

建築研究資料

Building Research Data

No. 169

March 2016

高強度領域を含めたコンクリート強度の 管理基準に関する検討

Examination for the control standard of concrete strength
including high strength region

棚野博之・鹿毛忠継・宮内博之・土屋直子
榊田佳寛・中田善久・大塚秀三・佐藤幸恵

Hiroyuki Tanano, Tadatsugu Kage, Hiroyuki Miyauchi, Naoko Tsuchiya
Yoshihiro Masuda, Yoshihisa Nakata, Shuzo Ootsuka, Sachie Sato

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan

はしがき

建築基準法第 37 条では、指定建築材料の品質は日本工業規格又は日本農林規格に適合するもの、または国土交通大臣の認定を取得したもの、と定めています。

コンクリートも指定建築材料の一つで、JIS A 5308-2003 (レディーミクストコンクリート) が指定されています。高強度コンクリートについては、JIS A 5308 の呼び強度 60 以下のものと国土交通大臣が認定したもの、これら 2 つの品質基準の異なるものが共存しているため、コンクリートの発注時および認証取得時にコンクリート製造者と施工者の間で若干の混乱が生じており、これらの関係を整理することが求められています。

一方、設計基準強度で 80N/mm^2 程度までの高強度コンクリートについては既に多くの認定実績があるため、それらの実績を踏まえて品質基準等の標準化を行い、建築基準法第 37 条第 1 号で国土交通大臣が指定する JIS として位置づけることで、認証手続きの負担軽減や現在の JIS A 5308 の高強度コンクリートよりも更に高強度で高品質のコンクリートの活用が要望されています。

このような背景から、平成 26 年度に実施された国土交通省建築基準整備促進事業 S16「指定建築材料ごとに国土交通大臣が指定する日本工業規格における高強度のコンクリートの追加に関する検討」において、高強度のコンクリートに関する既往の実験等の調査、S 値（構造体強度補正值）を定めるための試験方法および評価方法の検討、管理用供試体の養生条件と強度-セメント水比関係の設定に係る検討、建築用の高強度コンクリートの JIS 原案の検討、が行われました。

本資料は、既存の大臣認定で用いられた強度管理基準および方法の調査を行うと共に、多数の模擬試験体・管理供試体を用いて検証実験を行い、高強度領域のコンクリートの強度がセメントの種類や養生方法、気温等によって受ける影響を構造体強度補正值として整理し、高強度領域のコンクリートに必要な品質基準とその管理方法を取り纏めた貴重な資料です。

また、後半の第 II 編では、本検討作業で整理した既存の大臣認定の構造体強度補正值を用いて、設計基準強度 80N/mm^2 までのコンクリート強度の具体的な管理方法を強度管理要領(案)として提案しております。

今後、高強度領域を含むコンクリートの標準化とそれらを使用したコンクリート工事の品質管理において、これらの研究結果が活用されることを期待します。

平成 28 年 3 月

国立研究開発法人建築研究所
理事長 坂本雄三

高強度領域を含めたコンクリート強度の管理基準に関する検討

棚野博之¹⁾、鹿毛忠継²⁾、宮内博之³⁾、土屋直子⁴⁾
栢田佳寛⁵⁾、中田善久⁶⁾、大塚秀三⁷⁾、佐藤幸恵⁸⁾

概 要

本報告では、構造体コンクリートの強度管理方法の合理化を目的に、①高強度領域のコンクリートの製品規格を、建築基準法第 37 条 1 号の日本工業規格に指定するための技術資料の蓄積、②国土交通大臣認定の既存データおよび実験データを基に、使用材料、調合、コンクリート温度等の諸要因が構造体強度補正值に及ぼす影響についての技術資料の蓄積のために調査および実験を行った。

第 I 編で以下の 3 項目について記す。

- (1) 建築用高強度コンクリートの日本工業規格の構成と問題点についての検討結果
- (2) 打込み時期、結合材の種類、水結合材比、部材の種類を要因とした、構造体コンクリート強度と標準養生、現場水中養生、現場封かん養生した管理用供試体の強度発現性についての検討結果
- (3) 普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメント等を用いたコンクリートの構造体強度補正值(S)についての検討結果

第 II 編では、これらの調査および実験の結果を基に、セメントの種類、設計基準強度、養生期間中の平均気温ごとの構造体強度補正值(S)および構造体コンクリート強度の判定基準を含む、高強度領域を含むコンクリートの強度管理要領(案)を記す。

- 1) 建築研究所 材料研究グループ グループ長
- 2) 国土技術政策総合研究所建築研究部 建築品質研究官
- 3) 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員
- 4) 建築研究所 材料研究グループ 研究員
- 5) 日本大学 理工学部建築学科 特任教授
- 6) 日本大学 理工学部建築学科 教授
- 7) ものづくり大学 技能工芸学部建設学科 准教授
- 8) 東京都市大学 工学部建築学科 准教授

Examination for the control standard of concrete strength
including high strength region

Hiroyuki Tanano*¹, Tadatsugu Kage*², Hiroyuki Miyauchi*³, Naoko Tsuchiya*⁴,
Yoshihiro Masuda*⁵, Yoshihisa Nakata*⁶, Shuzo Ootsuka*⁷, Sachie Sato*⁸

Abstract

In this study, for the rationalization of management methods for concrete strength in structure, the following investigation and experiment were carried out; 1) Accumulating the technical data for specifying the product standards of concrete including high strength region in the Japanese Industrial Standards of Article 37, Paragraph 1 in the Building Standards Act, 2) On the basis of pre-existing data and experimental data certified by the Minister of Land, Infrastructure and Transport, accumulation of technical data concerning the effect of concrete conditions, which is material types, mixing design and concrete temperature etc., on strength correction value of concrete in structure.

In Part I, the following three topics are reported.

- (1) Investigation of framework and issues concerning high strength concrete provided in Japanese Industrial Standards
- (2) Examination of concrete strength development between the structure concrete and the test specimens with the following conditions; concrete placement time, types of binder, water-binder ratio and types of building component under standard curing, field underwater curing or field sealed-curing conditions
- (3) Examination of strength correction value of concrete (S) in structure using Ordinary Portland cement, Moderate heat Portland cement and Low heat Portland cement, etc.

Part II describes a draft control guideline of concrete strength including high strength region on the basis of these investigation and experiment in Part I.

*1 Director, Department of Building Materials and Components, Building Research Institute

*2 Research Coordinator for Quality Control of Building, Building Department, National Institute for Land and Infrastructure Management

*3 Senior Research Engineer, Department of Building Materials and Components, Building Research Institute

*4 Research Engineer, Department of Building Materials and Components, Building Research Institute

*5 Project Professor, Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University

*6 Professor, Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University

*7 Associate Professor, Department of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists

*8 Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo City

高強度領域を含めたコンクリート強度の管理基準に関する検討

－ 目次 －

第 I 編 高強度コンクリートの強度管理および標準化に関する研究

1. 序論

1.1 はじめに	1
1.1.1 建築基準法第37条に関連した課題	1
1.1.2 建築基準法施行令第74条および告示第1102号に関連した課題	1
1.2 実施体制	5

2. 高強度コンクリートの大臣認定の経緯と現状

2.1 高層鉄筋コンクリート造に使用する高強度コンクリート	6
2.2 日本工業規格と JIS A 5308 制定・改正の経緯	7
2.3 高強度コンクリートの大臣認定の現状	7
2.4 JIS A 5308 における高強度区分認証取得工場の実態	12

3. 建築用高強度コンクリートの JIS 規格化に関する検討

3.1 高強度コンクリートの JIS 化	14
3.1.1 第1案	14
3.1.2 第2案	14
3.2 高強度コンクリートの日本工業規格の追加の方針と課題	15
3.2.1 建築基準法・同施行令・同告示におけるコンクリート強度	15
3.2.2 建築基準法を補完する JASS 5 の規定	15
3.2.3 日本工業規格 JIS A 5308 におけるコンクリートの強度規定	16
3.2.4 日本工業規格に呼び強度 60 を超える高強度コンクリートを追加する場合の方法	16
3.3 コンクリート強度の合格判定基準	17
3.3.1 「椎名町アパート」の工事の品質管理における合格判定基準	17
3.3.2 JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の品質基準	17
3.4 建築用高強度コンクリート(案)と検討事項	18
3.5 国土交通大臣認定申請のための実機実験データの分析	21
3.5.1 標準養生強度と構造体コンクリート強度(コア強度)の差 S 値	21
3.5.2 セメント水比と圧縮強度の関係	35
3.5.3 各種要因別の標準的な S 値	48

3.6 水和反応モデルによる高強度コンクリートの強度発現の解析	54
3.6.1 はじめに	54
3.6.2 解析概要	54
3.6.3 試算の結果	54

4. S 値を求めるための実験的検討

4.1 はじめに	67
4.2 実験概要	68
4.2.1 実験の要因と水準	68
4.2.2 コンクリートの種類	68
4.2.3 模擬部材および供試体の概要	74
4.3 実験結果および考察	78
4.3.1 内部温度の測定結果	78
4.3.2 圧縮強度試験の結果	84
4.4 まとめ	88
4.4.1 履歴温度について	88
4.4.2 圧縮強度および構造体強度補正值について	88

5. まとめ

89

第Ⅱ編 高強度領域を含むコンクリートの強度管理要領(案)

1. 適用範囲	90
2. 概要	90
3. 構造体コンクリートの圧縮強度の検査	90
4. 報告	92

付録資料

付録資料1 建築用高強度コンクリートの日本工業規格に対するアンケート結果	付	-1
付録資料2 実験データ	付	-11
付録資料3 実験記録写真	付	-19

謝辞

第 I 編 高強度コンクリートの
強度管理および標準化に関する研究

1. 序論

1.1 はじめに

建築基準法施行令第74条「コンクリートの強度」では、設計基準強度との関係において安全上必要なコンクリートの強度を確認する場合に、国土交通大臣が定める基準に適合するものであることが規定されている。第74条「コンクリートの強度」に規定される国土交通大臣が定める基準とは、建設省告示(現国土交通省告示)第1102号のことである。

1.1.1 建築基準法第37条に関連した課題

建築物の基礎、主要構造部その他安全上重要である部分に使用する建築材料で国土交通大臣が定める指定建築材料は、建築基準法第37条によって国土交通大臣が指定する日本工業規格(JIS)に適合するもの、または国土交通大臣が基準に適合するものとして認定したものでなければならない。鉄筋コンクリート造建築物に使用するコンクリートについて国土交通大臣が指定しているJISは、現在はJIS A 5308-2003(レディーミクストコンクリート)である。JIS A 5308では、コンクリートの種類のうち普通コンクリートについては呼び強度45までが、また高強度コンクリートについては呼び強度60までが規定されている。したがって、呼び強度60の高強度コンクリートで対応できない設計基準強度の高強度コンクリートについては国土交通大臣が認定したコンクリートでなければならないことになる。高強度コンクリートについては、JIS A 5308に規定する高強度コンクリートの呼び強度60以下のJIS適合品と国土交通大臣認定品とが共存している状態にあり、これらの関係を整理することが必要である。

1.1.2 建築基準法施行令第74条および告示第1102号に関連した課題

建築基準法施行令第74条では、鉄筋コンクリート造建築物に使用するコンクリートの強度については、設計基準強度との関係において国土交通大臣が安全上必要であると認めて定める基準に適合するものでことと定めている。この安全上必要であると認めて定める基準については、昭和56年6月1日建設省第告示1102号(最終改正 平成12年5月31日建設省告示第1462号)(以下、告示1102号)および昭和56年6月15日建設省住宅局建築指導課発160号(コンクリートの強度に関する基準の制定について(通知))で次のように定めている。

- 1) コンクリートの圧縮強度試験に用いる供試体で現場水中養生またはこれに類する養生を行ったものについて強度試験を行った場合に、材齢が28日の供試体の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値以上であること。現場水中養生に類する養生とは現場湿砂養生である。
- 2) コンクリートから切り取ったコア供試体またはこれに類する強度に関する特性を有する供試体について強度試験を行った場合に、材齢が28日の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値に10分の7を乗じた数値以上であり、材齢が91日の供試体の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値以上であること。コア供試体に類する強度特性を有する供試体とは現場封かん養生した供試体である。

また、特別な調査または研究の結果に基づき構造耐力上支障がないと認められる場合は、上記1)、2)以外の規定に基づくことも認めている。

昭和56年に告示1102号が施行される以前は、いずれの種類の供試体の圧縮強度が設計基準強度の数値以上でなければならないかということについて法的な規定はなかったが、当時、日本建築学会の「建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」(以下、JASS 5)において現場水中養生や現場湿砂養生した供試体と規定されており、これが広く適用されていた。また、マスコンクリートの場合には、現場水中養生した供試体の強度は構造体中のコンクリート強度と類似の強度特性を有しないと

して、標準養生した供試体の圧縮強度を基に強度管理をすることとしていた。現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上でなければならないということから、JASS 5 では調合設計に際して予想平均気温によるコンクリート強度の補正值 T を定めていたが、寒冷期には温度補正值 T が大きくなり、材齢が 28 日以降の長期材齢で強度が高くなり、構造体中でバランスが取れないという弊害が指摘されていた。そこで、昭和 56 年施行の建築基準法施行令の改正に際して、コンクリート強度の管理基準を定めたときに、寒冷期における温度補正值を低減させるために長期強度（材齢 91 日）で強度管理を行う方法を定めることとなった。このとき、従来の JASS 5 で行われていた強度管理方法である現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度に加えて、コア供試体またはそれに類する強度特性を有する現場封かん養生供試体の材齢 91 日の圧縮強度による管理方法が規定された。さらに、材齢 91 日で設計基準強度以上という条件だけでなく、材齢 28 日で設計基準強度の 0.7 倍を満足することという条件が加わった。この理由として、材齢 28 日において構造体中のコンクリート強度は短期許容応力度（設計基準強度の 2/3）以上に達していることが必要である、ことが考慮されたと考えられるが、詳細は不明である。

一方、告示 1102 号が施行された昭和 56 年当時は、高強度コンクリートを使用した鉄筋コンクリート造による高層建築物の設計・施工の事例は極めて少なく、高層建築物は鉄骨鉄筋コンクリート造によって設計・施工されていたが、やがて流動化剤などの化学混和剤の開発にともなって施工性のよい高強度コンクリートが製造できるようになると大手建設会社を中心に高強度コンクリートを使用する高層建築物の設計・施工の事例が表れ始めた。このとき、高強度コンクリートの強度管理用の供試体には現場水中養生した供試体を使用されたが、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上であっても、構造体中でのコンクリートの強度は設計基準強度に達していないこともあり得るとして、昭和 61 年に改定された JASS 5 では、高強度コンクリートについては、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度の 1.1 倍以上であるときに合格とした。

高強度コンクリートを使用する高層の鉄筋コンクリート造建築物については、日本建築センターの高層鉄筋コンクリート造建築物の技術評価委員会（後に、技術指導委員会に移行）において設計・施工法の審査が行われ、特に施工法については実大の柱および柱・梁接合部を模擬した部材の施工実験が行われ、高強度コンクリートが確実に充填され、構造体中の圧縮強度（コア供試体の圧縮強度）が材齢 28 日または 91 日以内に設計基準強度以上になっていることを確認することが求められた。また、1988 年～1993 年度の建設省総合技術開発プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」（以後、NewRC 総プロという）では、高強度コンクリートの調合設計、強度管理方法として、標準養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度と構造体または構造体を想定した模擬部材から切り取ったコア供試体の材齢 91 日の圧縮強度との差を S 値（構造体強度補正值）として、調合設計では設計基準強度に S 値を加えた値を管理強度または指定強度とし、強度管理では標準養生した供試体の圧縮強度の試験値から S 値を差し引いた値が設計基準強度以上であれば合格とする基準を提唱した。一方、普通強度のコンクリートについても、暑中期にはやはり現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上であっても構造体から切り取ったコア供試体の圧縮強度が設計基準強度以下であったという事例がいくつか報告され、1997 年に改定された JASS 5 では、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度は設計基準強度に ΔF ($=3 \text{ N/mm}^2$) を加えた値以上でなければならないとされた。

近年、環境負荷低減を目的として高炉スラグやフライアッシュを使用した混合セメントやそれら混和材の建築用コンクリートへの利用拡大が考えられている。これらの混合セメントや混和材を使用し

たコンクリートは原材料での二酸化炭素の排出量が少ないとされているが、一方、コンクリートに使用した場合には初期強度の発現が遅く、寒冷期に現場封かん養生した供試体の圧縮強度が材齢 91 日で設計基準強度以上になっていても材齢 28 日では設計基準強度の 0.7 倍に達していないことがあると考えられる。このような低発熱型の混合セメントや混和材を使用したコンクリートは多くの場合マスコンクリートに使用され、構造体中ではマスコンクリートの水和熱によりコンクリートの温度が上昇するため、構造体から切り取ったコア供試体の場合には材齢 28 日で設計基準強度の 0.7 倍に達すると考えられるが、温度上昇の影響を受けない現場封かん養生した供試体では 0.7 倍に達しない場合もあり、適切な基準とは言えない。

以上、現行の告示 1102 号の規定で強度管理した場合、表 1.1.1 に示すような問題点および課題が上げられ、鉄筋コンクリート造等の建築物に使用するコンクリートの強度の基準として必ずしも合理的、適切とは言えない事例が散見されており、早期の見直しが必要と考えられる。なお、見直しに際しては、旧建設省の NewRC 総プロで提唱され、2009 年改正の JASS5 で取り入れられた構造体強度補正值 (S) の考え方が参考になると考えられる。

本研究は、構造体中のコンクリートが設計基準強度を発現することを担保するために安全上必要な強度の強度管理方法の合理化とコンクリートの多様化への対応を目的に、①日本工業規格における建築用高強度コンクリートの規格の構成等に関するあり方の方向性とその原案についての知見、および建築基準法第 37 条に基づき国土交通大臣の指定する日本工業規格に位置づけるために必要な技術資料の蓄積、②高強度コンクリートの大臣認定の既往データをもとに、使用材料、調合、コンクリート温度等の相違に基づく圧縮強度および構造体強度補正值等の統計的な知見の蓄積、③高強度コンクリートの構造体強度補正值を定めるための試験法および評価方法に関する知見の蓄積を行った。

ここでは、以下の 3 項目について報告する。

- (1) 建築用高強度コンクリートの日本工業規格の構成と問題点についての検討結果
- (2) 打込み時期、結合材の種類、水結合材比、部材の種類を要因とした、構造体コンクリート強度と標準養生、現場水中養生、現場封かん養生した管理用供試体の強度発現性についての検討結果
- (3) 普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメント等を用いたコンクリートの構造体強度補正值(S)についての検討結果

表 1.1.1 コンクリートの強度管理の基準とその問題点および課題

<p>建築基準法 施行令</p>	<p>第 74 条 コンクリートの強度</p> <p>第一項第二号 設計基準強度との関係において国土交通大臣が安全上必要であると認めて定める基準に適合するものであること。 (以下略)</p>
	<p>告示</p>
<p>問題点・課題</p>	

1.2 実施体制

本研究は、国立研究開発法人建築研究所（以下、建築研究所と略す）と平成 26 年度国土交通省建築基準整備促進事業 S16（指定建築材料ごとに国土交通大臣が指定する日本工業規格における高強度のコンクリートの追加に関する検討）の事業主体（日本大学を幹事とする東京都市大学、ものづくり大学の 3 機関で構成）との間で共同研究協定書を締結して実施した。

また、研究の実施にあたっては建築研究所と事業主体の他、行政、評価機関、大学、ゼネコン、生コン製造者団体、セメント製造者団体等から構成される「建築用高強度コンクリートの JIS 規格化に関する検討委員会」を設けて実施した。検討委員会の委員構成を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 検討委員会委員名簿

	区分	氏 名	所 属
1	事業主体	梶田佳寛	日本大学理工学部建築学科特任教授
2	事業主体	中田善久	日本大学理工学部建築学科教授
3	事業主体	大塚秀三	ものづくり大学技能工芸学部建設学科准教授
4	事業主体	佐藤幸恵	東京都市大学工学部建築学科准教授
5	大学	阿部道彦	工学院大学
6	大学	湯浅昇	日本大学
7	大学	丸山一平	名古屋大学
8	記録	宮田敦典	日本大学
9	行政	鹿毛忠継	国土交通省国土技術政策総合研究所
10	共同研究者	棚野博之	建築研究所材料研究グループ長
11	共同研究者	宮内博之	建築研究所材料研究グループ
12	共同研究者	土屋直子	建築研究所材料研究グループ
13	行政	高木直人	国土交通省住宅局建築指導課
14	行政	歌代純平	国土交通省住宅局建築指導課
15	行政	宗像保男	経済産業省産業技術環境局国際標準課
16	施工者	依田和久	鹿島建設
17	施工者	陣内 浩	大成建設
18	施工者	一瀬賢一	大林組
19	施工者	西田 朗	清水建設
20	施工者	小島正朗	竹中工務店
21	生産者	藤本泰久	全国生コンクリート工業組合連合会
22	生産者	原田修輔	全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所
23	評価機関	永山勝	日本建築総合試験所
24	評価機関	坂本欣吾	日本建築総合試験所
25	評価機関	川口徹	ユーイック（株式会社 都市居住評価センター）
26	評価機関	鈴木澄江	建材試験センター
27	生産者	島崎 泰	セメント協会（オブザーバー）

2. 高強度コンクリートの大臣認定の経緯と現状

2.1 高層鉄筋コンクリート造に使用する高強度コンクリート

高強度コンクリートは、開発当初はプレストレストコンクリートに用いられてきたが、現在は高層鉄筋コンクリート造建築物にも用いるために、スランプの大きい軟練りコンクリートが開発されるようになった。鉄筋コンクリート造建築物に用いるコンクリートは、一般に、認定の対象では無く、日本建築学会の JASS 5 に拠って調合、施工すれば良かったが、高強度コンクリートが高層鉄筋コンクリート造建築物に使用される場合には、平成 12 (2000) 年改正以前の建築基準法第 38 条 (以下、旧建築基準法第 38 条) の高層建築物の構造方法についての大臣認定の一環として審査されてきた。以下、経緯の概略である。

(1) 1974 年に建設された高層鉄筋コンクリート造「椎名町アパート」(18 階) の工事で、設計基準強度 300 kg/cm^2 、スランプ 14cm の高強度コンクリートが使用された。昭和 44 年版の JASS 5 の規定では、長期許容応力度は 45、60、 75 kg/cm^2 を標準とし、設計基準強度は 135、180、 225 kg/cm^2 であり、設計基準強度 300 kg/cm^2 というのは非常に高強度なコンクリートであった。また、JIS A 5308 では、設計基準強度または指定強度は、建築用コンクリート (スランプ 21cm 以下) で 270 kg/cm^2 以下、プレストレストコンクリート用で 300 kg/cm^2 (スランプ 15cm 以下) または 400 kg/cm^2 (スランプ 8 cm 以下) であった。

コンクリート工事における品質管理では、計量基準型一回抜取検査方式 (標準偏差未知) を適用して、

- $F = F_c + 2\sigma$ (不良率 2.3%) が合格する確率が 95% (生産者危険 5%)
- $F = F_c + 0.8\sigma$ (不良率 21.2%) が不合格となる確率が 90% (消費者危険 10%)

を満たすこととし、試験回数が 6 回、合格判定基準を

- $X_6 \geq F_c + 1.32 S_e$ (X_6 は 6 回の試験結果の平均値、 S_e は σ の推定値)

とした。また、供試体は現場水中養生とし、試験材齢は 28 日であった。

コンクリートの施工方法は VH 分離方式とし、柱コンクリートを打ち込んで沈降が終了した後に接合部・梁コンクリートを打ち込む方式であった。

椎名町アパートの設計・施工にあたっては、旧建築基準法第 38 条にもとづく高層建築物の構造方法に関する建設大臣認定が必要であり、日本建築センターにおいて技術評価が行われ、高強度コンクリートの製造・施工・品質管理についても審査・確認がなされた。

(2) 住宅・都市整備公団が設計・施工一貫方式で発注した「グランドハイツ光が丘」の建設を契機として高層鉄筋コンクリート造共同住宅の設計・施工が注目を浴び、大手建設会社は高層鉄筋コンクリート造の設計・施工法の開発を開始した。

「グランドハイツ光が丘」の建設では設計基準強度 360 kg/cm^2 のコンクリートが使用され、日本建築センターの技術評価および建設大臣の認定で高強度コンクリートの調合・製造・施工についても審査・確認がなされた。

(3) 大手建設会社を中心とした高層鉄筋コンクリート造建築物の建設に際して、日本建築センターでの評価においては、高強度コンクリートの調合・製造・施工法を、実大施工実験を実施して確認することとしていたが、実大施工実験を実施し、その結果を待って評価すると、評価期間が非常に長くなるという不都合が生じた。そこで、事前に試設計建物の設計法・施工法について検討する技術検討委員会 (後に、技術指導委員会) を発足して事前評価することとした。高強度コンクリートの審査では、実大施工実験を実施し、構造体コンクリートから材齢 28 日および 91 日にコア供試体を採取して

設計基準強度を満足することを確認していた。

(4) 建設省建築研究所では、1988～1993年に総合技術開発プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発 (NewRC)」を実施し、設計基準強度が 60 ～120 N/mm² の高強度コンクリートの調合設計・製造・品質管理の方法を検討し、S 値の考え方を提案した。

(5) 日本建築センターでの高層鉄筋コンクリート造建築物の技術指導委員会は 1999 年まで続けられ、約 50 社の技術が評価された。技術指導委員会で事前評価された建設会社は、高強度コンクリートの製造・施工できることが認められていた。

(6) 2000 年の建築基準法の改正によって、高強度コンクリートは指定建築材料として建築基準法第 37 条による国土交通大臣の認定の対象になった。

2.2 日本工業規格と JIS A 5308 制定・改正の経緯

(1) JIS A 5308 は 1953 年に制定され、1968 年に第 1 回目の改正が行われた。制定当所、設計基準強度または指定強度 (設計基準強度に JASS 5 による温度補正值を加えた値) を指定し、不良率 1/6、試験結果の最小値が設計基準強度または指定強度 70%以上を満足することが規定されていた。

建築は主として指定強度を、土木は主として設計基準強度を指定した。供試体の養生方法は標準養生であるが、設計基準強度で発注した場合は現場水中養生で試験されることもあった。設計基準強度または指定強度の範囲は、建築用の軟練りコンクリート (スランプ 21 cm 以下) では 270 kg/cm²、プレストレストコンクリート用の硬練りでは 300 kg/cm² (スランプ 15 cm 以下)、400 kg/cm² (スランプ 8 cm 以下) であった。試験は少なくとも 150 m³ に 1 回行い、3 回以上で判定するとしていた。

(2) 1978 年に第 3 回目の改正が行われた。これは、昭和 50 年に発生した欠陥生コン事件を契機に実施されもので、設計基準強度あるいは指定強度から呼び強度へ変更された。圧縮強度の基準は、不良率 1/6 から 3 回の試験の平均値が呼び強度以上で、最小値が 70%から 85%と引き上げられた。

(3) 1993 年に第 7 回目の改正が行われ、名称がレデーミクストコンクリートからレディーミクストコンクリートに変更された。

(4) 2003 年に第 10 回目の改正が行われ、普通コンクリートの呼び強度の上限を 40 から 45 に引き上げた。また、呼び強度 45 を超えるコンクリートを対象に高強度コンクリートの規定 (呼び強度 50、55、60) を追加した。

2.3 高強度コンクリートの大臣認定の現状

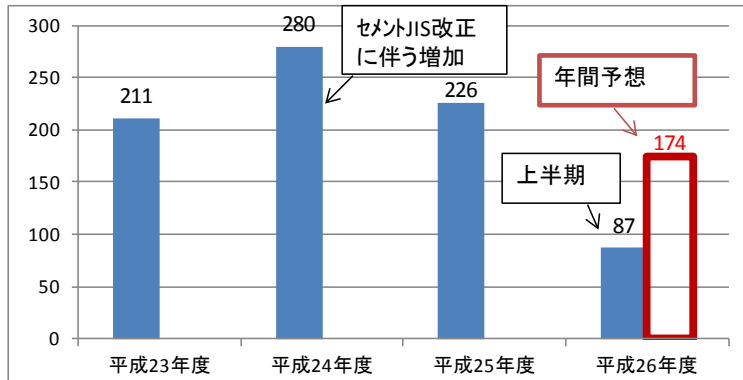
2.1 で記したように平成 12 (2000) 年の建築基準法の改正によって第 38 条が削除され、第 37 条第 1 号の指定建築材料として日本工業規格及び日本農林規格が定められた。コンクリートについては JIS A 5308 に適合するものと定められ、JIS A 5308 に適合しないコンクリートは大臣認定の対象となった。当時の JIS A 5308 は 1998 年版で、呼び強度は 40 までであったため、高強度コンクリートについては全て建設大臣 (2001 年からは国土交通大臣) による認定が必要であった。2003 年に JIS A 5308 が改正され、呼び強度 50、55、60 の高強度コンクリートが追加されたが、既に大臣認定を使用した施工の運用が一般化しており、また圧縮強度の基準値として呼び強度と設計基準強度の関係などが明確でない等の影響により、JIS A 5308 の高強度コンクリートが使用される事例は非常にまれであった。その状況は現在も続いており、大臣認定の件数が増加してきた。

図 2.3.1 の a~d に指定性能評価機関の一つである日本建築総合試験所から発行されている性能評価書の年度別発行件数の推移を示す。また、図 2.3.2 に直近 100 件の大臣認定申請件数の内訳を、図 2.3.2 に新規件数の割合を示す。

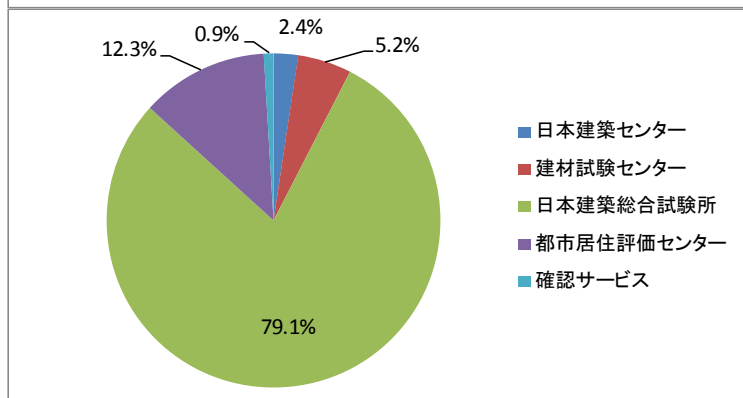
図 2.3.1 より、平成 23 年~25 年の 3 年間で 200~300 件の評価書が発行されているが、平成 24 年に評価件数が増加しているのは、JIS R 5210（ポルトランドセメント）の改正により、当初の大臣認定取得時のセメント品質基準と異なるセメントを使用しなければならなくなったための再取得と推定される。なお、各指定性能評価機関からの高強度領域のコンクリートに関わる評価書の発行の内訳としては、いずれの調査年度においても日本建築総合試験所が評価件数の 80~90% を占め、次いで都市居住評価センターが 10% 前後となっている。

図 2.3.2 は日本建築総合試験所のコンクリート関連性能評価の直近 100 件の内訳である。生コン工場の単独申請は 63 件、ゼネコンとの共同申請は 37 件となり、設計基準強度は 80N/mm² 以下が 8 割に達したが、ゼネコンとの共同申請では 80N/mm² を超える超高強度コンクリートの割合が増加している。このうち、図 2.3.3 から新規件数は比較的少なく、見直し再取得件数が大半を占めた。なお、見直し再取得を除いた新規件数では、60N/mm² 以下が多数であった。

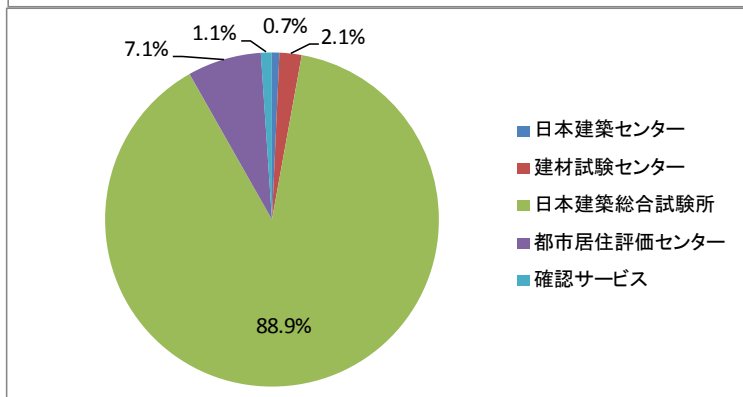
年度別評価件数の推移[H261211資料]



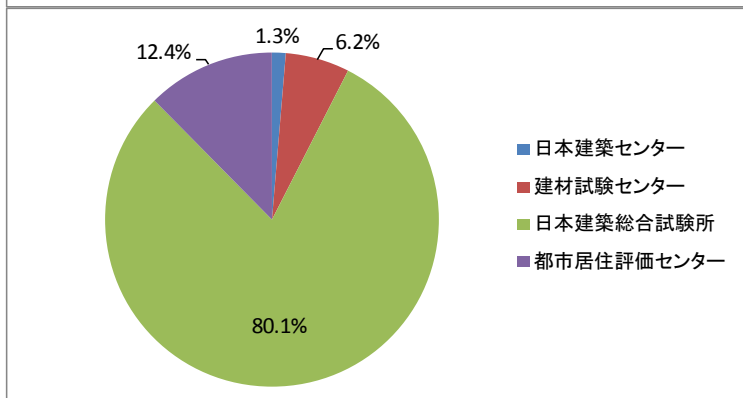
図a 年度別性能評価件数の推移



図b 平成23年度



図c 平成24年度



図d 平成25年度

図 2.3.1 年度別評価件数の推移（日本建築総合試験所__資料 1）

直近100件のデータ 【(-財)日本建築総合試験所 コンクリート関連性能評価[H261211資料]]

全集計件数: 100

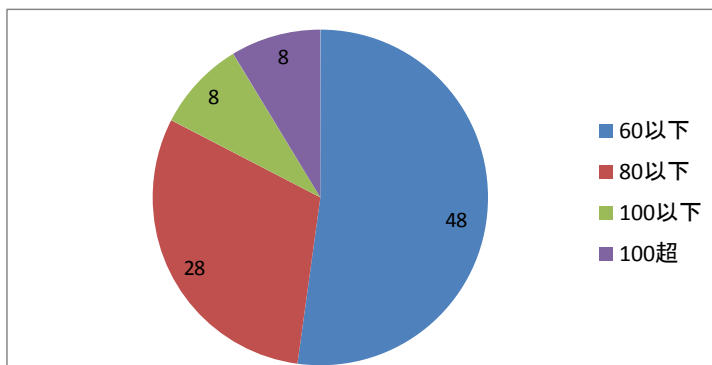
単独申請	共同申請
63	37

全集計件数: 100

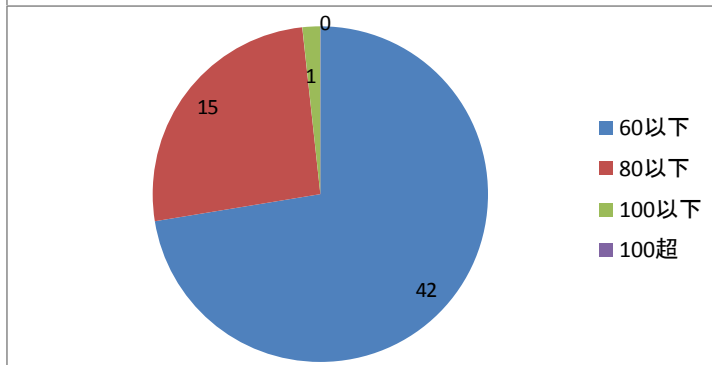
高強度	高強度以外
92	8

高強度集計件数: #REF!

