)としている。

注2) 1957年に水道法が制定され、水質基準が200mg/Lに改正される前の基準である。

参考文献

- 1) 日本コンクリート会議 海砂に関する調査研究委員会：海砂に関する調査研究報告書，1974.3
- 2) セメント協会：コンクリート専門委員会報告 F-28, 細骨材の品質調査報告，p.2, 1976.12
- 3) 池永博威：砂や砂利も亦た鶏肋に非なるなり，建築雑誌，Vol.101, No.1248, 1986.7(鶏肋とは、鶏のあばら骨。大して役に立たないが捨てるには惜しいもの。三国志演義で劉備と対峙した曹操が夕食時につぶやいたとされることば)
- 4) 曾禰達蔵：塩砂を灰泥に用ゆるの利害，建築雑誌，No.15, pp.30-36, 1888.3 (灰泥とはモルタルのこと)
- 5) 大島久次：鉄筋コンクリート用骨材として海岸砂の使用について，日本建築学会研究報告，No.27, pp.7-8, 1954.5
- 6) 大島久次：同題(その2)，日本建築学会研究報告，No.29, 第1部 昭和29年度秋季大会，pp.7-8, 1954.10
- 7) 狩野春一，大島久次，小島武：鉄筋コンクリート用骨材としての海岸砂の使用について(その3)，日本建築学会研究報告，No.31, 第1部 春季大会号 pp.7-8, 1955.5
- 8) 狩野春一，大島久次，小島武：同題(その4)，pp.9-10, 1955.5
- 9) 国分正胤：海砂に関する調査研究中間報告，コンクリート・ジャーナル，Vol.12, No.4, pp.99-101, 1974.4
- 10) 岸谷孝一，友沢史紀，福士勲：海砂使用上の技術基準に関する研究(その1) 研究概要および技術基準の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，pp.25-26, 1980.9
- 11) 建設省住宅局建築指導課監修：コンクリートの塩化物総量規制とアルカリ骨材反応対策，日本建築センター，1986.8
- 12) 骨材資源工学会：骨材資源ハンドブック，上巻，pp.126-127, 2019.12
- 13) 岡村宏：海砂利採取の現状と将来，資源・素材学会誌，108, No.5, pp.341-344, 1992



profile

阿部道彦

工学院大学 名誉教授・工学博士

1952年 札幌生まれ

専門分野：コンクリート工学



メールニュース配信中

機関誌の発行は、メールニュースでお知らせしております。

メールニュースの登録はウェブサイトから。

<https://www.jtccm.or.jp/>

JTCCM

検索

【お問い合わせ先】

経営企画部

TEL：03-3527-2131

E-mail：kikaku@jtccm.or.jp

機関誌「建材試験情報」は、以下のURLから閲覧いただけます。

<https://www.jtccm.or.jp/publication/tabid/720/Default.aspx>



部門紹介



総合試験ユニット 中央試験所 環境グループ

心身ともに元気ハツラツ

1. 業務内容の紹介

環境グループではグループリーダーを含め16名の職員がおり、3部門体制（動風圧部門・熱湿気部門・音部門）で、雨・風等の屋外環境に関する安全性や、音・熱・湿気等の室内環境に関する快適性に関わる様々な試験を行っています。使用する試験装置・機器類は270アイテムを超え、50mm×50mm（熱湿気部門、建築材料の平衡含水率測定等）の小型部材から、5m×4m（動風圧部門、窓・壁の耐風圧性試験等）の大型部材の試験まで幅広く実施しています。また、これらの試験装置・機器類は定期的な校正や点検により維持管理を行うとともに、試験のお問い合わせ内容や試験状況を勘案し、逐次更新や追加、見直しも行っています。日々、様々な試験に対応するため担当部門を超えた調整や引き継ぎなど、3部門の連携が欠かせません。

新型コロナの影響もあり環境グループでも「働き方改革」がかつてない勢いで進みました。WEB会議サービスによる会議・打合せはもちろん、動風圧部門に導入した観察カメラでは、WEB会議サービスから遠隔地のお客様でも試験状況等を観察することが可能となりました。一方、職員は、大型の試験装置を扱うことも多いためテレワークはなかなかできない状況ですが、環境グループ内の一部試験機器についてデータ通信システムを構築化したことにより、離れた試験棟（図1）にある機器を自席のパソコンを用いて遠隔操作で遅延なく試験することも可能となりました。

導入した観察カメラや通信システムなどを活用することにより業務の効率化・省力化を図りつつ、日々、試験品質の確保と向上、お客様への丁寧な対応をモットーに業務を行っています。

2. グループの雰囲気

ITに関する知識と情報に豊富な職員が多いです。また、お客様の様々な要望も柔軟な発想で都度検討し応えようとする、チャレンジ精神のある雰囲気です。

業務外では、近隣の公園や施設でフットサルやテニス、園芸、野球といった部活動を環境グループのメンバーが中心となって行っていたり、日々筋トレに勤しむ職員もいたり、心身ともに元気ハツラツなグループでもあります。

チャレンジ精神と元気ハツラツな環境グループは、お客様のご意見・ご要望にお応えすることが出来るよう日々努力しております。是非、お気軽にご相談・お問い合わせください。



図1 環境グループの試験棟配置図



写真1 環境グループファミリー

最終回：漆喰編、そして建材への道のりは続く

工学院大学 教授 田村雅紀

1 はじめに

2024年の新年号となります。そして、この1月の能登半島地震で被災に遭われた皆様に心よりお見舞い申し上げます。この「建材への道のり」は2016年に連載が始まり、今回の第17回で最終回となります。地球の資源が芽となり成長するこの大好きな建材の話題を、多くの読者の皆様とともに少しばかりでも共有できたかと思うと大変有り難い気持ちになります。

さて今回の漆喰（しっくい）は、石灰岩や貝殻などの炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を焼成して得た生石灰（ CaO ）に、水分を加えて消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ として用いる材料です。建物の荒壁に中塗りを施し、最後の表面仕上げの段階で漆喰仕上げとする場合は多く、古くから民家の蔵や城郭など様々な建物の外壁を築くための左官材として用いられました。今日まで、建物の意匠に大きく影響を与えつつ、その使用性・耐久性が確保され、伝統性を有する遺産的建造物として残されていく上で重要な役割を果たしてきました。

2 漆喰の歴史

漆喰は、紀元前のエジプト文明において、ピラミッドでも使用されたといわれており、古代ギリシャ・ローマ時代には、世界的に有名なアクロポリス神殿などにも使用された。その用途は建造物に限らず、消石灰に生乾きの状態で無機顔料を加え、気中での炭酸化に従い安定した色彩を放つようになるフレスコ画（イタリア語で「新鮮」の意味）は、ヨーロッパを中心に広まった。国内では、江戸時代になまこ壁や、鍍絵（こてえ）などが登場し、明治時代の洋館建築における室内天井の装饰材料やバルコニーなどの外装材料として受け継がれることとなった。

3 漆喰の製造・性質

漆喰の主な原料は、国内で自給可能な鉱物資源といえる石灰岩を使用する。漆喰の種類は、大きく分けて2種類あり、石灰岩を工業的に焼成キルンで生石灰化し、その後水を加えて消化して製造する工業灰と、伝統的な漆喰仕上げ製法として用いる塩焼き灰を用いたものがある。

図1に塩焼き灰の製造フローを示す。地中に掘った土中窯に、石灰岩と石炭を層状に重ね入れ、岩塩を加えた上で時間をかけて焼成した後に、湿気を吸わせて自然に消化させるとともに、藁すさを混ぜて発酵を促し製品となる。一般に、塩焼き灰は塗り性状が優れた漆喰になるといわれる。

漆喰の基礎的性質として、セメント製造と同様に、焼成



写真1 なまこ壁 (松崎・近藤家)



写真2 鍍絵 (伊豆長八美術館)