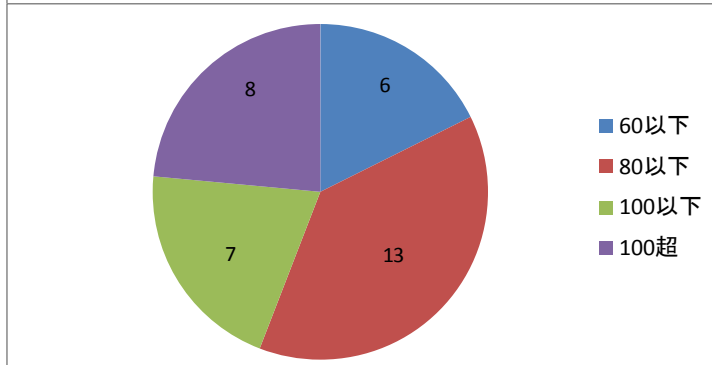
申請種別		高強度コンクリート				小計
		設計基準強度 F_c (N/mm ²)				
		60以下	80以下	100以下	100超	
全体	評価件数	48	28	8	8	92
	累計	—	76	84	92	
生コン工場 単独申請	評価件数	42	15	1	0	58
	累計	—	57	58	58	
共同申請	評価件数	6	13	7	8	34
	累計	—	19	26	34	



図a 全体



図b 単独申請のみ



図c 共同申請のみ

注) 上記数値は、集計件数100件に対する件数を示す(=全集計数に対する%)。

図 2.3.2 直近 100 件のデータ (日本建築総合試験所_資料 2)

新規件数の割合*1 [H261225資料]

全集計件数: 100

高強度集計件数: 92

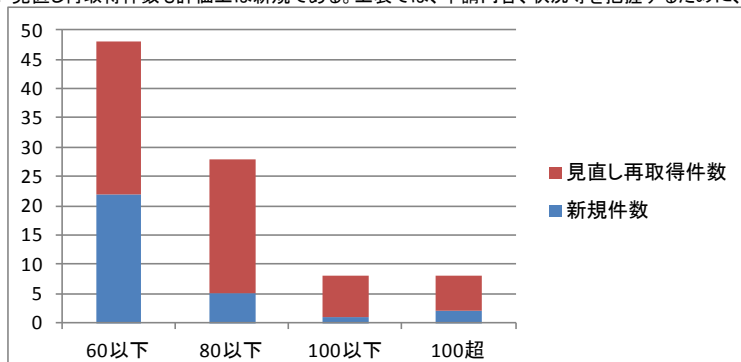
高強度以外集計件数: 8

申請種別		高強度コンクリート				小計	高強度以外*2
		設計基準強度 $F_c(N/mm^2)$					
		60以下	80以下	100以下	100超		
全体	件数	48	28	8	8	92	8
	新規件数	22	5	1	2	30	4
	見直し再取得件数*3	26	23	7	6	62	4
生コン工場 単独申請	件数	42	15	1	0	58	5
	新規件数	17	4	0	0	21	1
	見直し再取得件数*3	25	11	1	0	37	4
共同申請	件数	6	13	7	8	34	3
	新規件数	5	1	1	2	9	3
	見直し再取得件数*3	1	12	6	6	25	0

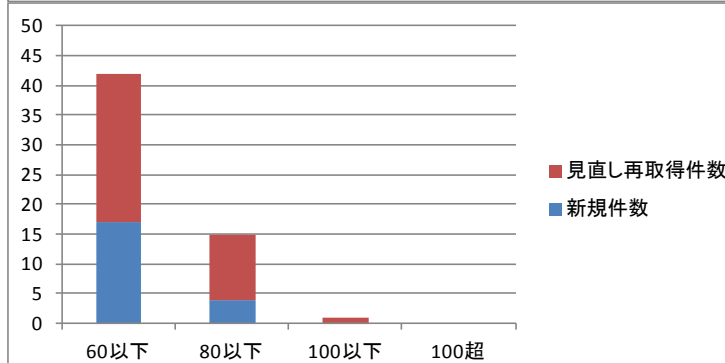
注)*1: 日総試_資料2のデータによる割合を示す。

*2: 高強度以外は、JISA5308:2003に適合しない材料(再生骨材等)及び、低強度域高流動コンクリート等の評価である。

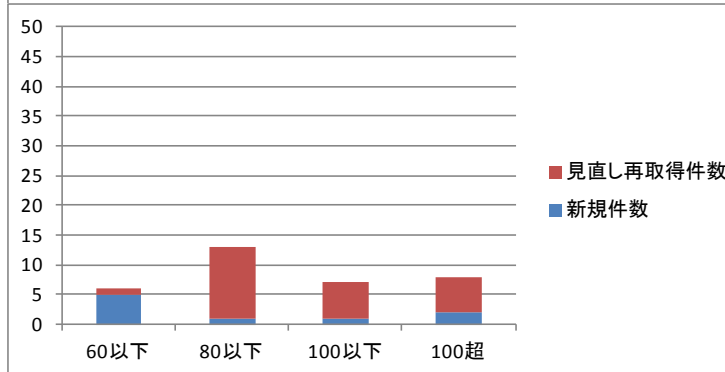
*3: 見直し再取得件数も評価上は新規である。上表では、申請内容、状況等を把握するために、新規と分けてカウントした。



図a 全体



図b 単独申請のみ



図c 共同申請のみ

注) 図3.1から図3.3は、高強度のみを集計した図を示す。

図 2.3.3 新規件数の割合 (日本建築総合試験所_資料3)

2.4 JIS A 5308 における高強度区分認証取得工場の実態

表 2.4.1 に、2014 年 11 月時点での全国のレディーミクストコンクリート工場を対象とした、JIS A 5308 における高強度コンクリート区分の認証取得工場および大臣認定取得工場の内訳を示す。

表より、同時期での JIS 認証製品を製造している生コン工場は全国に 2997 工場あり、そのうち JIS A 5308 における高強度コンクリート区分の認証を取得している工場は 101 工場となっている。この内訳は埼玉、千葉、東京、神奈川で約 65%、京都、大阪、奈良で約 30%となっており都市部に集中していることが分かる。

一方、同時期に建築基準法第 37 条第 2 号によって高強度コンクリートの大臣認定を取得している生コン工場は 583 工場ある。など、首都圏においては 25～50%の工場が高強度コンクリートの大臣認定を取得しており、静岡及び愛知は JIS の高強度コンクリート区分の認証取得工場が 0 であるのに対して、大臣認定を取得している工場は 30～40%の割合となっている。

表 2.4.1 JISA5308 の高強度区分の認証取得工場と高強度コン大臣認定(単独)取得工場

地域	JIS認証工場 ^{*1}	JIS			大臣認定		
		高強度区分 認証取得工場 ^{*2}	県別取得率 (高強度/JIS工場)	地域構成 (地域/全国)	高強度 単独申請工場 ^{*3}	県別取得率 (大臣/JIS工場)	地域構成 (地域/全国)
北海道	216	1	0.5%	1.0%	27	12.5%	4.6%
青森県	52	-	-	-	4	7.7%	0.7%
岩手県	55	-	-	-	5	9.1%	0.9%
宮城県	54	1	1.9%	1.0%	10	18.5%	1.7%
秋田県	35	-	-	-	-	-	-
山形県	41	-	-	-	4	9.8%	0.7%
福島県	57	-	-	-	3	5.3%	0.5%
茨城県	52	-	-	-	13	25.0%	2.2%
栃木県	40	-	-	-	10	25.0%	1.7%
群馬県	47	-	-	-	11	23.4%	1.9%
埼玉県	98	17	17.3%	16.8%	40	40.8%	6.9%
千葉県	83	7	8.4%	6.9%	32	38.6%	5.5%
東京都	101	30	29.7%	29.7%	54	53.5%	9.3%
神奈川県	98	11	11.2%	10.9%	42	42.9%	7.2%
新潟県	89	1	1.1%	1.0%	9	10.1%	1.5%
富山県	37	-	-	-	5	13.5%	0.9%
石川県	43	2	4.7%	2.0%	10	23.3%	1.7%
福井県	31	-	-	-	2	6.5%	0.3%
山梨県	37	-	-	-	6	16.2%	1.0%
長野県	72	-	-	-	5	6.9%	0.9%
岐阜県	56	-	-	-	6	10.7%	1.0%
静岡県	94	-	-	-	34	36.2%	5.8%
愛知県	97	-	-	-	36	37.1%	6.2%
三重県	67	-	-	-	8	11.9%	1.4%
滋賀県	28	-	-	-	5	17.9%	0.9%
京都府	51	6	11.8%	5.9%	4	7.8%	0.7%
大阪府	113	16	14.2%	15.8%	52	46.0%	8.9%
兵庫県	108	4	3.7%	4.0%	39	36.1%	6.7%
奈良県	21	-	-	-	1	4.8%	0.2%
和歌山県	44	-	-	-	1	2.3%	0.2%
鳥取県	22	-	-	-	-	-	-
島根県	43	-	-	-	-	-	-
岡山県	68	-	-	-	8	11.8%	1.4%
広島県	85	1	1.2%	1.0%	16	18.8%	2.7%
山口県	45	-	-	-	-	-	-
徳島県	41	-	-	-	-	-	-
香川県	30	-	-	-	-	-	-
愛媛県	56	-	-	-	7	12.5%	1.2%
高知県	50	-	-	-	4	8.0%	0.7%
福岡県	94	2	2.1%	2.0%	31	33.0%	5.3%
佐賀県	23	-	-	-	1	4.3%	0.2%
長崎県	69	2	2.9%	2.0%	8	11.6%	1.4%
熊本県	79	-	-	-	12	15.2%	2.1%
大分県	65	-	-	-	7	10.8%	1.2%
宮崎県	58	-	-	-	-	-	-
鹿児島県	100	-	-	-	9	9.0%	1.5%
沖縄県	52	-	-	-	2	3.8%	0.3%
全体	2997	101	3.4%	100.0%	583	19.5%	100.0%

*1: 日本工業標準調査会データベース検索 新JISマーク表示制度(認証取得者検索)による

*2: 認証機関(GBRC, JTCCM, JQA, MSA, IC)の認証登録データベースによる(生コン工場単独申請)

*3: 生コン年鑑(榊セメントジャーナル社)の第47巻2014年(平成26年)度版による

*1と*2の調査は2014/11/28時点、*3は2014/1/1時点の情報のため、現状と若干の差異の可能性あり

3. 建築用高強度コンクリートの JIS 規格化に関する検討

3.1 高強度コンクリートの JIS 化

検討委員会での検討結果を基に、高強度コンクリートの日本工業規格の立案に係わる方向性として次の2つの案を提案し、その問題点を整理した。

3.1.1 第1案

[概要]

現行の JIS A 5308 のコンクリートの種類において「高強度コンクリート」の呼び強度の最大値を 60 から 80 程度まで拡張する。

[利点]

改正が最小限の作業で済む。

[問題点]

建築基準法で要求しているコンクリート強度は構造体における圧縮強度であり、告示によって現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度または構造体から切り取ったコア供試体の材齢 91 日の圧縮強度が設計基準強度以上であることが要求されている。通常の強度レベルのコンクリートでは、構造体コンクリート強度として現場水中養生 28 日強度でもコア 91 日強度でも問題はないが、高強度コンクリートでは現場水中養生 28 日強度は、構造体中で生じる材齢初期の高温履歴などの養生条件とは乖離した養生条件であるため、これを構造体コンクリート強度の評価に用いるのは不相当であり、現場水中養生が適用できる範囲を法令で規定する必要がある（本研究の課題）。

一方、JIS A 5308 は標準養生した供試体の呼び強度を基準としており、呼び強度と設計基準強度との関係を新たに規定する必要がある。現在は、設計基準強度と呼び強度の関係は JASS 5 に拠っており、標準養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度とコア供試体の材齢 91 日の圧縮強度との差を構造体強度補正值（S 値）とし、設計基準強度に S 値を加えた調合管理強度を呼び強度としている。荷卸し地点で、標準養生した供試体の圧縮強度を保証している現行の JIS A 5308 の中で S 値を規定することは馴染まない。

3.1.2 第2案

[概要]

新たに「建築用高強度コンクリート」（仮称）の JIS を制定する。

[利点]

圧縮強度の基準値として設計基準強度、S 値を規定することができ、建築基準法の体系とも整合することが出来る。

[問題点]

S 値はセメント種類、セメント製造者、強度、部材寸法によって異なり、一律に規定することは困難である。

レディーミクストコンクリート工場に2つの JIS の認証を取得させ、保持させることになり、負担が大きい。また、原案作成団体として全国生コンクリート工業組合連合会以外の団体は困難であり、同連合会が2つの JIS を保持することは困難である。

第1案、第2案のいずれも高強度コンクリートの規定を JIS 化しても、規定に適合していることを認証する必要がある、JIS マーク認証制度を合わせて考える必要がある。現行の大臣認定では、一度取

得すれば、実際に製造することになった場合でも試験練りをするることによって出荷・対応が可能である。しかし、JIS マークの認証は発注がなくても維持し続けなければならない、負担が大きい。

3.2 高強度コンクリートの日本工業規格の追加の方針と課題

日本工業規格に鉄筋コンクリート造建築物に使用する呼び強度の強度値 60N/mm^2 を超える高強度コンクリートを追加する場合の課題として、建築基準法と JIS A 5308 とにおけるコンクリート強度の定義が異なることが上げられる。以下に両規定の整理をした。

3.2.1 建築基準法・同施行令・同告示におけるコンクリート強度

- a) 構造体で発現している強度である。
- b) 工事現場で採取し、現場水中養生した供試体の強度で表す。

建築では古くから現場水中養生した供試体を構造体コンクリートと見なしてきており、昭和 46 年の告示で規定された。

昭和 56 年の建築基準法および関連法令の改正で、構造体から切り取ったコア供試体に加えられた。

- c) 型わくの取り外しに必要な強度は、型わくを取り外したい材齢で試験し、型わくの取り外しに必要な強度に達していなければ型わくの存置期間を延長する。
- d) 設計基準強度に対しては、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度の平均値またはコア供試体の材齢 91 日の圧縮強度の平均値が設計基準強度以上でなければならない。

設計基準強度に達していなければ、その強度を用いて再度構造計算を行い、安全であることを確かめなければならない。

3.2.2 建築基準法を補完する JASS 5 の規定

- a) 強度発現が遅い寒冷期において、JASS 5 では材齢 28 日において現場養生した供試体の強度が設計基準強度を満足するように予想平均気温による強度補正值を加えて調合を定めている。

材齢 28 日で設計基準強度を満足するように強度補正したコンクリートは、材齢 28 日以降の強度増進が大きく、最終的に到達する強度は設計基準強度を大きく上回る。そこで、昭和 56 年の建築基準法の改正で、コンクリートの強度が設計基準強度を満足しなければならない材齢を 91 日まで延長できるようにし、構造体から切り取ったコア供試体またはコア供試体と類似の強度特性を有する供試体として現場封かん養生した供試体を定めた。同様に、JASS 5 でも現場封かん養生した場合の強度補正值を定めた。

- b) 上記一般のコンクリートに比べて、マスコンクリートや高強度コンクリートは水和熱が大きく、構造体コンクリートの内部温度は現場環境の温度よりも高くなる。そのため、現場水中養生した供試体の強度とマスコンクリート等を使用した構造体のコンクリート強度が乖離する場合がある。

材齢の初期に高温履歴を受けたコンクリートは初期の強度発現は大きい、長期材齢において強度発現が停滞する傾向にあることが知られるようになった。

- c) JASS 5 でのマスコンクリートの場合、初期の材齢における高温履歴が長期材齢の強度発現に悪影響を及ぼさない範囲で、標準養生した供試体が設計基準強度を満足すれば構造体コンクリートも設計基準強度を満足しているとした。
- d) 高強度コンクリートについては、1986 年版の JASS 5 では、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度の 1.1 倍あれば構造体コンクリートも設計基準強度を満足しているとした。その後、日本建築センターにおける高層鉄筋コンクリート造建築物の技術評価や建設省

NewRC 総プロの技術開発を経て、標準養生した供試体の材齢 28 日強度と構造体から切り取ったコア供試体の材齢 91 日強度との差を構造体強度補正值 (S) とし、標準養生した供試体の強度が設計基準強度に S 値を加えた値以上であればよいこととした。この方法は、現在、建築基準法第 37 条に基づく国土交通大臣認定における性能評価で採用されており、JASS 5-2009 で一般のコンクリートにも適用できるようになった。しかし、国土交通省の公共建築工事標準仕様書では建築基準法に明確な規定がされていないという理由で採用されていない。

3.2.3 日本工業規格 JIS A 5308 におけるコンクリートの強度規定

- a) 荷卸し地点で採取し、標準養生した供試体の強度である。
当該コンクリートが持つポテンシャルの強度という位置づけである。
- b) 1978 年の改正後は呼び強度で発注することになっているが、改正前は設計基準強度（主として土木用）または設計基準強度に予想平均気温による強度の補正值を加えた指定強度（主として建築用）で発注した。いずれも標準養生した供試体の強度である。
- c) 1978 年の改正後は、品質として 3 回の試験結果の平均値が呼び強度以上であることと規定されている。しかし、改正前は設計基準強度または指定強度を下回る確率が 1/6 以下であることと規定しており、その規定は JASS 5 や土木学会のコンクリート標準示方書と同じであった。

以上のように、建築基準関連法令では構造体で発現しているコンクリート強度を対象にしているが、JIS A 5308 は荷卸し地点で採取して標準養生した供試体の強度を対象にしている。これら両者の強度は、JASS 5 の規定によって関係づけられて運用されているが、高強度コンクリートでは大臣認定によって認定された S 値が運用されている。

3.2.4 日本工業規格に呼び強度 60 を超える高強度コンクリートを追加する場合の方法

(1) 設計基準強度の規定または呼び強度の規定

- a) 現行の JIS A 5308 のコンクリートの種類「高強度コンクリート」の呼び強度を 50、55、60 から 80 あるいは 100 程度まで拡張する（第 1 案）。
- b) 新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS を制定する（第 2 案）。

(2) 第 1 案の利点と問題点

- a) 現行の JIS A 5308 を拡張する案は、比較的早期に成案化が可能と考えられる。
- b) 呼び強度と設計基準強度との関係を告示等で規定することが必要になる。告示では、セメント種類、打込み時期、強度範囲別などによって S 値を定めるか、もしくは、S 値は JASS 5 による、などを定めた内容になると考えられる。
- c) 原案作成団体は全国生コンクリート工業組合連合会であり、建築工事と細部が異なる土木分野での考慮も必要となる。

3.3 コンクリート強度の合格判定基準

コンクリート強度の合否判定を計量基準型一回抜取検査方式とした場合の課題の検討を行った。

3.3.1 「椎名町アパート」の工事の品質管理における合格判定基準¹⁾

目標として合格させたい母集団と合格させたくない母集団を決める。

不良率 2.3 % ($F = F_c + 2\sigma$) が合格する確率を 95 % (生産者危険 5 %) 以上

不良率 21.2 % ($F = F_c + 0.8\sigma$) が不合格となる確率を 90 % (消費者危険 10 %) 以上

とし、これを満たすための試験方法と合格判定基準を定める。

試験回数は 6 回

合格判定基準は

$$X_6 \geq F_c + 1.32 Se$$

ただし、 X_6 は 6 回の試験結果の平均値

Se は σ の推定値 (標準偏差未知)

<解説>

母集団分布を正規分布とすると、標準偏差 σ が既知の場合は

$$2\sigma - 0.8\sigma = 1.2\sigma$$

95 % に対する正規偏差 1.645

90 % に対する正規偏差 1.282

N 回の試験の平均値の分布の標準偏差は σ/\sqrt{N}

$$1.2\sigma = (1.645 + 1.282) \sigma/\sqrt{N}$$

これより試験回数は $N = 5.95 \approx 6$ 回

合格判定基準は

$$(2 - 1.645/\sqrt{6}) \sigma = 1.328 \sigma$$

標準偏差未知の場合は、標準偏差の推定値 Se から σ を推定し、結果として

$$X_6 \geq F_c + 1.32 Se$$

となる。

参考文献

- 1) 梶田佳寛：建築基準法第 37 条に基づく指定建築材料の国土交通大臣認定と JIS A 5308 レディーミクストコンクリート、コンクリート工学年次大会 2015 (千葉) 生コンセミナー、2015.07

3.3.2 JIS A 5308 (レディーミクストコンクリート) の品質基準

品質基準は 3 回の試験結果の平均値が呼び強度以上であり、下式で表すことができる。

$$F = F_N + 1.73 \sigma$$

ここでは不良率が 4 % のコンクリートを 99.7 % 以上 (生産者危険 0.3 %) の確率で合格させることとし、不合格としたいコンクリートの不良率については定めていない。

試験回数が 3 回としているため、不合格としたい不良率とその合格率を決めることが可能である。

以上、標準養生強度から S 値を介して推定した構造体コンクリートの不良率を想定することが可能か否かは、現時点では明確には確認することができない。

3.4 建築用高強度コンクリート（案）と検討事項

これまでの検討結果を基に、現在考えられる建築用高強度コンクリートの日本工業規格(案)の内容と検討事項を以下に記す。

JISA ○○○○:○○○○

建築用高強度コンクリート High strength concrete for building

1. 序文

2. 適用範囲

この規格は、鉄筋コンクリート造建築物に用いる設計基準強度が 36 N/mm^2 を超え 80 N/mm^2 以下、または呼び強度が 45 N/mm^2 を超え 100 N/mm^2 以下の高強度コンクリートの材料、品質・調合及び製造に適用する。

3. 引用規格

下記に示す規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版を適用する。

4. 用語

高強度コンクリート 設計基準強度が 36 N/mm^2 を超えるコンクリート、または呼び強度が 45 N/mm^2 を超えるコンクリート

5. コンクリートの種類

5.1 コンクリートの製造方法による種類

5.1.1 レディーミクストコンクリート

5.1.2 プレキャストコンクリート

5.1.3 工事現場練りコンクリート

5.2 発注方法による種類

5.2.1 設計コンクリート

コンクリートの設計基準強度と構造体強度補正値を指定して発注する

5.2.2 標準仕様コンクリート

呼び強度を指定して発注する

6. 高強度コンクリートの材料

6.1 セメント

セメントは、表-A に示す品質基準に適合するものを用いる。

【検討事項】 セメントの種類は、JIS 規格セメントのすべてを対象とすることが原則であると考えられるが、実績のあるセメントは、普通・中庸熱・低熱ポルトランドセメント、高炉セメントB種及びフライアッシュセメントB種に限定される。

品質基準については、比表面積及び圧縮強度を JIS 規格通りとするか、または JIS 規格より品質基準を上げるかの検討が必要。

6.2 骨材

骨材は、表-B～表-C に示す品質基準に適合するものを用いる。

骨材を混合して用いる場合は、粒度と塩化物量を除いて、混合前の品質が各々表-B～表-C に示す

品質基準に適合しなければならない。

【検討事項】 骨材の種類は、砂・砂利、碎石・砕砂に限定するか、または人工軽量骨材やスラグ骨材、再生骨材、回収骨材の使用を可能とするかの検討が必要。

密度、吸水率は JISA 5308 の附属書 A に規定する数値でよいか、あるいは JASS 5 の高強度コンクリートの規定のように品質基準を上げるかの検討が必要。

密度、吸水率が JISA 5308 の附属書 A の規定に適合しない骨材の扱いの検討が必要。

6.3 水

水は、JISA 5308「レディーミクストコンクリート」附属書 A に適合するものを用いる。ただし、回収水は用いない。

【検討事項】 回収水は用いないでよいか、スラッジ水は上澄水は使用を認めるか、骨材の種類は砂・砂利、碎石・砕砂に限定するか、人工軽量骨材やスラグ骨材、再生骨材、回収骨材などの使用をどこまで認めるか、などの検討が必要。

6.4 混和材料

混和材料は、コンクリート及び鋼材に有害な影響を及ぼすものであってはならない。

使用する混和材料は、購入者の承認を得なければならない。

フライアッシュ、膨張材、化学混和剤、防せい剤、高炉スラグ微粉末及びシリカフェームは、各々次ぎの規格に適合するものを用いる。

フライアッシュ JIS A 6201

膨張材 JIS A 6202

化学混和剤 JIS A 6204

防せい剤 JIS A 6205

高炉スラグ微粉末 JIS A 6206

シリカフェーム JIS A 6207

【検討事項】 高性能 AE 減水剤の使用が不可欠であり、高強度コンクリートを製造する上で高性能 AE 減水剤の選択が重要である。しかし、フレッシュコンクリートのスランプ、スランプフロー、空気量の調整方法（使用材料・組合せ、使用量）は製造会社によって異なるため、JIS の中でどのような規定・表記とするかの検討が必要。

7. 高強度コンクリートの品質・調合

7.1 圧縮強度

コンクリートから切り取ったコア供試体、またはこれに類する圧縮強度に関する特性を有する供試体について圧縮強度試験を行った場合に、材齢が 91 日の供試体の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値以上であることとする。

【検討事項】 告示の内容と同じであり、JIS 規格の中での表記方法の検討が必要。

部材から採取したコア供試体を用いての圧縮強度試験ではないが、部材中のコンクリートに要求される性能であり、建物の完成後にコア供試体を切り取って圧縮強度を調べることがあった場合には、必要な項目となる。

これに類する圧縮強度に関する特性を有する供試体とは、部材中のコンクリートと同じ温度履歴となる条件で養生した供試体を言い、部材内温度分布の積分値を部材寸法で割った平均値と同じ温度履歴となる方法で養生した供試体となる。温度管理された簡易断熱養生などの適用可否の検討が必要。

7.2 調合

調合管理強度は、式 a による。

$$F_m = F_c + mS_n \quad \dots \dots \dots \text{式 a}$$

ここに F_m :調合管理強度(N/mm²)

F_c :設計基準強度(N/mm²)

mS_n :標準養生した供試体の材齢 n 日における圧縮強度とコンクリートから切り取った
コア供試体の材齢 m 日における圧縮強度との差(N/mm²)

mS_n の値は、セメントの種類、コンクリートの予想最高温度の範囲に応じて表-D による。

表-D によらない場合は、購入者との協議による。

調合強度は、式 b 及び式 c を満足するように定める。

$$F \geq F_m + 1.73 \sigma \quad \dots \dots \dots \text{式 b}$$

$$F \geq 0.85 F_m + 3 \sigma \quad \dots \dots \dots \text{式 c}$$

ここに F :調合強度(N/mm²)

σ :コンクリート強度の標準偏差(N/mm²)

標準偏差は、レディーミクストコンクリート工場の実績による。実績がない場合は $0.1 F_m$ とする。

[検討事項] 調合管理強度は、JIS A 5308 の呼び強度に相当するものであり、規定が必要である。しかし、調合強度は JIS A 5308 における圧縮強度の品質基準を式で表したものであり、現行規定「3 回の試験結果の平均値は調合管理強度以上であり、1 回の試験結果は調合管理強度の 85 %以上でなければならない」と同様の規定とするか、もしくは他の判定基準を設けるかの検討が必要。

7.3 スランプ又はスランプフロー

スランプの目標値は 23 cm 以下、スランプフローの目標値は 65 cm 以下とする。

スランプ又はスランプフローの目標値は、購入者の指示による。

7.4 空気量

空気量の目標値は 1 %以上、4.5 %以下とする。

空気量の目標値は、購入者の指示による。

調合管理強度、スランプ又はスランプフロー、空気量の組合せは表-E による。

表の形式は、JIS A 5308 に準じる。

8. 製造

8.1 製造設備

JIS A 5308 に準じる。

8.2 材料の計量

JIS A 5308 に準じる。

8.3 練混ぜ

JIS A 5308 に準じる。

8.4 運搬

JIS A 5308 に準じる。

9. 品質管理

荷卸し検査の項目、試験方法、検査頻度、判定基準を規定

10. 報告

3.5 国土交通大臣認定申請のための実機実験データの分析

3.5.1 標準養生強度と構造体コンクリート強度（コア強度）の差 S 値

平成 12（2000）年以降に申請された高強度コンクリートの大臣認定の実験データを整理し、S 値に関する分析を行った。一般に S 値は、打込み季節別にコア強度又はセメント水比と S 値との関係で解析されることが多いが、日本国内の地域によって最高温度は必ずしも同じではない。そこで、水セメント比の範囲別に最高温度と S 値の関係を解析することとした。

標準養生した供試体の材齢 28 日の強度と材齢 91 日で部材から採取したコア供試体との差（ $_{28}S_{91}$ ）および標準養生した供試体の材齢 56 日の強度と材齢 91 日で部材から採取したコア供試体との差（ $_{56}S_{91}$ ）についてセメント種類ごと、メーカーごとに算出し、最高温度との関係を検討した。最高温度(t)と S 値(y)の関係から回帰式 ($y=At+B$) を求めた。係数 A および B の一覧を表 3.5.1(1) ～ (3) に示す。また、最高温度と S 値の関係、また S 値の分布（度数分布および累積度数分布）の例を図 3.5.1～図 3.5.36 に示す。セメントメーカーは、宇部三菱セメント、麻生ラファージュセメント、住友大阪セメント、太平洋セメント、トクヤマ、日鉄住金セメント株式会社（日鐵セメント）、電気化学工業、琉球セメントである。

表 3.5.1(1) 最高温度と $_{28}S_{91}$ の回帰式の係数一覧

セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差	セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差
普通	1	W/C ≤ 30	0.08	-0.60	4.08	中庸熱	1	W/C ≤ 30	-0.09	3.24	3.86
普通	1	30 < W/C ≤ 35	0.11	-3.39	3.34	中庸熱	1	30 < W/C ≤ 35	-0.07	1.78	2.16
普通	1	35 < W/C ≤ 40	0.17	-7.48	3.35	中庸熱	1	35 < W/C ≤ 40	-0.05	-1.40	4.32
普通	1	40 < W/C	0.12	-4.66	3.48	中庸熱	1	40 < W/C	0.00	-4.45	3.74
普通	2	W/C ≤ 30	0.08	0.24	2.24	中庸熱	3	W/C ≤ 30	-0.07	1.70	3.87
普通	2	30 < W/C ≤ 35	0.05	4.08	4.99	中庸熱	3	30 < W/C ≤ 35	-0.01	-3.51	4.52
普通	2	35 < W/C ≤ 40	0.14	-4.66	3.23	中庸熱	3	35 < W/C ≤ 40	0.10	-9.50	2.74
普通	2	40 < W/C	0.22	-10.52	2.65	中庸熱	3	40 < W/C	-0.03	-3.27	4.76
普通	3	W/C ≤ 30	0.06	3.94	4.04	中庸熱	4	W/C ≤ 30	0.00	-0.46	3.77
普通	3	30 < W/C ≤ 35	0.08	-1.45	2.96	中庸熱	4	30 < W/C ≤ 35	0.00	-1.51	2.99
普通	3	35 < W/C ≤ 40	0.15	-7.94	3.51	中庸熱	4	35 < W/C ≤ 40	0.02	-3.56	3.80
普通	3	40 < W/C	0.12	-4.85	2.62	中庸熱	4	40 < W/C	0.00	-3.25	3.79
普通	4	W/C ≤ 30	0.10	-1.18	4.05	中庸熱	5	W/C ≤ 30	0.03	-5.05	3.58
普通	4	30 < W/C ≤ 35	0.11	-2.32	2.89	中庸熱	5	30 < W/C ≤ 35	-0.04	0.16	4.00
普通	4	35 < W/C ≤ 40	0.17	-6.68	3.30	中庸熱	5	35 < W/C ≤ 40	0.08	-12.43	5.28
普通	4	40 < W/C	0.15	-5.44	3.74	中庸熱	5	40 < W/C	0.03	-7.64	4.71
普通	5	W/C ≤ 30	0.06	0.33	4.41	低熱	1	W/C ≤ 30	0.07	-12.02	6.35
普通	5	30 < W/C ≤ 35	-0.04	8.34	5.49	低熱	1	30 < W/C ≤ 35	0.03	-10.92	5.64
普通	5	35 < W/C ≤ 40	0.18	-9.92	2.77	低熱	1	35 < W/C ≤ 40	0.13	-15.63	7.17
普通	5	40 < W/C	0.10	-4.51	3.61	低熱	1	40 < W/C	-0.05	-7.69	5.51
普通	6	W/C ≤ 30	0.05	3.25	0.93	低熱	3	W/C ≤ 30	0.03	-7.94	6.10
普通	6	30 < W/C ≤ 35	0.10	-0.23	0.57	低熱	3	30 < W/C ≤ 35	0.10	-12.37	7.06
普通	6	35 < W/C ≤ 40	0.09	-1.50	1.16	低熱	3	35 < W/C ≤ 40	-0.10	-5.32	6.73
普通	6	40 < W/C	0.12	-4.56	3.01	低熱	3	40 < W/C	0.05	-10.34	6.42
普通	7	W/C ≤ 30	-0.02	5.94	1.56	低熱	4	W/C ≤ 30	-0.04	-2.44	4.41
普通	7	30 < W/C ≤ 35	-0.05	5.48	3.00	低熱	4	30 < W/C ≤ 35	-0.11	-1.89	4.22
普通	7	35 < W/C ≤ 40	-0.02	4.69	1.44	低熱	4	35 < W/C ≤ 40	0.04	-9.60	5.48
普通	7	40 < W/C	-0.01	3.26	1.69	低熱	4	40 < W/C	-0.01	-6.90	4.69
普通	8	W/C ≤ 30	1.28	-108.42	2.68	SF	1	W/C ≤ 30	0.04	1.34	1.98
普通	8	30 < W/C ≤ 35	1.04	-76.35	0.45	SF	1	30 < W/C ≤ 35	-0.06	3.03	2.27
普通	8	40 < W/C	-1.72	128.78	10.81	SF	1	35 < W/C ≤ 40	0.05	-3.52	1.21
普通	全体	全体	0.12	-3.71	3.55	低熱	全体	全体	0.03	-9.00	5.79
中庸熱	全体	全体	-0.004	-2.41	4.02	SF	全体	全体	-0.06	1.88	5.74

表 3.5.1(2) 最高温度と $_{28}S_{28}$ の回帰式の係数一覧

セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差	セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差
普通	1	W/C \leq 30	0.07	7.35	4.18	中庸熱	1	30<WC \leq 35	-0.14	14.53	3.66
普通	1	30<W/C \leq 35	0.06	7.60	4.91	中庸熱	1	35<WC \leq 40	-0.18	14.80	3.69
普通	1	35<W/C \leq 40	0.16	-0.70	3.51	中庸熱	1	40<WC	-0.14	12.12	4.62
普通	1	40<W/C	0.07	4.93	3.75	中庸熱	2	WC \leq 25	-0.18	18.48	5.34
普通	2	W/C \leq 30	0.00	14.61	3.68	中庸熱	2	25<WC \leq 30	0.00	6.57	3.14
普通	2	30<W/C \leq 35	-0.08	23.89	3.05	中庸熱	2	30<WC \leq 35	0.00	6.72	4.02
普通	2	35<W/C \leq 40	0.11	4.53	4.26	中庸熱	2	35<WC \leq 40	0.04	4.01	3.62
普通	2	40<W/C	0.04	5.80	8.68	中庸熱	2	40<WC	-0.04	7.67	4.31
普通	3	W/C \leq 30	0.05	10.34	4.59	中庸熱	3	WC \leq 25	-0.05	12.60	4.41
普通	3	30<W/C \leq 35	0.11	4.13	3.48	中庸熱	3	25<WC \leq 30	-0.12	17.18	3.89
普通	3	35<W/C \leq 40	0.10	3.54	4.02	中庸熱	3	30<WC \leq 35	-0.11	14.82	3.75
普通	3	40<W/C	0.12	1.48	3.80	中庸熱	3	35<WC \leq 40	-0.13	14.90	3.76
普通	4	W/C \leq 30	0.07	7.91	4.19	中庸熱	3	40<WC	-0.11	11.75	3.93
普通	4	30<W/C \leq 35	0.06	8.20	3.66	中庸熱	4	WC \leq 25	-0.29	25.55	0.95
普通	4	35<W/C \leq 40	0.13	2.71	3.82	中庸熱	4	25<WC \leq 30	-0.19	18.92	5.72
普通	4	40<W/C	0.07	4.86	3.44	中庸熱	4	30<WC \leq 35	-0.31	22.57	4.06
普通	5	W/C \leq 30	0.00	13.77	4.10	中庸熱	4	35<WC \leq 40	-0.39	28.49	1.36
普通	5	30<W/C \leq 35	-0.01	12.59	5.99	中庸熱	4	40<WC	-0.37	24.08	3.28
普通	5	35<W/C \leq 40	0.07	7.65	3.33	中庸熱	全体	全体	-0.06	10.64	4.38
普通	5	40<W/C	0.08	5.65	2.74	低熱	1	WC \leq 25	-0.45	34.42	5.24
普通	6	W/C \leq 30	0.06	8.61	1.39	低熱	1	25<WC \leq 30	-0.17	15.89	7.45
普通	6	30<W/C \leq 35	-0.03	12.04	0.99	低熱	1	30<WC \leq 35	-0.30	20.12	5.28
普通	6	35<W/C \leq 40	0.16	1.02	2.95	低熱	1	35<WC \leq 40	-0.22	15.98	6.29
普通	6	40<W/C	0.20	-2.06	3.14	低熱	1	40<WC	-0.25	13.94	7.01
普通	7	W/C \leq 30	0.00	11.23	2.89	低熱	3	WC \leq 25	-0.14	15.97	6.59
普通	7	30<W/C \leq 35	0.07	8.30	1.53	低熱	3	25<WC \leq 30	-0.28	22.40	7.42
普通	7	35<W/C \leq 40	-0.03	9.69	1.40	低熱	3	30<WC \leq 35	-0.28	19.56	6.60
普通	7	40<W/C	-0.04	9.86	2.19	低熱	3	35<WC \leq 40	-0.38	22.70	5.72
普通	8	W/C \leq 30	0.94	-64.49	0.83	低熱	3	40<WC	-0.28	17.45	6.44
普通	8	30<W/C \leq 35	-	-	-	低熱	4	WC \leq 25	-0.33	29.39	5.13
普通	8	35<W/C \leq 40	0.27	-3.31	0.21	低熱	4	25<WC \leq 30	-0.14	17.17	5.73
普通	8	40<W/C	-0.70	64.61	8.19	低熱	4	30<WC \leq 35	-0.44	28.49	5.15
普通	全体	全体	0.12	3.29	4.18	低熱	4	35<WC \leq 40	-0.27	19.00	5.87
中庸熱	1	WC \leq 25	-0.26	21.04	3.60	低熱	4	40<WC	-0.35	20.64	6.17
中庸熱	1	25<WC \leq 30	-0.10	14.00	3.87	低熱	全体	全体	-0.18	15.96	6.75

表 3.5.1(3) 最高温度と $_{56}S_{91}$ の回帰式の係数一覧

セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差	セメント種別	コード	水セメント比の範囲	A	B	標準誤差
中庸熱	1	W/C \leq 25	-0.18	16.18	4.51	中庸熱	5	35<W/C \leq 40	0.04	1.18	4.87
中庸熱	1	25<W/C \leq 30	-0.05	8.71	3.90	中庸熱	5	40<W/C \leq 30	0.02	2.46	3.94
中庸熱	1	30<W/C \leq 35	-0.07	10.08	2.62	中庸熱	全体	全体	0.010	4.716	4.082
中庸熱	1	35<W/C \leq 40	-0.03	6.66	4.48	低熱	1	WC \leq 25	-0.10	9.62	4.85
中庸熱	1	40<W/C \leq 30	-0.02	4.80	3.60	低熱	1	25<WC \leq 30	-0.01	4.95	6.07
中庸熱	3	W/C \leq 25	-0.12	13.65	4.89	低熱	1	30<WC \leq 35	-0.05	5.25	4.85
中庸熱	3	25<W/C \leq 30	0.00	4.81	3.12	低熱	1	35<WC \leq 40	-0.01	4.92	6.15
中庸熱	3	30<W/C \leq 35	-0.01	5.02	4.27	低熱	1	40<WC	-0.11	6.25	4.79
中庸熱	3	35<W/C \leq 40	0.08	0.78	3.99	低熱	3	WC \leq 25	-0.18	16.79	4.03
中庸熱	3	40<W/C \leq 30	-0.04	4.65	4.53	低熱	3	25<WC \leq 30	0.01	3.37	6.69
中庸熱	4	W/C \leq 25	0.00	6.79	4.09	低熱	3	30<WC \leq 35	-0.04	5.81	5.94
中庸熱	4	25<W/C \leq 30	-0.04	9.92	4.13	低熱	3	35<WC \leq 40	-0.16	10.73	6.63
中庸熱	4	30<W/C \leq 35	0.00	6.08	3.74	低熱	3	40<WC	-0.07	6.53	5.77
中庸熱	4	35<W/C \leq 40	-0.02	7.31	4.04	低熱	4	WC \leq 25	-0.12	12.89	4.50
中庸熱	4	40<W/C \leq 30	-0.02	5.53	3.78	低熱	4	25<WC \leq 30	0.01	5.59	5.00
中庸熱	5	W/C \leq 25	-0.07	10.69	1.02	低熱	4	30<WC \leq 35	-0.10	9.56	4.45
中庸熱	5	25<W/C \leq 30	0.04	2.66	4.65	低熱	4	35<WC \leq 40	0.04	1.82	5.42
中庸熱	5	30<W/C \leq 35	-0.03	7.38	3.75	低熱	4	40<WC	-0.05	5.98	4.46
						低熱	全体	全体	-0.01	4.78	5.42

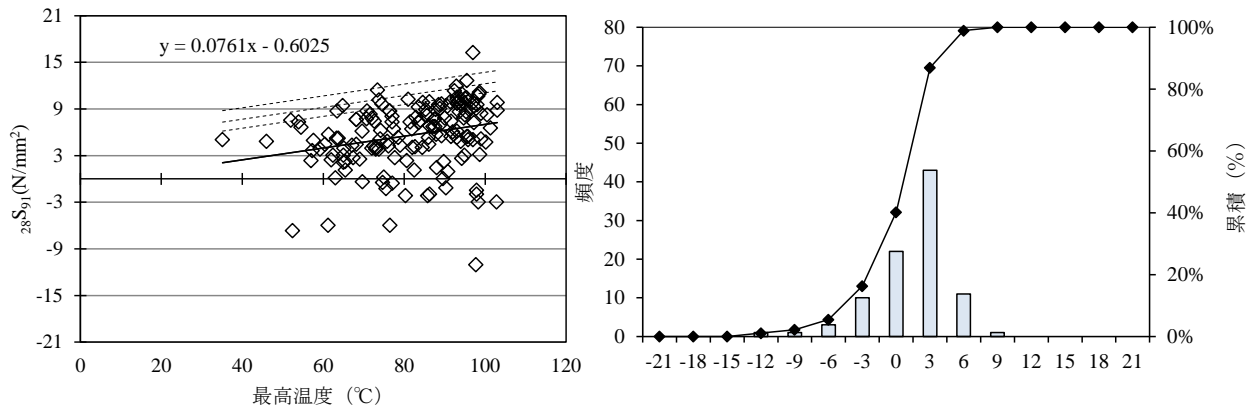


图 3.5.1 N-1 $W/C \leq 30$

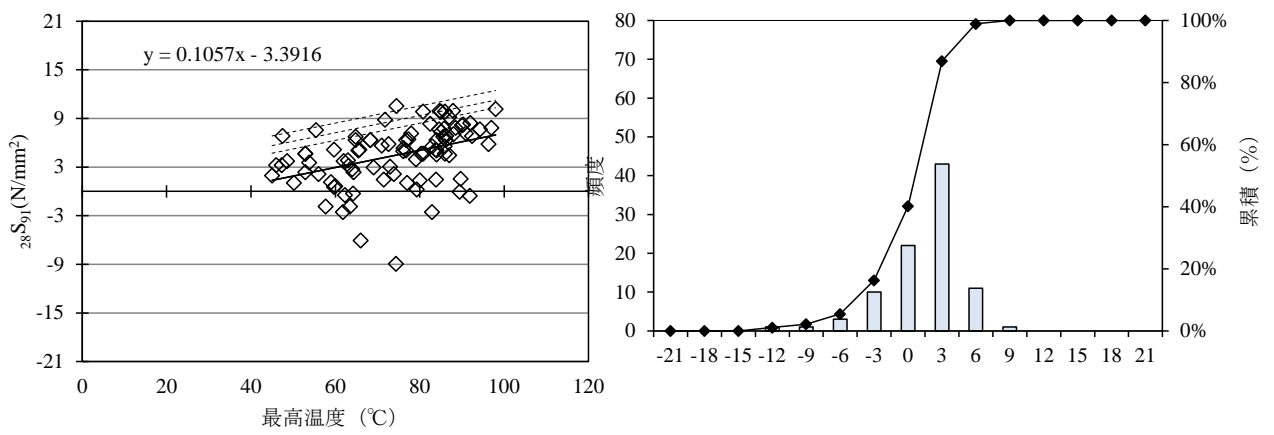


图 3.5.2 N-1 $30 < W/C \leq 35$

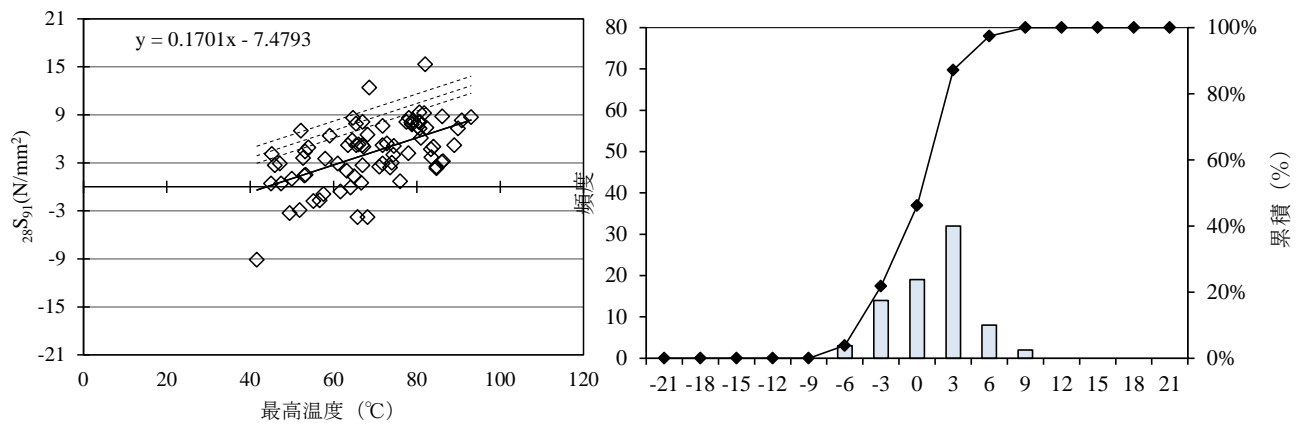


图 3.5.3 N-1 $35 < W/C \leq 40$

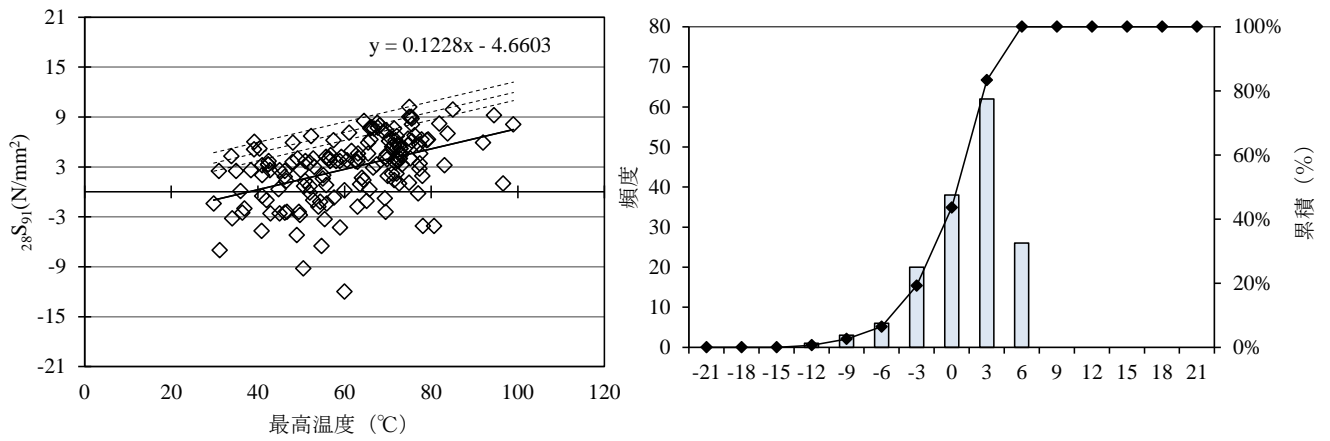


图 3.5.4 N-1 40 < W/C

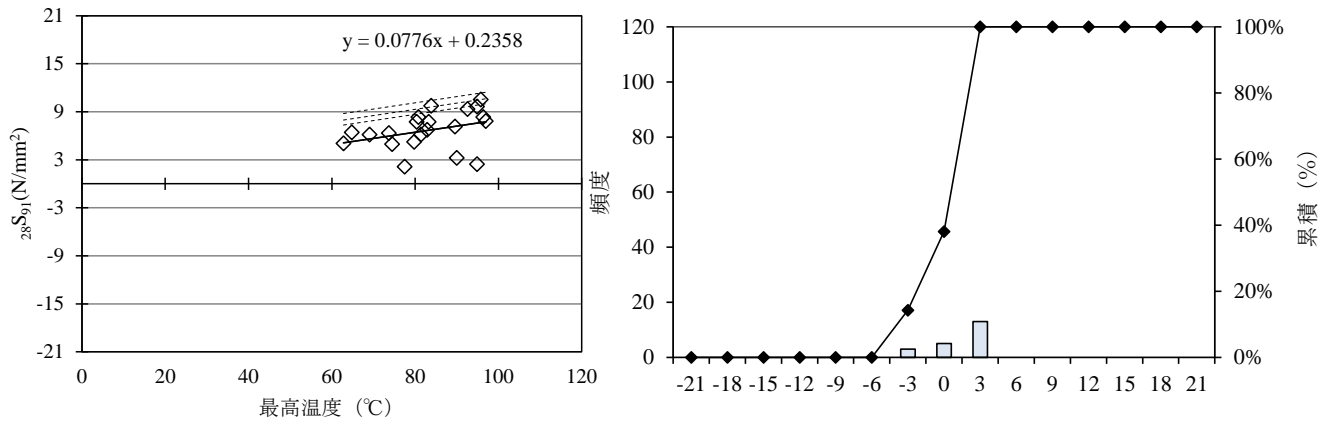


图 3.5.5 N-2 W/C ≤ 30

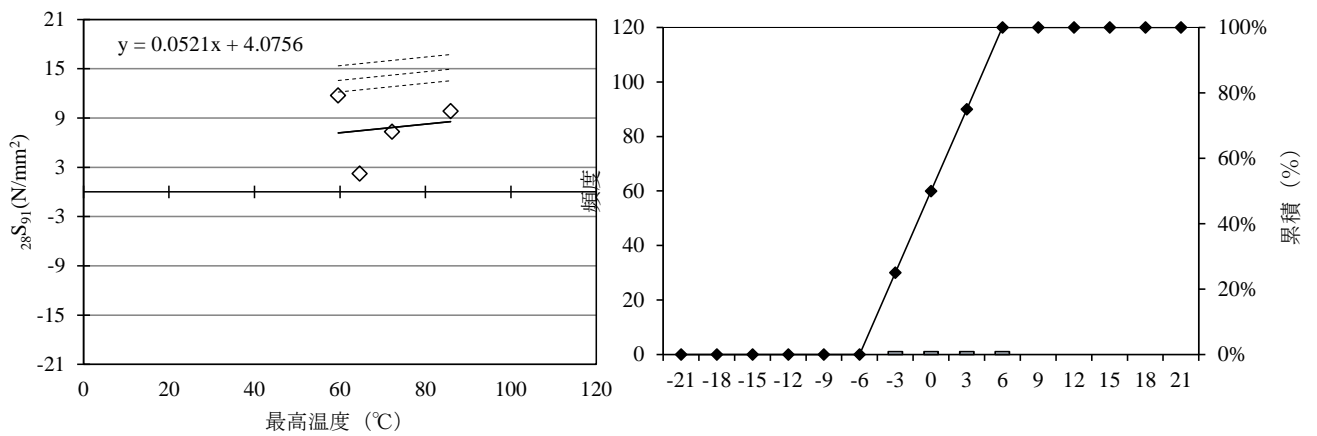


图 3.5.6 N-2 30 < W/C ≤ 35

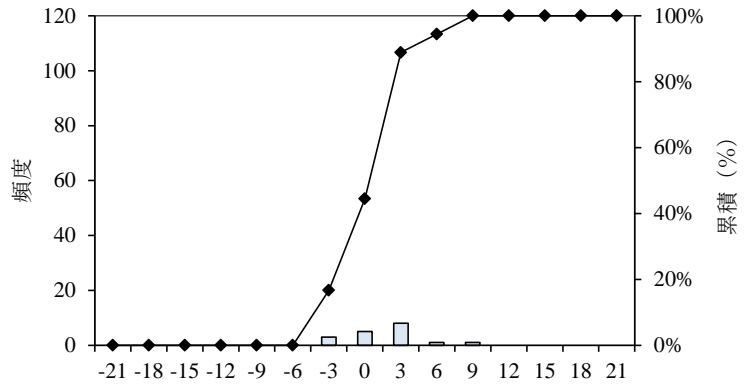
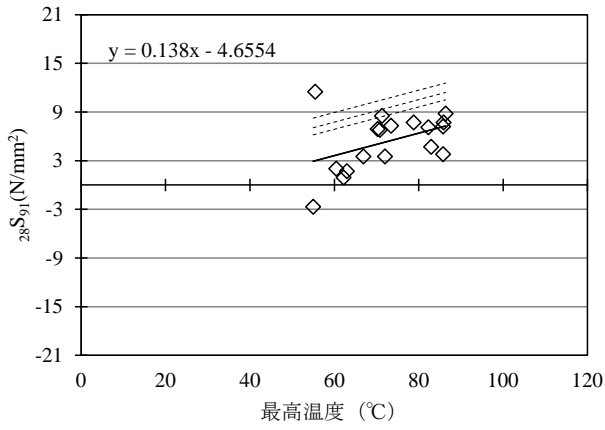


图 3.5.7 N-2 $35 < W/C \leq 40$

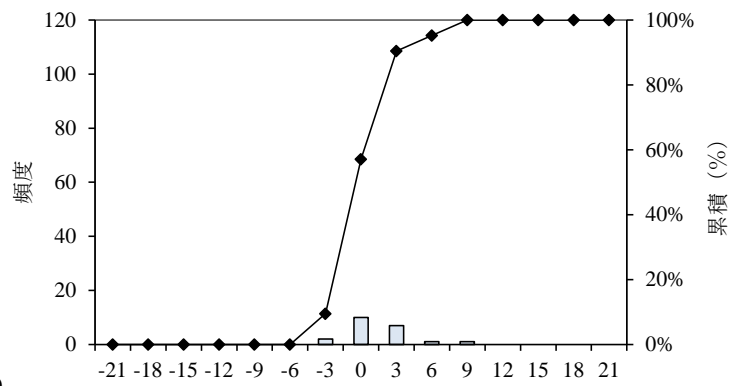
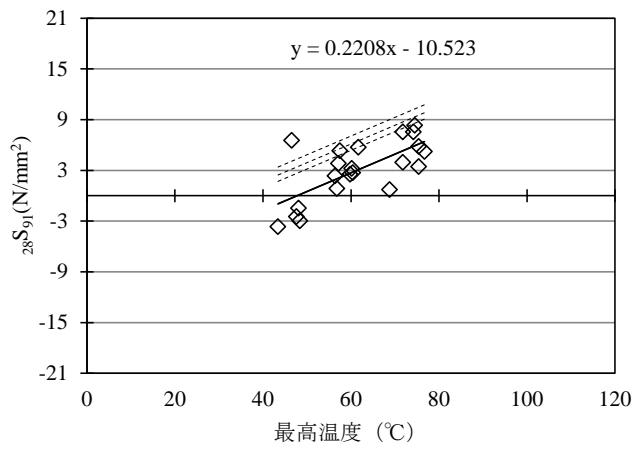


图 3.5.8 N-2 $40 < W/C$

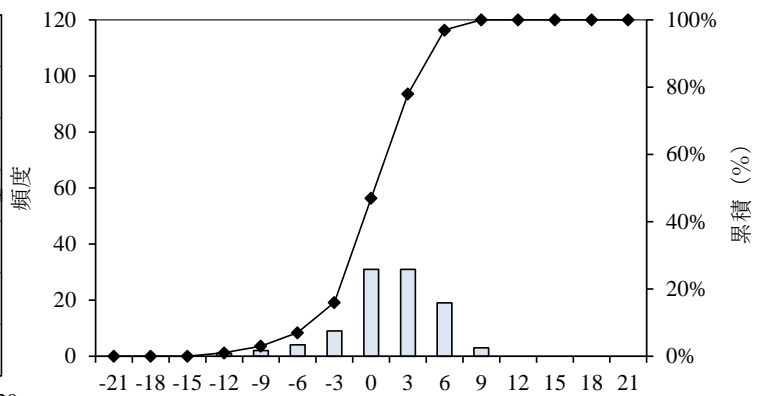
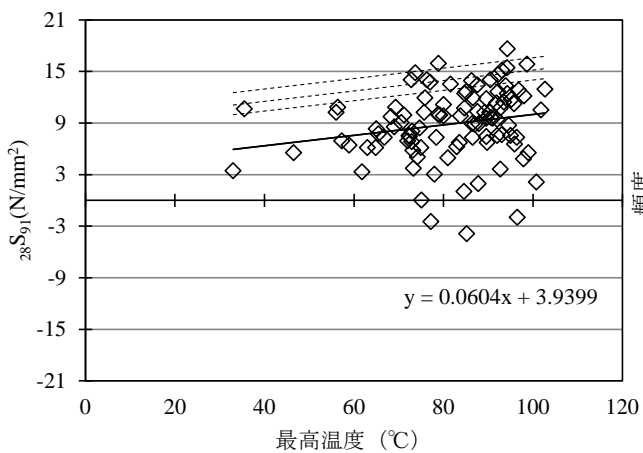


图 3.5.9 N-3 $W/C \leq 30$

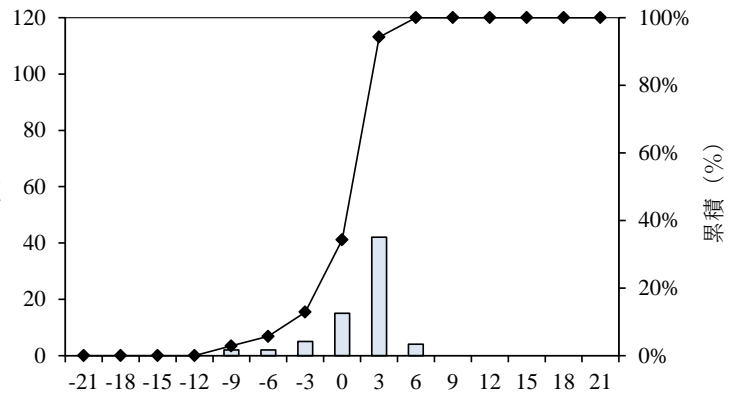
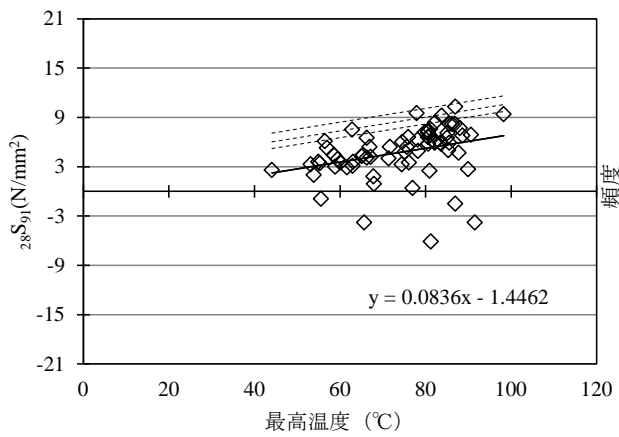


图 3.5.10 N-3 $30 < W/C \leq 35$

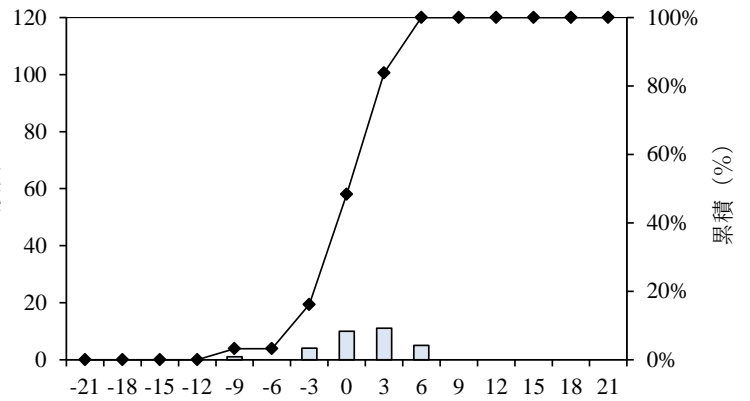
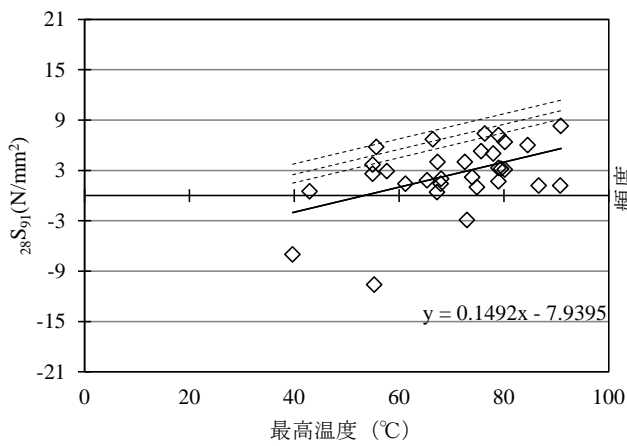


图 3.5.11 N-3 $35 < W/C \leq 40$

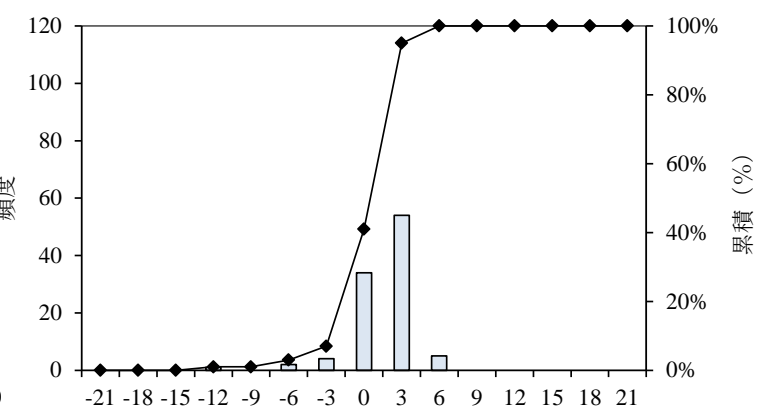
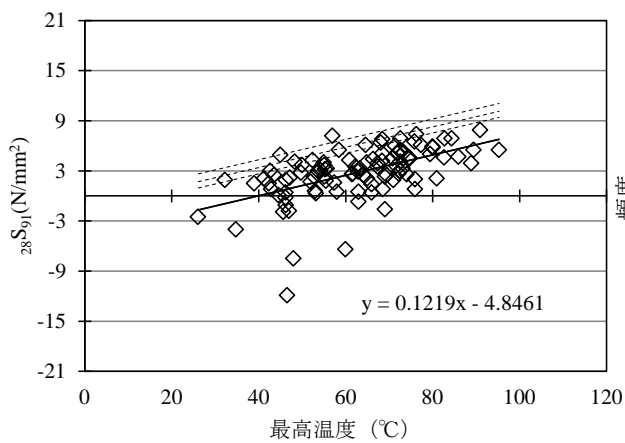


图 3.5.12 N-3 $40 < W/C$

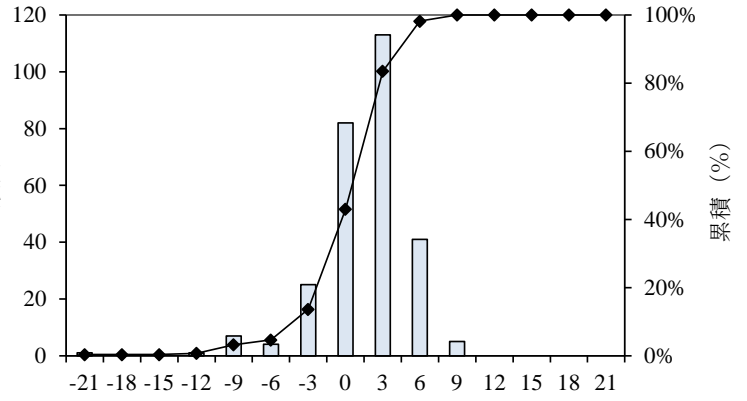
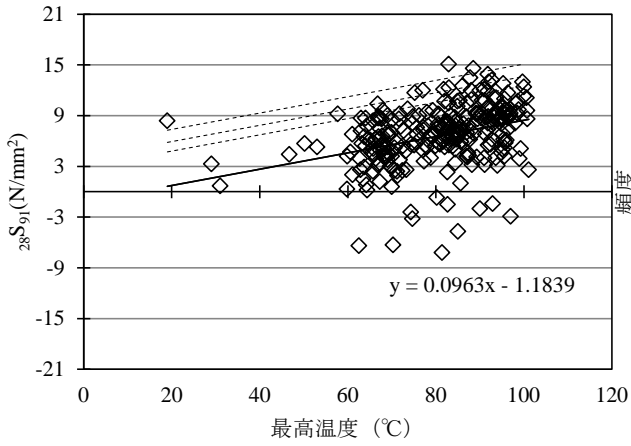


图 3.5.13 N-4 $W/C \leq 30$

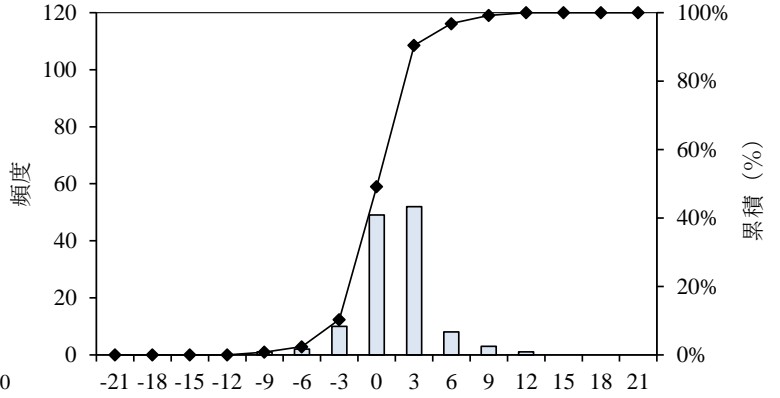
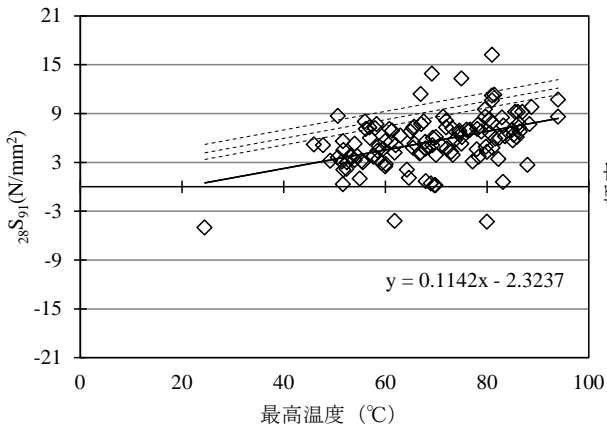


图 3.5.14 N-4 $30 < W/C \leq 35$

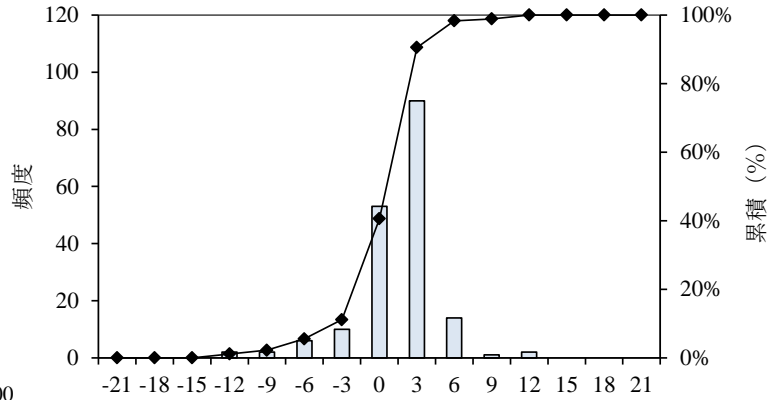
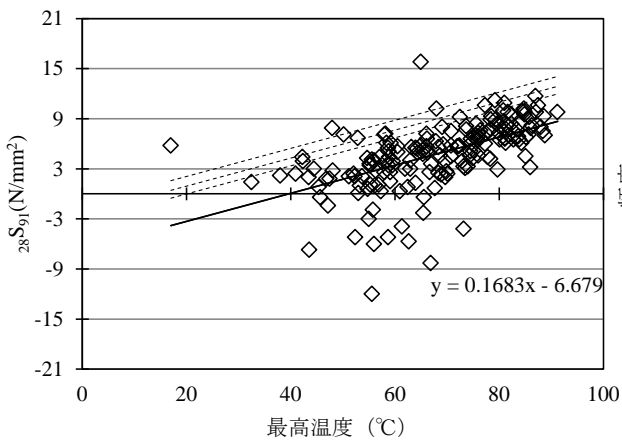


图 3.5.15 N-4 $35 < W/C \leq 40$

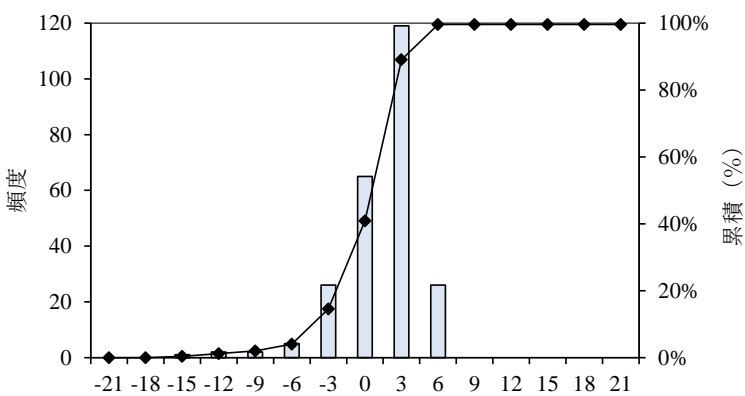
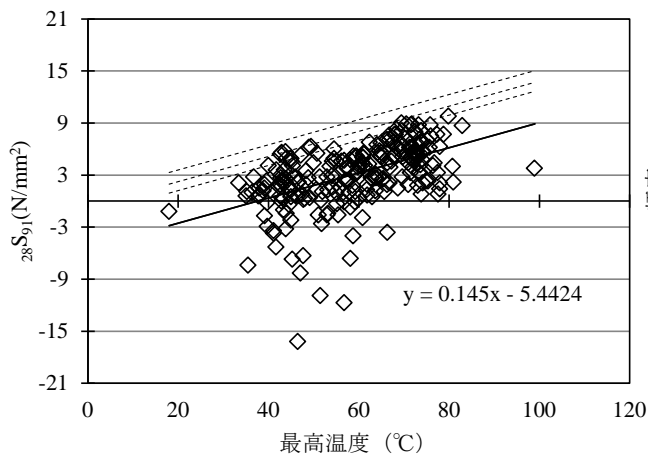


图 3.5.16 N-4 $40 < W/C$

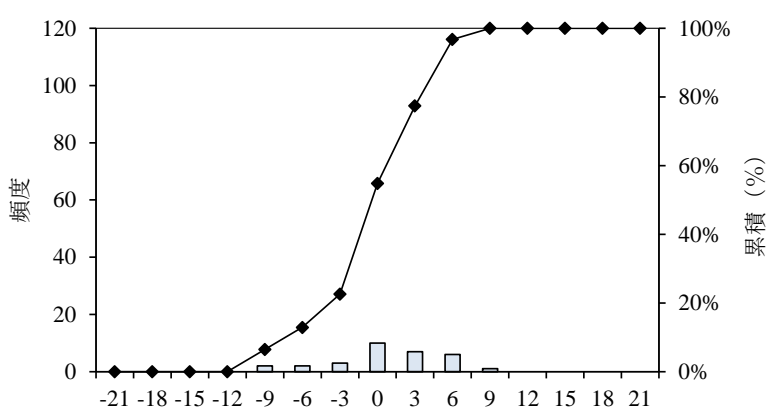
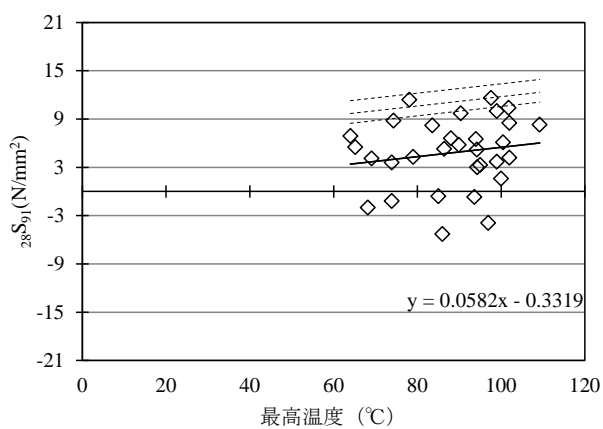


图 3.5.17 N-5 $W/C \leq 30$

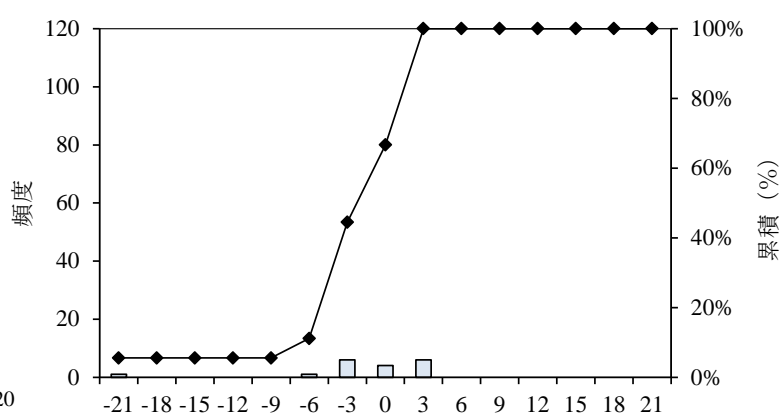
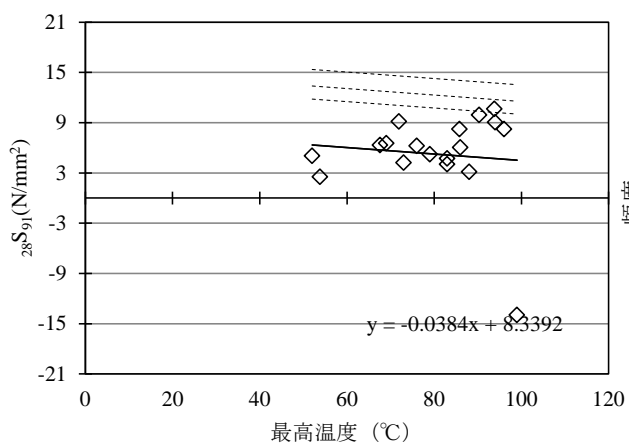


图 3.5.18 N-5 $30 < W/C \leq 35$

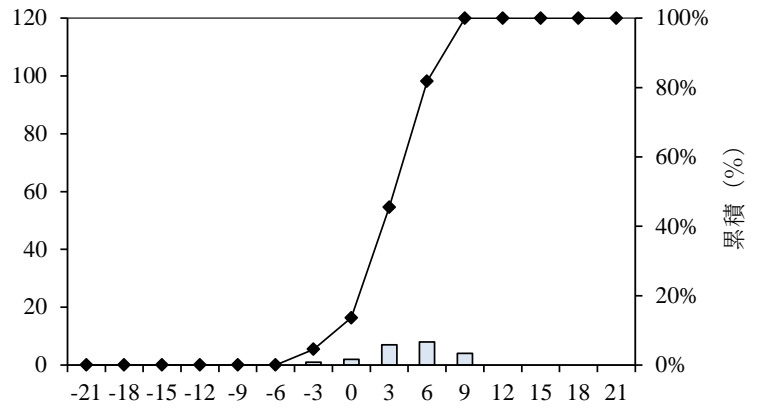
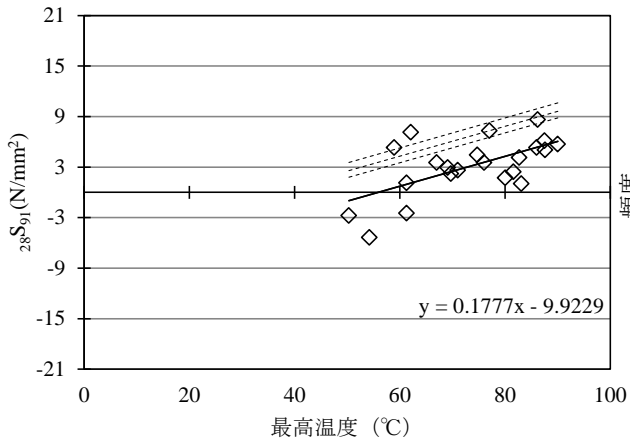


図 3.5.19 N-5 $35 < W/C \leq 40$

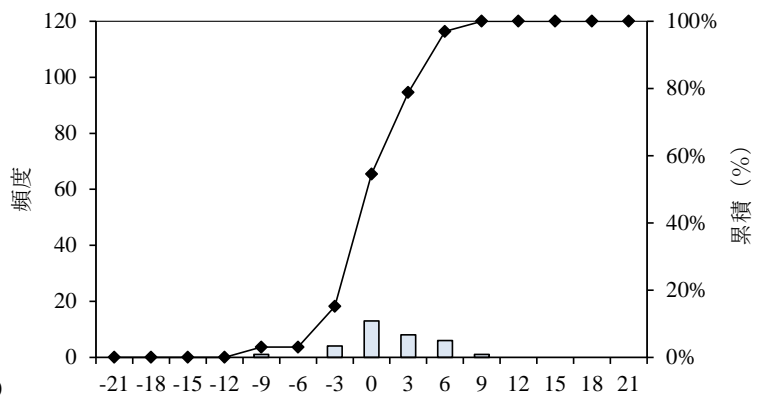
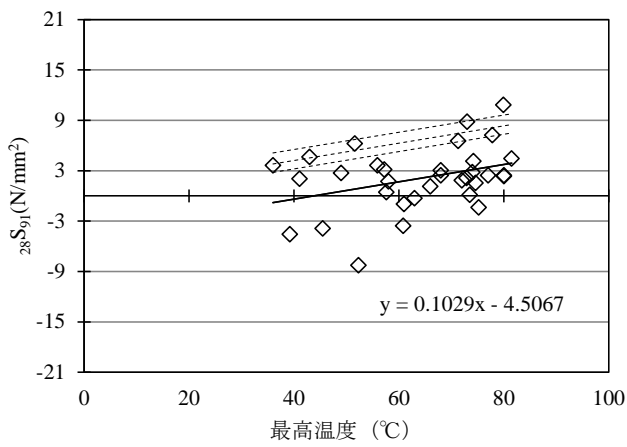


図 3.5.20 N-5 $40 < W/C$

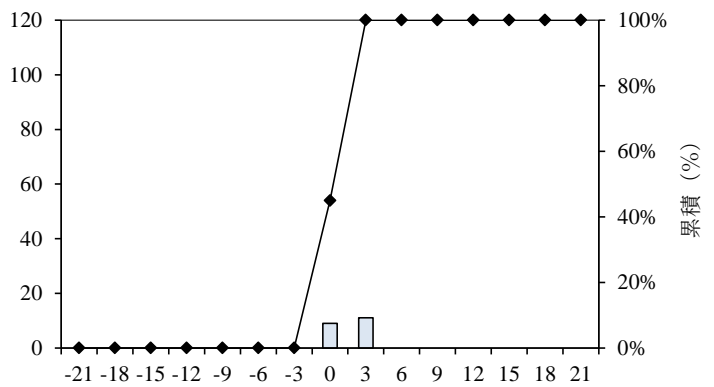
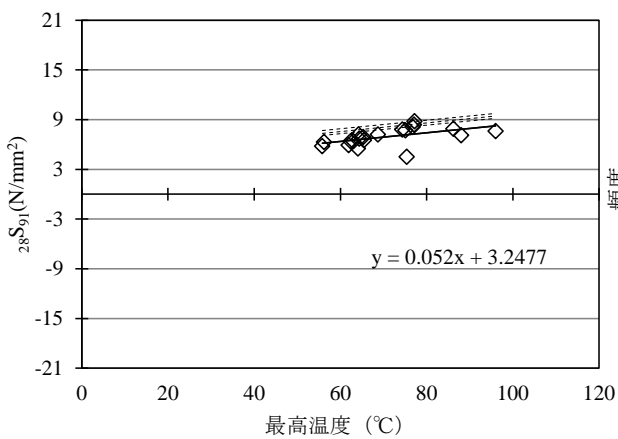


図 3.5.21 N-6 $W/C \leq 30$

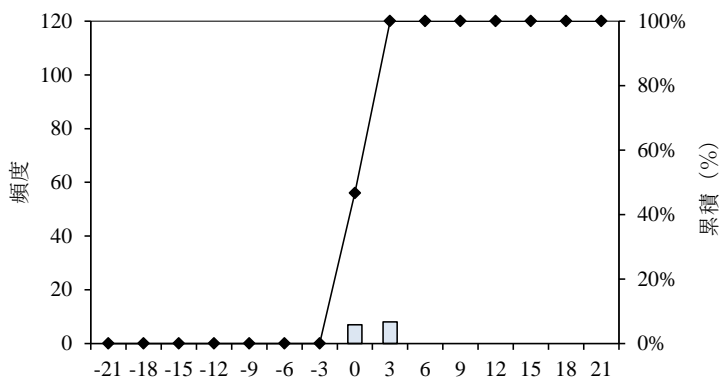
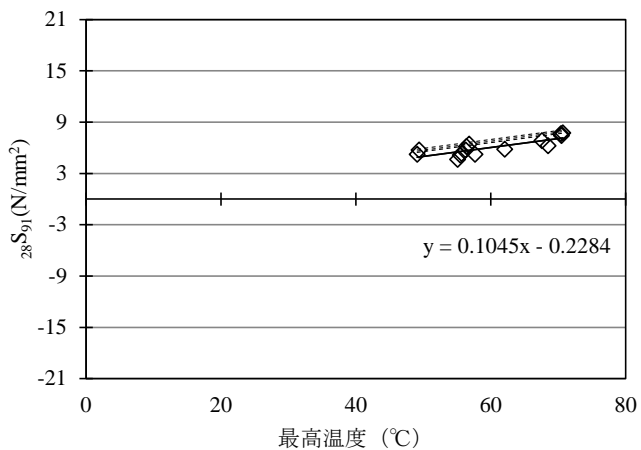