写真3 本瓦の漆喰目地 (姫路城)

表1 漆喰の歴史

| 年代 | 内容 |
|---------|---------------------------------------|
| BC2500年 | エジプト文明、ピラミッドで使用が確認 |
| BC1000年 | 古代ギリシャ・ローマ時代、アクロポリス神殿、ポンペイ遺跡の内装壁装飾に使用 |
| 700年 | 高松塚古墳壁画など、内部装飾等を漆喰で施工 |
| 1400年 | イタリアルネッサンス期、フレスコ画として確立 |
| 15世紀 | 戦国期、城郭建築の漆喰工法が確立、防火性と耐久性を確保 |
| 16世紀 | 江戸期、左官職人による鍍絵、漆喰細工が内装に普及・確立 |
| 19世紀～ | 明治期、洋風建築の室内・天井の装飾 |



図1 伝統的な塩焼き灰の製造フロー

過程で石灰岩の脱炭酸反応により、二酸化炭素を生じさせながら生石灰する原初的な化学反応に基づく生成法をその基礎としている。従って、水を付与して消化させ、最終的に漆喰仕上げとして建物に使用された後は、徐々に大気中の二酸化炭素を吸収して再び炭酸カルシウムに戻ることになる。漆喰は、仕上げ材として面的に使用されるため、同じく炭酸化するコンクリートと比較すると、単位重量あたりにしめる二酸化炭素を固定する量は格段に大きいといえる。

4 漆喰の施工・使用

表2に漆喰仕上げに用いる糊材と補強材を示す。漆喰は、つのみなどの糊材を煮出したものに、乾燥したすさを混

ぜ合わせ、消石灰と砂を併せて攪拌することで漆喰仕上げ材となり、建物の内外壁・天井に塗りつけられる材料となる。

漆喰仕上材の多くは、生漆喰をそのまま用いるが、色彩的な意匠性を高める場合、表3に示す各種顔料を混ぜて用いる場合があり、松煙黒漆喰、ベンガラ漆喰、群青漆喰などが有名である。これらの顔料は、耐アルカリ性の無機質のものを主としており、紫外線や温度変化に対しても著しい変色が生じにくく化学的に安定であるが、発色は鮮明ではない。一方、有機顔料は発色が鮮明で着色力も大きいが退色しやすい特徴がある。

表4に漆喰仕上げと様々な壁下地の関係を示す。漆喰仕上げなど左官塗りの壁下地に求められる性質として、使用時・地震時において強度・剛性を保つことができることや、有害なひび割れ・不陸・目違いがない左官塗りの種の

表2 漆喰仕上げに用いる糊材と補強材

| 分類 | 材料 | 内容 |
|------|-------|---|
| 糊材料 | つのみ | 春あるいは秋に採取した海藻類であり、根や茎などを除き1年程度乾燥させ、煮出した後の粘性のある液状で不溶解残分が25%以下のものを用いる。主に、土物壁ののり材として用いられる |
| | 銀杏草 | |
| | こなのまた | のりとして使用できる海藻類を粉末にした物。品質が安定している |
| | 水性樹脂 | メチルセルロースやポリビニルアルコールの白色粉末で、化成品のため、品質は安定しており、使用量も少量ですむ |
| 補強材料 | わらすさ | 荒壁用(きりわら): わらを3~9cmに切ったもの 中塗り用(もみすさ): わらを1~2cm程度に切りもみほぐしたもの 上塗り用(みじんすさ): わらを3mm程度にきり、節とり、あく抜きをして用いる |
| | 麻すさ | マニラ麻の繊維であり、強靱で夾雑物がなく、節をよくもみ解いて乾燥したもの |
| | 紙すさ | 日本紙・みつまた・こうぞによる繊維 |
| | さらしすさ | すさを漂白し、白くしたもの |

類に適した材質で、かつ錆や腐食による塗り層の脆弱化を生じさせないことなどが挙げられる。つまり、伝統的な価値や素材感ならびに美観のみが優先された結果として材料が選定されているわけではない。なお近年は、漆喰に特殊な混和材を含ませることで、機能性をもたせた仕上げ材とするような製品も実用化されており、2020年にはJIS A 6919（内装・上塗用既調合しっくい）として規格化が果たされ、新たな使用展開が期待されるといえる。

表3 色漆喰に用いられる主な顔料

| 色調 | 顔料の名称 | 主な発色成分 |
|----|----------------|---|
| 赤 | ベンガラ、合成酸化鉄 | Fe ₂ O ₃ |
| 橙 | 合成酸化鉄 | Fe ₂ O ₃ |
| 黄 | 合成酸化鉄 | Fe ₂ O ₃ 、H ₂ O |
| 緑 | 酸化クロム | Cr ₂ O ₃ |
| 青 | フタロシアンブルー | 有機顔料 |
| 紫 | 合成酸化鉄 | Fe ₂ O ₃ |
| 黒 | カーボンブラック、合成酸化鉄 | C、Fe ₃ O ₄ 、Fe ₂ O ₃ 、FeO |
| 白 | 酸化チタン | TiO ₂ |

表4 漆喰仕上げと様々な壁下地の関係

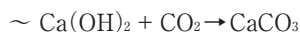
| 塗り工法 | 下地 | 現場打設コンクリート | PC部材 | れんが・コンクリートブロック | ALCパネル | 金網・ラスシート | 石こうラスシート | 木毛・木片セメント板 | こまい | 木ずり | セメントモルタル塗り | せっこうプラスター | こまい土壁塗り |
|-------|----|------------|------|----------------|--------|----------|----------|------------|-----|-----|------------|-----------|---------|
| | | | | | | | | | | | | | |
| 漆喰仕上げ | 内 | ● | ● | ● | ● | △ | × | △ | × | ● | ● | △ | ● |
| | 外 | ● | ● | ● | ● | △ | △ | △ | ● | ● | ● | × | ● |

備考) ●：標準仕様で適応し得る下地 △：特記により適応できる下地 ×：適応できない下地

5 漆喰の環境性

漆喰はセメントコンクリートと同様に、国内に数多く賦存する石灰岩CaCO₃を原料に、高温焼成を伴う下記の化学反応により、脱炭酸化したCaOを得て、これに水を付加することでCa(OH)₂を主成分とする硬化体として生成される。その後、大気中のCO₂が再び吸収されれば、最終的にCaCO₃として元にもどる性質を有している。

なお、国内の石灰岩は、3億年程度の昔にCO₂が固定化されて岩石となったものであるため、吸収と排出の期間がかけ離れている。そのため、現代の使用期間においては、バージンの石灰岩の燃焼に伴うCO₂の排出は地球温暖化への負荷となるが、長期に渡り使用し、再生材で完全に循環する仕組みを構築できれば、化学組成に起因した原料ベースでの炭素収支はカーボンニュートラルに向かうといえる。漆喰は、面的な施工を伴うことから、ある意味、短期間で多くのCO₂の吸収量を見込むことができ、さらに貝灰を原料とした漆喰であれば、海水中のCO₂を短期間で吸収したブルーカーボンの海洋生物殻を用いることから、ある意味、カーボンニュートラル建材により近い材料的性質を有しているといえる。



6 連載を終えるにあたり ～建材への道のりは続く～

今回、漆喰を題材にして建材への道のりを解説することができましたので、関連する炭酸カルシウム系の建材にまつわる話を最後にしたいと思います。

2022年8月に、NHK総合の「チョコちゃんに叱られる！」という番組で、チョコちゃんと建築仕上げの天井模様（トラバーチン模様）についてお話をする機会に恵まれました。同番組は2018年から続いている人気番組で、普段、当たり前と感じていることの中にある疑問を5才のチョコちゃんに解るように伝える内容となっています。ある日、番組の依頼とは知らず、恩師からのあまりに気軽なクイズ形式のような電話1本で相談があったので「それはトラバーチンですかね？」と発した一言で担当が決まってしまったのですが、普段、学生らと建材のことで盛り上がっている話題を、電波を通じて少しでも多くの視聴者に共有することも今後は必要かもと、前向きな姿勢に変わっていきました。