图 3.5.22 N-6 $30 < W/C \leq 35$

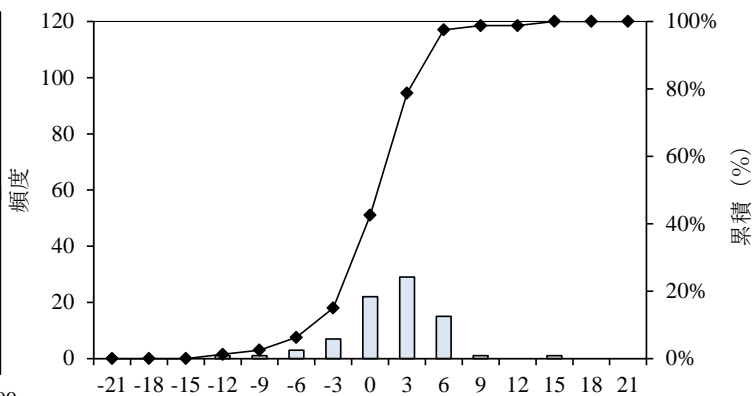
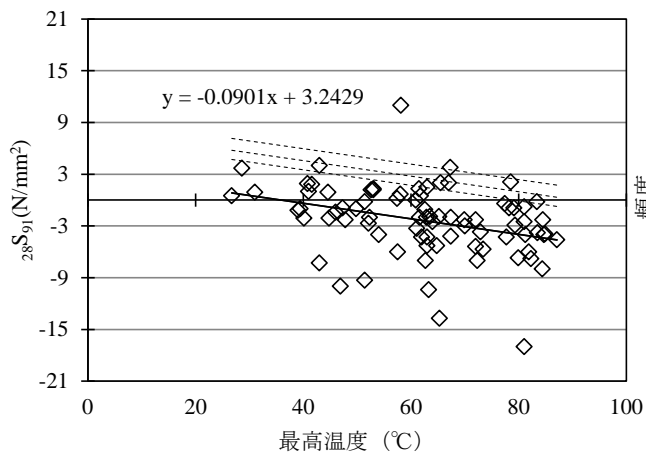


图 3.5.23 M-1 $W/C \leq 30$

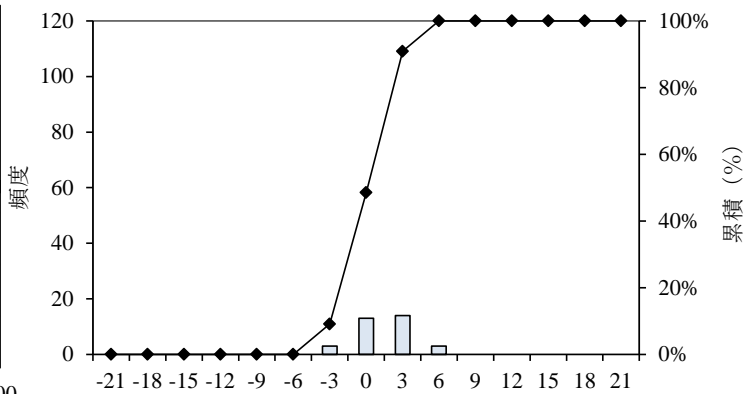
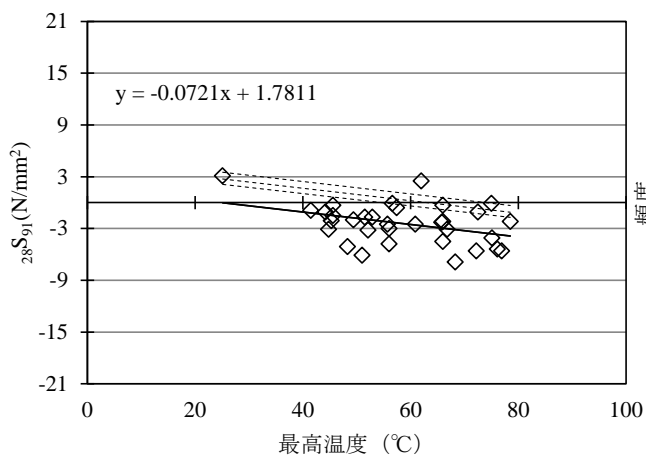


图 3.5.24 M-1 $30 < W/C \leq 35$

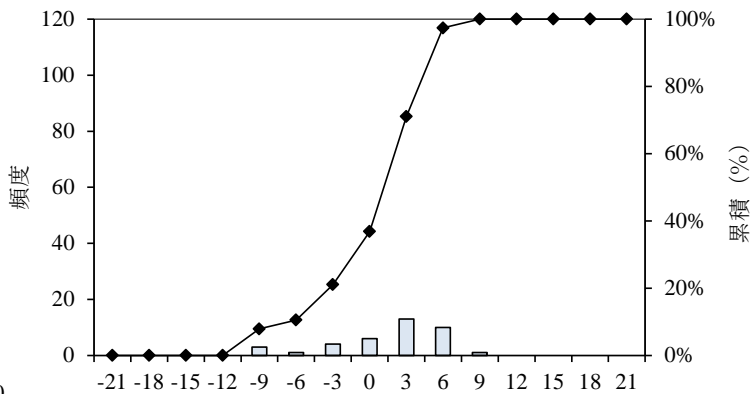
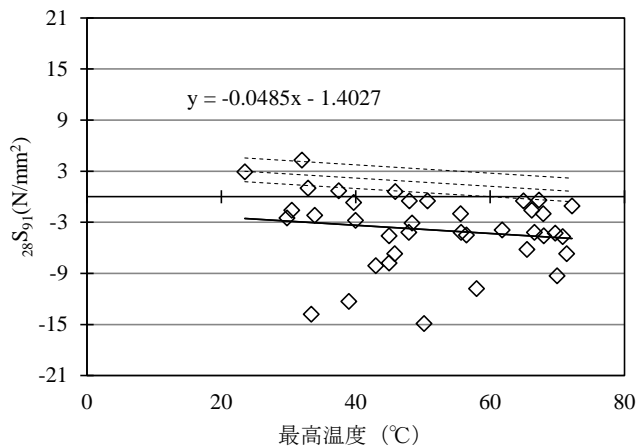


图 3.5.25 M-1 $35 < W/C \leq 40$

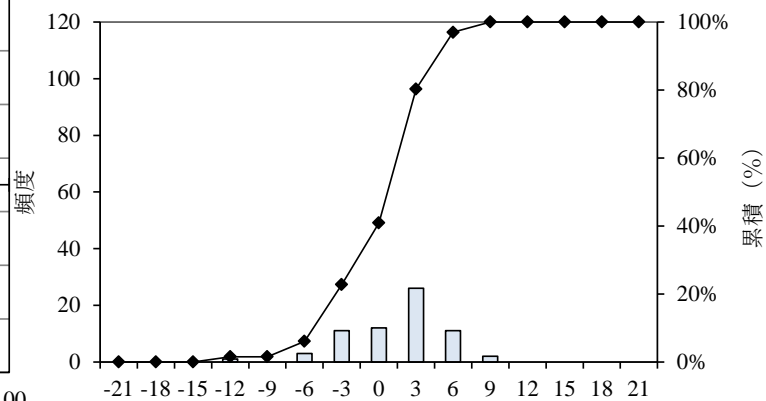
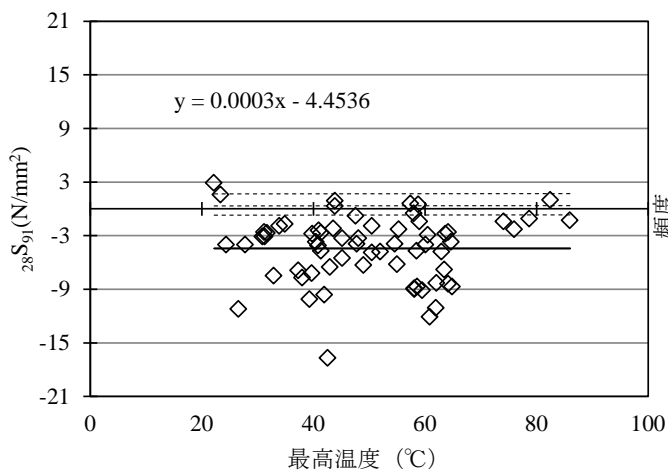


图 3.5.26 M-1 $40 < W/C$

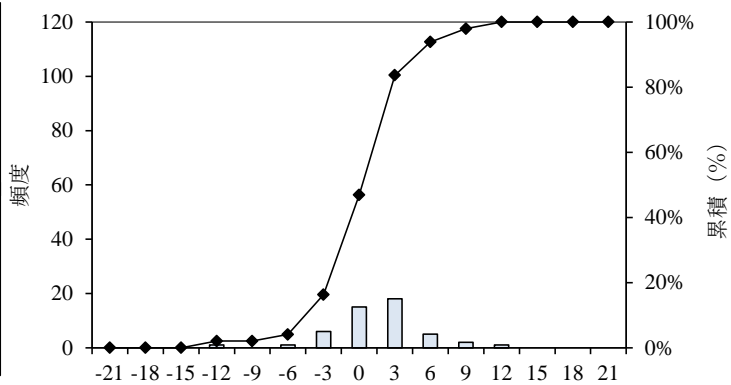
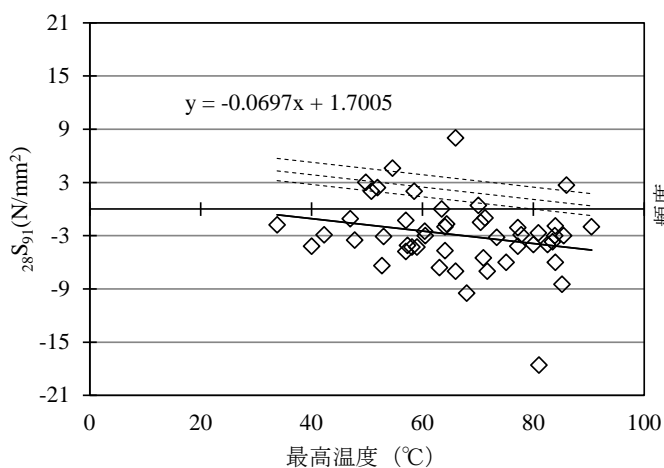


图 3.5.27 M-3 $W/C \leq 30$

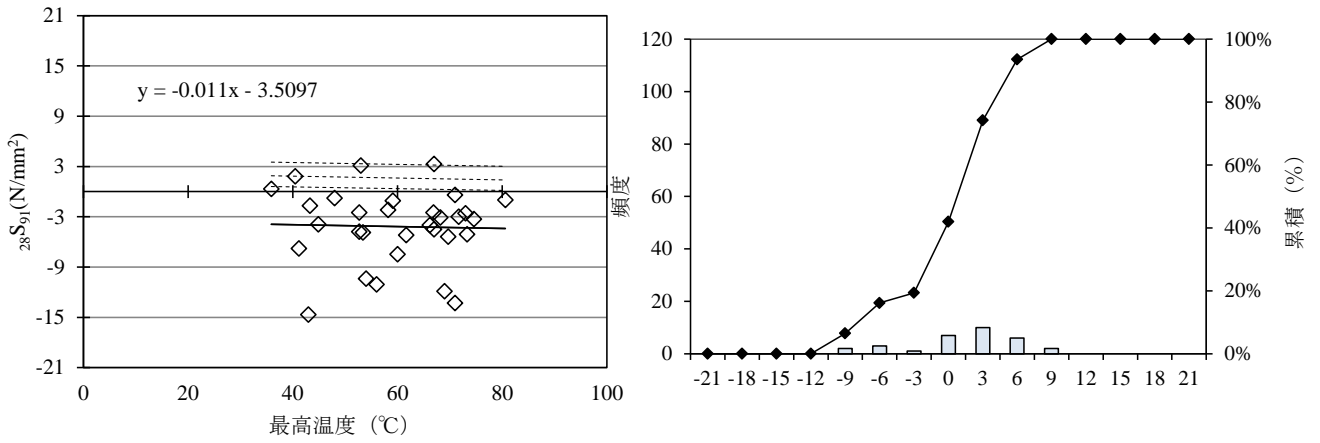


图 3.5.28 M-3. $30 < W/C \leq 35$

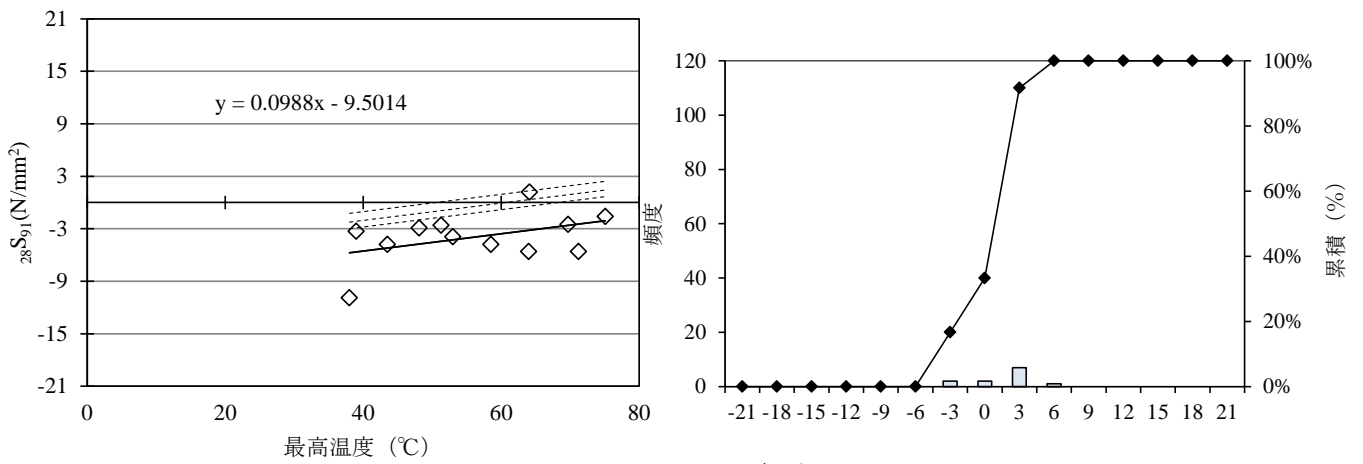


图 3.5.29 M-3. $65 < W/C \leq 40$

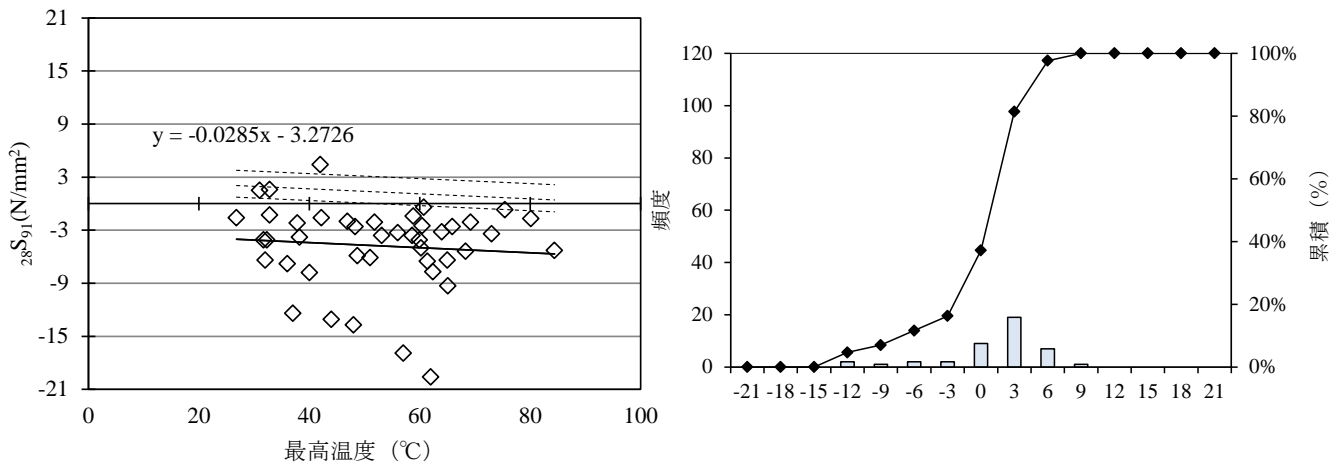


图 3.5.30 M-3 $40 < W/C$

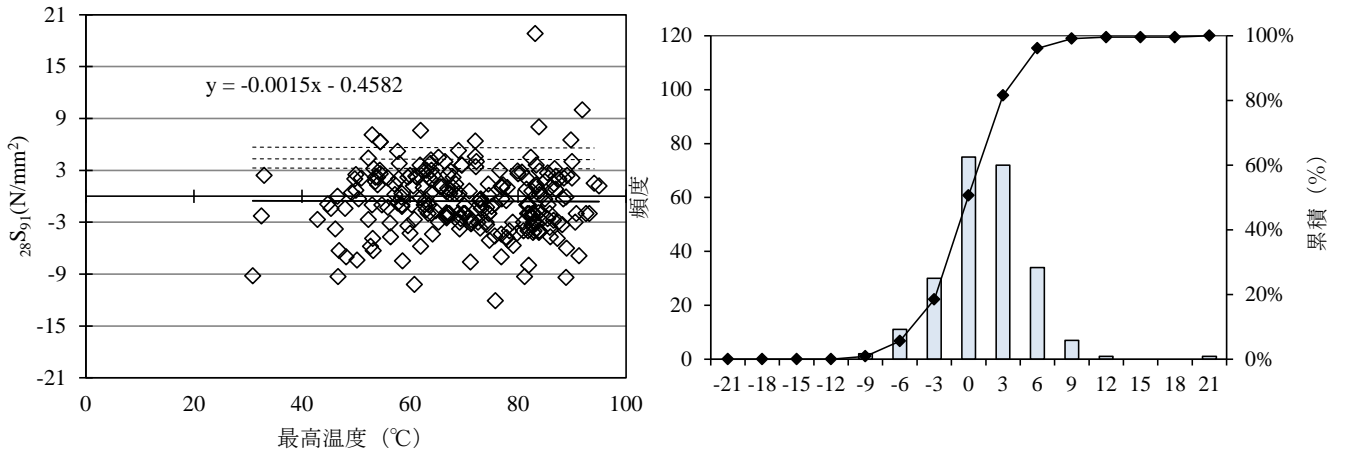


图 3.5.31 M-4 $W/C \leq 30$

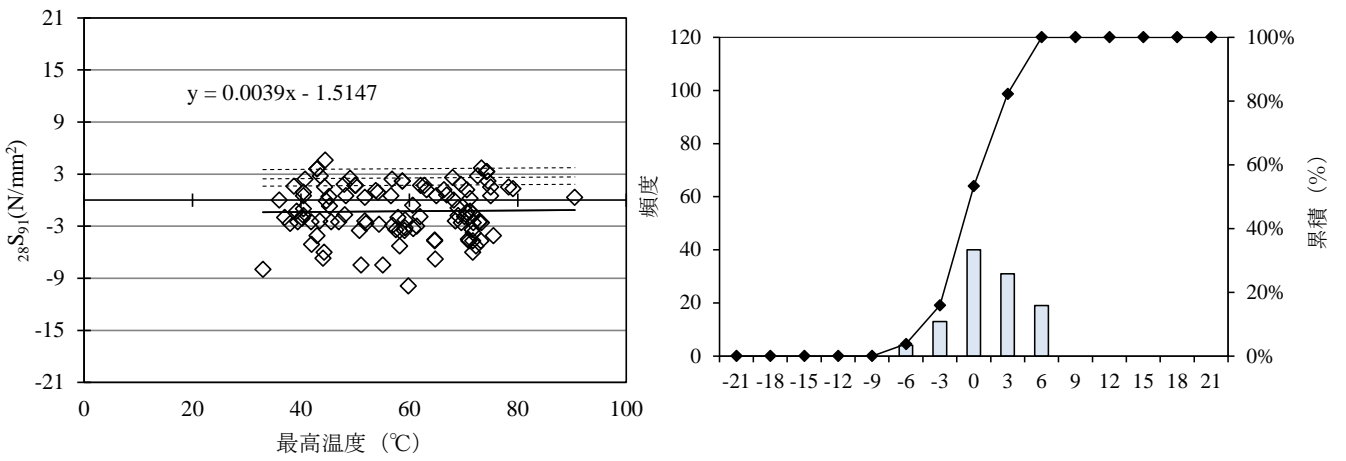


图 3.5.32 M-4 $30 < W/C \leq 35$

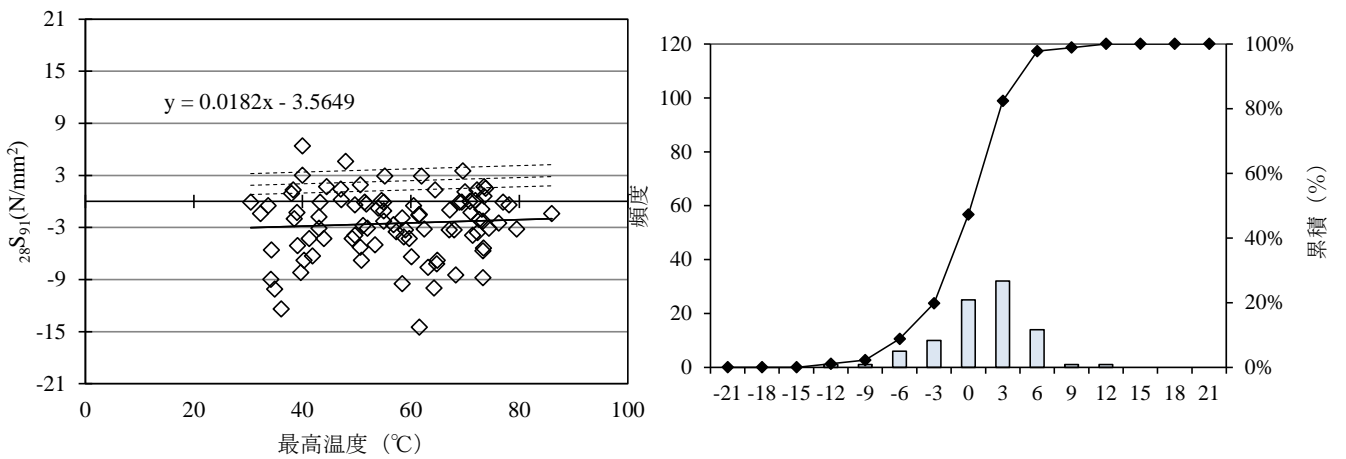


图 3.5.33 M-4 $35 < W/C \leq 40$

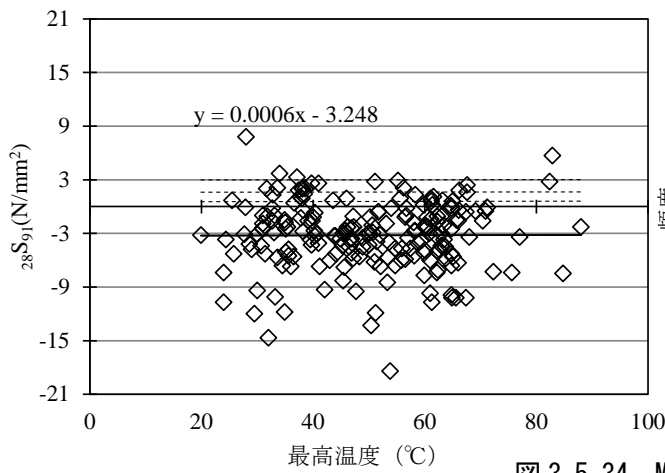


图 3.5.34 M-4 $40 < W/C$

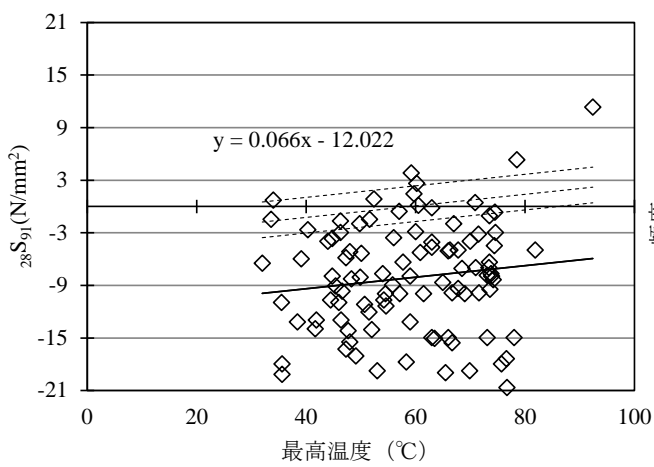
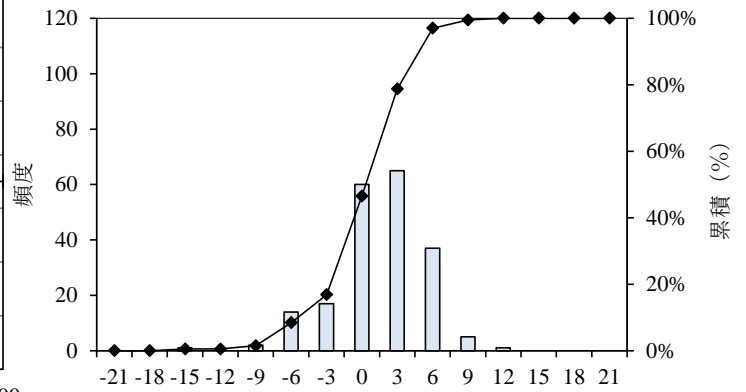


图 3.5.35 L-1 $W/C < 30$

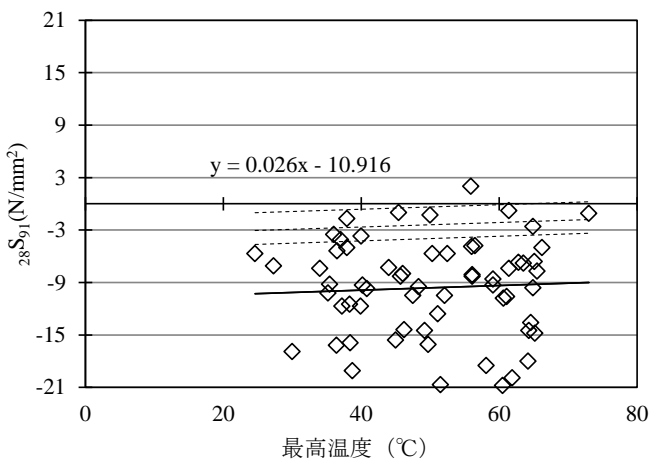
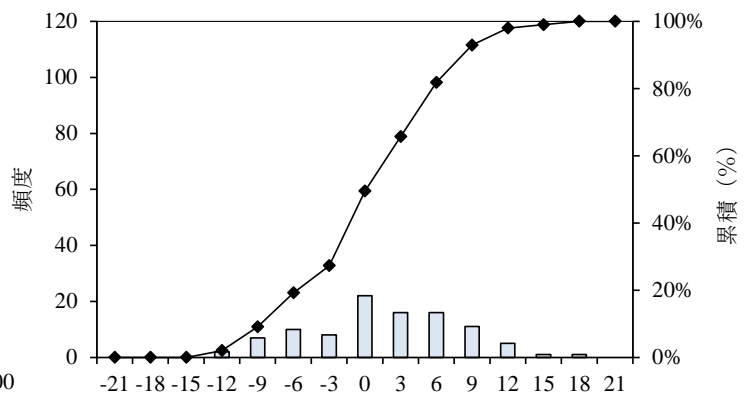
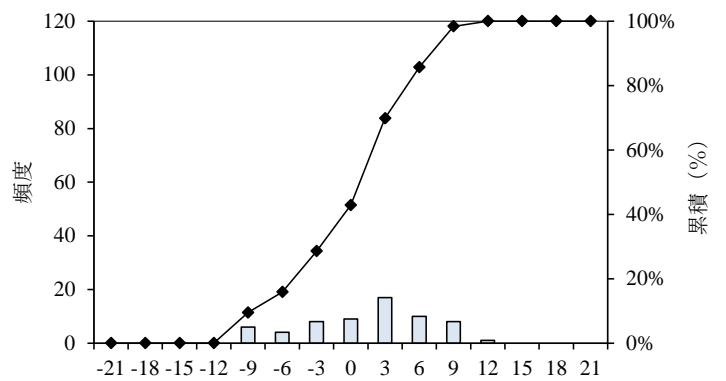


图 3.5.36 L-1 $30 < W/C \leq 35$



3.5.2 セメント水比と圧縮強度の関係

セメント水比と標準養生した管理供試体の材齢 28 日の圧縮強度(F) との関係およびセメント水比(C/W)とコア供試体の材齢 91 日強度(F) との関係を図 3.5.37～図 3.5.47 に示す。また、これらの回帰式 ($F=A \cdot C/W+B$) の係数を表 3.5.2 および表 3.5.3 に示す。なお、コア供試体の材齢 91 日の強度との関係は、最高温度別に 60℃以下、60℃超 80℃以下、80℃超に分類した。

表 3.5.2 セメント水比と標準水中養生 28 日強度の関係の回帰式係数一覧

セメント種別	コード	A	B
普通	1	27.1	-1.3
普通	2	26.6	0.5
普通	3	26.8	-1.8
普通	4	25.1	0.6
普通	5	27.1	-7.1
普通	6	23.9	6.2
中庸熱	1	27.2	-6.8
中庸熱	3	27.9	-8.1
中庸熱	4	25.8	-3.1
中庸熱	5	29.9	-7.7
低熱	1	29.0	-9.5
低熱	3	27.2	-6.3
低熱	4	23.2	3.1
低熱	5	32.7	-26.1

表 3.5.3 セメント水比とコア 91 日コア強度の関係 回帰式係数一覧

セメント種	コート	最高温度	A	B
普通	1	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	25.2	0.3
普通	1	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	27.3	8.1
普通	1	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	24.3	-1.0
普通	2	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	19.6	15.1
普通	2	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	23.5	5.1
普通	2	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	20.7	12.6
普通	3	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	25.5	-2.8
普通	3	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	25.8	-5.7
普通	3	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	22.0	6.1
普通	4	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	23.5	2.3
普通	4	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	20.4	4.6
普通	4	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	21.5	0.3
普通	5	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	26.5	-3.1
普通	5	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	25.6	-3.4
普通	5	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	21.2	9.3
普通	6	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	21.0	3.9
普通	6	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	21.9	0.6
普通	6	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	23.0	-3.0
普通	7	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	23.5	-0.8
普通	7	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	27.9	-10.7
普通	7	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	28.1	-14.2
普通	8	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	33.9	-21.1
普通	8	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	21.7	7.2
中庸熱	1	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	24.9	2.8
中庸熱	1	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	25.4	2.6
中庸熱	1	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	27.4	-3.1
中庸熱	3	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	24.4	4.3
中庸熱	3	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	23.3	7.9
中庸熱	3	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	26.5	-3.5
中庸熱	4	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	24.5	4.0
中庸熱	4	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	23.6	6.5
中庸熱	4	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	23.4	7.6
中庸熱	5	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	23.2	9.9
中庸熱	5	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	26.2	-2.4
中庸熱	5	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	6.6	70.3
低熱	1	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	28.3	-0.3
低熱	1	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	27.8	-0.2
低熱	3	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	24.0	9.0
低熱	3	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	22.7	13.7
低熱	3	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	30.5	-14.1
低熱	4	$T_{max} \leq 60^{\circ}\text{C}$	23.2	9.9
低熱	4	$60^{\circ}\text{C} < T_{max} \leq 80^{\circ}\text{C}$	23.6	9.9
低熱	4	$T_{max} > 80^{\circ}\text{C}$	27.7	-19.0

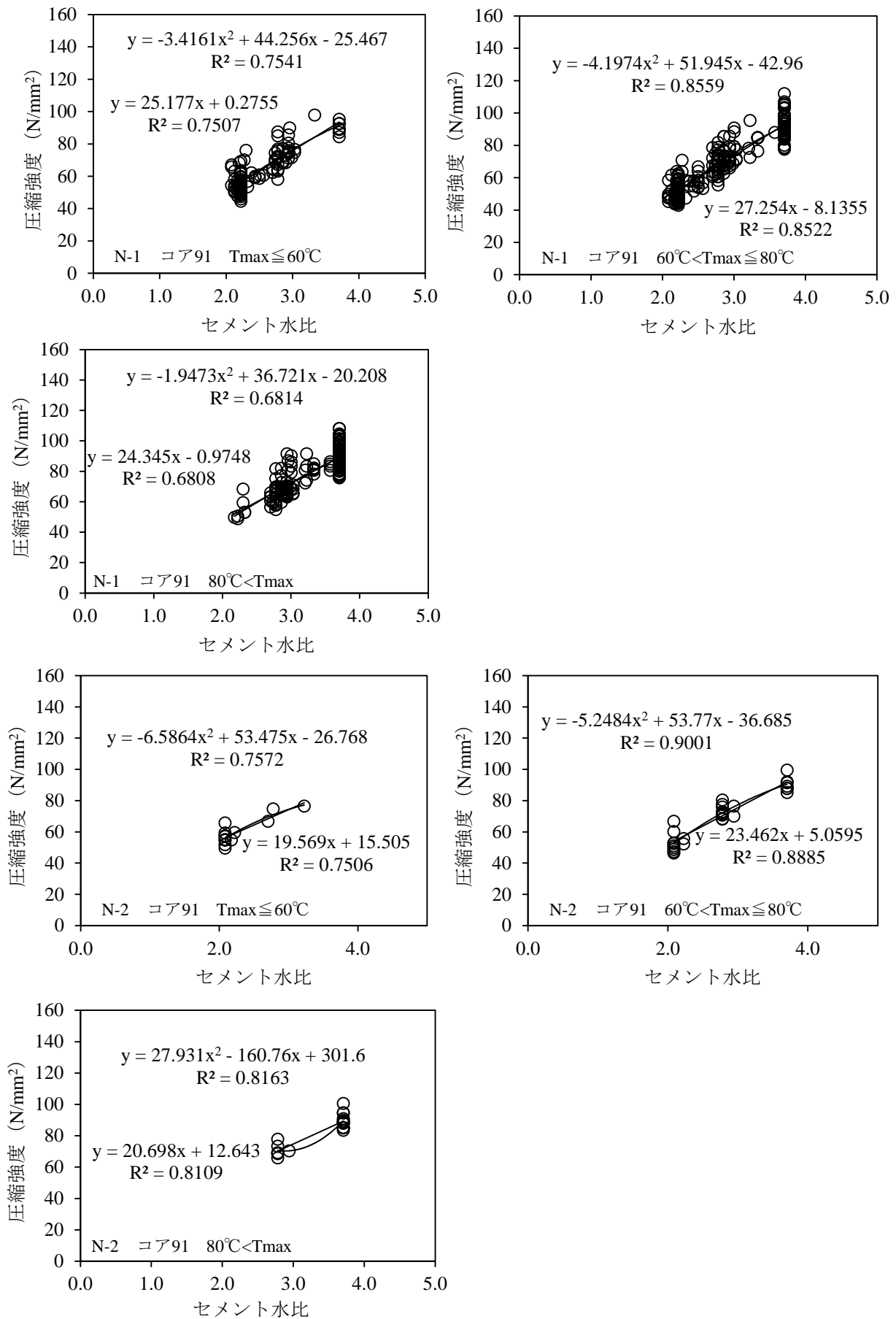


図 3.5.37 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (普通ポルトランドセメント)

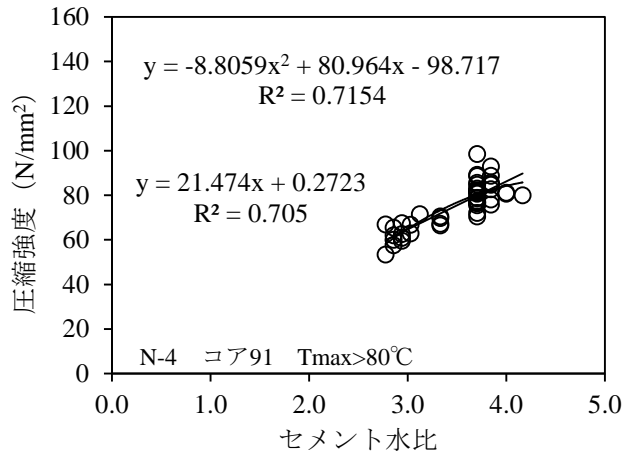
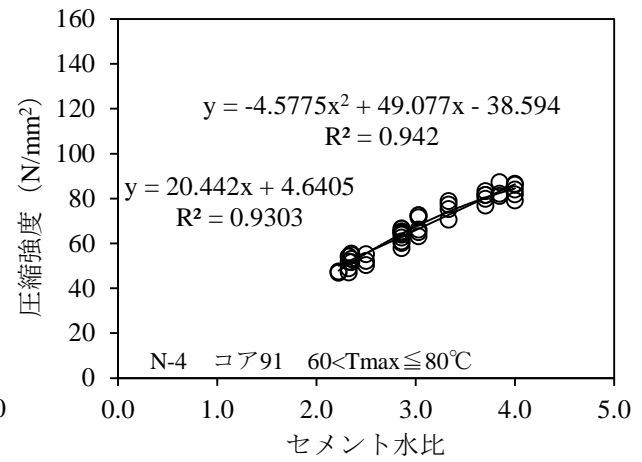
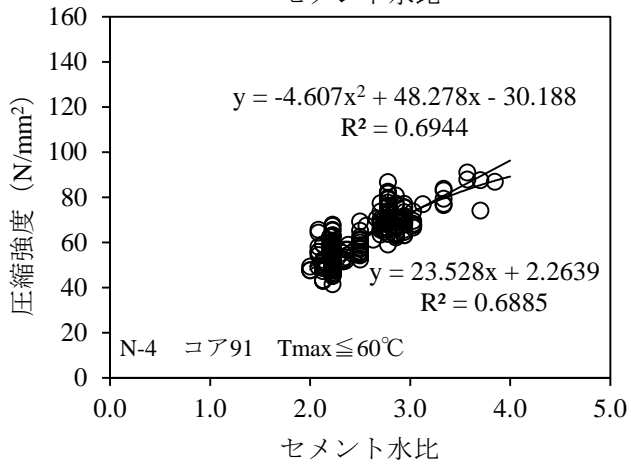
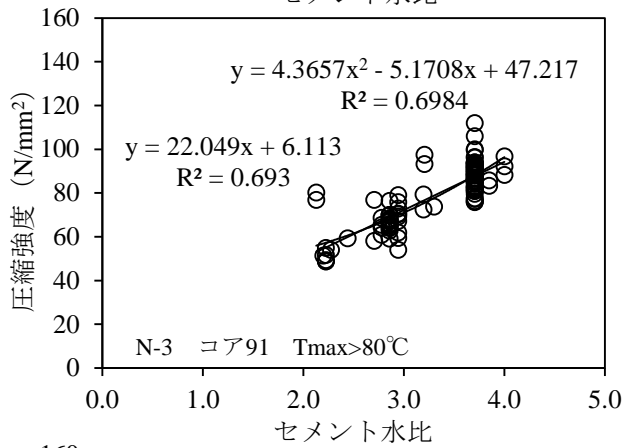
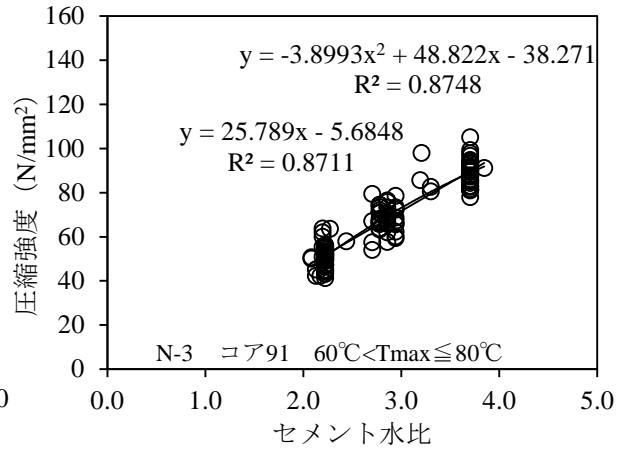
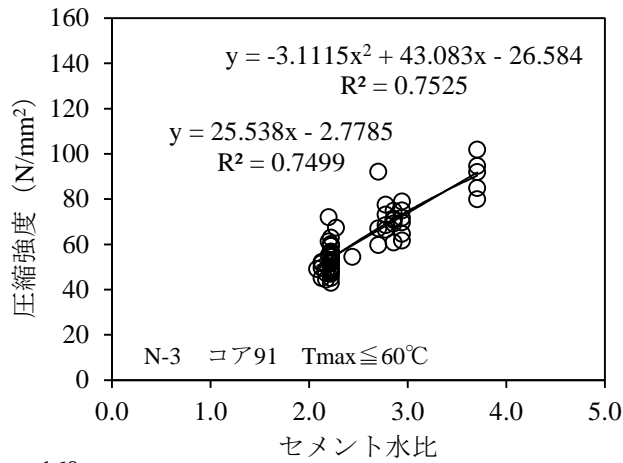