このトラバーチン（Travartine）ですが、石灰岩系の炭酸塩鉱物（CaCO₃：カルサイト、アラゴナイト等）を主に構成される堆積岩で、点々や縞（しま）模様が残っており、イタリアのローマにある「ティヴォリ（Tivoli）で産出された石」という意味があるようです。ヨーロッパの地殻は日本のような造山運動に伴う大きな変成を受けにくいことから、点々の縞模様は石材のテクスチャーとして残りやすく、コロッセオやトレビの泉など、今も残る有名建物にふんだんに利用されてきました。

さらに、先の起源の話になりますが、先カンブリア紀（地球誕生～5億年前頃）に、原初的な生き物であるシアノバクテリアが、海洋中のCO₂を吸収・固定しながら水中で繁茂・死滅を繰り返して炭酸塩岩と隣接して蓄積し、その空隙を含んだストロマトライトという岩石（化石）も発見されています。これらがトラバーチンの起源になっているようで、このバクテリア自身は、太古の昔に海洋に蓄積したCO₂を吸収・固定して、大気中に生命の源である酸素を生じさせる発端になったようです。このように1つの岩石



写真4 トラバーチンと
NHK 総合「チョコちゃんに叱られる!」の一コマ (2022.8.26 撮影)

からなる建材の理解でさえも、地球の地殻資源を用いている場合、その素材の太古の起源に関しては、単純に理解されるものではない、複雑なものになっていきます。

しかし、そのような建材でも、今に続く身近な側面も数多くあり、日本近海にもある珊瑚などは、先端のポリプ部で、植物である褐虫藻が光合成を繰り返し、栄養分として石灰を蓄積させて珊瑚礁を残してくれています。実際、国内では、太平洋プレートやフィリピン海プレート上に広く分布したハードコーラル塊を起源とする、列島全土を覆う程の広大な珊瑚起源の石灰岩堆積層が広がっています。これらは海嶺の盛り上がり・海溝の沈み込みの造山運動により、強固なユーラシアプレートにぶつかる際、強大な力で圧密・せん断作用を受けて隆起した「付加体」として今の陸地を形成することに繋がりました。その結果、国内で算出される石炭岩は、トラバーチン特有の縞模様や点々の空隙などは、岩盤圧で崩壊・消失していますが、緻密な石灰岩層として広く分布するに至っています。このように、太古からの普遍的な仕組みを、ひとつの石灰岩、更には漆喰という建材を介して垣間見ることができるのです。

そしてさらに、このトラバーチン模様を活かした建材利用への話になります。国内では1922年に石膏ボードの製造・販売が始まり、第二次大戦後は、安全で燃えない建材開発が急速に進み、岩綿を固化材で圧縮成形し、パネル化した岩綿吸音板が誕生した結果、トラバーチン（灰華石模様）に似たテクスチャーであるとする様子が広く伝えられました。現在は、耐火性以外の吸音性や意匠性のメリット



写真5 自宅のトラバーチンと
研究室の建材紹介コーナーとInstagram

なども示されて用途が拡大していき、トラバーチン風な模様の岩綿吸音板を、石膏平ボードに接着剤で貼り付けたものや、石膏ボードにトラバーチン風な模様を直接施したものなどが中心となり、地震大国である日本独自の軽量×耐火×意匠を踏まえた天井が構築されていったのです。

長い話となりましたが、「建材」は、日常的に生活者の目の触れることから、数多くの研究・開発の上で新たな変化を求めつつ、使い手の安全・安心さらには満足も生み出しながら、建築空間を守り・彩ることが必要と思われる。換言すれば、人との繋がりの中に、世の中の温故知新を踏まえた建材開発のベースがあり、そこには建物を生み、育む壮大な原動力が備わっていると思えるのです。これからも次代に必要な建材の誕生や生涯を見渡す長い道りを、関係各位とともに幅広く展開させていきたいと思えます。ありがとうございました。

参考文献

田村雅紀, 建材への道のり, 第1回~第17回, Vol.52,2016.8 ~ Vol.59,2023.9
野口貴文ほか, ベーシック建築材料, 彰国社, 2010
工学院大学田村研究室公式インスタ, <https://www.instagram.com/tamuken.lab/>, NHK 総合「チョコちゃんに叱られる!」



profile

田村雅紀
工学院大学 教授・博士(工学)

1973年岐阜県生まれ
名古屋大学卒業
東京大学大学院修了
東京都立大学助教を経て現職

吸音性能

1. 吸音性について

建築物に求められる音の性能として、「遮音性」と「吸音性」があることをこれまで紹介してきました。今回は「吸音性」について紹介します。

図1は物体に音が入射した際の音のエネルギーのやり取りを模擬した図です。物体に音が入射すると、一部のエネルギーは反射し、更に一部のエネルギーは物体内部に吸収されます。残りのエネルギーは物体を透過していきます。吸音性能では、この物体におけるエネルギーのやり取りを基に、「吸音率 a 」という値を(1)式で定義し、性能を比較しています。(1)式を見ると、吸音率は物体によって吸収された音のエネルギーと物体を透過した音のエネルギーの和と、入射したエネルギーとの比であることが分かります。

$$a = \frac{(E_i - E_r)}{E_i} = \frac{(E_a + E_t)}{E_i} \quad (1)$$

吸音率の値は、基本的に「0～1」になります。吸音率が0に近いほど入射した音と同程度の音が反射し、1に近いほど音の反射が無いということが分かります。

また、吸音率の値は、入射音の周波数や入射角によって変化します。JISでは入射角の違いにおける測定方法をJIS A 1405とJIS A 1409で規定しています。JIS A 1405では物体表面へ垂直に入射する垂直入射における測定方法を、JIS A 1409では

物体表面へ様々な角度で入射するランダム入射における測定方法を規定しています。今回は、当センターで測定を実施し、室内音響設計で主に用いられているJIS A 1409で定められているランダム入射による吸音率に関して紹介を行います。なお、JIS A 1409ではこの吸音率を「残響室法吸音率」と呼び、「 a_s 」という記号で表記しています。

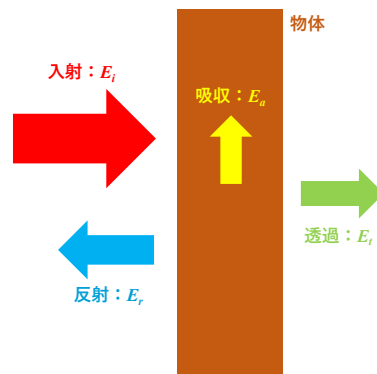


図1 物体への音の入射・反射・吸収・透過

2. 残響室法吸音率の測定方法

測定概要を図2に、当センターにおける測定実施の様子を写真1に示します。測定は以前紹介した不整形残響室(以下、「残響室」という)で行います。測定手順は、試料の有無における残響室の残響時間をマイクロホンなどで測定し、その結果を基に(2)式と(3)式を用いて、残響室法吸音率を求めます。

$$A = 55.3 \frac{V}{c} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

$$a_s = \frac{A}{S} \quad (3)$$

ここに、 A ：等価吸音面積 (m^2)

V ：試料を入れない状態における残響室の容積 (m^3)

c ：空気中の音速 (m/s)

T_1 ：試料を入れない状態における残響室の残響時間 (s)

T_2 ：試料を入れた状態における残響室の残響時間 (s)

a_s ：残響室吸音率 (-)

S ：試料の面積 (m^2)

測定原理は、残響室に試料を入れた状態と入れない状態における残響時間からそれぞれの等価吸音面積を求め、その差分を試料の等価吸音面積とみなします。なお、等価吸音面積は、「吸音力」とも呼ばれています。吸音力は、吸音率 a と吸音率 a をもつ材料の仕上面積との積で定義されています。このため、(3)式に示すように、(2)式によって求められた試料の等価吸音面積を試料の面積で除することで、残響室法吸音率を求めることができます。

先ほど紹介した通り、吸音率は物体によって吸収される音のエネルギーと物体を透過する音のエネルギーとの和によって決まります。このため、試料の設置条件により、同じ材料における残響室法吸音率の値に違いが生じます。この点を考慮し

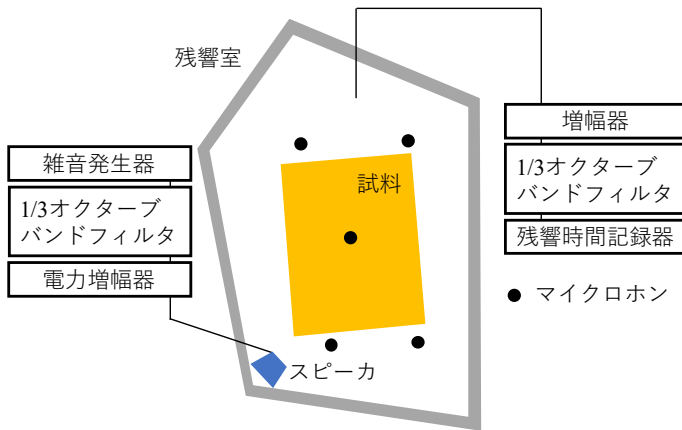


図2 測定概要



写真1 残響室法吸音率測定の様子

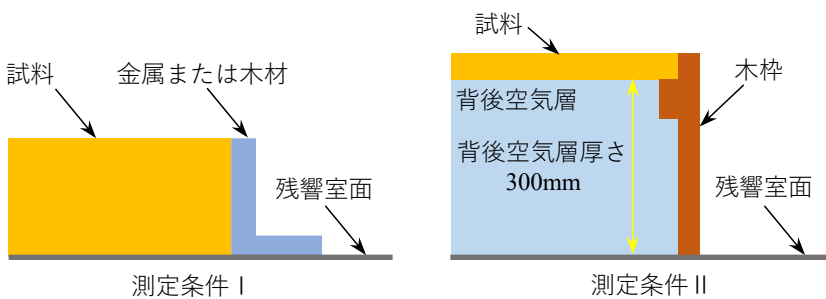


図3 標準測定条件 (JIS A 6301 附属書A)

表1 吸音性能による区分

| 吸音性能による区分 | 吸音率の値 |
|-----------|-------------|
| 0.3 | 0.21 ~ 0.45 |
| 0.5 | 0.41 ~ 0.65 |
| 0.7 | 0.61 ~ 0.85 |
| 0.9 | 0.81 以上 |

て JIS A 1409 附属書 D と、吸音材料の性能規定を行っている JIS A 6301 附属書 A において、試料の設置条件が規定されています。今回は JIS A 6301 附属書 A で規定されている試料の設置条件を紹介します。JIS A 6301 附属書 A に規定する試料の設置条件を図3に示します。測定条件 I は、残響室の床面に試料が接地した設置条件です。こちらの設置条件は、試料を透過する音の影響がない状態を再現しています。一方、測定条件 II は、試料の裏面と残響室の床面との間に空気層（以下、「背後空気層」という）が設けられた設置条件です。こちらの設置条件は、試料を透過した音が背後空気層内でエネルギー変化を起こす状態を再現しています。なお、どちらの測定条件においても、試料の側面から音が入射することが無いように、反射性の材料で覆うことになっていま

す。また、この反射性の材料が、試料の表面より上にはみ出さないことが規定されています。

3. 残響室法吸音率の評価

残響室法吸音率の評価の一例として、JIS A 6301 では吸音性能による区分を表1のように示しています。なお、表1に示す吸音率の値は、中心周波数 250 (Hz)、500 (Hz)、1000 (Hz)、および 2000 (Hz) における吸音率の値の算術平均値となっています。

吸音性能の表示例として、測定条件 I で測定した結果で吸音性能の区分が「0.7」を示した材料の吸音性能は、「0.7M」と表されます。

なお、先ほど紹介した通り、試験体の設置条件によって結果が異なるため、材料選定を行う際は実際の材料の施工状態を把握し、吸音性能を確認することが重要になります。

参考文献

- 1) 田中俊六, 武田仁, 足立哲夫, 土屋喬雄 共著: 最新 建築環境工学 (改訂版), 井上書院, 1985
- 2) 木村翔: 新建築技術叢書-9 建築音響と騒音防止計画, 彰国社, 1977
- 3) JIS A 1405-1: 2007, 音響管による吸音率及びインピーダンスの測定-第一部: 定在波比法
- 4) JIS A 1405-2: 2007, 音響管による吸音率及びインピーダンスの測定-第二部: 伝達関数法
- 5) JIS A 1409: 1998, 残響室法吸音率の測定方法
- 6) JIS A 6301: 2020, 吸音材料

author



森濱直之

総合試験ユニット
中央試験所
環境グループ 主査

<従事する業務>
建築部材の遮音性試験、
建築材料の吸音性試験
など

「巻頭言」を振り返って

Vol.1

1987年11月号 Vol.23 巻頭言より

私の

ここが選定ポイント!

今回の巻頭言の抜粋期間「1985年～1990年」は、昭和から平成への改元、バブル最盛期、コンクリートクライシスなど、話題に事欠かない時期である。

そんな時代背景の中、敢えて私が選んだ巻頭言は、1987年11月号に掲載された「試験雑考」である。機関誌発行当時、この巻頭言を拝読したか否か記憶は定かでないが、改めて拝読すると試験業務に携わる我々にとって大変興味深い内容である。読者の皆様にも是非一読して頂きたい。(真野)



巻頭言

試験雑考

太田 利彦*

人類文化の発達を促し、その時代を画してきたものは材料であった。木や石などの自然の材料に始まり、鉄・セメント・ガラスといった人工の材料の発達が技術を生み、それが産業、社会に影響を及ぼすことによって、新しい文化が築かれてきたというのは一つの定説でもある。

現在、先端技術といわれるエレクトロニクス・新素材・バイオテクノロジーあるいは超電導にしても、基本的には材料開発に多大なエネルギーが注がれている。技術は今後益々進歩するに違いないが、その前提として材料特性を如何に確認しておくかは常に必要となる。因みに、国立、私立を問わず多くの技術研究所が、その前身は殆ど材料試験所から出発しているのも、こうした事情によるのであろう。

材料試験が技術向上に果たす役割については比較的理理解しやすいが、一般に試験と聞くと、楽しい思い出のある人はどちらかといえば少ないのではあるまいか。人生はある意味では、有形、無形の試験の連続のようでもある。少なくとも幼児教育から始まって、一連の学校教育では受験がつきものであるし、世に出ればさまざまな資格試験が待ちうけており、受験の可否によって人生の進路に大きな変更を余儀なくされた人は多い。競走試験にせよ、資格試験にせよ、試験は確かにある種の客観性をもってそれなりの意味はあるが、人生の全てに影響を与えかねない所に問題がある。つまり試験が先にあるのではなく、それを可能とする一つの価値体系があるわけで、試験結果が元の価値体系を超えて意味をもってしまうことが困るのである。これは、一つには試験方法そのものに問題があり、試験の多くは採点するのに便利のように工夫が凝らされている。結果ははっきり出るが、結果をどう読むかについては、予めはっきりした約束はない。は