図 3.5.38 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (普通ポルトランドセメント)

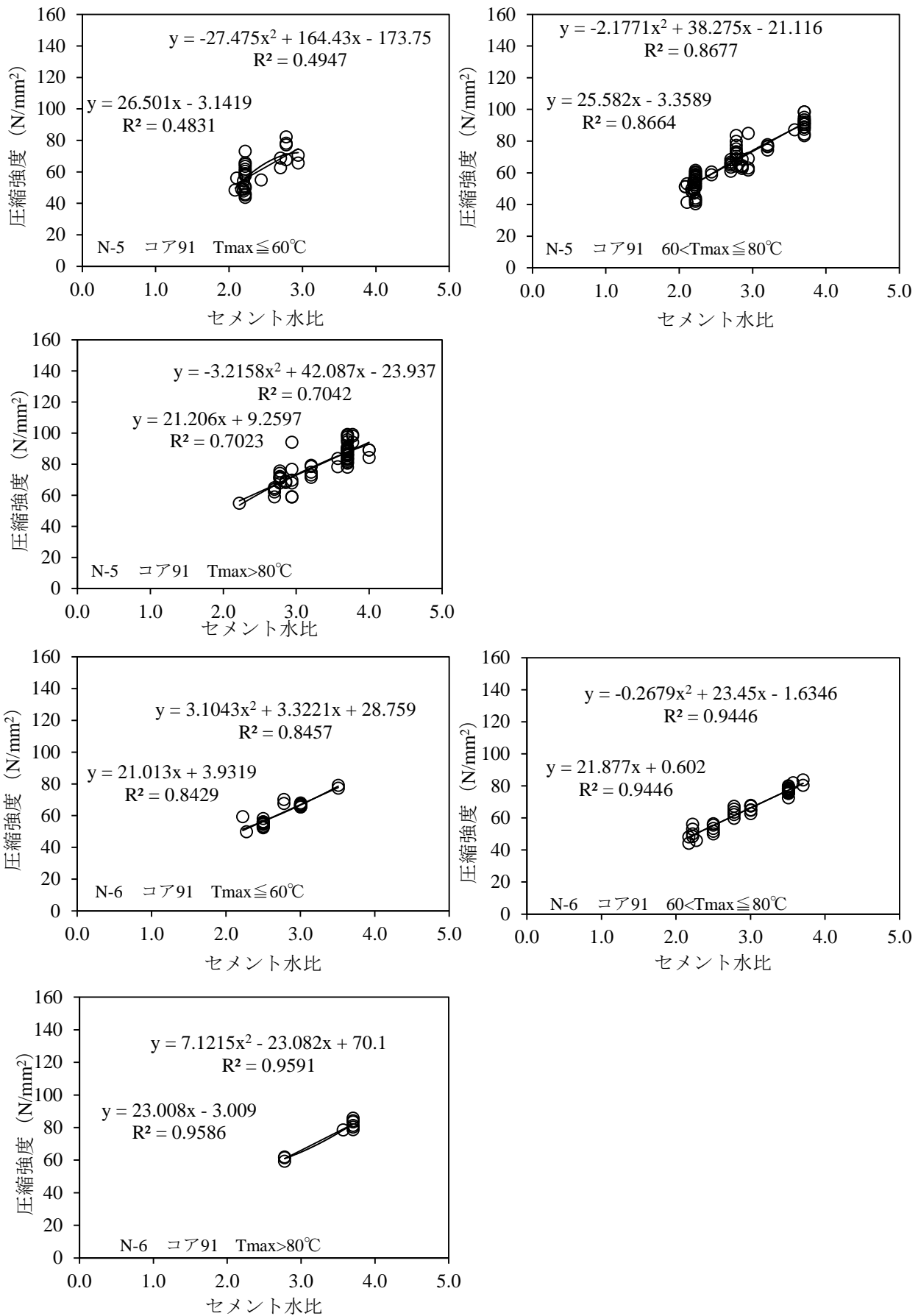


図 3.5.39 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (普通ポルトランドセメント)

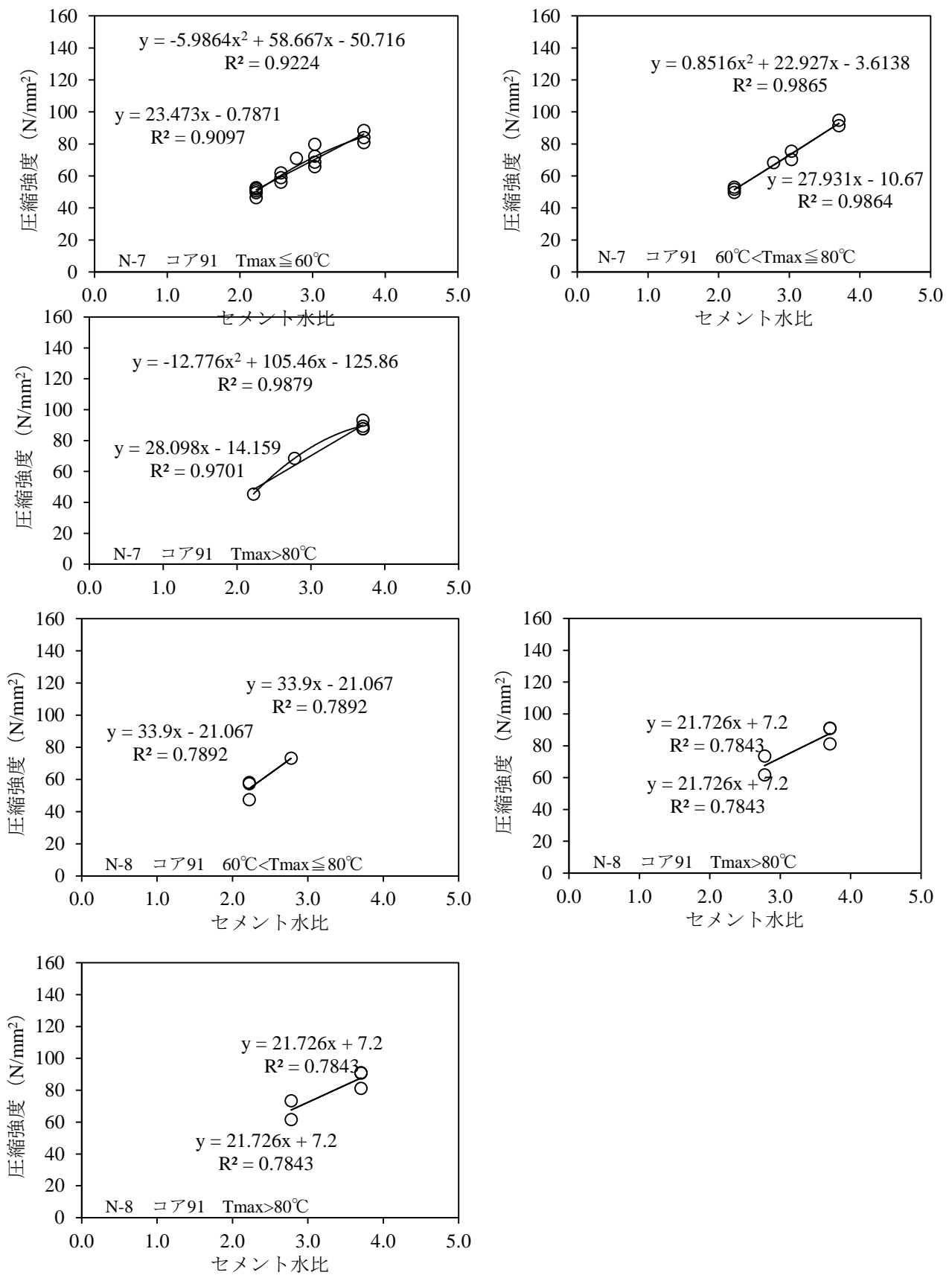


図 3.5.40 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (普通ポルトランドセメント)

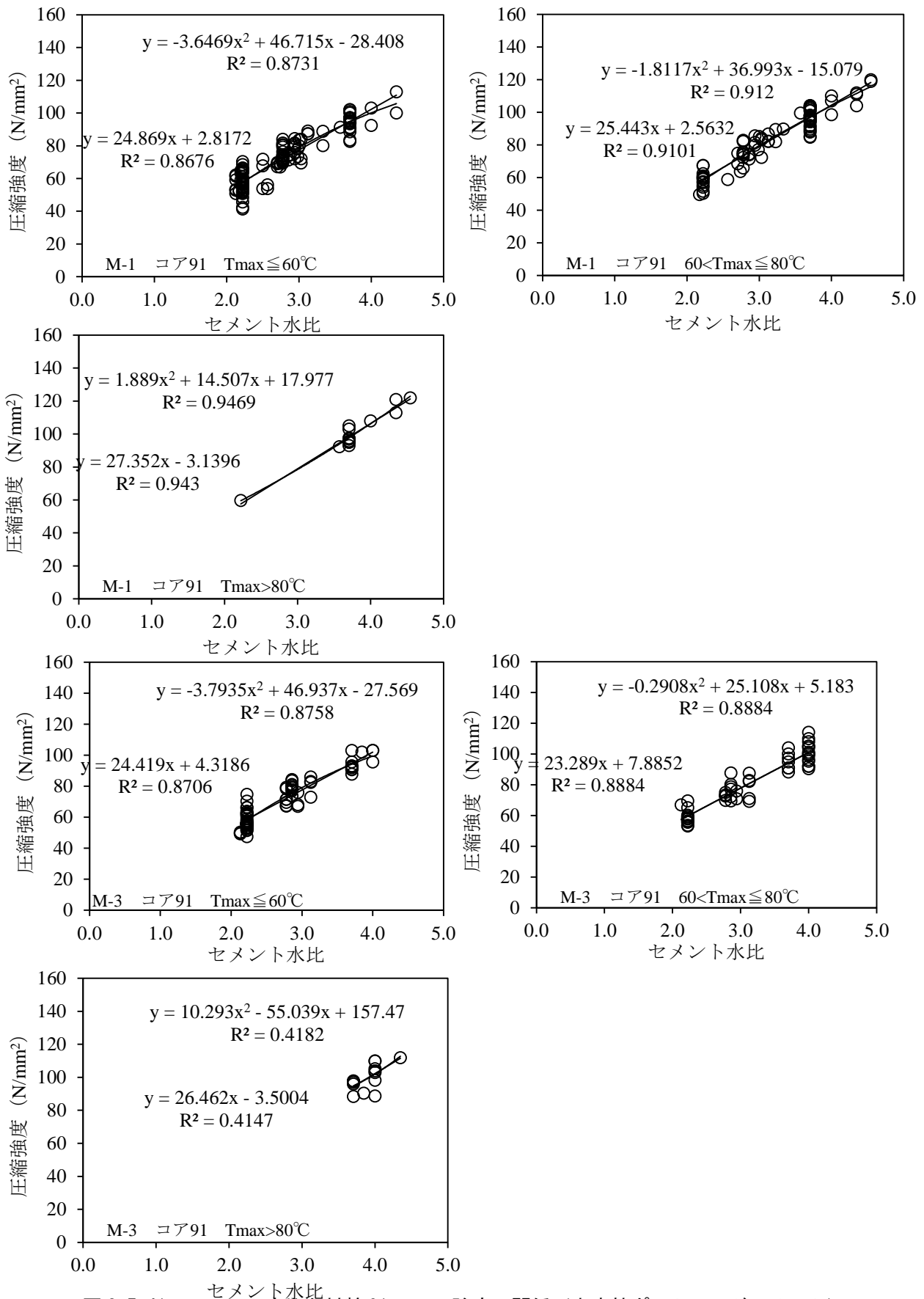


図 3.5.41 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (中庸熱ポルトランドセメント)

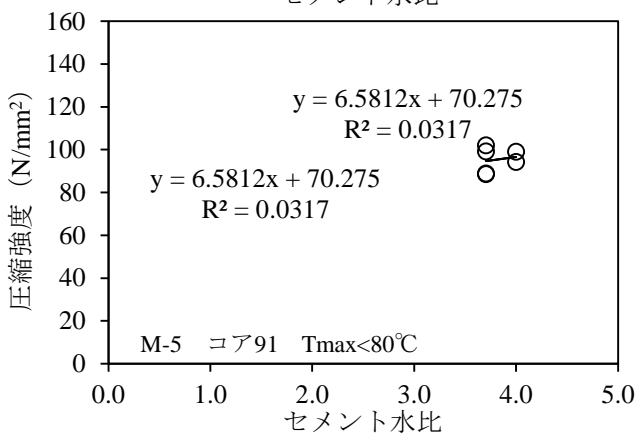
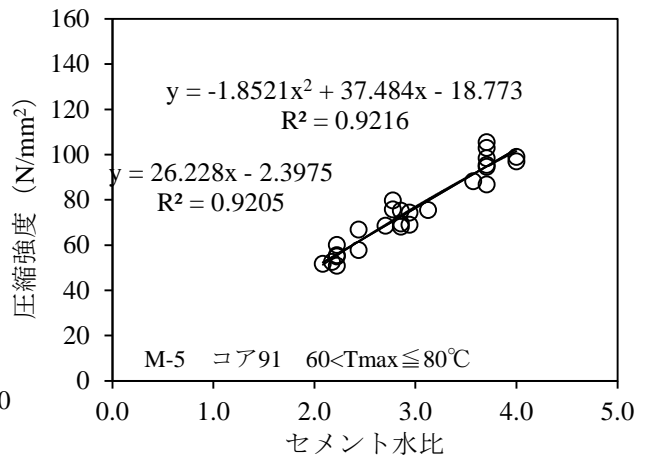
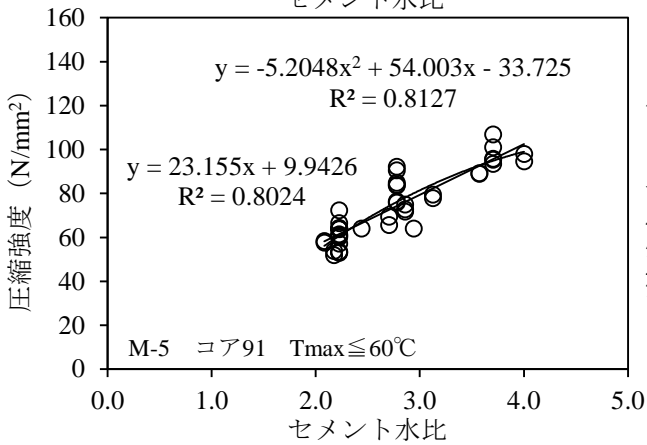
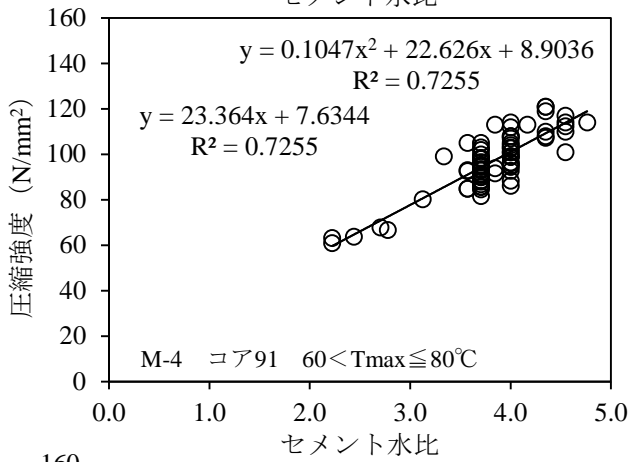
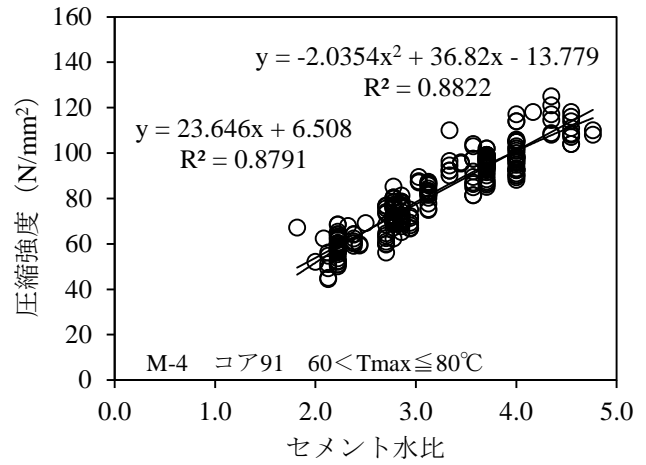
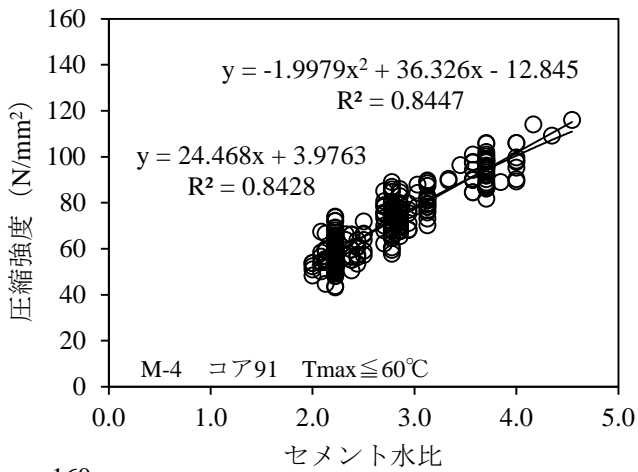


図 3.5.42 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (中庸熱ポルトランドセメント)

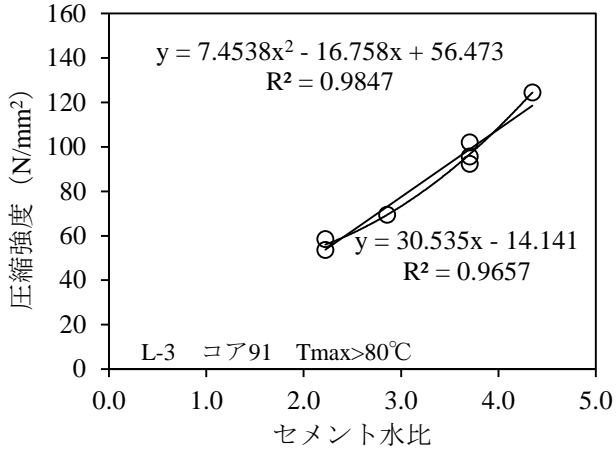
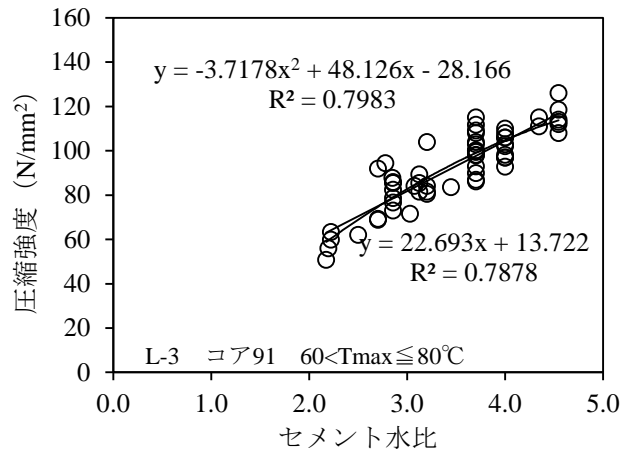
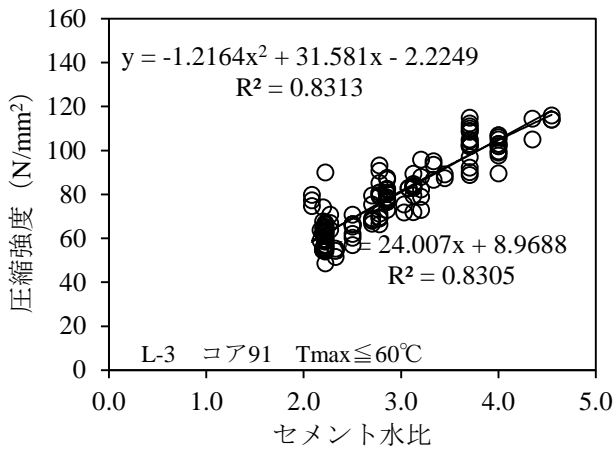
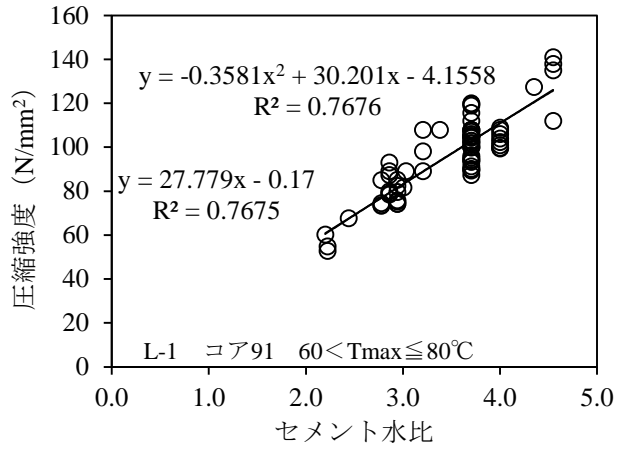
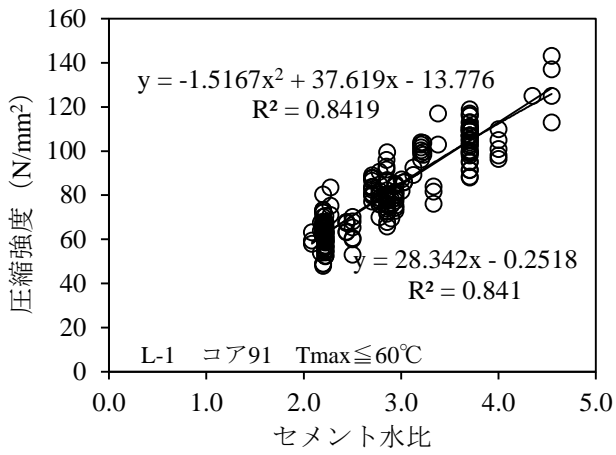


図 3.5.43 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係 (低熱ポルトランドセメント)

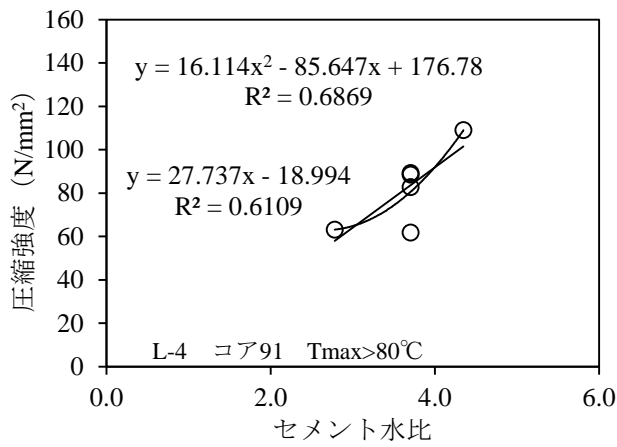
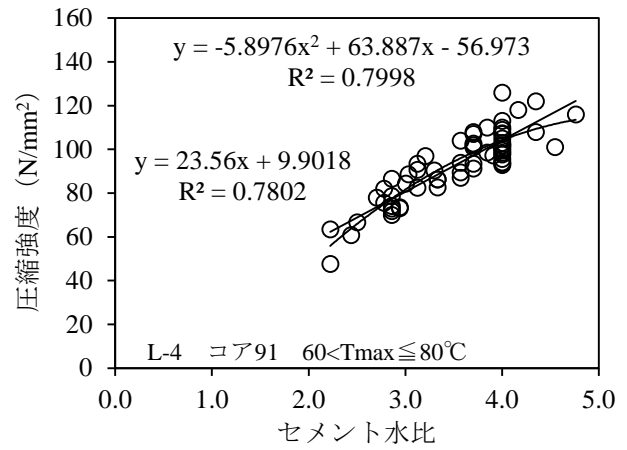
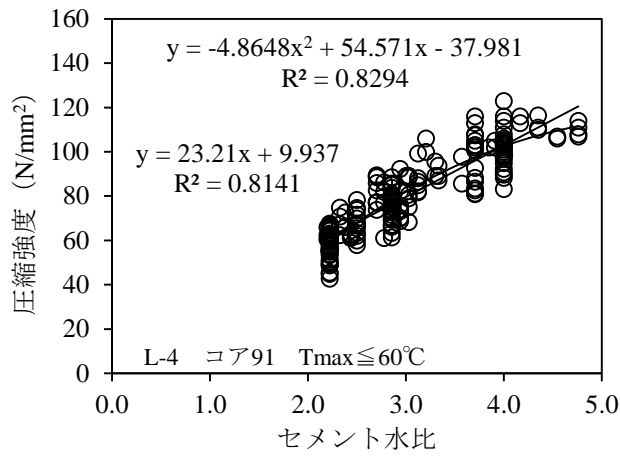


図 3.5.44 セメント水比と材齢 91 日コア強度の関係（低熱ポルトランドセメント）

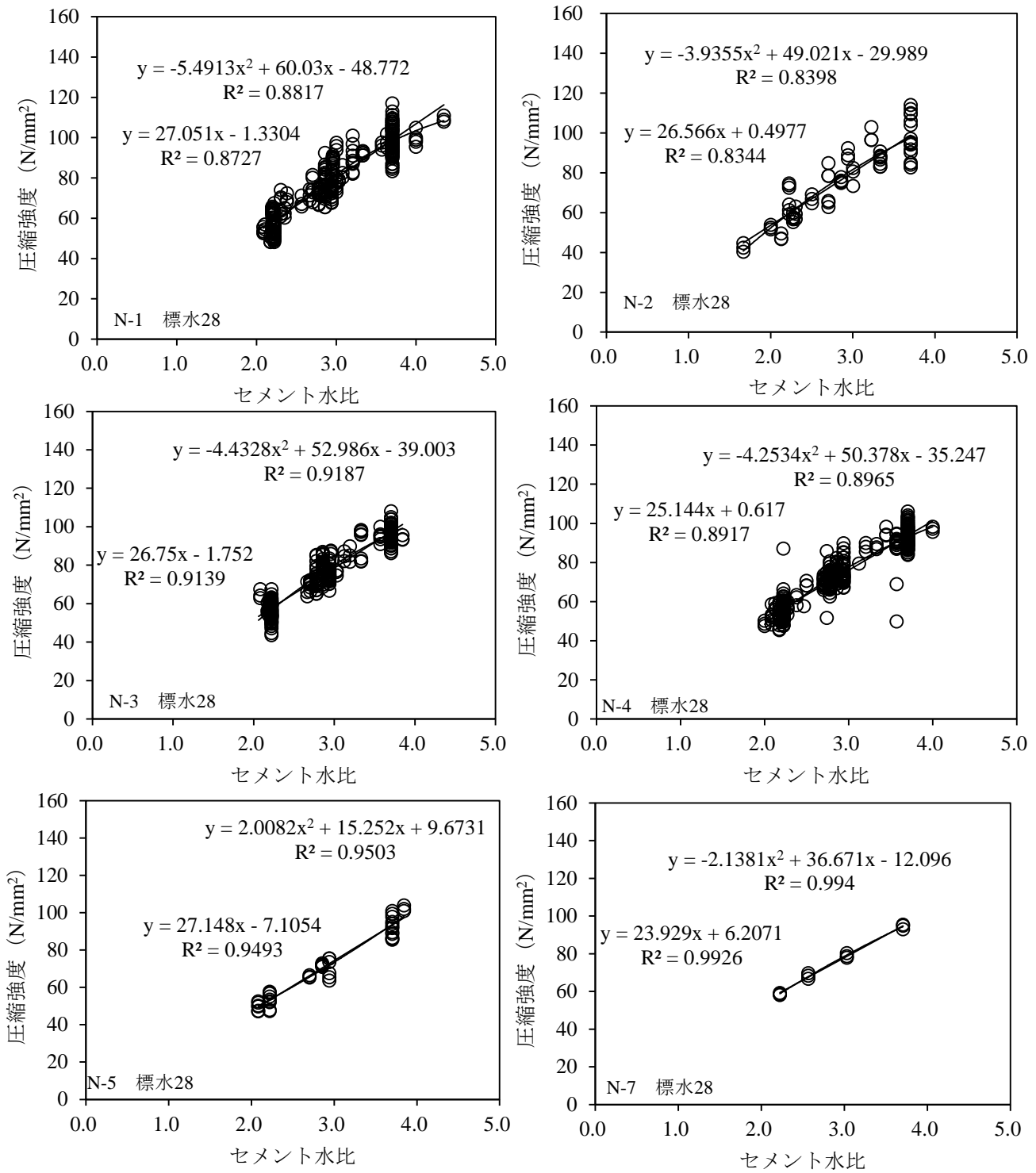


図 3.5.45 セメント水比と標準水中養生 28 日強度の関係 (普通ポルトランドセメント)

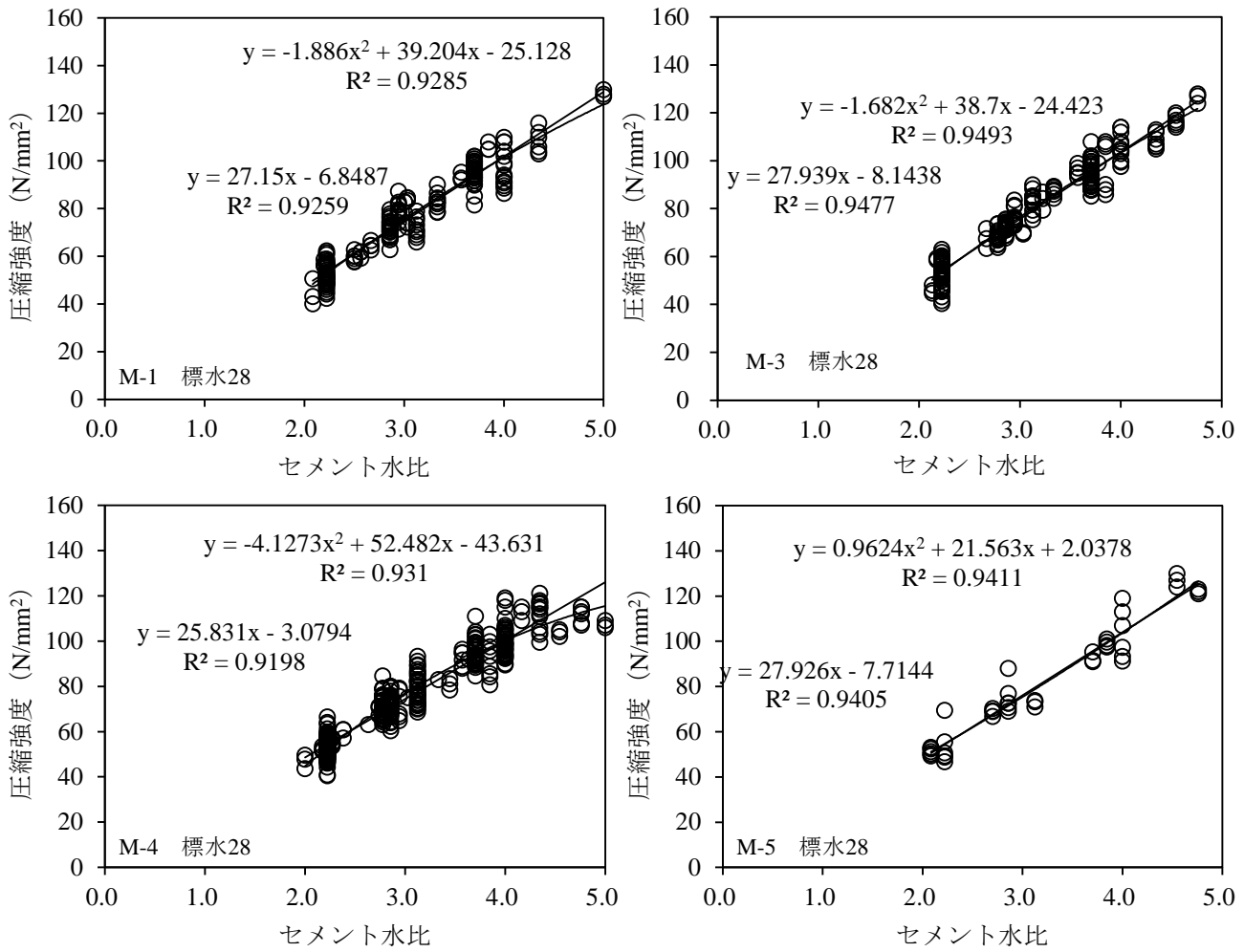


図 3.5.46 セメント水比と標準水中養生 28 日強度の関係 (中庸熱ポルトランドセメント)

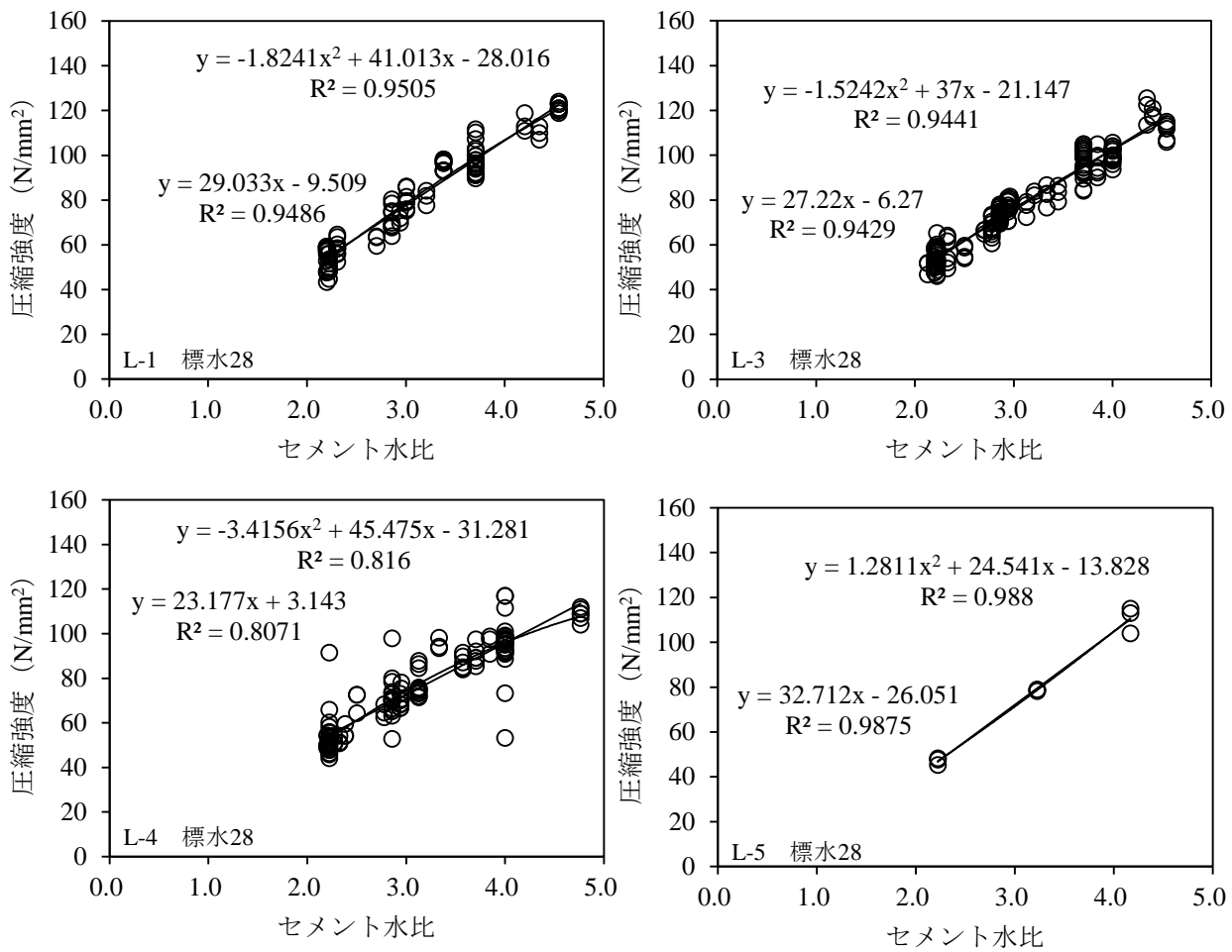


図 3.5.47 セメント水比と標準水中養生 28 日強度の関係 (低熱ポルトランドセメント)

3.5.3 各種要因別の標準的なS値

前述の3.5.1項および3.5.2項の検討結果を基に、平成12(2000)年以降に申請された高強度コンクリートの大臣認定の実験データを用いてセメントの種類、材齢91日のコア強度、打設時の温度および $_{28}S_{91}$ (標準養生した供試体の材齢28日の強度と材齢91日で部材から採取したコア供試体との差)との関係を解析した。

最高温度と $_{28}S_{91}$ との関係については、図3.5.1～図3.5.36に示すようにセメントの種類が同じ場合でも、セメントの製造メーカーごとに傾向が異なるため、ここでは全ての製造メーカーによる分類をせずにセメントの種類ごとに解析することとした。

図3.5.48に、普通ポルトランドセメントを使用した場合の打設時の温度と $_{28}S_{91}$ との関係を、材齢91日のコア強度の範囲(30～55 N/mm²、40～65 N/mm²、55～85 N/mm²)の別に示す。また、大臣認定で申請されたコンクリートは何れも材齢91日のコア強度が40N/mm²を上回るものであるため、40N/mm²を下回る場合の例として既往の研究¹⁾を参考に示す。

図中の青線は全データから求めた回帰直線、赤線はこの回帰直線の95%信頼限界の上限値である。これより、一定のコア強度の範囲にあるコンクリート(同じ種類のセメントを使用)の場合、打込時の温度と $_{28}S_{91}$ の間には直線関係があることが確認できる。さらに、95%信頼限界の上限値を基に、 $_{28}S_{91}$ の上限値がほぼ一定となる打込時の温度の範囲をプロットすると、両者の関係はおおよそ図中の太黒線で示すことができる。なお、JASS5や既往の研究¹⁾などでは温度の範囲の最小単位を1℃で示しているが、ここではコンクリート工事に係わる強度管理として、同様に温度の範囲で基準値を規定している昭和46年建設省告示第110号(最終改正 昭和63年建設省告示第1655号)(型わく及び支柱の取り外しに関する基準を定める件)の別表(い)の存置期間中の平均気温を基に、5℃を最小単位として検討した。また、低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、フライアッシュセメントB種および高炉セメントB種についても同様の検討を行った結果、図3.5.49～図3.5.52に示すように、打込時の温度と $_{28}S_{91}$ との間に普通ポルトランドセメントとほぼ同様の関係が確認された。

以上の検討結果および告示1102号の第一の二に基づき材齢91日のコア強度を設計基準強度(下限値)、打込時の温度を打ち込んだ後の養生期間中の(予想)平均気温に読み替えると、表3.5.4に示すように、 $_{28}S_{91}$ をセメントの種類、設計基準強度、養生期間中の平均気温の組み合わせで表すことができる。

参考文献

- 1) 佐藤幸恵、柘田佳寛：各種セメントを用いたコンクリートの構造体における強度発現と強度補正值、日本建築学会構造系論文集、Vol.73、No.630、pp.1219-1224、2008.8