っきり出たことだけが意味をもち、結果の意味と如何故そのような結果になったかは余り問題にされない。人間のように複雑な属性を持つ場合、価値体系のはっきりした所だけで評価されると、なかなか浮かばれない人も出てくるわけである。それでは、試験を細分化し、より精緻にすれば全体像が明確になるかといえば、むしろ逆であることが多く、かつて中国で行われた官吏登庸試験の科擧も、厳しさでは知られているが完成した試験としては伝わっていない。今日では多変量解析などで各属性評価の相関を求めたりするが、全体像はなかなか掴み難い。イエスは神を試してはならないといわれたが(マタイ伝第4章)、人間でさえ試すことは難しいことなのであろう。

一般に材料試験が有効なのは、評価対象、前提となる価値体系や評価の尺度あるいは指標の意味が明らかだからである。しかし、本当に評価しようと思う対象の属性が適切にとらえられない場合も多く、何を評価しているのかわからなくなるのは人間の場合と変わらない。たとえば建築の場合、小学校低学年用教室にふさわしい雰囲気はどのような尺度で表わされるのだろうか。環境工学の専門家に尋ねると、温湿度・照度・彩度などの指標が示されるが、ここでは低学年児童の生活感情にふさわしい、楽しい雰囲気を評価対象にしたわけである。建材でいえば、この低学年教室にふさわしい床材料は、どのような試験でどのような指標が適切かを決めるのは難しい。もし、こうした内容が簡単な指標で示されるとしたら、これは試験方法の革命といってよいのではあるまいか。

こうなると試験が極めて創造的な手段として位置づけられてくる。試験が決められた性能を確めるというより、新しい性能を描き出すことになるからである。逆説的にいえば、試験方法の開発が新しい材料の開発を促すことになる。本来、人間の場合も試験はheuristic(発見的教育法)の一環としてあったはずである。

*清水建設㈱取締役 技術研究所長



「建材試験情報」の前身である「建材試験センター会報」が発刊されてから2024年で創刊60周年を迎えます。

これまで、機関誌では数多の記事を掲載してきましたが、その中の「巻頭言」記事から印象に残った記事を編集委員が選びました。当時へ思いを馳せてみてはいかがでしょうか。

1990年7月号 Vol.26 巻頭言より

巻頭言

窯業建材産業—今と昔

長田 直俊*

今年の4月、通産省生活産業局窯業建材課に課長として着任した。色々な方々に励ましの言葉をいただいたが、私は良く知っている人からは、時々、「返り咲きだね。」とか、「出戻りだね。」とかいって冷やかされる。

今から19年前の昭和46年、大学を卒業したばかりの（？）社会人一年生の私が、通産省に入省して最初に配属されたのが窯業建材課。当時は化学工業局に属していた。そして48年までの2年間、私は窯業建材課に在籍していたが、その2年間は、私にとってはほんのりのこと、日本経済にとっても今振り返ると大変大きな転換期であった。当時は、ちょうど高度成長期の終わり、第1次オイル・ショックの直前にあたっている。史上最長といわれたいざなぎ景気も終わり、ニクソンショックが順調だった日本経済の成長に大きな試練を投げかけた。円は、切上げそして変動相場制への移行と未知の航海に旅立つこととなる。こうした中で、沖縄の復帰、日中国交正常化、それに日本列島改造計画といった様々な変化が矢継ぎ早に起こっていった。そしてこれらが48年10月のオイル・ショックという大変化につながって行ったのである。産業政策上の課題としては、製品、技術、資本の自由化の進に加えて、公害問題、大都市集中問題への早急な対応も強く望まれていた。

昭和46年当時の窯業建材産業の主な出荷額をみると、セメント約3,500億円、生コンクリート約5,600億円、板ガラス約750億円、サッシ約2,100億円といったところである。

年月は経った。わが国は自由世界第2位の経済規模と国際的責任を有するようになった。高度成長期後の安定成長期を経て、今は内需拡大、輸入拡大を柱とした産業構造調整期ともいふべき時期にいらっている。「命とりと豊かさ」を実現するために、社会資本の充実が改めて脚光を浴びており、こうした環境下において、窯業建材

産業の役割も、質的、量的に一層の充実が求められている。

平成元年の出荷額は、セメント約9,300億円、生コンクリート約2兆2,200億円、板ガラス約2,800億円、サッシ約7,400億円。約20年の歳月が、それぞれの産業にこれだけの量的な変化を与えている。

20年という歳月はまた、窯業建材産業に質的にも大きな変化を与えたようである。着任以来、色々聞いてみて、浦島太郎の感を覚えたことが幾つもあった。板ガラスでは、普通板が無くなってほとんどフロート板になってしまった。セメントは、46年にわが国で開発されたNSPキルンが主流となった。スレートは、以前主流だった波板が急速に減少し、ほとんど平板となってしまっていた。当時ようやく実用化の端緒についたばかりだったカーボン・ファイバーは、今や一つの産業として立派に一本立ちしている。等々、数え上げればきりが無い。また色々な企業で、海外投資や企業買収が盛んになっているのにもびっくりした。窯業建材産業という何となく国内産業というのが、従来の大方の認識であったのが、どうしてどうして大変な国際ネットワークを有している。ニューガラス・フォーラム、ニューカーボン・フォーラム、建材産業協会等の活発な活動にも驚いた。若い方々、それも従来異業種といわれた人々が生き生きと議論を戦わせている。

窯業建材産業の将来は明るそうである。そして、消費構造の変化、技術革新と情報化の進展、国際化の展開等を的確に把握した業界や企業は、今後とも着実に成長していくであろう。

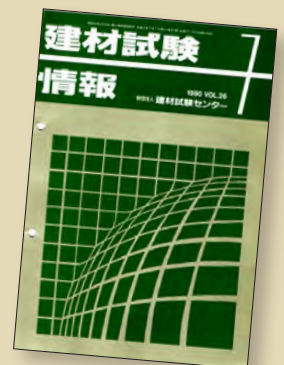
その健全な発展のために、それを支える機関としての建材試験センターにも大きな飛躍が期待されているといえよう。

今からまた20年後、この欄のために筆を執るのが楽しみである。

私の

ここが選定ポイント!

私が選んだ巻頭言は1990年7月号です。この巻頭言は、主にその時代の建設・建材業界における第一人者の方たちに、問題提起や展望などをお書きいただいております。その中で、当センターの理事長に就任されていた長田直俊様のお名前を見つけました。驚いたことに、その末文には「また20年後、この欄のために筆を執るのが楽しみである。」と締められています。・・・はい。20年ではなく18年後でしたが、筆を執っていただきました。(長坂)



* 通産省生活産業局 窯業建材課長
建材試験情報 7 '90

1990

建材試験情報

JTCCM JOURNAL — 2023 年年間総目次 —

| 項目 | 1・2月号 | 3・4月号 | 5・6月号 |
|---------------------------------|---|--|--|
| ご挨拶など | | 2023年度初頭のご挨拶 (渡辺 宏) 2023年度に向けて (松本 浩) | |
| 寄稿 | 竹炭に関する研究 その1 出会い、そして竹炭を混合した土壌の 保水性能の検討まで (石原沙織) | 建築用シーリング材の試験と 評価に関する最近の話題 (伊藤彰彦) | 建築物の火災拡大性予測手法に関する 研究 (大宮喜文) |
| 特集 | 建物の長寿命化に伴い求められる 建設材料の耐久性とその試験について | 日本におけるBIMの現状と今後の展望 | ISO審査本部及び製品認証本部の均一な サービスのご提供とDX化に向けての取り組み |
| | 塩水噴霧試験 (吉田仁美、徳永拓哉、松原竜馬) | 寄稿 BIMと最近の普及に向けた取り組み (武藤正樹) | |
| | 建具の閉開繰返し試験 (渡辺 一) | 寄稿 部品メーカーの立場からみた 建築BIMへの取組の方向性について (大前博昭) | 認証ユニット新基幹システム 「Baital (バイタル)」のご紹介 (田中 勝) |
| | 寄稿 建物の長寿命化に伴い求められる 建設材料の耐久性とその試験について (兼松 学) | 試験データを活用した BIMとの連携の可能性に関する調査研究 (泉田裕介) | |
| 技術レポート | | 埋込型ひずみゲージによるコンクリートの 長さ変化測定方法の検証 (齊藤辰弥) | 屋外用難燃処理木材の促進劣化を 考慮した火災反応性能の研究 (中村美紀) |
| 試験報告 | 塩水噴霧を行ったコンクリート供試体の 塩化物イオン濃度の測定 (岡田裕佑) | | 温度ヒューズ連動防火ダンパー (ガス圧式 遠隔復帰型) 用自動閉鎖装置の性能試験 |
| 試験設備紹介 | | 木質材料の曲げクリープ試験装置 (庄司秀雄) | ホイールトラッキング試験機 (萱田健太郎) |
| 規格基準紹介 | JASS 5 (日本建築学会・鉄筋コンクリート工事 標準仕様書) の改定の概要 (野口貴文) | JIS A 1490 [断熱材の熱拡散率試験方法 (周期加熱法)] の制定について (萩原伸治) | JIS A 5905 (繊維板) 及び JIS A 5908 (パーティクルボード) の 改正について (安岡 恒) |
| 連載 | 各種建築部品・構法の変遷 vol.20「各種建築構成部材の変遷の概略」後編 (真鍋恒博) | 建材への道のり vol.15 紙編 (田村雅紀) 研究を通して学んだこと vol.7 建築材料の衝撃破壊研究で学んだこと。 研究でも異分野交流を積極的に! (田中享二) 大樹七海の知財教室 Vol.3 商標権の理解が深まるとビジネスを 強化できる! (大樹七海) | 骨材の系譜 vol.1 骨材とは (阿部道彦) |
| 建材試験図鑑・ 業務報告・ 国際会議報告 | 工用材料試験編 その1 フレッシュコンクリートの 採取試験 (大樹七海 × 建介) ISO/TC146/SC6 (Air Quality/Indoor Air) バーチャル・オンライン会議2022報告 (Virtual Conference 2022) (伊藤一秀) | ISO/TC163/SC1 (Thermal performance and energy use in the built environment/Test and measurement methods) 会議報告 (武田愛美) | |
| 業務紹介・ 業務報告・ 事業報告・ 事業計画 | | カンボジア王国 (国土整備・都市計画・建設省) 試験研究所設立にむけた試験等の研修実施の報告 (佐藤直樹) | 2022年度 調査研究事業報告 (企画調査課) 2023年度事業計画 |
| 基礎講座 | コンクリートの試験の基礎知識 Vol.12 構造物の調査と試験の方法 (コア) (岡田裕佑) | | コンクリートの試験の基礎知識 vol.13 コンクリートに関する試験の重要性と 将来について (小山明男) 音と室内環境について vol.1 音の基本 (森濱直之) |
| 資格取得者紹介 | カーボンニュートラルについて考えるきっかけ ~ GHG検証主任者の資格取得を通じて~ (藤沢有未) | JIS品質管理責任者セミナー (専修科コース) 修了試験を受験して (緑川 信) | 「東京都知事の認定する建築材料試験業務 実務講習」を受講して (山本圭吾) |
| 部門紹介 | 工事材料試験ユニット 工事材料試験所 福岡試験室 | 総合試験ユニット 西日本試験所 | 総合試験ユニット 中央試験所 材料グループ |



| 7・8月号 | 9・10月号 | 11・12月号 |
|--|--|---|
| 竹炭に関する研究 その2 竹炭を混合した土壌の排水性能 (石原沙織) | 造る時代から維持管理、 リニューアルの時代へ(陸好宏史) | 防水アーカイブズ資料館(田中享二) 外装における木材利用 —屋外暴露試験2年の結果から— (古賀純子) |
| 特別企画 「新入職員と話そう!!」 | <p>建材試験センター創立60周年特集</p> <p>ごあいさつ(渡辺 宏)</p> <p>座談会 創立50周年からの10年間の軌跡と これからの未来へ(渡辺 宏、福水健文、 長田直俊、真野孝次、荒井常明)</p> <p>寄稿 建材試験センターとの係わりと 今後を見据えて(阿部道彦)</p> <p>寄稿 防耐火関係の性能評価をめぐる 諸情勢(河野 守)</p> <p>寄稿 創立60周年を迎えた建材試験センターへの 感謝と期待(小山明男)</p> <p>寄稿 創立60周年にあたり思うこと(齋藤宏昭)</p> <p>寄稿 環境配慮型の建築材料が求められる時代の 試験・認証に期待すること(鈴木澄江)</p> | <p>業務の効率化とお客様の 満足度向上にむけた取り組み</p> <p>寄稿 私がセンターと一緒にした仕事と 今後に期待すること(田中享二)</p> <p>寄稿 建材試験センターと“大学の先輩方” (中田善久)</p> <p>寄稿 建材性能評価の重要性と 今後の技術開発の動向(松本慎也)</p> <p>寄稿 建材試験センターへの期待—業界発展 への貢献を振り返りながら—(堀 秀充)</p> <p>発展計画2023の概要とこれからについて (松本 浩、西脇清晴、白岩昌幸、芭蕉宮 総一郎、丸山慶一郎、荻原明美)</p> <p>創立50周年からの10年間の軌跡 (2013年～2023年)</p> <p>工事材料試験所 新基幹システム 「CON-PAS(コンパス)」のご紹介 (工事材料試験所 企画管理課)</p> |
| 3年半にわたる曲げクリープ試験後の 実大曲げ試験(小森谷誠) | | |
| ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材の 性能試験(田坂太一) | | 止水板の衝撃試験(中里匡陽) |
| 不燃性試験装置(中村美紀) | 複層ガラスの加速耐久性試験装置(松原知子) | |
| JIS A 5406(建築用コンクリートブロック) の改正について(川上勝弥) | JIS R 3209(複層ガラス)の改正について(佐伯智寛) | ISO 24144 [Thermal insulation — Test methods for specific heat capacity of thermal insulation for buildings in the high temperature range— Differential scanning calorimetry (DSC) method] の制定について(武田愛美) |
| JIS A 5441(押出成形セメント板: ECP)の改正について(片本武志) | | |
| 研究を通して学んだこと Vol.8 根の肥大力研究から学んだこと: 研究協力者はどこにでもいる。 (田中享二) | 骨材の系譜 Vol.2 砂利・砂(阿部道彦) | 研究を通して学んだこと Vol.9 駐車場防水研究から学んだこと: 何事も我慢が大事(田中享二) |
| 大樹七海の知財教室 vol.4 価値ある商標権の取り方と 活かし方を知ろう!(大樹七海) | 建材への道のり Vol.16 竹材編(田村雅紀) | 大樹七海の知財教室 Vol.5「意匠」の権利って?どう使えるもの? ～意匠権について理解を深めよう!～(大樹七海) |
| 新基幹システム「IROHA」の運用を 開始しました(白岩昌幸) | | |
| JISマーク認証制度に関する 各種セミナーのご案内 | | |
| 優良断熱材認証制度における事業所審査 及び製品性能試験業務の紹介(馬淵賢作) | | |
| 2022年度下期「コンクリート採取試験 技能者認定制度」認定試験の開催 | | |
| 音と室内環境について Vol.2 音の評価(森濱直之) | 音と室内環境について Vol.3 遮音性能(空気音)(森濱直之) | 音と室内環境について Vol.4 遮音性能(衝撃音)(森濱直之) |
| | | 苦節十年の技術士(建設部門)受験体験記 (若林和義) |
| 認証ユニット 企画管理課・JIS認証課 | | 工事材料試験ユニット 工事材料試験所 横浜試験室 |

高所作業車運転技能講習を受講して

【総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 直井聡人】

1. はじめに

私が所属している中央試験所構造グループでは、実大部材を想定した中大規模の構造試験を主に実施しています。非常に大きな試験体・試験装置を相手にするため、安全対策には特に力を入れています。今回は、高所作業の安全性向上のために導入した高所作業車の紹介と、その操作のために必要な資格について紹介したいと思います。