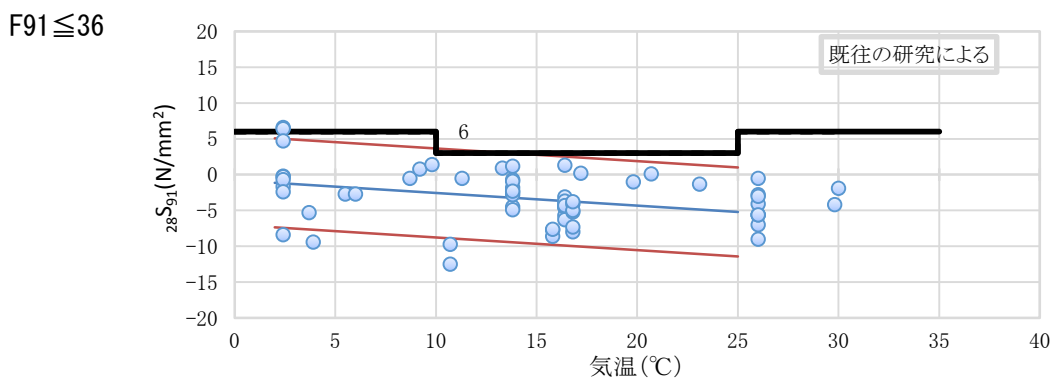
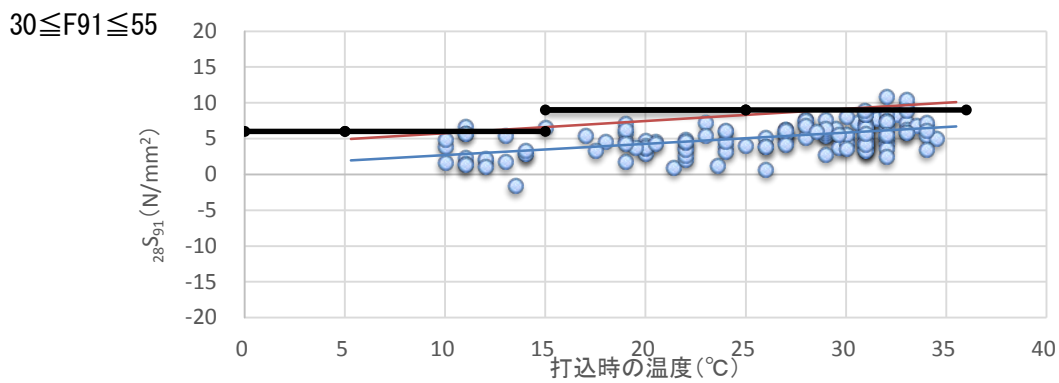
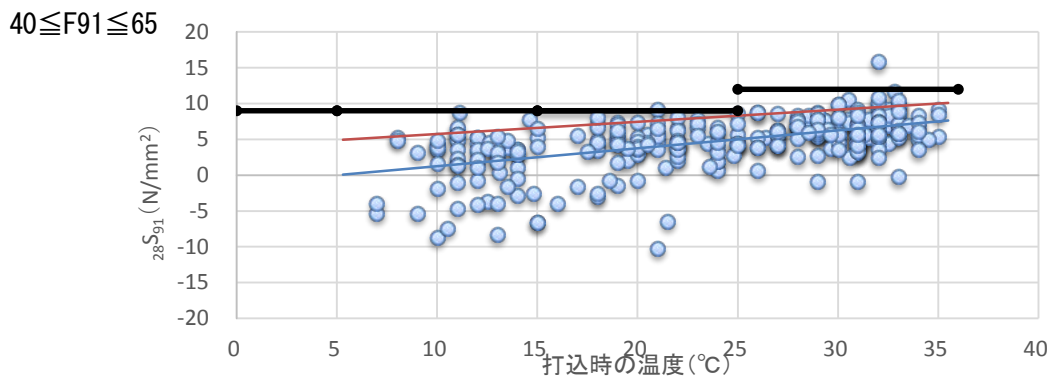
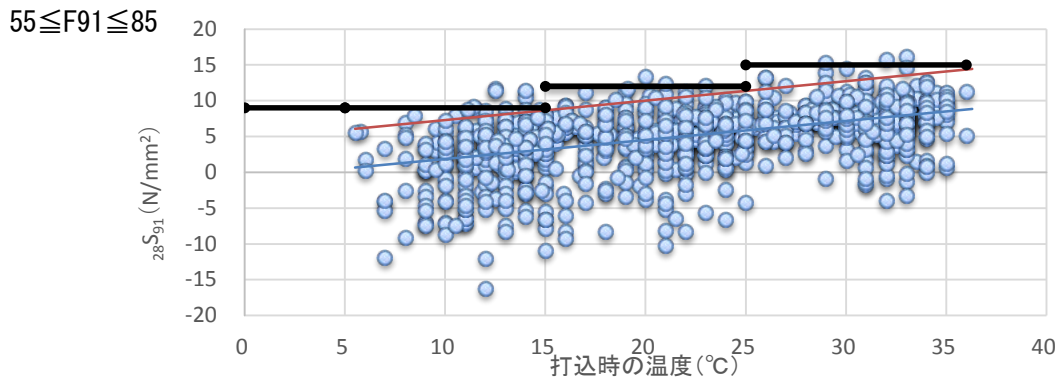


図 3.5.48 打込時の温度と $28S_{91}$ の関係 (普通ポルトランドセメント)
(F_{91} は材齢 91 日のコア強度)

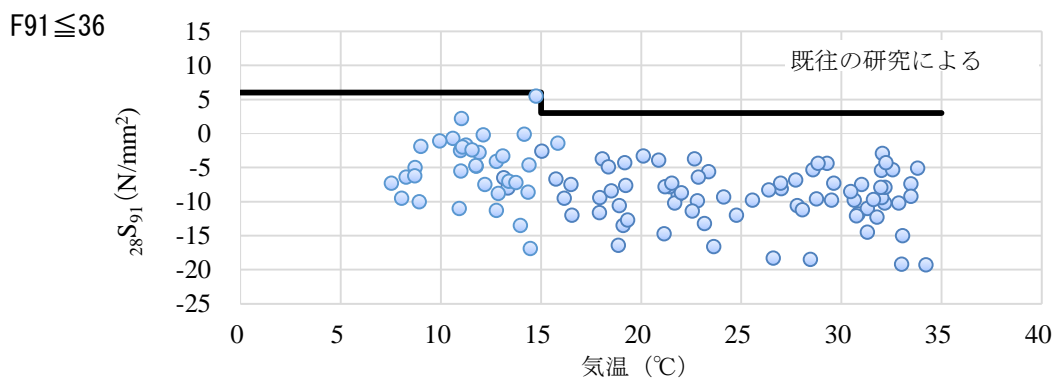
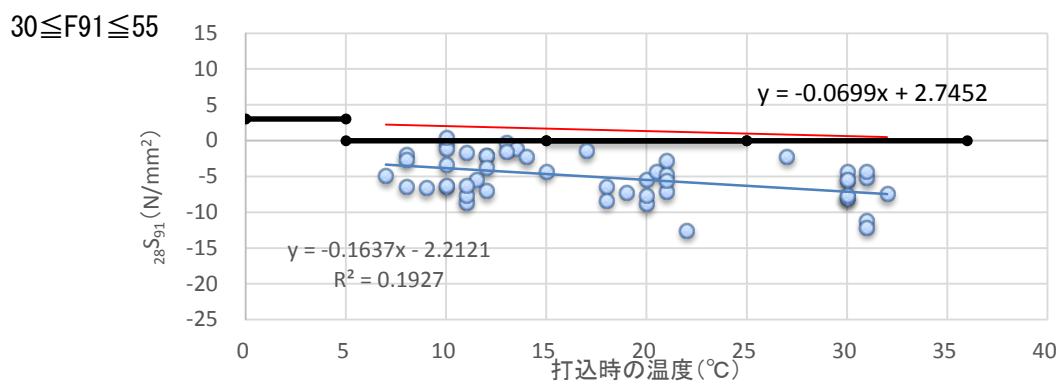
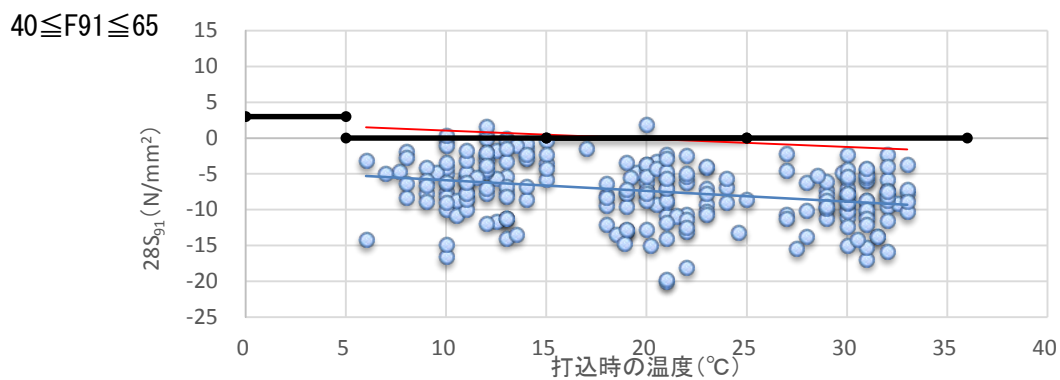
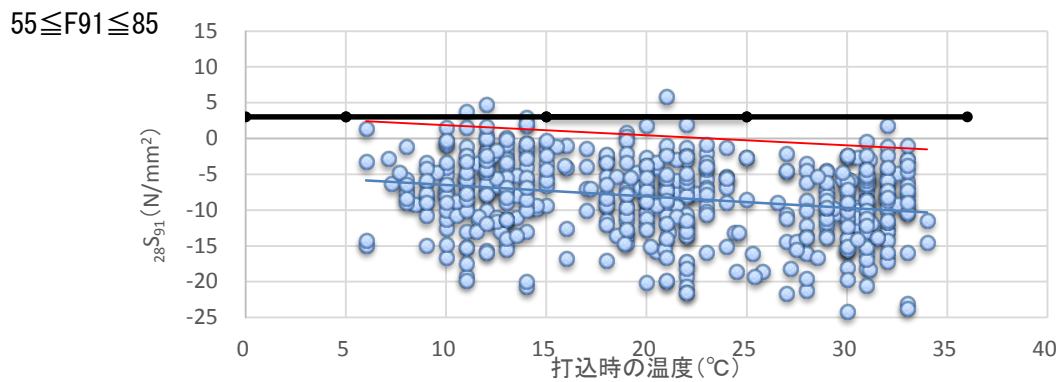


図 3.5.49 打込時の温度と 28S₉₁ の関係 (低熱ポルトランドセメント)
(F₉₁ は材齢 91 日のコア強度)

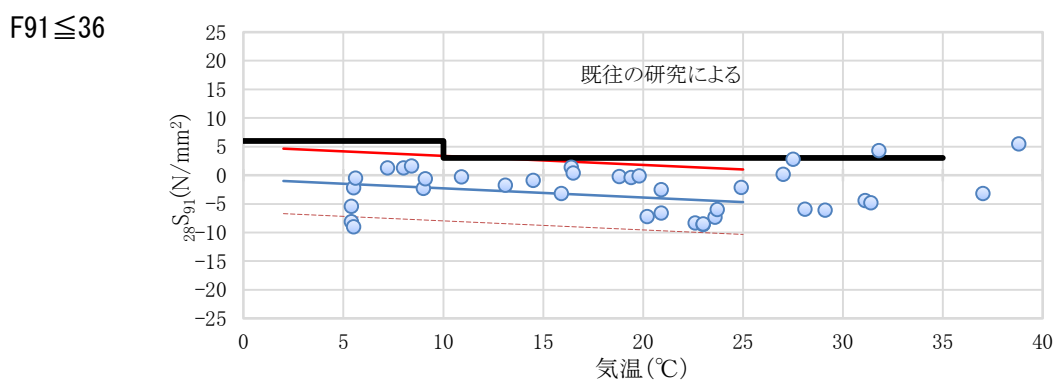
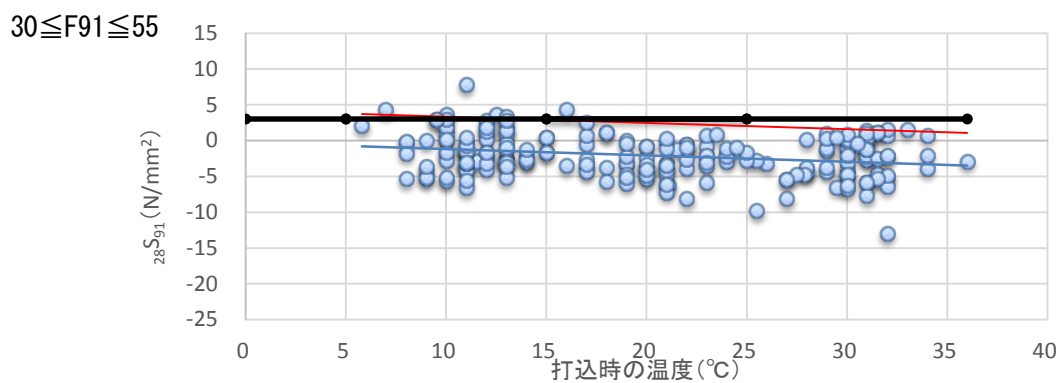
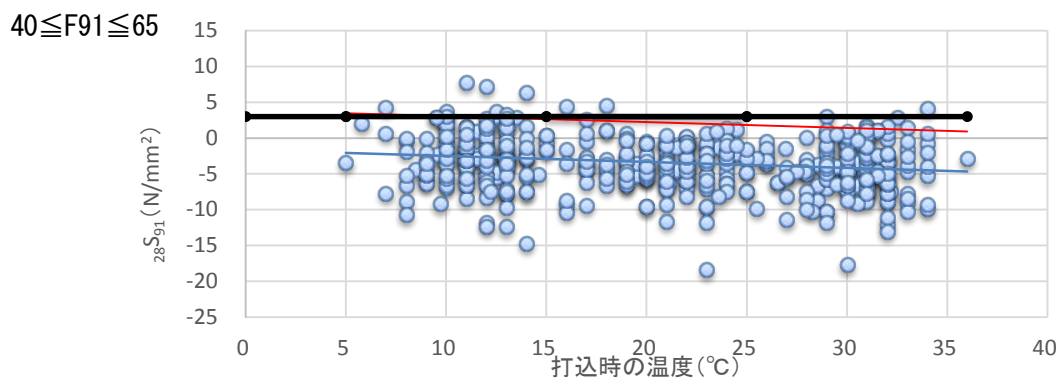
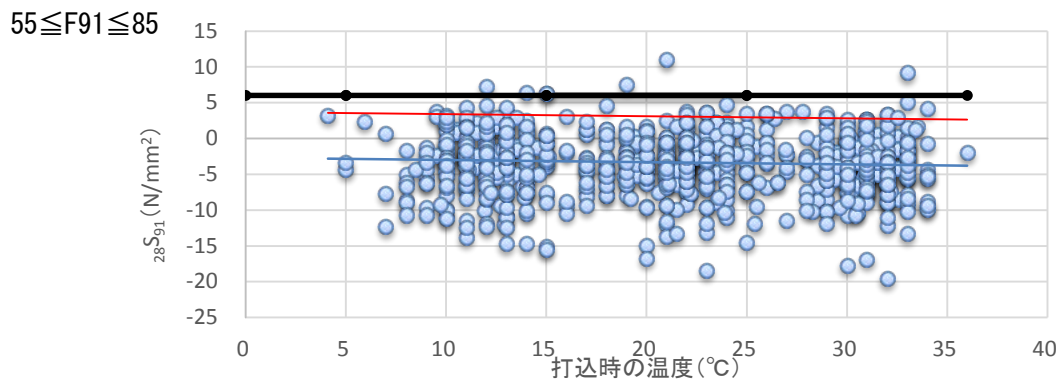


図 3. 5. 50 打込時の温度と $_{28}S_{91}$ の関係 (中庸熟ポルトランドセメント)
(F_{91} は材齢 91 日のコア強度)

F91 ≦ 36

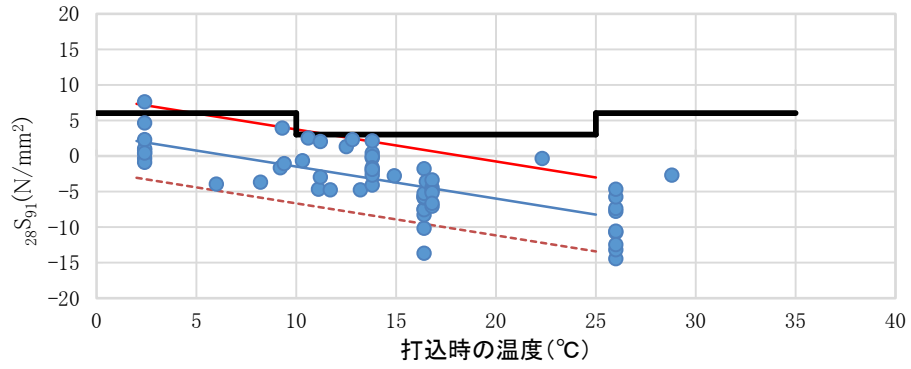


図 3.5.51 打込時の温度と $_{28}S_{91}$ の関係 (フライアッシュセメント B 種)
(F_{91} は材齢 91 日のコア強度)

F91 ≦ 36

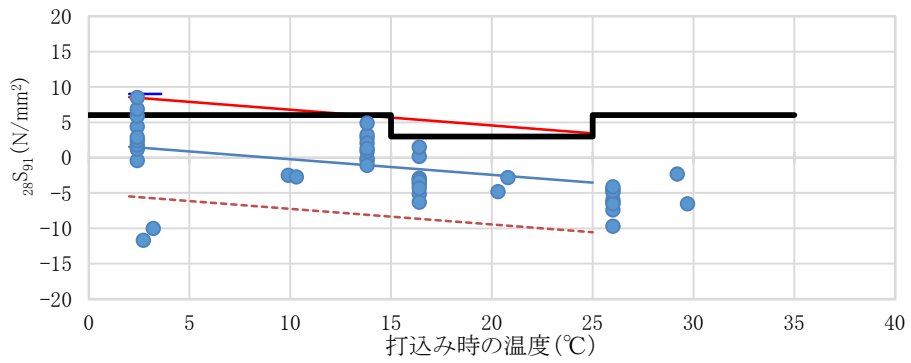


図 3.5.52 打込時の温度と $_{28}S_{91}$ の関係 (高炉セメント B 種)
(F_{91} は材齢 91 日のコア強度)

表 3.5.4 セメントの種類、設計基準強度および養生期間中の平均気温別の $_{28}S_{91}$ の例

セメントの種類	設計基準強度 (F_c : N/mm ²)	養生期間中の 平均気温 (θ : °C)	構造体強度 補正值 (S : N/mm ²)
普通ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6
	$36 < F_c \leq 48$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta$	9
	$48 < F_c \leq 60$	$\theta < 25$	9
		$25 \leq \theta$	12
	$60 < F_c \leq 80$	$\theta < 15$	9
		$15 \leq \theta < 25$	12
$25 \leq \theta$		15	
早強ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 5$	6
		$5 \leq \theta$	3
中庸熱ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta$	3
	$36 < F_c \leq 60$	—	3
	$60 < F_c \leq 80$	—	6
低熱ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta$	3
	$36 < F_c \leq 60$	$\theta < 5$	3
		$5 \leq \theta$	0
	$60 < F_c \leq 80$	—	3
高炉セメントB種	$F_c \leq 36$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6
フライアッシュセメントB種	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6

3.6 水和反応モデルによる高強度コンクリートの強度発現の解析

3.6.1 はじめに

コンクリートの強度発現挙動を検討する際の基礎データを得る事を目的に、水和反応モデルにもとづく試算を検討した。なお、本解析は今後どのような計算が必要となるか議論のための試算である。

3.6.2 解析概要

試算に用いたモデルは、CCBM3 と呼ばれる名古屋大学で開発している計算コードで、原子力分野での特殊環境（高温、放射線環境下など）における長期強度・剛性・収縮などを予測することを目的としたものである。名古屋大学で過去に実施した 3000 体以上のセメントペースト試験体の水和と物性値との関係が評価できる関数系が組み込まれている。コンクリートについても、最新版は、骨材種類の違いが物性に及ぼす影響を考慮可能としている。ただし、現時点ではまだ外部へ論文公開がなされていない。なお、本解析手法はペーストについては、絶対強度についても実績があるが、コンクリートについては、28 日強度の絶対値を予測することができない。空気量、骨材寸法・形状・粒度分布がコンクリート強度に及ぼす影響について未解決なためである。ただし、28 日に対する比、などについては検証事例があり、比較的現実的な値が得られる。その点に留意して結果を評価する必要がある。

3.6.3 試算の結果

水セメント比 0.55 と 0.30 の普通コンクリートについて、粗骨材を石灰石（線膨張係数 $=3\mu\text{fC}$ ）と粘土鉱物を含む砂岩（ $9\mu\text{fC}$ ）として計算を実施した（図 3.6.1 および図 3.6.2）。いずれも単位水量はコンクリート換算で $180\text{kg/m}^3\text{-conc.}$ である。なお、普通セメントには、JIS で混合が認められている混合材 5%が入っていないため、普通セメントの種類の中ではもっとも強度の増進が順調なケースとなっている。石灰石微粉末が入っている場合、アルミネート相およびフェライト相の水和が高温でゲル状物質を生成して停滞してしまうため、温度履歴条件に依存して著しく強度が低下する場合がある。

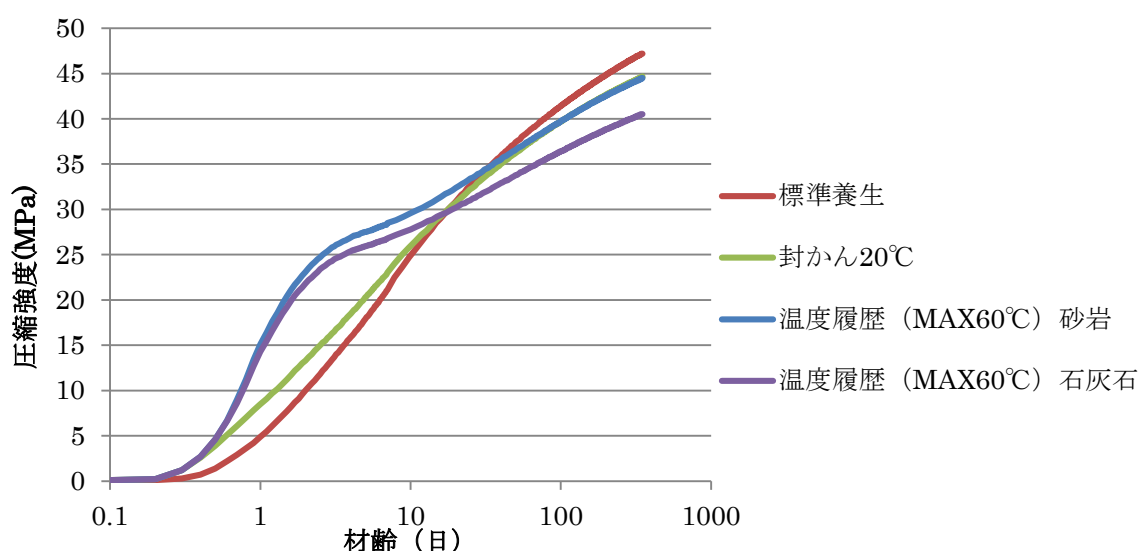


図 3.6.1 W/C=0.55 普通コンクリートの強度増進傾向

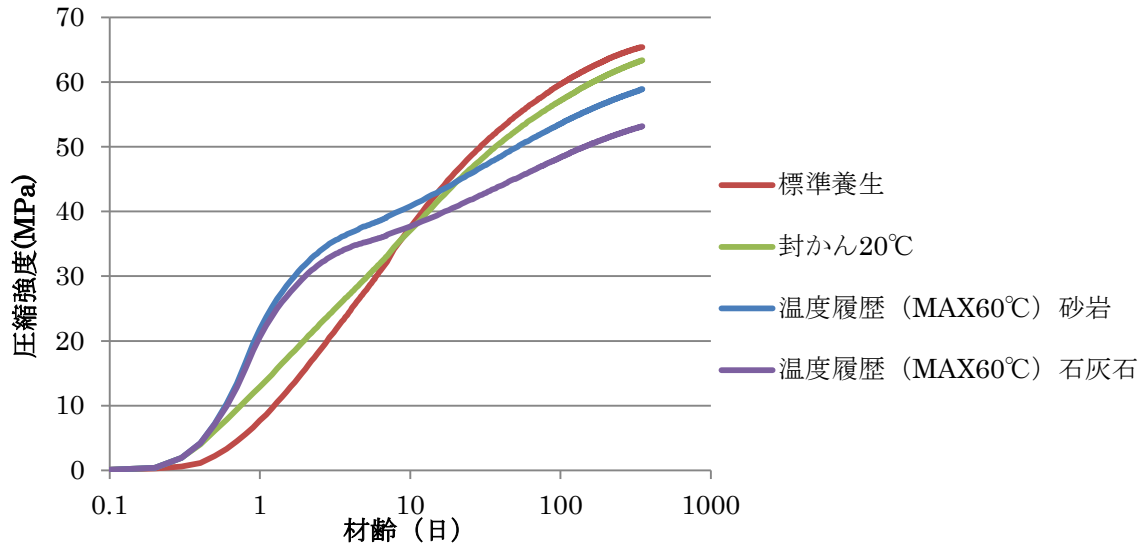


図 3.6.2 W/C=0.30 の普通コンクリートの強度増進傾向

- ・封かんと標準養生において初期の強度発現が異なり、封かんの強度発現の方が早くなっているのは、封かんの方がセメントペースト中の細孔溶液のカルシウム濃度の増大が早くなるためである。実際は、有限の大きさの試験体なのでここまで早くなるとは考えられない。
- ・W/C=0.55 の場合、封かんと標準養生の湿潤条件の影響は、材齢 28 日までほとんどみられない。W/C=0.30 の場合、材齢 14 日程度までみられない。その後は、自己乾燥の影響でセメントの水和と強度増進が封かん試験体の方が若干停滞する。
- ・骨材によって強度発現が異なるのは、モルタルと骨材の体積変化（自己収縮ひずみ+温度ひずみ）が異なると骨材周囲に損傷あるいは空隙が生じるというメカニズムがあるからである。石灰石の場合、温度上昇中にその損傷・空隙が累積する傾向にあり、特に W/C=0.30 のケースでその影響が顕著になる。これは、モルタル量が増えるからである。

次に、水セメント比 0.22、0.27、0.32、0.37 の普通コンクリートについて、4 種類のセメントの場合について水中養生とマスコン（いずれも最高温度 60°C）として計算を行った。なお、粗骨材は粘土鉱物を含む砂岩（9 μ/C）とした。いずれも単位水量はコンクリート換算で 175kg/m³-conc. である。

セメントの物性を表 3.6.1 に、各調合条件を表 3.6.2 に示す。解析結果を図 3.6.3~3.6.18 に示す。なお、図中の 20c は水中養生の場合を、60 は最高温度 60°C を想定したマスコンの場合を示す。

表 3.6.1 セメントの物性値

物性値 (鉱物組成、他)	セメントの種類			
	M1	M2	M3	M4
Cement Composition C ₃ S (%)	48.05	40.05	32.05	24.05
Cement Composition C ₂ S (%)	32.76	40.76	48.76	56.76
Cement Composition C ₃ A (%)	3.69	3.69	3.69	3.69
Cement Composition C ₄ AF (%)	12.35	12.35	12.35	12.35
Cement Composition GYP (%)	3.48	3.48	3.48	3.48
Cement Composition CC (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Cement Composition SF (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Cement Composition BFS (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Cement Composition FA (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Blain	2600.0	2600.0	2600.0	2600.0
Initial Temperature (K)	293.0	293.0	293.0	293.0

表 3.6.2 コンクリートの条件および材料物性

		調合の種類			
		M1	M2	M3	M4
調合	単位水量 (kg/m ³)	175.0	175.0	175.0	175.0
	単位セメント量 (kg/m ³)	795.0	648.0	547.0	473.0
	単位細骨材量 (kg/m ³)	558.0	676.0	760.	821.0
	単位粗骨材量 (kg/m ³)	926.0	926.0	926.0	926.0
	空気量 (L/m ³)	20.0	20.0	20.0	20.0
密度	水 (g/mm ³)	1.0	1.0	1.0	1.0
	セメント (g/mm ³)	3.16	3.16	3.16	3.16
	細骨材 (g/mm ³)	2.58	2.58	2.58	2.58
	粗骨材 (g/mm ³)	2.70	2.70	2.70	2.70
熱量	水 (J/gK)	4.185	4.185	4.185	4.185
	セメント (J/gK)	0.780	0.780	0.780	0.780
	細骨材 (J/gK)	0.800	0.800	0.800	0.800
	粗骨材 (J/gK)	0.800	0.800	0.800	0.800

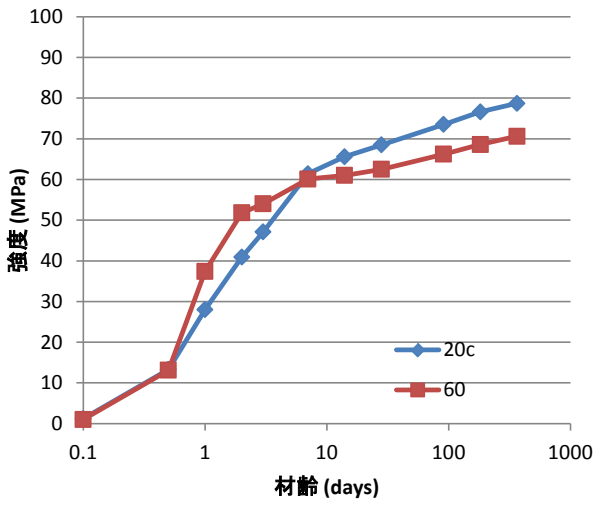


图 3.6.3 解析結果 (W/C0.22 M1)

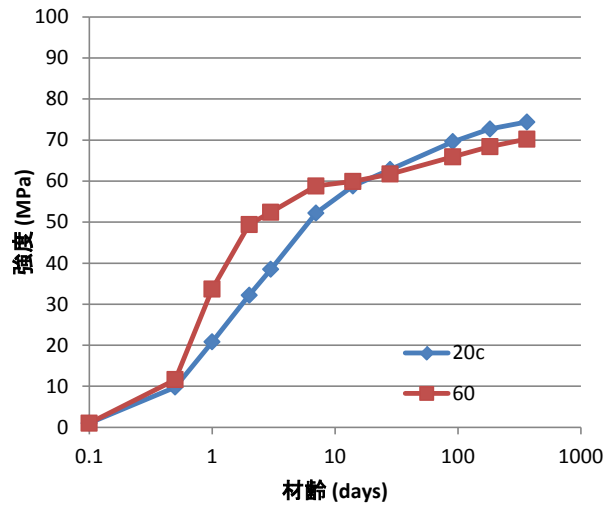


图 3.6.4 解析結果 (W/C0.22 M2)

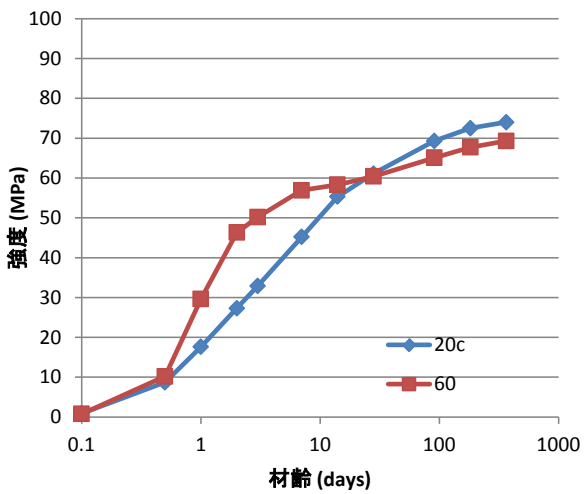


图 3.6.5 解析結果 (W/C0.22 M3)

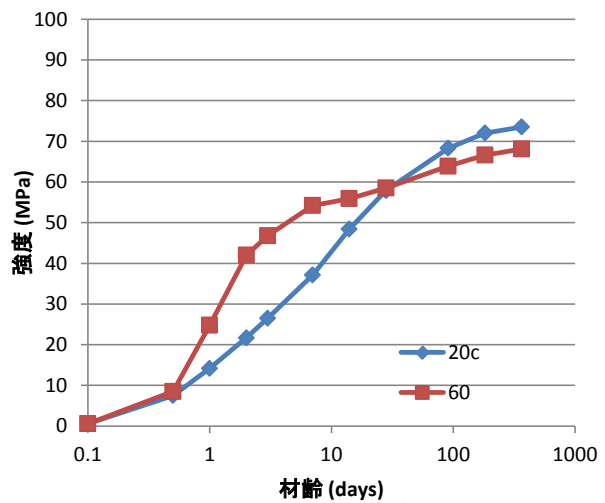


图 3.6.6 解析結果 (W/C0.22 M4)

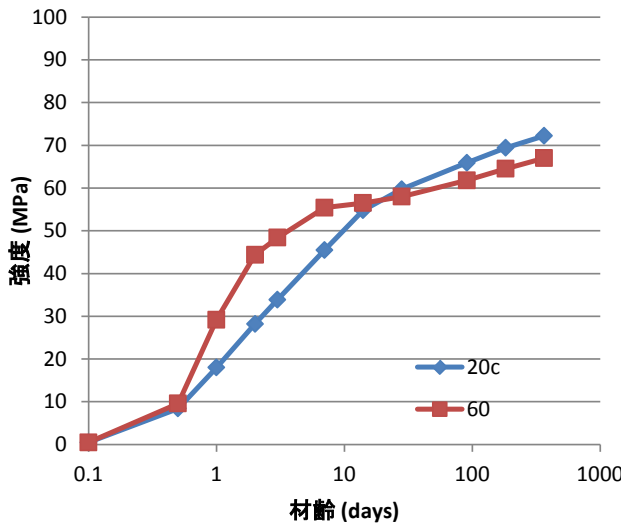


图 3.6.7 解析結果 (W/C0.27 M1)

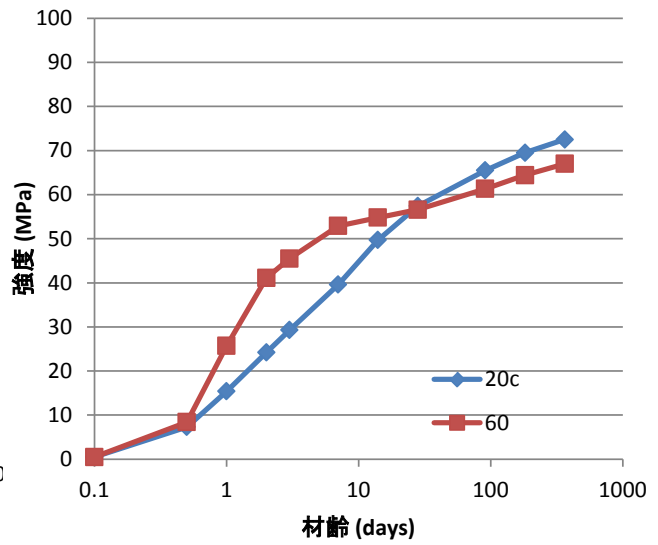


图 3.6.8 解析結果 (W/C0.27 M2)

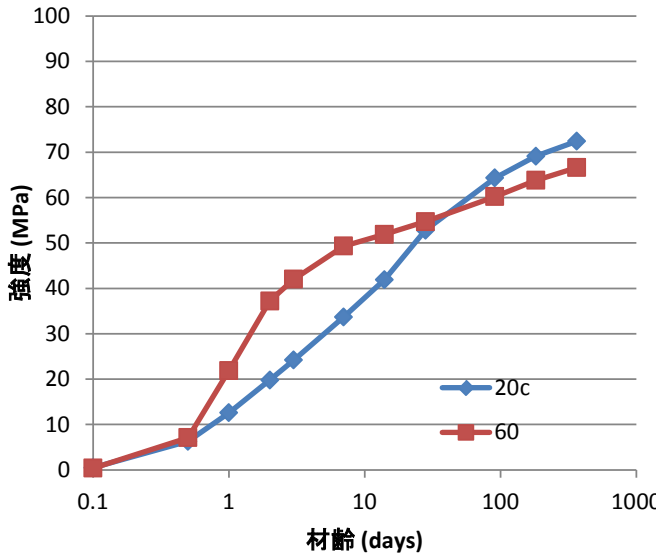


图 3.6.9 解析結果 (W/C0.27 M3)

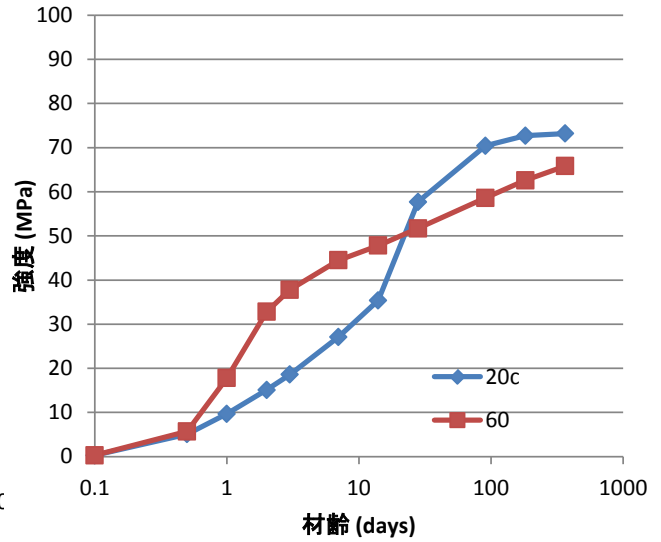


图 3.6.10 解析結果 (W/C0.27 M4)

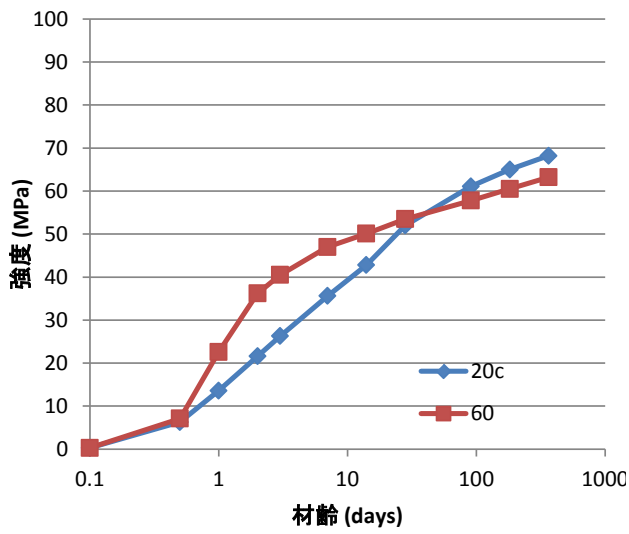


图 3.6.11 解析結果 (W/C0.32 M1)

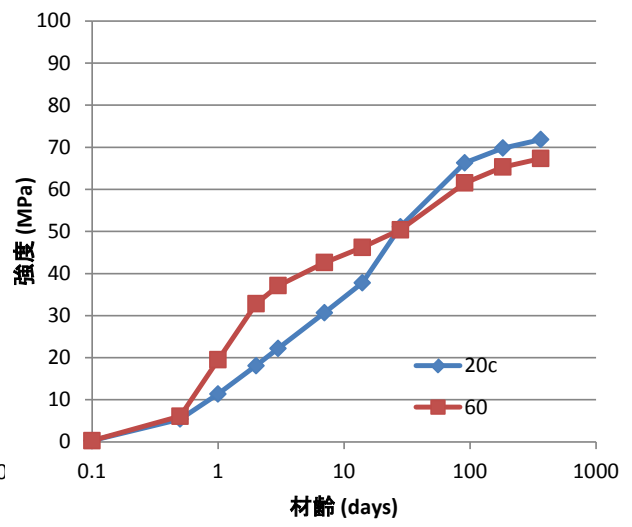


图 3.6.12 解析結果 (W/C0.32 M2)

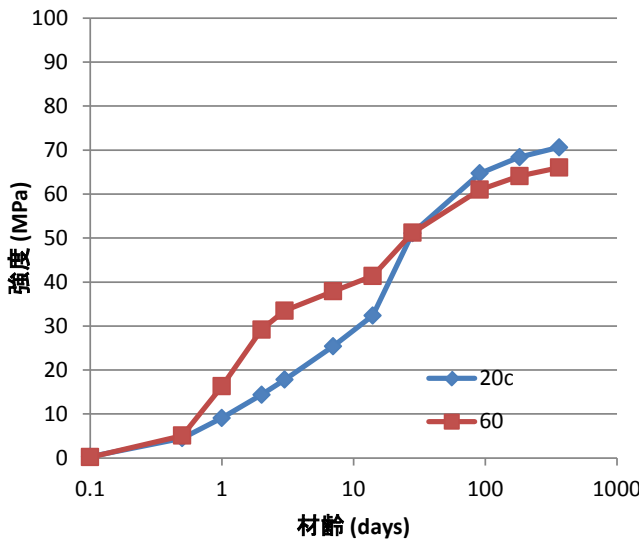


图 3.6.13 解析結果 (W/C0.32 M3)