2. 高所作業車とは？

高所作業車とは、「高所における工事、点検、補修等の作業に使用される機械であって、作業床及び昇降装置等により構成されており、動力を用い自走することができるもの」のことを言います。分かりやすいところでは、トラックの荷台にアーム状の昇降装置と、その先端に人が乗るためのカゴがついているトラック式というものがあります。私は電柱の電気工事や消防車等で見ただけですが、皆さんはいかがでしょう？ またその他にも、垂直のみに昇降する垂直昇降型というものもあり、これは主に屋内で使われます。

3. 高所作業車運転技能講習とは？

高所作業車を運転するには運転資格が必要です。運転する高所作業車の最高作業床高さが10m未満の場合は特別教育を、10m以上の場合は技能講習を修了する必要があります。これらはあくまで高所作業をするにあたっての資格ですので、先述したトラック式等を公道で運転する場合には、別途、自動車運転免許が必要になるのでご注意ください。

4. 技能講習の内容

次に、私が高所作業車運転技能講習を受けた際の具体的な講習内容を紹介します。講習は二日間行われ、初日は座学、二日目は実技を行いました。座学では高所作業車に関する基礎知識やその構造、取り扱い方法を学び、講義の最後に試験がありました。二日目の実技では、トラック式の高所作業車を操作し、空中に設けられた目標物目掛けて移動する練習を行いました。実際に数m上空まで移動し作業を行うので、高所恐怖症の方は大変かもしれません。実技についても最後に試験があり、座学と実技両方の試験を合格すれば修了証をいただくことができます。試験を受けた感想ですが、実技試験では制限時間が設けられるためど

うしても焦ってしまいました。ただ、何度かやり直しても十分合格できる時間設定でしたので、焦らず、正確に作業するのが合格の秘訣だと思います。

5. 構造グループの高所作業車

ここで、構造グループで使用している高所作業車を紹介します。構造グループでは、垂直昇降型の高所作業車（サイズは1m×1.8m程度、最高作業床高さ5.8m）を使用しています。主な用途は、面内せん断試験等で使用する大規模フレームの梁や加力ジャッキの組み替え作業、大型試験体の設置作業等です。作業内容や足元の状況は試験のたびに異なるため、小回りの利く機動性の高い高所作業車を採用しました。また、作業床はスライド式になっており、停車位置よりさらに外に張り出して作業を行うことができます。

6. おわりに

構造グループでは、近年ご依頼の増えている中大規模試験への対応として、大規模試験機の導入だけではなく、今回紹介したような設備・機器の導入にも力を入れています。「こんな試験はできないだろうか？」といった困りごとがありましたら、お気軽にご相談ください。



author

直井聡人

総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ
<従事する業務>
構造試験全般

中央試験所 新防耐火試験棟 見学会並びに披露宴を開催

[総合試験ユニット]

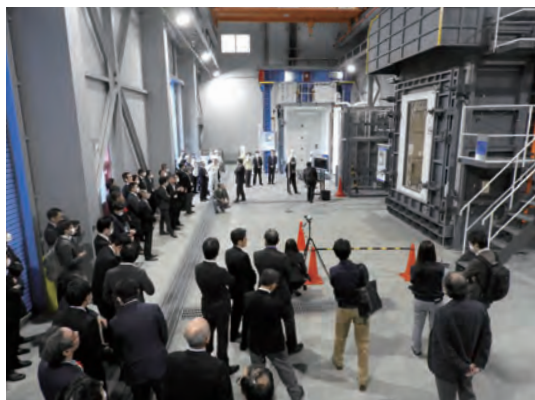
総合試験ユニット 中央試験所では、第二期施設整備事業として取り組んできた新防耐火試験棟が2022年3月31日に竣工し、棟内で稼働する試験炉等の新設を進めておりましたが、この度、すべての試験設備が完成しました。これを記念して、2023年12月8日に中央試験所において見学会並びに披露宴を開催しました。当日は、棟内施設や1号壁炉での火入れ式をご見学いただき、学識者、官公庁、関係団体、OBなど総勢約100名の方々にご臨席いただきました。

披露宴では、渡辺 宏 理事長より新試験棟建設に至る経緯や関係者の方々への感謝および今後の取り組みについて述べた後、来賓を代表して、国土交通省 住宅局 建築指導課 今村 敬 課長及び東京理科大学 河野 守 教授よりご祝辞を賜りました。

続いて、施工者である株式会社巴コーポレーション及び東和耐火工業株式会社に感謝状が贈呈され、松本 浩 常務理事・事務局長による乾杯で祝宴が始まりました。会場では、新しい試験装置や中央試験所の今後の取り組み、当センターの展望など、話題は多岐にわたり、和やかな雰囲気の中で歓談が行われました。

最後に、真野 孝次 常務理事・中央試験所所長からの御礼の挨拶により、竣工披露宴を終了しました。

なお、新防耐火試験棟の詳細は次号(2024年3・4月号)で紹介いたします。



新防耐火試験棟での火入れ式の様子



挨拶する渡辺 宏 理事長



国土交通省 今村 敬 課長によるご祝辞



東京理科大学 河野 守 教授によるご祝辞

各試験所および試験室への施設見学来訪情報

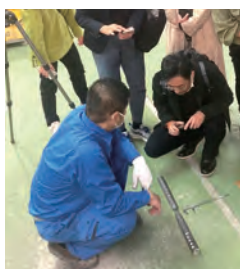
2023年10月～11月の期間に以下の方にご訪問いただきました。

常時、各試験所及び試験室への見学を受け付けておりますのでお気軽に以下の連絡先までお問い合わせください。
また、見学いただいた際の様子を当誌やSNSに掲載させていただける団体・企業の方、大歓迎です。

| 日付 | 来訪団体企業等 | 訪問先 | 目的 |
|---------------------|---|------------------|-------------------------------|
| 2023年11月15日 | 株式会社 風技術センター 本田工業事業所 | 中央試験所 | 品質性能試験施設の見学 |
| 2023年11月29日 | 株式会社ノムラークス | 工事材料試験所 船橋試験室 | 試験所の見学 |
| 2023年11月29日、 30日 | 山口県庁職員、山口県内の工務店、設計事務所、 構造設計事務所、製材所等(合計36名) | 西日本試験所 | 「やまぐちの中大規模木造建築設計者養成講座」 の開催 |



工事材料試験所の紹介



鉄筋の引張試験の解説



グラウトの圧縮強度試験の実演



改良土の一軸試験の実演

株式会社ノムラークス様の見学会の様子

当センターでは、各試験所および試験室への見学を受け付けております。
以下までお気軽にお問い合わせください。

[中央試験所]

へのお問い合わせ

総合試験ユニット 企画管理課

(所在地：埼玉県草加市)

TEL：048-935-1991

FAX：048-931-8323

[西日本試験所]

へのお問い合わせ

総合試験ユニット 西日本試験所

(所在地：山口県山陽小野田市)

TEL：0836-72-1223

FAX：0836-72-1960

[工事材料試験所]

へのお問い合わせ

工事材料試験ユニット 工事材料試験所 企画管理課

(所在地：埼玉県さいたま市 他)

TEL：048-858-2841

FAX：048-858-2834

〈ホームページからのお問い合わせはこちらから〉

<https://www.jtccm.or.jp/contact/tabid/518/Default.aspx>

Editor's notes

—編集後記—

新年明けましておめでとうございます。2020年度に編集委員長に就任して4年目となりました。コロナ禍による行動制限が解除されて以前の日常に戻りつつあるものの、インフルエンザやコロナ流行の兆しもあり、皆様におかれてはお身体には十分お気を付けください。

建材試験センターは創立60周年を迎え、本誌でも旧年の9・10月号において特集記事を発刊しました。センターや本誌に関わりの深い先生方からの寄稿や、この10年に理事長を務めた方々など新旧経営層による座談会の記事もありました。これまでを振り返りつつも、誌面には「これから」というワードが豊富にあり、将来の発展へ向けて有意義な内容となっていたと思います。

昨今はDX（デジタルトランスフォーメーション）ばかりで、職人さんの高齢化や新規入職者減の建設業界においては、DXを用いた生産性向上（というより生産性革命）が必須の課題となっています。確かにデジタル技術の恩恵は素晴らしいものがあります。例えばデータを保存するのに、私が学生だった30年前は3.5インチのフロッピーディスクであったものが、MO（光磁気ディスク）、CR-ROM、DVD、USBメモリへと進化し、保存容量は飛躍的に増大しました。さらに現在では、データをクラウド管理することが多くなり、ついこの間まで重宝していた

USBメモリさえ持ち歩くことはほとんどありません。話は少しそれますが、研究室の学生たちと話をするとなつしゅホンさえ知らないのに驚かされます。10数年前ですが実験室に黒電話（公衆電話のピンクや赤でも同じ）がまだ残っていて、「それで〇〇先生に電話して」と近くにいた学生に言ったら、「先生、この電話どうやってかけるんですか?」と言われた時もありましたが、デジタル技術の進展速度のすごさとともに、あっという間に古くなってしまふことの寂しさも感じます。

どんどん便利になっているので、今後の10年でどんな世の中になるのか楽しみです。ただ、建設という少し古くて固い業界において、DXによってどこまで工事や業務が効率化されていくのか課題も多いと思います。建設DX分野の研究に手を付けてみようかなと、今年の目標の一つとして少し考え始めたところです。

読者の方々におかれても、新年を迎え今年こそはと、それぞれの目標を立てていると思いますが、皆様楽しく・充実した生活を送れることを祈っています。また、建材試験情報についても、誌面をより充実したものとするよう努めますので、忌憚ない意見をお寄せいただければ幸いです。

(小山)

建材試験情報編集委員会

| | |
|------|--|
| 委員長 | 小山明男 (明治大学 教授) |
| 副委員長 | 芭蕉宮総一郎 (常任理事) |
| 委員 | 真野孝次 (常務理事) 荻原明美 (常任理事) 森田 薫 (総務部・経営企画部 部長) 緑川 信 (経営企画部 企画調査課 課長) 田坂太一 (経営企画部 経営戦略課 課長) 志村重顕 (経営企画部 経営戦略課 主査) 新井太一 (経営企画部 経営戦略課 主任) 数納宣吾 (経営企画部 企画調査課・経営戦略課・ 総合試験ユニット 中央試験所 構造グループ 主任) 武田愛美 (経営企画部 経営戦略課・企画調査課) |
| 事務局 | 長坂慶子 (経営企画部 経営戦略課 参事) 黒川 瞳 (経営企画部 経営戦略課) |

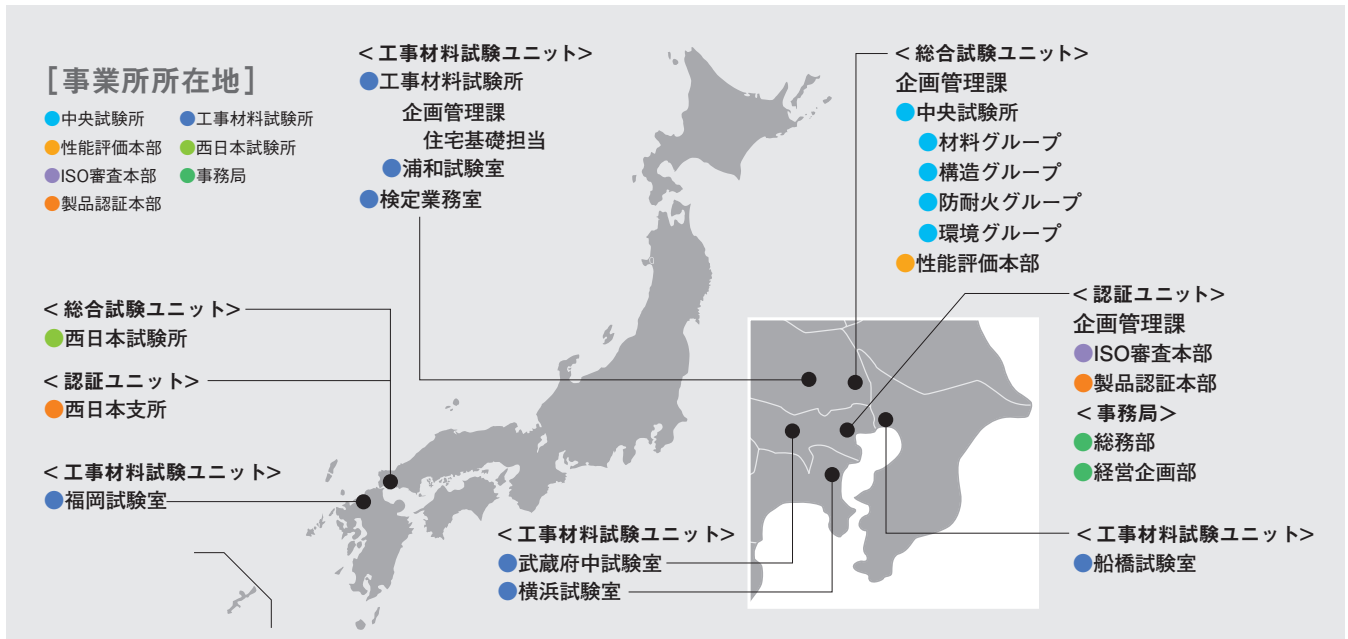
建材試験情報 1・2月号

| | |
|-----|---|
| 発行所 | 2024年1月31日発行 (隔月発行) 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1-10-15 JL日本橋ビル |
| 発行者 | 松本 浩 |
| 編集 | 建材試験情報編集委員会 |
| 事務局 | 経営企画部 TEL 03-3527-2131 FAX 03-3527-2134 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いたします。 |



ホームページでは、機関誌アンケートを実施しています。簡単にご回答いただける内容となっておりますので、ぜひ皆様のご意見・ご感想をお寄せいただければ幸いです。
<https://www.jtccm.or.jp/publication/tabid/670/Default.aspx>
または左記QRコードよりアクセスできます。

事業所一覧



< 総合試験ユニット >

企画管理課
〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-21-20
TEL : 048-935-1991(代) FAX : 048-931-8323

● **中央試験所**
〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-21-20
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 : 048-935-1720
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

● **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

● **性能評価本部**
〒340-0003 埼玉県草加市稲荷 5-21-20
TEL : 048-935-9001 FAX : 048-931-8324

< 認証ユニット >

企画管理課
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3249-3151 FAX : 03-3249-3156

● **ISO審査本部**
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3249-3151 FAX : 03-3249-3156

● **製品認証本部**
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 8階
TEL : 03-3808-1124 FAX : 03-3808-1128

西日本支所
〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川(西日本試験所内)
TEL : 0836-72-1223 FAX : 0836-72-1960

< 工事材料試験ユニット >

● **工事材料試験所**
企画管理課
〒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
住宅基礎担当 TEL : 048-711-2093 FAX : 048-711-2612
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

福岡試験室 〒811-2115 福岡県糟屋郡須恵町大字佐谷 926
TEL : 092-934-4222 FAX : 092-934-4230

● **検定業務室** 〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島 2-12-8
TEL : 048-826-5783 FAX : 048-858-2834

< 事務局 >

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-10-15 JL 日本橋ビル 9階
● **総務部** TEL : 03-3664-9211(代) FAX : 03-3664-9215
● **経営企画部**
経営戦略課・企画調査課 TEL : 03-3527-2131 FAX : 03-3527-2134