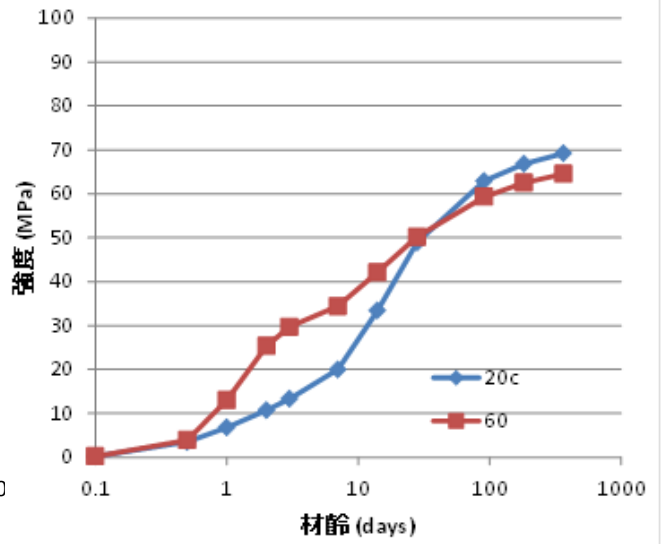


图 3.6.14 解析結果 (W/C0.32 M4)

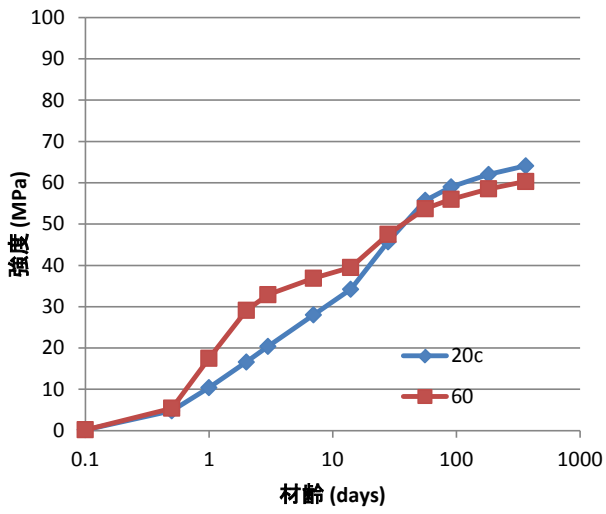


图 3.6.15 解析結果 (W/C0.37 M1)

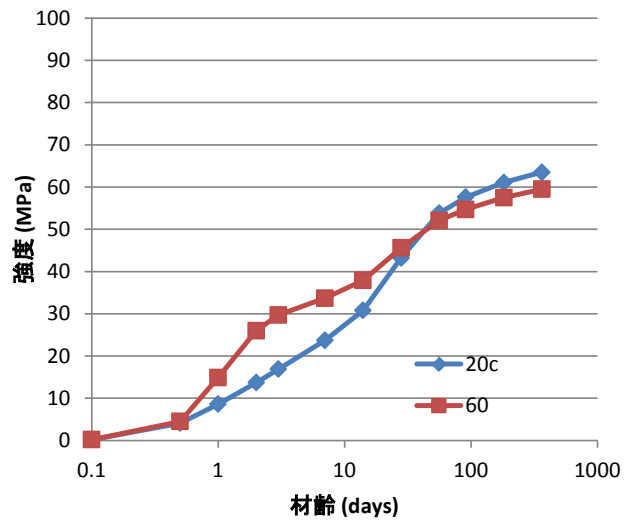


图 3.6.16 解析結果 (W/C0.37 M2)

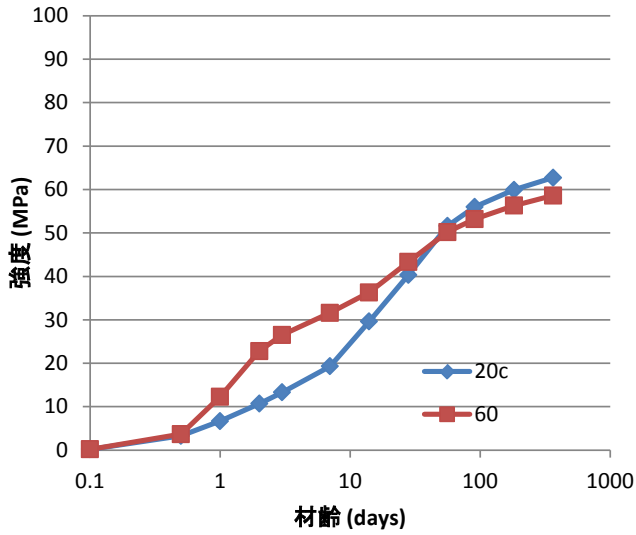


图 3.6.17 解析結果 (W/C0.37 M3)

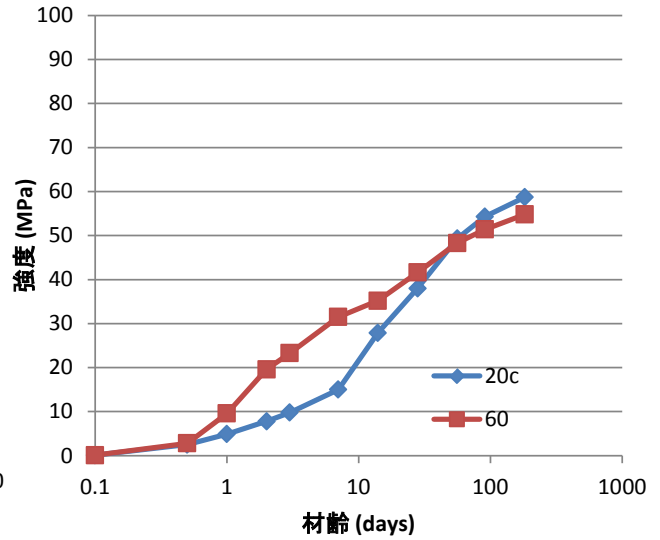


图 3.6.18 解析結果 (W/C0.37 M4)

次に、現状のセメントの化学組成に近い材料条件および高温履歴を生じる場合についての解析結果を示す。調合条件は本研究において実施した実験の調合を用いた。温度履歴は、各セメントの種類に応じて以下の通りとした。

- a) 普通ポルトランドセメント
 - 夏期（練上がり温度 30℃、最高温度 85℃、収斂温度 30℃）、
 - 標準期（練上がり温度 20℃、最高温度 70℃、収斂温度 20℃）
 - 冬期（練上がり温度 10℃、最高温度 55℃、収斂温度 10℃）
- b) 低熱ポルトランドセメント
 - 夏期（練上がり温度 30℃、最高温度 75℃、収斂温度 30℃）
 - 標準期（練上がり温度 20℃、最高温度 60℃、収斂温度 20℃）
 - 冬期（練上がり温度 10℃、最高温度 45℃、収斂温度 10℃）
- c) 中庸熱ポルトランドセメント
 - 夏期（練上がり温度 30℃、最高温度 80℃、収斂温度 30℃）
 - 標準期（練上がり温度 20℃、最高温度 65℃、収斂温度 20℃）
 - 冬期（練上がり温度 10℃、最高温度 50℃、収斂温度 10℃）

図 3.6.19 に設定した温度条件の履歴勾配を示す。また、表 3.6.9 に使用したセメントの鉱物組成を、表 3.6.10 に調合条件を示す。これらの入力条件による解析結果を図 3.6.20～3.6.25 に示す。図 3.6.20～3.6.25 に示す強度発現の経時変化と 4 章に示す強度発現の経時変化（図 4.3.3）を比較すると類似した傾向が得られていることがわかる。

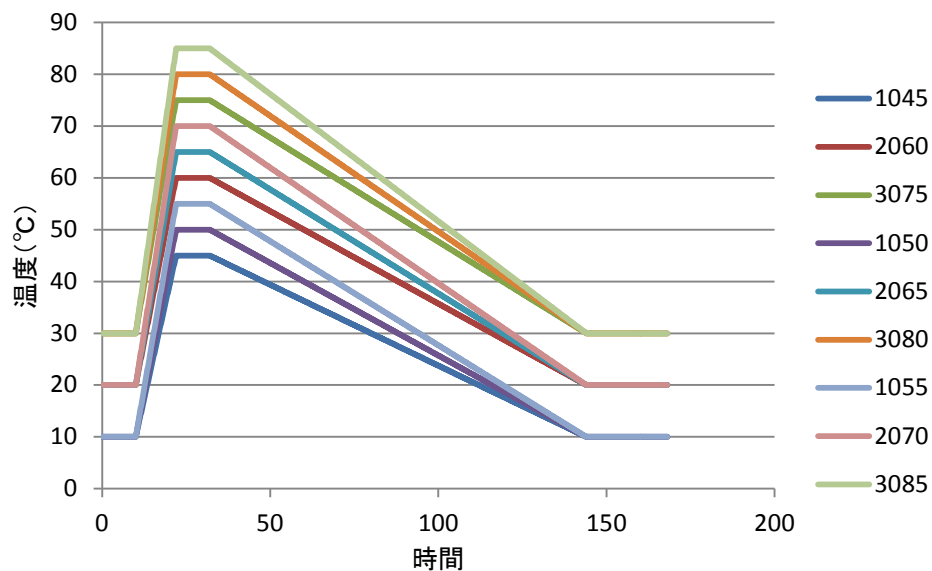


図 3.6.19 温度履歴勾配

表 3. 6. 9 セメントの物性値

物性値 (鉱物組成、他)	セメントの種類		
	普通	中庸熱	低熱
Cement Composition C ₃ S (%)	51.0	43.0	37.0
Cement Composition C ₂ S (%)	25.0	36.0	59.0
Cement Composition C ₃ A (%)	9.0	5.0	2.0
Cement Composition C ₄ AF (%)	8.0	12.0	8.0
Cement Composition GYP (%)	4.0	4.0	4.0
Cement Composition CC (%)	3.0	0.0	0.0
Cement Composition SF (%)	0.0	0.0	0.0
Cement Composition BFS (%)	0.0	0.0	0.0
Cement Composition FA (%)	0.0	0.0	0.0
Blain	3.600.0	3.600.0	3500.0
Initial Temperature (K)	293.0	293.0	293.0

表 3. 6. 10 コンクリートの条件および材料物性

		調合の種類							
		普通		中庸熱			低熱		
調合	水セメント比	30	40	25	30	40	25	30	30
	単位水量 (kg/m ³)	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	165.0	165.0	165.0
	単位セメント量 (kg/m ³)	567.0	425.0	680.0	425.0	425.0	704.0	550.0	412.0
	単位細骨材量 (kg/m ³)	767.0	876.0	675.0	775.0	883.0	704.0	804.0	907.0
	単位粗骨材量 (kg/m ³)	851.0	851.0	851.0	851.0	851.0	851.0	851.0	851.0
	空気量 (L/m ³)	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
密度	水 (g/mm ³)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	セメント (g/mm ³)	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16	3.16
	細骨材 (g/mm ³)	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
	粗骨材 (g/mm ³)	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
熱量	水 (J/gK)	4.185	4.185	4.185	4.185	4.185	4.185	4.185	4.185
	セメント (J/gK)	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780
	細骨材 (J/gK)	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
	粗骨材 (J/gK)	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800

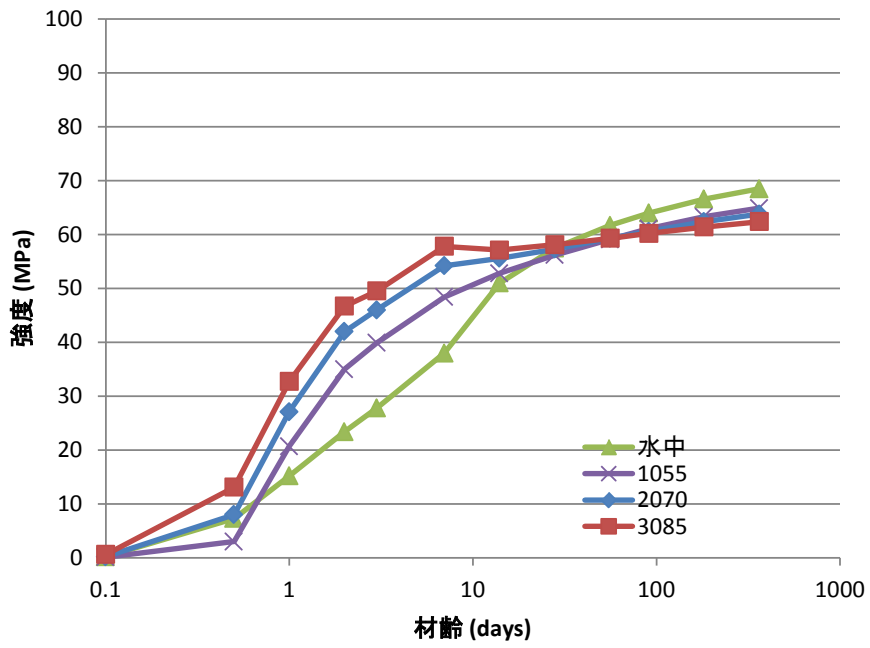


図 3. 6. 20 解析結果 (N40)

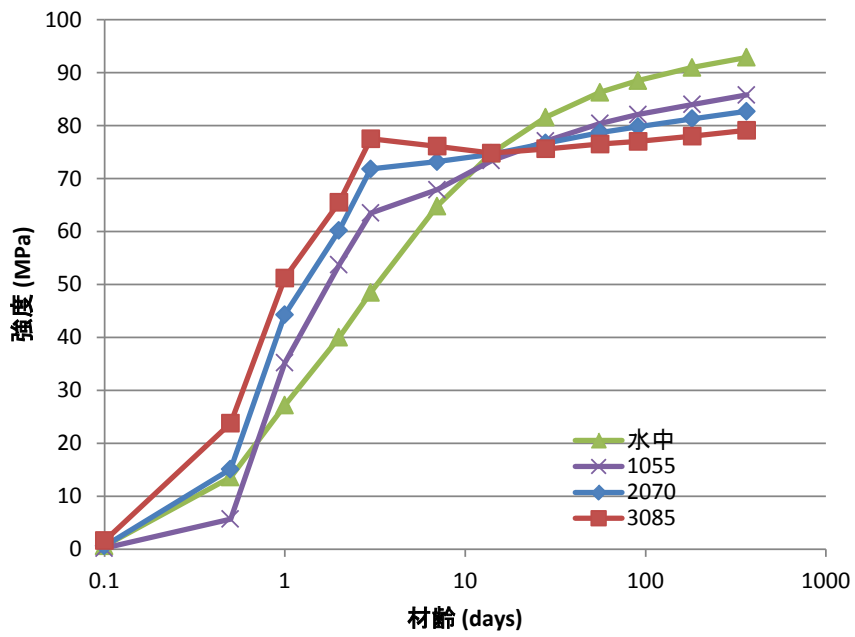


図 3. 6. 21 解析結果 (N30)

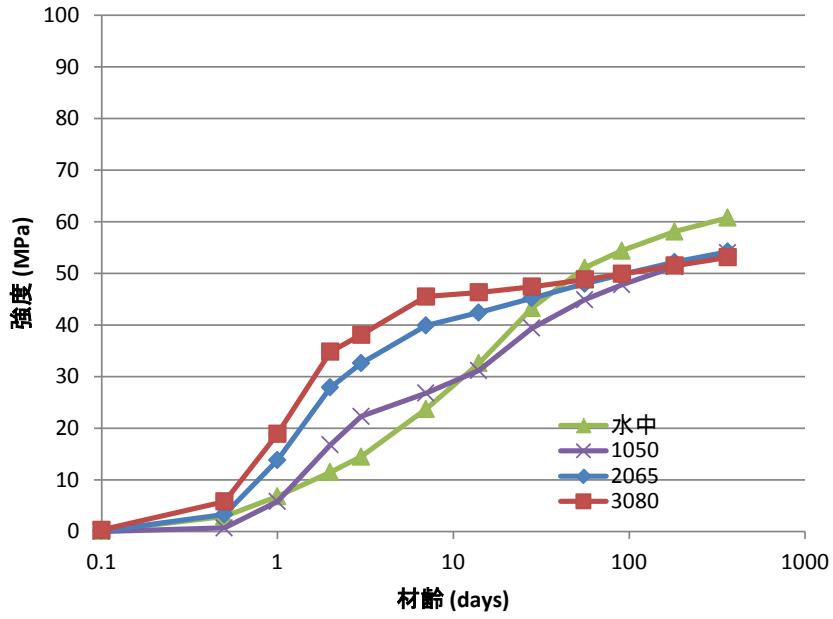


图 3.6.22 解析結果 (M30)

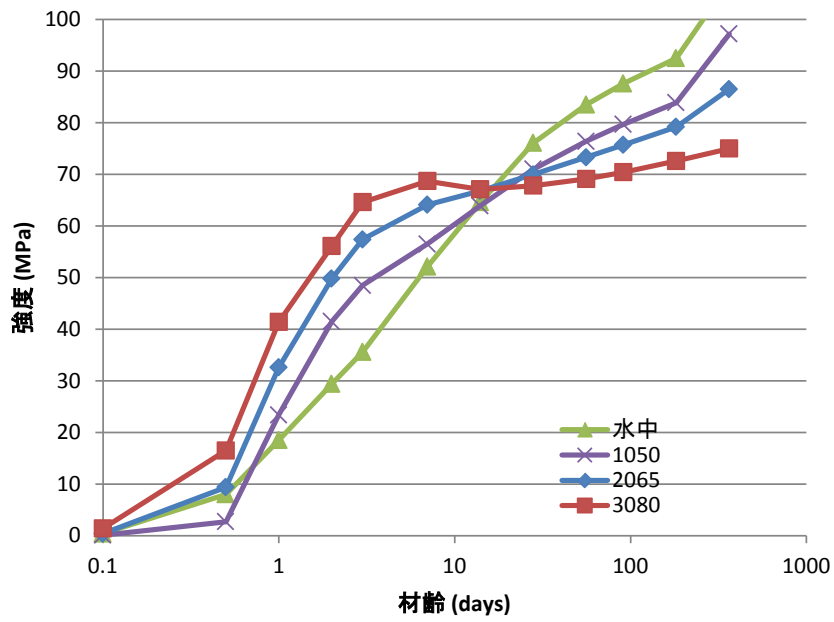


图 3.6.23 解析結果 (M25)

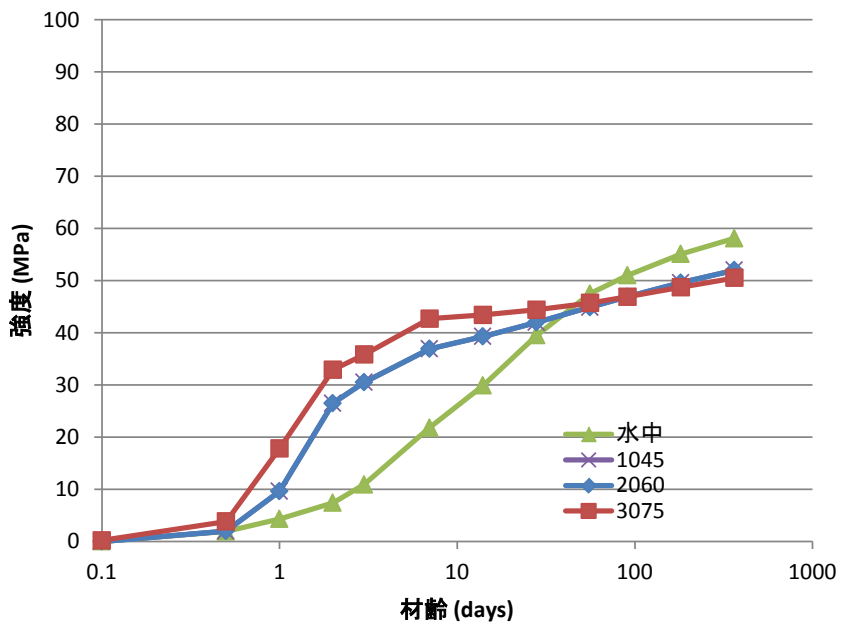


图 3.6.24 解析結果 (L40)

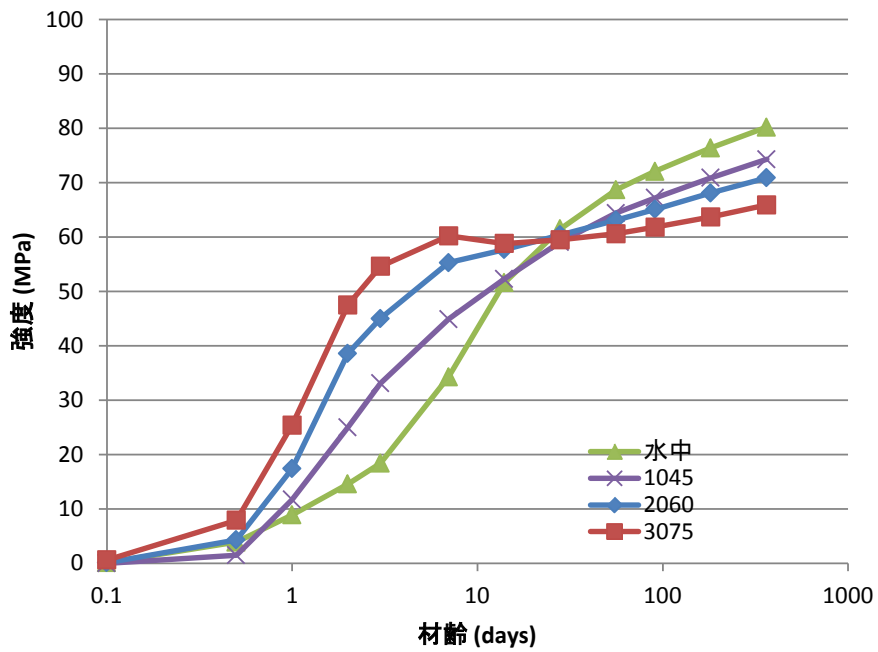


图 3.6.25 解析結果 (L30)

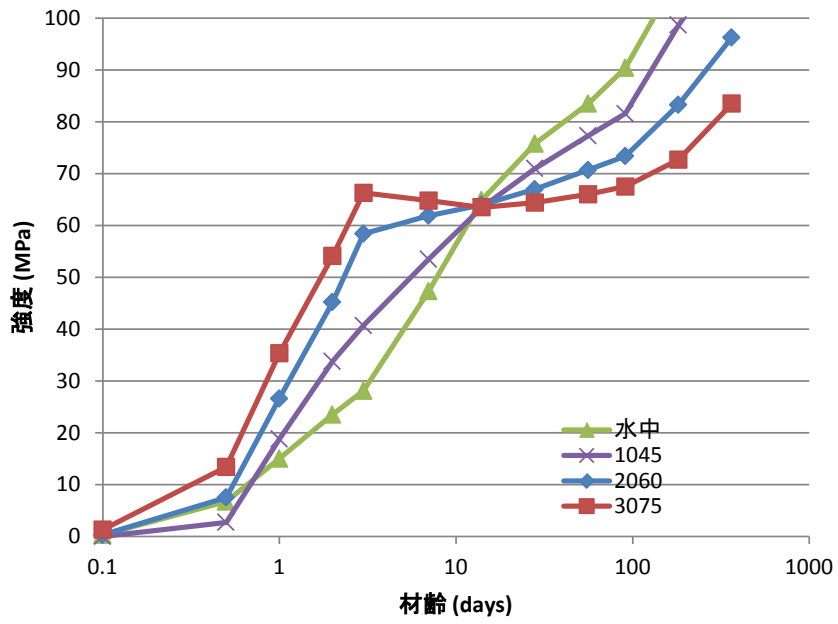


图 3.6.25 解析結果 (L25)

4. S 値を求めるための実験的検討

4.1 はじめに

JASS 5における構造体強度補正值(mS_n)とは、調合強度を定めるための基準とする材齢 m 日における標準養生供試体の圧縮強度と、柱や梁などの材齢 n 日における構造体コンクリート強度(コア供試体の圧縮強度)との差を意味する補正值である。構造体強度補正值を定める際には、JASS 5T-605 : 2005「コア供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」を準用することが一般的であり、建築基準法第 37 条第 2 号に定められる指定建築材料の国土交通大臣の認定における技術的基準に適合したものを示す実験においても広く普及している。JASS 5T-605 では、模擬柱部材の場合に $W1000 \times D1000 \times H1000\text{mm}$ の試験体の上下を断熱材で挟み熱の伝達を遮断したものが標準的な部材形状・寸法として示されている。しかしながら、試験体の寸法が小さいとは言い難く試験の簡便性という観点からは難点と言え、より合理的な手法が望まれるところである。一方で、より簡易的に構造体コンクリート強度を推定する方法として、JASS 5T-606 : 2005「簡易断熱養生供試体による構造体コンクリート強度の試験方法」が定められているが、例えば簡易断熱養生槽に入れる供試体の本数が定まっていないことなど、各所において統一的な手法により実施されているとは言い難い状況にある。

以上の背景を鑑みて、本検討では、構造体強度補正值をより合理的に定める試験方法および評価方法の方向性を検討することを目的とし、部材寸法を縮小した模擬柱部材から採取したコア供試体および簡易断熱養生した管理用供試体を対象にその妥当性を検討した。

ここでは、各種セメントを用いた高強度コンクリートに関して、部材寸法を要因とした模擬柱部材から採取したコア供試体および簡易断熱養生した供試体と標準養生を行った管理用供試体の圧縮強度の関係について実験的に検討した結果を報告する。

4.2 実験概要

普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび低発熱形セメントを用いた高強度のコンクリートに関して、部材寸法および断熱方法の相違が強度発現性に及ぼす影響について実験的に検討を行った。これにより、高強度コンクリートの構造体強度補正値を定めるにあたり、従来までの JASS 5T-605:2005 より合理的な方法として、断面寸法および高さ寸法を縮小した模擬柱部材から採取したコア供試体を用いた強度推定手法および管理方法の実用性について検討を行った。

4.2.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表 4.2.1 に示す。セメントの種類、水セメント比、部材寸法および断熱方法を変化要因とし、模擬柱部材から採取したコア供試体に加え、管理用供試体として標準養生および簡易断熱養生供試体の強度発現について検討した。

表 4.2.1 実験の要因と水準

要因		水準	
セメントの種類		普通ポルトランドセメント 中庸熱ポルトランドセメント 低熱ポルトランドセメント	
水セメント比		27%、37%、47%	
打込み時期		標準期(秋期):2014年10月15日～10月21日	
		管理用供試体	標準養生供試体、簡易断熱養生供試体
コンクリート 強度試験用供試体 (φ100×200mm)	コア供試体	模擬柱部材	W1.0×D1.0×H1.1m(10本/1材齢) W0.6×D0.6×H1.1m(10本/1材齢) W0.6×D0.6×H0.65m(6本/1材齢) W0.6×D0.6×H0.205m(3本/1材齢)

4.2.2 コンクリートの種類

4.2.2.1 コンクリートの使用材料

コンクリートの使用材料を表 4.2.2 に示す。セメントの種類は、普通ポルトランドセメント(N)、中庸熱ポルトランドセメント(M)および低熱ポルトランドセメント(L)の3種類とした。化学混和剤については、ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。

表 4.2.2 コンクリートの使用材料

使用材料	記号	名称	品質・性状・主成分
セメント	N	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³ 比表面積: 3.620cm ² /g
	M	中庸熱ポルトランドセメント	密度: 3.21g/cm ³ 比表面積: 3、170cm ² /g
	L	低熱ポルトランドセメント	密度: 3.22g/cm ³ 比表面積: 3、420cm ² /g
水	W	上水道水	—
細骨材	S	栃木県栃木市尻内町産陸砂	表乾密度: 2.61g/cm ³ 吸水率: 2.14% 粗粒率: 2.75
粗骨材	G	栃木県佐野市会沢町 石灰石岩砕石 2005	表乾密度: 2.70g/cm ³ 吸水率: 0.64% 粗粒率: 6.64
化学混和剤	Ad1	高性能 AE 減水剤 標準形 I 種	主成分: ポリカルボン酸系
	Ad2	AE 減水剤	主成分: 天然樹脂酸塩系

4.2.2.2 コンクリートの調合

コンクリートの調合は表 4.2.3 に示すとおりで、セメントを 3 種類と水セメント比(W/C)が 27%、37%および 47%の 3 水準で組み合わせられる計 9 調合とした。

フレッシュコンクリートの目標値は、JIS A 5308:2014 に準じて空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ 、W/C=27% の場合スランプフローを $60 \pm 10\text{cm}$ 、W/C=37%の場合スランプフローを $50 \pm 7.5\text{cm}$ 、W/C=47%の場合スランプを $18 \pm 2.5\text{cm}$ とした。なお、フレッシュコンクリートの性状は、荷卸し時間を練上がり直後から 30 分後とし、荷卸し時に目標値を満足するようにした。

表 4.2.3 コンクリートの調合

調合 記号	セメント の種類	W/C (%)	s/a (%)	Vo*1 (m^3/m^3)	単位量(kg/m^3)						フレッシュコンクリート の目標値	
					C	W	S	G	Ad1	Ad2	SL*2、SF*3 (cm)	空気量 (%)
N27	N	27.0	46.2	0.524	630	170	707	851	10.34	0.35	60 ± 10.0	4.5 ± 1.5
N37	N	37.0	50.1	0.524	460	170	846	851	6.44	0.35	50 ± 7.5	4.5 ± 1.5
N47	N	47.0	49.0	0.569	362	170	856	923	3.80	—	18 ± 2.5	4.5 ± 1.5
M27	M	27.0	46.5	0.524	630	170	715	851	10.08	0.7	60 ± 10.0	4.5 ± 1.5
M37	M	37.0	49.1	0.524	460	170	853	851	6.44	0.35	50 ± 7.5	4.5 ± 1.5
M47	M	47.0	49.1	0.569	362	170	861	923	3.80	1.05	18 ± 2.5	4.5 ± 1.5
L27	L	27.0	47.5	0.524	612	165	744	851	8.26	1.75	60 ± 10.0	4.5 ± 1.5
L37	L	37.0	51.6	0.524	446	165	877	851	6.02	0.7	50 ± 7.5	4.5 ± 1.5
L47	L	47.0	49.2	0.569	362	170	864	923	3.53	0.7	18 ± 2.5	4.5 ± 1.5

*1：単位粗骨材かさ容積 *2：スランプ *3：スランプフロー

4.2.2.3 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験項目と試験方法を表 4.2.4 に示す。また、表 4.2.4 には、各試験時における試験項目・試験方法および試験の組合せを示す。試験は出荷時、練上がり後 30 分および 90 分の 3 回実施した。練上がり後 30 分後の受入れ検査（荷卸し）時の試験項目と判定基準を表 4.2.5 に示す。なお、受入れ検査時のコンクリート温度は、約 20°C を目標とした。

フレッシュコンクリートの試験結果を表 4.2.6 に示す。荷卸し時のフレッシュコンクリートの性状はいずれも良好であり、荷卸し時の判定基準を満足しているものであった。各試験項目の経時変化を図 4.2.1 および図 4.2.2 に示す。

表 4.2.4 フレッシュコンクリートの試験項目・試験方法および試験の組合せ

試験項目	試験方法	試験の組合せ		
		出荷時	受入れ検査(荷卸し) (練上がり後 30 分)	練上がり 後 90 分
ワーカビリティおよびフレッシュコンクリートの状態	ワーカビリティが良いこと、品質が安定していることを、目視により、確認する。	○	○	○
スランプ	JIS A 1101:2005 コンクリートのスランプ試験方法による。 注) 水セメント比 60%、47%のコンクリートについて	○	○	○
スランプフロー	JIS A 1150:2007 コンクリートのスランプフロー試験方法による。試料の詰め方は3層に分けて詰め、各層 5 回突き棒で一様に突いた。 注) 水セメント比 37%のコンクリートについて	○	○	○
空気量	JIS A 1128:2005 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法	○	○	○
コンクリート温度	JIS A 1156:2006 フレッシュコンクリートの温度測定方法による ガラス製棒状温度計を使用した	○	○	○
外気温	ガラス製棒状温度計を使用した	○	○	○
塩化物含有量	JASS5T-502 : 2009 フレッシュコンクリート中の塩化物量の簡易試験方法による。カンタブの標準品と低濃度品を使用した	—	○	—
ブリーディング	JIS A 1123:2012 コンクリートのブリーディング試験方法による	—	○	—
凝結時間試験	JIS A 1147:2007 によるコンクリートの凝結時間試験方法による	—	○	—

表 4.2.5 フレッシュコンクリートの受入れ検査時の判定基準

試験項目	判定基準
ワーカビリティおよびフレッシュコンクリートの状態	ワーカビリティが良いこと、品質が安定していること
スランプ	スランプ 18cm ± 2.5cm
スランプフロー	スランプフロー 60 ± 10cm、50 ± 7.5cm
空気量	4.5 ± 1.5%
塩化物含有量	塩化物イオン量として、0.30kg/m ³ 以下

表 4.2.6 フレッシュコンクリートの試験結果

打込み 季節	調合 記号	経時 (分)	スラ ンプ (cm)	スランプ フロー (cm)	空気 量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	外気 温 (°C)	塩化物含有量 (kg/m ³)		ブリーディ ング量 (cm ³ /cm ²)	凝結時間 (時間,分)	
								低濃度品	標準品		始発時間	終結時間
標準期	N27	0	-	60	5.0	25.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	63	5.4	27.0	22.8	0	0	0.00	6時間47分	8時間46分
		90	-	59.5	5.8	28.0	20.6	-	-	-	-	-
	N37	0	-	51.8	5.9	21.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	48.8	4.8	21.0	15.2	0	0	0.01	7時間24分	9時間04分
		90	-	46.0	3.5	22.0	15.6	-	-	-	-	-
	N47	0	20.5	-	5.0	21.0	-	-	-	-	-	-
		30	20.0	-	4.4	22.0	16.1	0	0	0.02	6時間21分	8時間19分
		90	19.0	-	4.5	23.0	17.8	-	-	-	-	-
	M27	0	-	60.5	4.5	22.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	65.3	4.9	23.0	17.4	0	0	0.01	7時間52分	10時間05分
		90	-	62.8	5.2	23.0	17.9	-	-	-	-	-
	M37	0	-	52.0	5.8	21.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	52.8	5.0	21.0	15.9	0	0	0.02	8時間24分	10時間45分
		90	-	51.8	5.0	22.0	16.9	-	-	-	-	-
	M47	0	20.0	-	4.0	21.0	-	-	-	-	-	-
		30	19.5	-	3.6	22.0	17.3	0	0	0.04	6時間50分	9時間14分
		90	18.5	-	3.5	22.0	17.4	-	-	-	-	-
	L27	0	-	64.0	5.3	22.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	62.3	5.5	23.0	17.8	0	0	0.00	8時間52分	11時間10分
		90	-	63.0	5.2	25.0	18.9	-	-	-	-	-
	L37	0	-	47.3	5.6	19.0	-	-	-	-	-	-
		30	-	49.3	5.4	19.0	13.7	0	0	0.02	8時間44分	11時間58分
		90	-	46.8	5.3	20.0	14.8	-	-	-	-	-
L47	0	21.0	-	4.3	19.0	-	-	-	-	-	-	
	30	19.5	-	3.5	21.0	15.6	0	0	0.04	7時間05分	10時間28分	
	90	19.0	-	3.8	22.0	17.6	-	-	-	-	-	

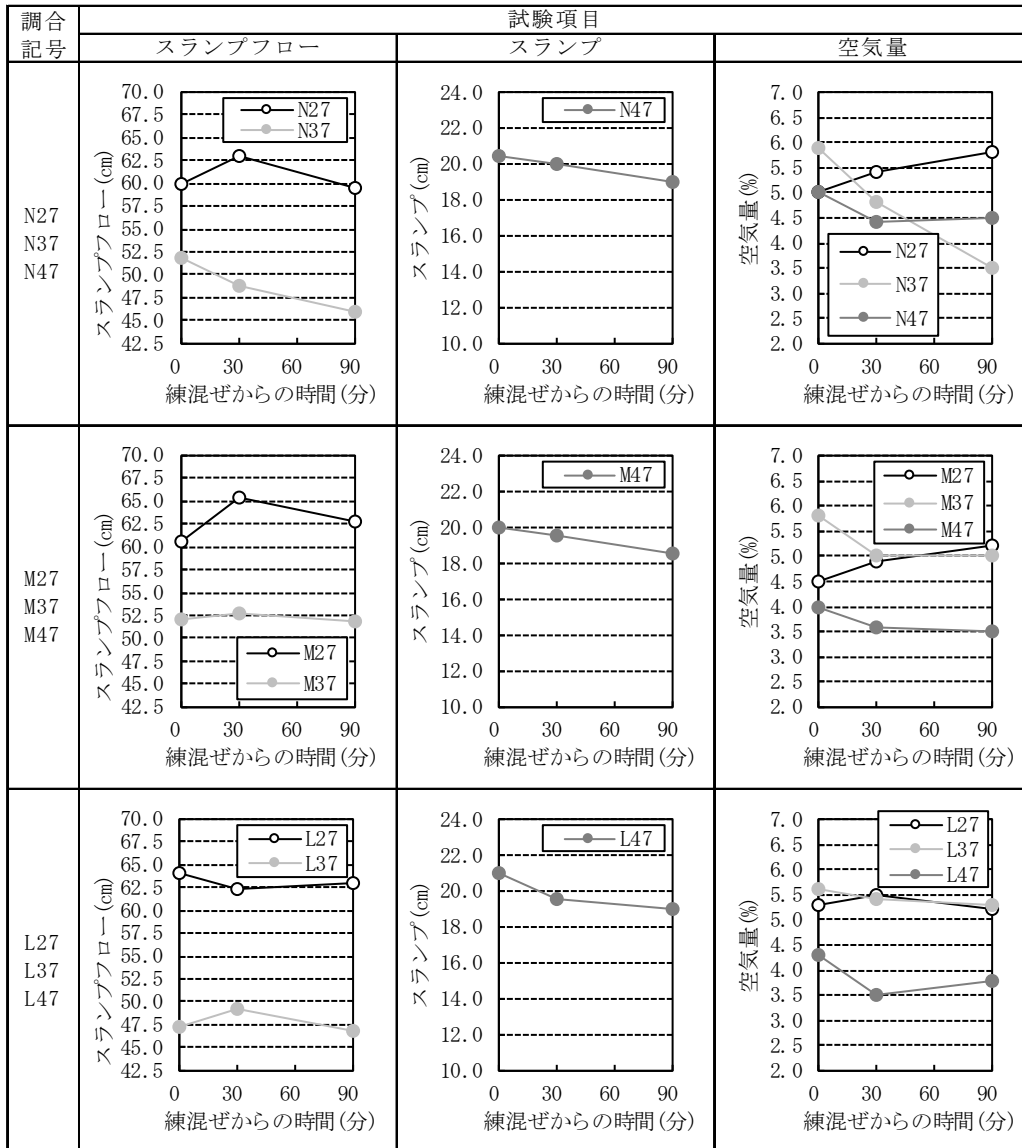


図 4.2.1 スランプ, スランプフローおよび空気量の経時変化

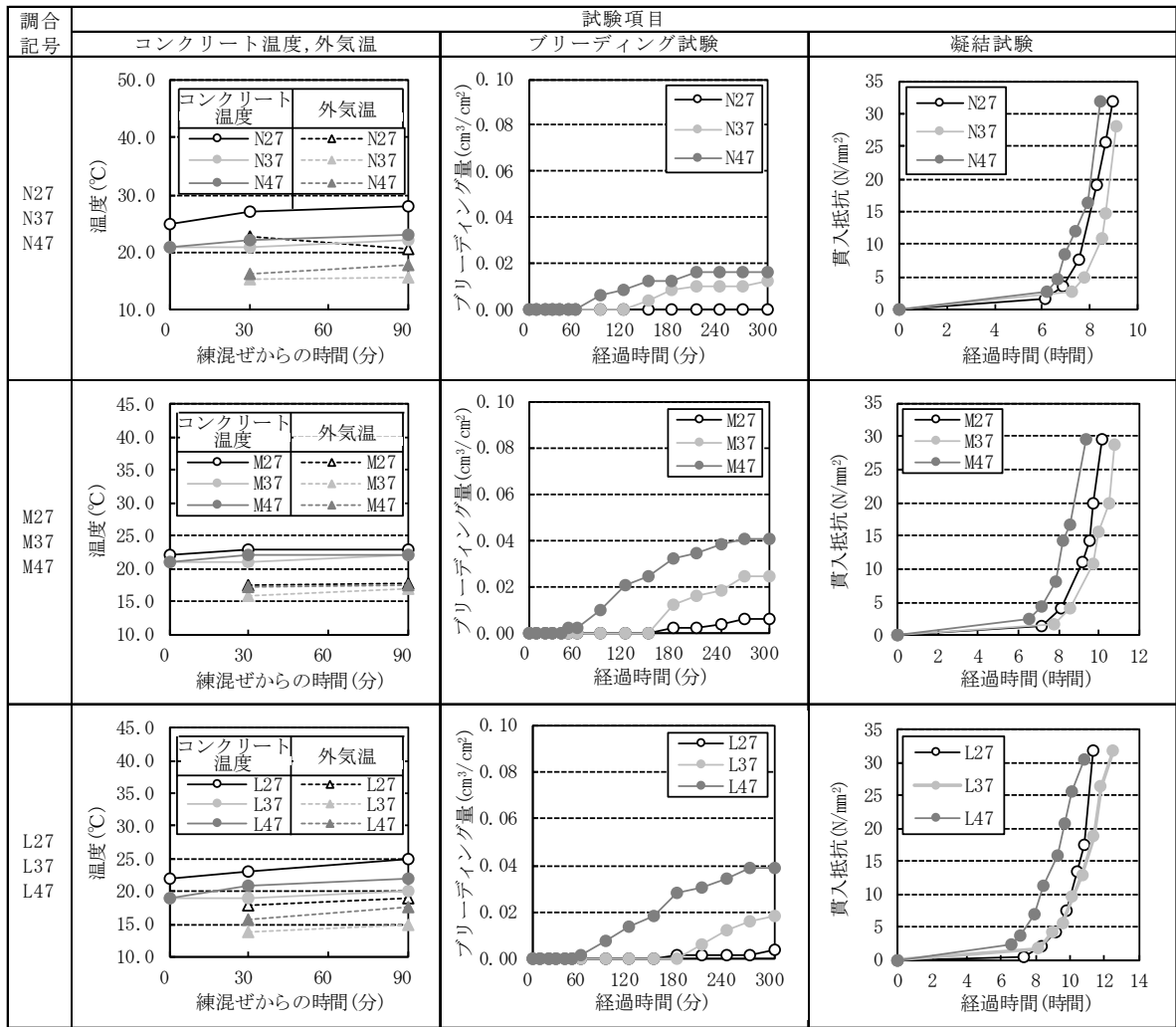


図 4.2.2 コンクリート温度および外気温, ならびにブリーディング, 凝結時間試験の経時変化

4.2.3 模擬部材および供試体の概要

4.2.3.1 模擬柱部材の概要

(1) 模擬柱部材

模擬柱部材の形状および寸法を表 4.2.7、JASS 5 T-605:2005 に準じた標準的な模擬柱部材の概要を図 4.2.3、部材寸法を縮小した模擬柱部材の概要を図 4.2.4 に示す。模擬柱部材は JASS 5 T-605:2005 における標準的な部材形状・寸法に準じて、寸法を W:1000×D:1000×H:1100mm とし、上下面を断熱材(発泡スチロール:熱伝導率 0.037W/mK)で挟み熱の伝達を遮断することにより、長大な柱部材の中央部を模擬した形状とした。(以下、JASS5 T-605 型)部材寸法を縮小した模擬柱部材は JASS 5T-605:2005 を基準とし、寸法を W:600×D:600×H:1100mm(以下、簡易柱 1100 型)、W:600×D:600×H:650mm (以下、簡易柱 650 型)および W:600×D:600×H:205mm(以下、簡易柱 205 型)とした。

模擬柱部材の温度測定は、躯体内部に T 型熱電対を用いて図 4.2.3 および図 4.2.4 に示す位置で、打込み直後から 15 分間隔で 4 週間行った。以降、内部温度のデータについては内部、中間および表層の 3 箇所の平均値を用いた。

コア供試体の採取位置は、図 4.2.3 および図 4.2.4 に示す○(1W、4W、13W)の位置とし、中央部および外周部の 2 箇所とした。コア供試体の採取は、圧縮強度試験を行う 2 日前とし、採取したコア供試体は、図 4.2.3 および図 4.2.4 に示す位置において、コンクリートカッターを用いて切断し、研磨機で両端面を研磨してφ100×200mm に成形した。また、採取したコア供試体は、圧縮強度試験に供するまで、標準養生とした。なお、コア供試体の採取方法および圧縮強度試験は JIS A 1107:2012、管理用供試体の圧縮強度試験は JIS A 1108:2006 にそれぞれ準拠した。圧縮強度試験の材齢は、7 日、28 日および 91 日とした。

表 4.2.7 模擬柱部材の形状および寸法

項目	試験体名称	部材寸法(m)	断熱面
JASS 5 T-605 : 2005 に規定される模擬柱部材	JASS 5 T-605	W1.0×D1.0×H1.1	上下面
部材寸法を縮小した模擬柱部材	簡易柱 1100	W0.6×D0.6×H1.1	上下面および隣接する側面 2 面(計 4 面)
	簡易柱 650	W0.6×D0.6×H0.65	
	簡易柱 205	W0.6×D0.6×H0.205	

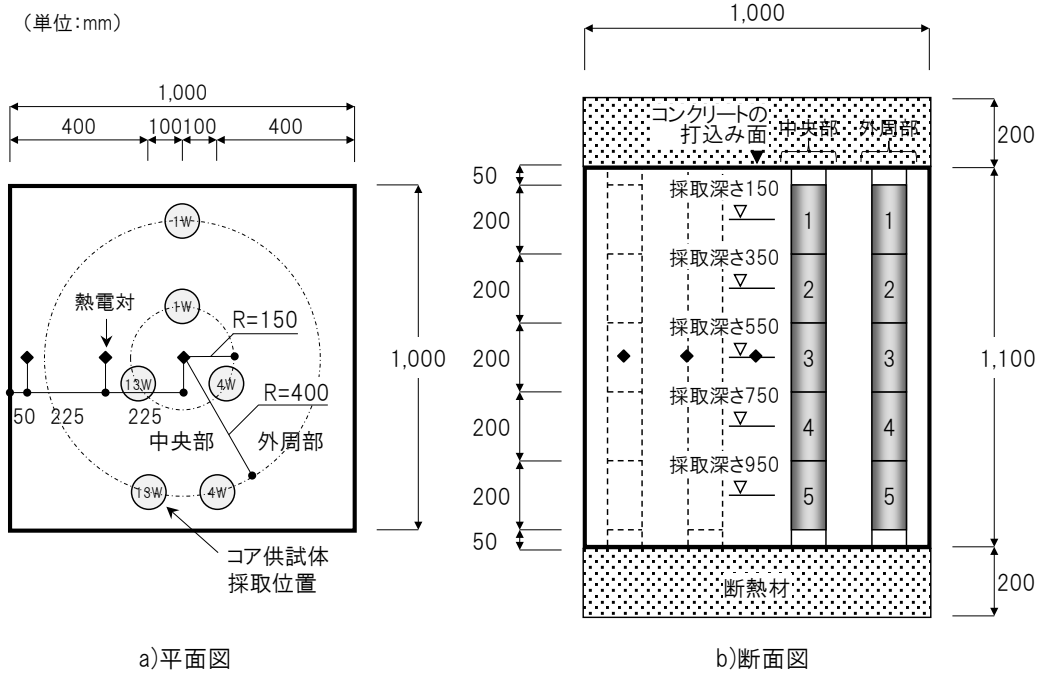


図 4.2.3 JASS 5 T-605:2005 に準じた標準的な模擬柱部材の概要

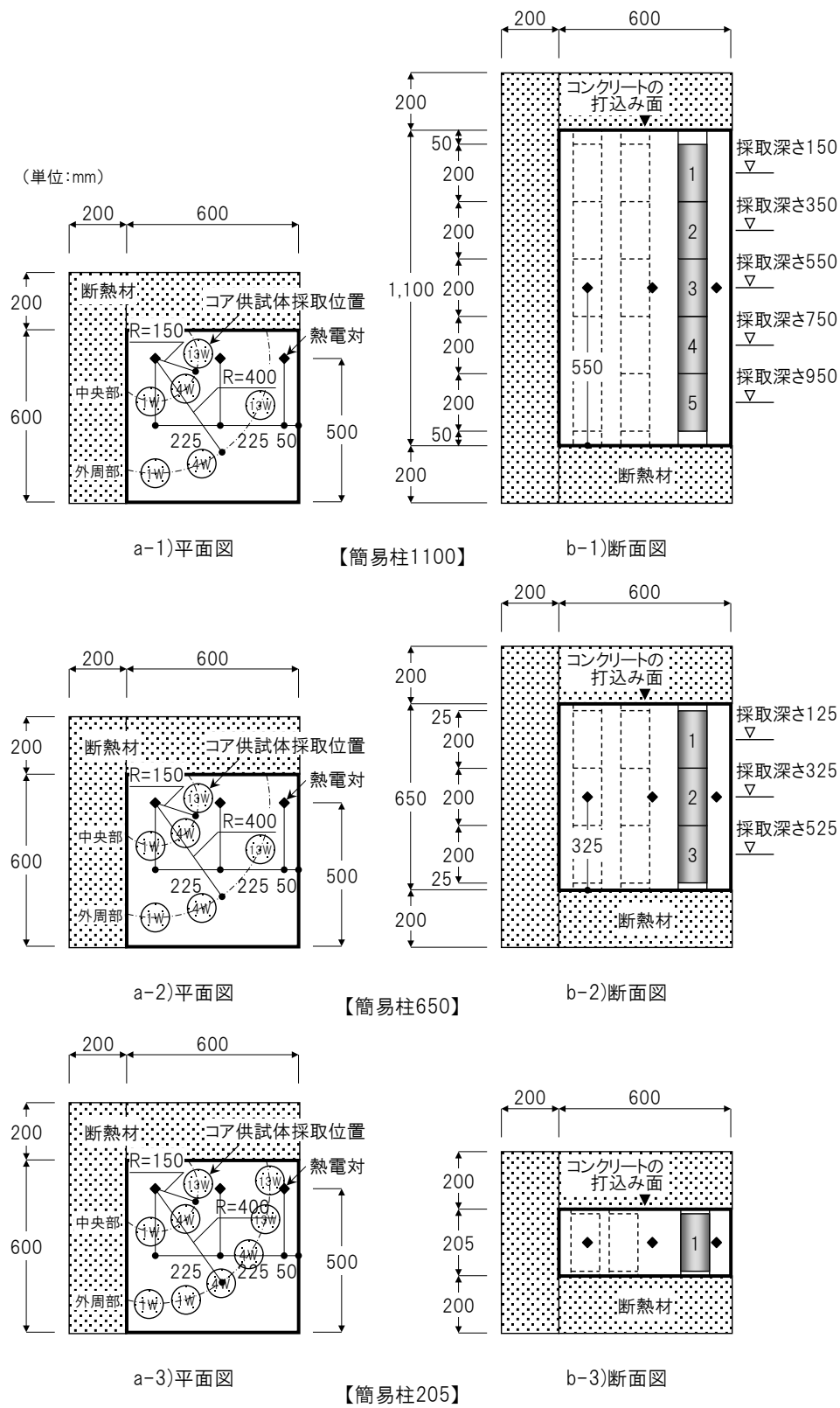


図 4. 2. 4 部材寸法を縮小した模擬柱部材の概要

4.2.3.2 管理用供試体の種類および養生方法

管理用供試体(φ100×200mm)は、いずれの供試体も、荷卸し時(練上がり後 30 分)に、スランプ、スランプフローおよび空気量が目標値を満足していることを確認した後、作製した。

(1) 管理用供試体

管理用供試体は、φ100×200mm の軽量型枠を用いて JIS A 1132 : 2006 に準拠して作製した。養生方法は、標準養生および簡易断熱養生の 2 水準とした。

a) 標準養生供試体

供試体は、軽量型枠へコンクリートを打込んだ後、急激な乾燥を防ぐため、供試体の上面をポリエチレンフィルムで覆い封かんとし、温度 20±2℃ の一定条件となる屋内の試験室に静置し、48 時間後に脱型した。脱型後、所定の材齢まで水温 20±2℃ の水中養生槽において標準養生を行った。

b) 簡易断熱養生供試体

簡易断熱養生槽の概要を写真 4.2.1 に示す。簡易断熱養生層は、内部の寸法を W:350×D:460×H:200mm とし、上下面を厚さ 200mm の断熱材(発泡スチロール:熱伝導率 0.037W/mK)で挟み、側面を厚さ 200mm の断熱材(発泡スチロール:熱伝導率 0.037W/mK)で挟んだ。簡易断熱養生槽 1 つにつき、12 本の供試体を静置し、その内の 1 本は温度測定用として内部に T 型熱電対を埋設し 15 分毎に 4 週間測定を行った。供試体は、軽量型枠にコンクリートを打込み後、急激な乾燥を防ぐため、プラスチック製型枠の上面をポリエチレンフィルムで覆い簡易断熱養生槽に静置し、供試体の間をビーズ形の発泡ポリスチレンで充填した。

(単位:mm)

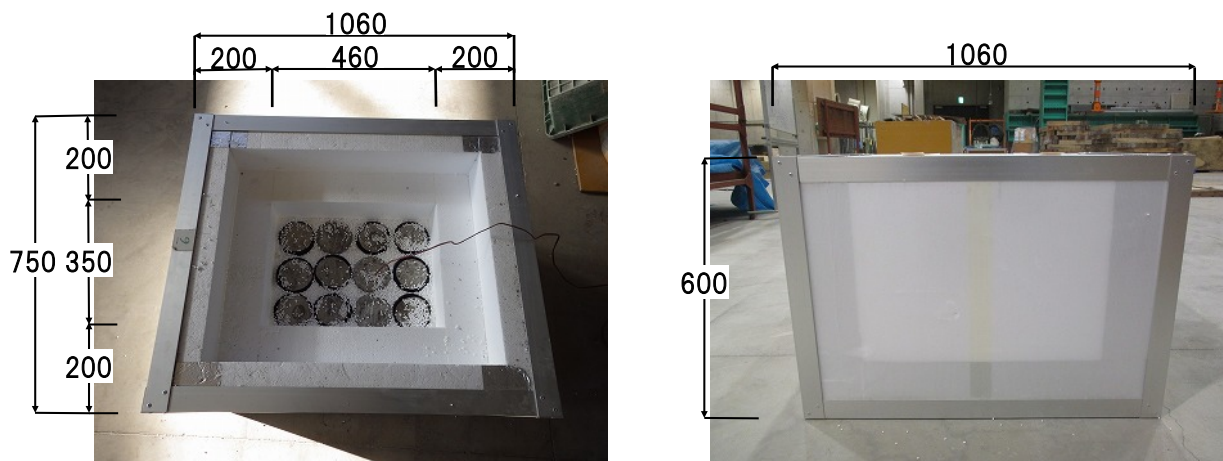


写真 4.2.1 簡易断熱養生槽の概要

4.3 実験結果および考察

4.3.1 内部温度の測定結果

4.3.1.1 水セメント比と最高温度の平均の関係

履歴温度の測定結果を表 4.3.1～表 4.3.9、水セメント比と最高温度の平均の関係を図 4.3.1 に示す。最高温度は、水セメント比が小さいほど大きくなり、セメントの水和熱の順に $N > M > L$ となり一般的な傾向を示した。一方、簡易断熱養生は、模擬柱部材に比べて最高温度が小さくなる傾向を示し、セメントの水和熱が大きいほどこの傾向は顕著であった。

表 4.3.1 履歴温度の測定結果 (N27)

打込み季節	調査記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 [※] (°C)
標準期	N27	JASS5 T-605	2	内部	29.0	88.1	59.1
				中間	28.9	84.2	55.3
				表層	29.5	70.6	41.1
		簡易柱1100	2	内部	28.8	86.3	57.5
				中間	28.6	81.5	52.9
				表層	28.6	69.4	40.8
		簡易柱650	2	内部	28.1	83.6	55.5
				中間	28.0	79.1	51.1
				表層	27.3	65.7	38.4
		簡易柱205	2	内部	29.3	77.4	48.1
				中間	29.2	72.4	43.2
				表層	28.3	60.8	32.5
簡易断熱養生	-	内部	24.5	75.3	50.8		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.2 履歴温度の測定結果 (N37)

打込み季節	調査記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 [※] (°C)
標準期	N37	JASS5 T-605	2	内部	22.5	68.9	46.4
				中間	22.4	66.1	43.7
				表層	22.4	54.9	32.5
		簡易柱1100	2	内部	22.4	69.5	47.1
				中間	22.4	65.8	43.4
				表層	22.6	56.5	33.9
		簡易柱650	2	内部	22.1	68.3	46.2
				中間	23.7	65.4	41.7
				表層	21.7	54.9	33.2
		簡易柱205	2	内部	21.6	62.2	40.6
				中間	21.3	60.3	39.0
				表層	21.6	49.5	27.9
簡易断熱養生	-	内部	19.3	62.8	43.5		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.3 履歴温度の測定結果 (N47)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (℃)	最高温度 (℃)	温度上昇量※ (℃)
標準期	N47	JASS5 T-605	2	内部	23.3	59.5	36.2
				中間	23.3	56.2	32.9
				表層	23.3	47.6	24.3
		簡易柱1100	2	内部	19.6	60.9	41.3
				中間	18.5	57.3	38.8
				表層	23.5	51.5	28.0
		簡易柱650	2	内部	23.2	59.5	36.3
				中間	23.6	47.9	24.3
				表層	24.1	56.2	32.1
		簡易柱205	2	内部	13.8	52.8	39.0
				中間	22.8	53.2	30.4
				表層	22.6	45.0	22.4
簡易断熱養生	-	内部	21.6	53.8	32.2		

※：温度上昇量(℃)＝最高温度(℃)－打込み温度(℃)

表 4.3.4 履歴温度の測定結果 (M27)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (℃)	最高温度 (℃)	温度上昇量※ (℃)
標準期	M27	JASS5 T-605	2	内部	23.7	72.3	48.6
				中間	22.2	69.2	47.0
				表層	23.6	58.5	34.9
		簡易柱1100	2	内部	24.4	72.4	48.0
				中間	23.9	68.5	44.6
				表層	22.5	58.2	35.7
		簡易柱650	2	内部	24.4	71.0	46.6
				中間	23.7	68.1	44.4
				表層	23.5	57.8	34.3
		簡易柱205	2	内部	23.5	66.6	43.1
				中間	23.8	64.3	40.5
				表層	23.4	52.1	28.7
簡易断熱養生	-	内部	23.2	66.3	43.1		

※：温度上昇量(℃)＝最高温度(℃)－打込み温度(℃)

表 4.3.5 履歴温度の測定結果 (M37)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 [※] (°C)
標準期	M37	JASS5 T-605	2	内部	22.2	58.7	36.5
				中間	22.1	56.2	34.1
				表層	21.9	47.7	25.8
		簡易柱1100	2	内部	22.7	58.5	35.8
				中間	22.2	54.9	32.7
				表層	22.5	46.8	24.3
		簡易柱650	2	内部	22.5	56.8	34.3
				中間	22.5	53.9	31.4
				表層	15.7	44.9	29.2
		簡易柱205	2	内部	22.7	52.2	29.5
				中間	22.8	49.8	27.0
				表層	22.1	41.4	19.3
簡易断熱養生	-	内部	21.2	53.5	32.3		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.6 履歴温度の測定結果 (M47)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 [※] (°C)
標準期	M47	JASS5 T-605	2	内部	22.4	49.5	27.1
				中間	22.3	47.4	25.1
				表層	22.1	41.0	18.9
		簡易柱1100	2	内部	22.5	50.1	27.6
				中間	22.5	47.1	24.6
				表層	22.2	41.2	19.0
		簡易柱650	2	内部	22.4	48.9	26.5
				中間	22.4	46.4	24.0
				表層	22.2	40.1	17.9
		簡易柱205	2	内部	22.3	45.8	23.5
				中間	22.2	42.7	20.5
				表層	21.9	36.1	14.2
簡易断熱養生	-	内部	21.8	45.7	23.9		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.7 履歴温度の測定結果 (L27)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量※ (°C)
標準期	L27	JASS5 T-605	2	内部	23.1	55.2	32.1
				中間	23.2	53.6	30.4
				表層	23.3	46.0	22.7
		簡易柱1100	2	内部	22.9	56.5	33.6
				中間	23.2	53.6	30.4
				表層	23.4	47.2	23.8
		簡易柱650	2	内部	23.3	54.5	31.2
				中間	22.9	51.8	28.9
				表層	22.9	45.3	22.4
		簡易柱205	2	内部	23.3	51.3	28.0
				中間	23.1	48.2	25.1
				表層	23.3	40.9	17.6
簡易断熱養生	-	内部	22.4	49.9	27.5		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.8 履歴温度の測定結果 (L37)

打込み季節	調合記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量※ (°C)
標準期	L37	JASS5 T-605	2	内部	20.6	44.3	23.7
				中間	20.7	42.1	21.4
				表層	20.5	36.9	16.4
		簡易柱1100	2	内部	20.9	45.7	24.8
				中間	20.9	43.8	22.9
				表層	21.0	39.4	18.4
		簡易柱650	2	内部	20.9	44.8	23.9
				中間	20.8	42.8	22.0
				表層	20.9	38.6	17.7
		簡易柱205	2	内部	20.7	41.9	21.2
				中間	20.6	40.1	19.5
				表層	20.3	34.7	14.4
簡易断熱養生	-	内部	19.7	39.3	19.6		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

表 4.3.9 履歴温度の測定結果 (L47)

打込み季節	調査記号	部材	せき板 存置期間	測定位置	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	温度上昇量 [※] (°C)
標準期	L47	JASS5 T-605	2	内部	21.8	40.3	18.5
				中間	21.8	39.0	17.2
				表層	21.9	33.9	12.0
		簡易柱1100	2	内部	23.4	41.7	18.3
				中間	21.7	40.0	18.3
				表層	22.2	36.9	14.7
		簡易柱650	2	内部	21.8	40.3	18.5
				中間	21.6	39.0	17.4
				表層	23.9	35.2	11.3
		簡易柱205	2	内部	21.8	38.9	17.1
中間	22.2			37.0	14.8		
表層	22.0			32.3	10.3		
簡易断熱養生	-	内部	21.0	37.7	16.7		

※：温度上昇量(°C) = 最高温度(°C) - 打込み温度(°C)

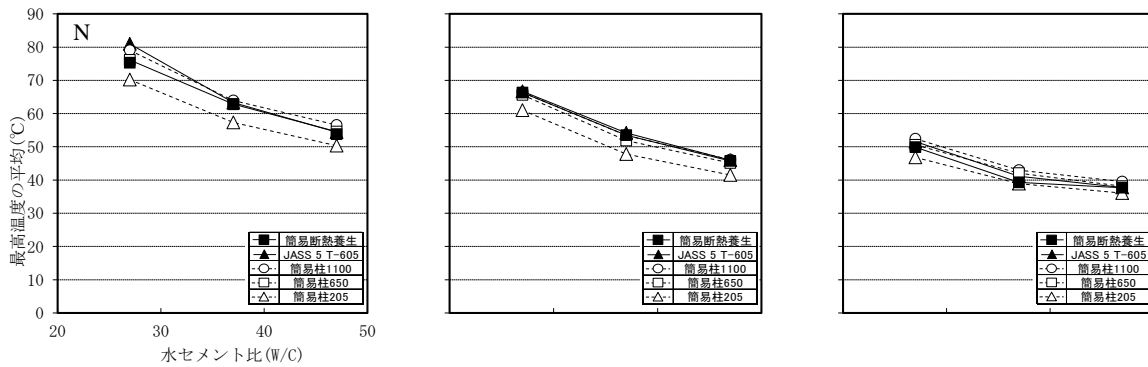


図 4.3.1 水セメント比と最高温度の平均の関係

4.3.1.2 部材寸法と最高温度の平均の関係

部材高さや最高温度の平均の関係を図 4.3.2 に示す。部材高さや最高温度の平均の関係は、部材の高さに概ね比例する傾向を示し、セメントの水和熱が大きいほど(普通ポルトランドセメント : N > 中熱ポルトランドセメント : M > 低熱ポルトランドセメント : L)より明確となる。一方で、簡易柱 650 型以上の寸法の模擬柱部材における最高温度に着目すると、N では若干の差異が認められるものの、M および L では模擬柱部材の寸法によらずほぼ同等であった。特に、簡易柱 1100 型と JASS5T-605 型の最高温度は、セメント種類に関わらず極めて近似する傾向にあった。

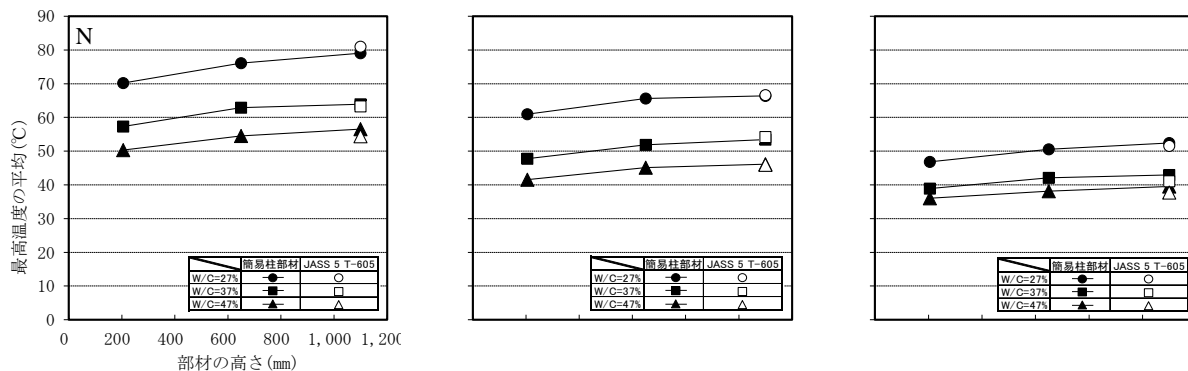


図 4.3.2 部材高さや最高温度の平均の関係

4.3.2 圧縮強度試験の結果

4.3.2.1 材齢と圧縮強度の関係

材齢と圧縮強度との関係を図 4.3.3 に示す。材齢と圧縮強度の関係は、材齢 7 日の初期強度が $N > M > L$ の順となり、これ以降の材齢における強度の増進は $N > M > L$ の順で停滞する一般的な傾向を示した。また、いずれのセメント種類とも水セメント比が小さくなるにつれ、材齢 91 日におけるコア供試体と標準養生供試体との強度差が大きくなる傾向を示した。

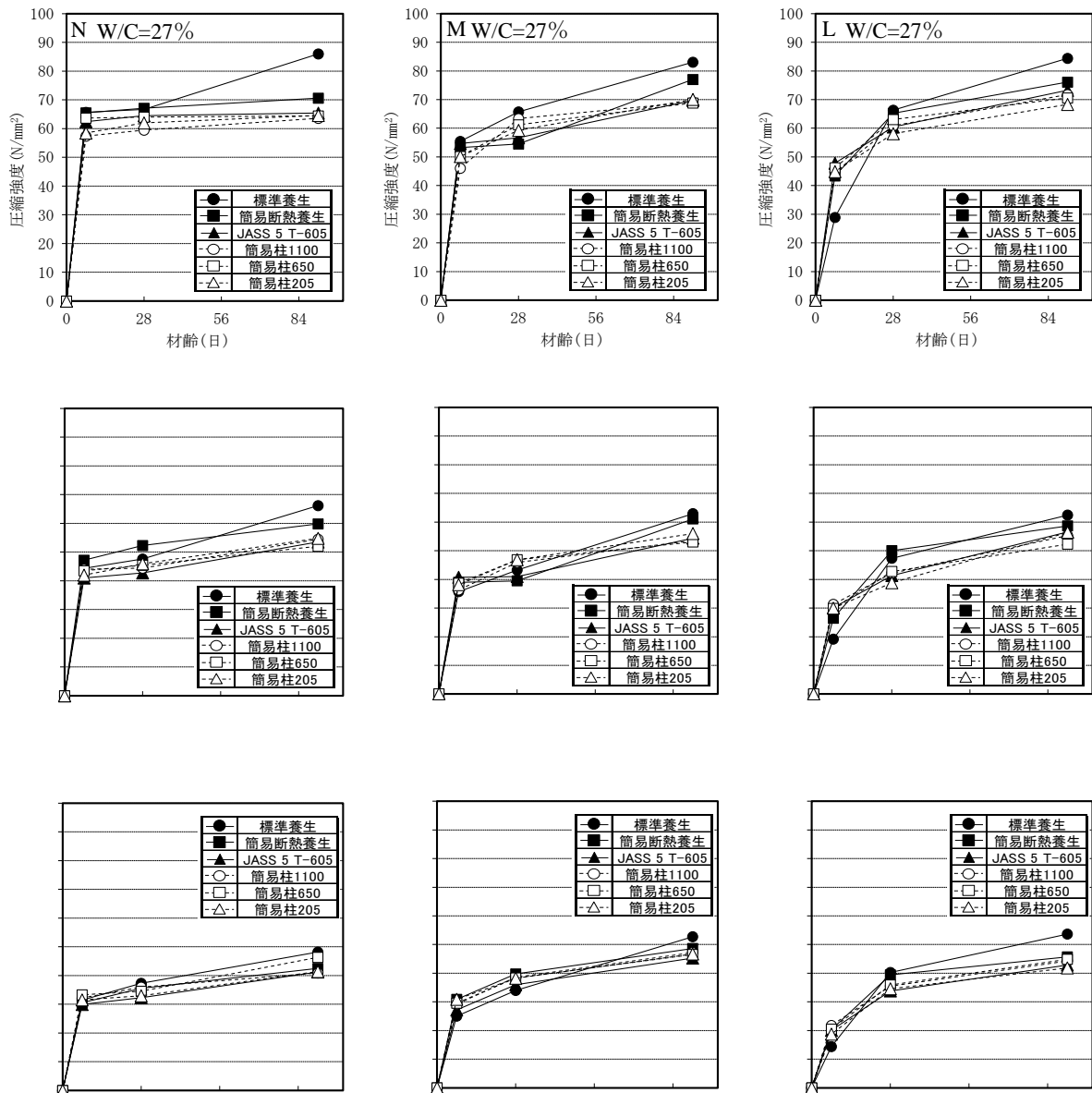


図 4.3.3 材齢と圧縮強度の関係

4.3.2.2 セメント水比と圧縮強度の関係

セメント水比と圧縮強度との関係を図 4.3.4 に示す。セメント水比と圧縮強度の関係は、いずれのセメント種類および材齢においてもほぼ直線な関係が確認された。

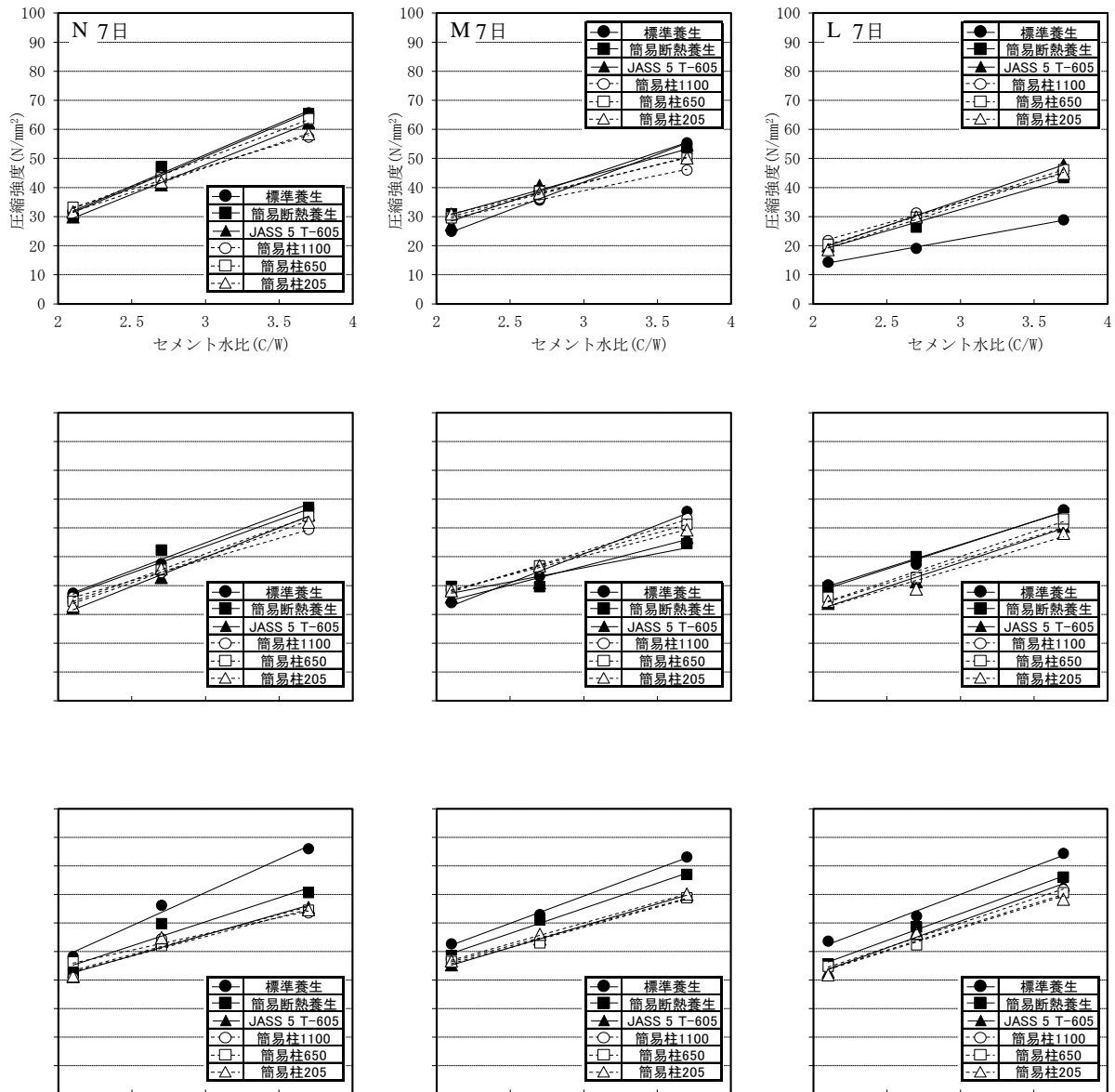


図 4.3.4 セメント水比と圧縮強度の関係

4.3.2.3 JASS 5 T-605 の圧縮強度と各種部材および簡易断熱養生供試体の圧縮強度の関係

JASS 5T-605 型の圧縮強度と各種部材および簡易断熱養生した供試体の圧縮強度との関係を図 4.3.5 に示す。なお、図中の点線は等値線を表す。JASS 5T-605 型の圧縮強度と各種部材および簡易断熱養生した供試体の圧縮強度の関係は、簡易柱において、材齢 28 日では若干のばらつきがあるものの、いずれの材齢とも JASS 5T-60 型とほぼ同等となった。一方で、簡易断熱養生供試体においては、材齢が経過するにつれ、JASS5 T-605 型より大きくなる傾向が認められた。

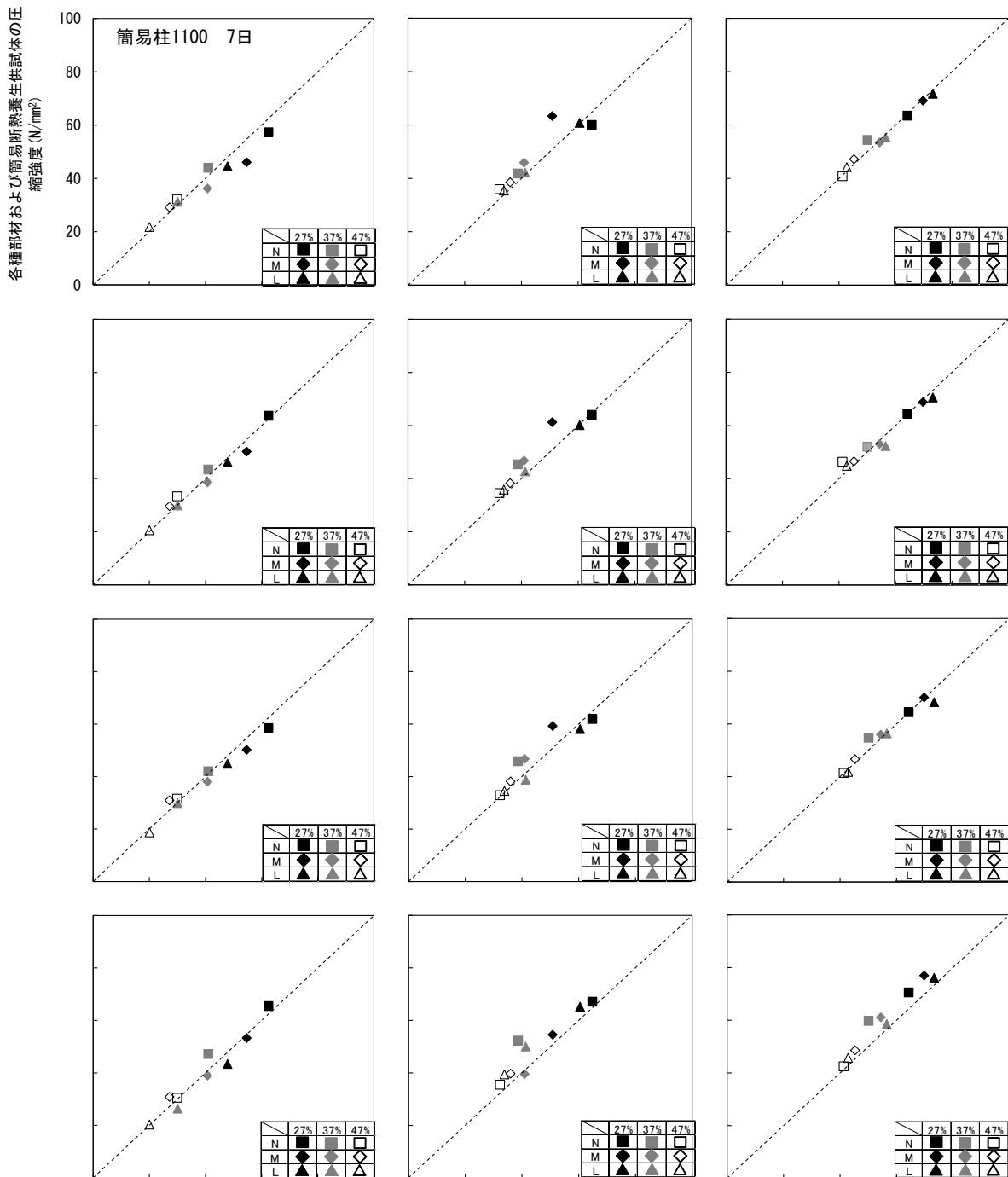


図 4.3.5 JASS 5 T-605 型の圧縮強度と各部材および簡易断熱養生供試体の圧縮強度の関係

4.3.2.4 各種部材および簡易断熱養生供試体の構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$

各種部材および簡易断熱養生供試体の構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ を図 4.3.6 に示す。構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ は、いずれのセメント種類においても JASS5T-605 型および簡易柱では概ね近似する傾向にあるが、簡易断熱養生供試体については明確な相違が認められた。なお、N37、N47、M37 および M47 において一般的な構造体強度補正值と異なる傾向を示したのは、標準養生供試体の材齢経過に伴う強度増進が材齢 28 日に停滞したためと考えられ、データの取扱いについては留意する必要がある。

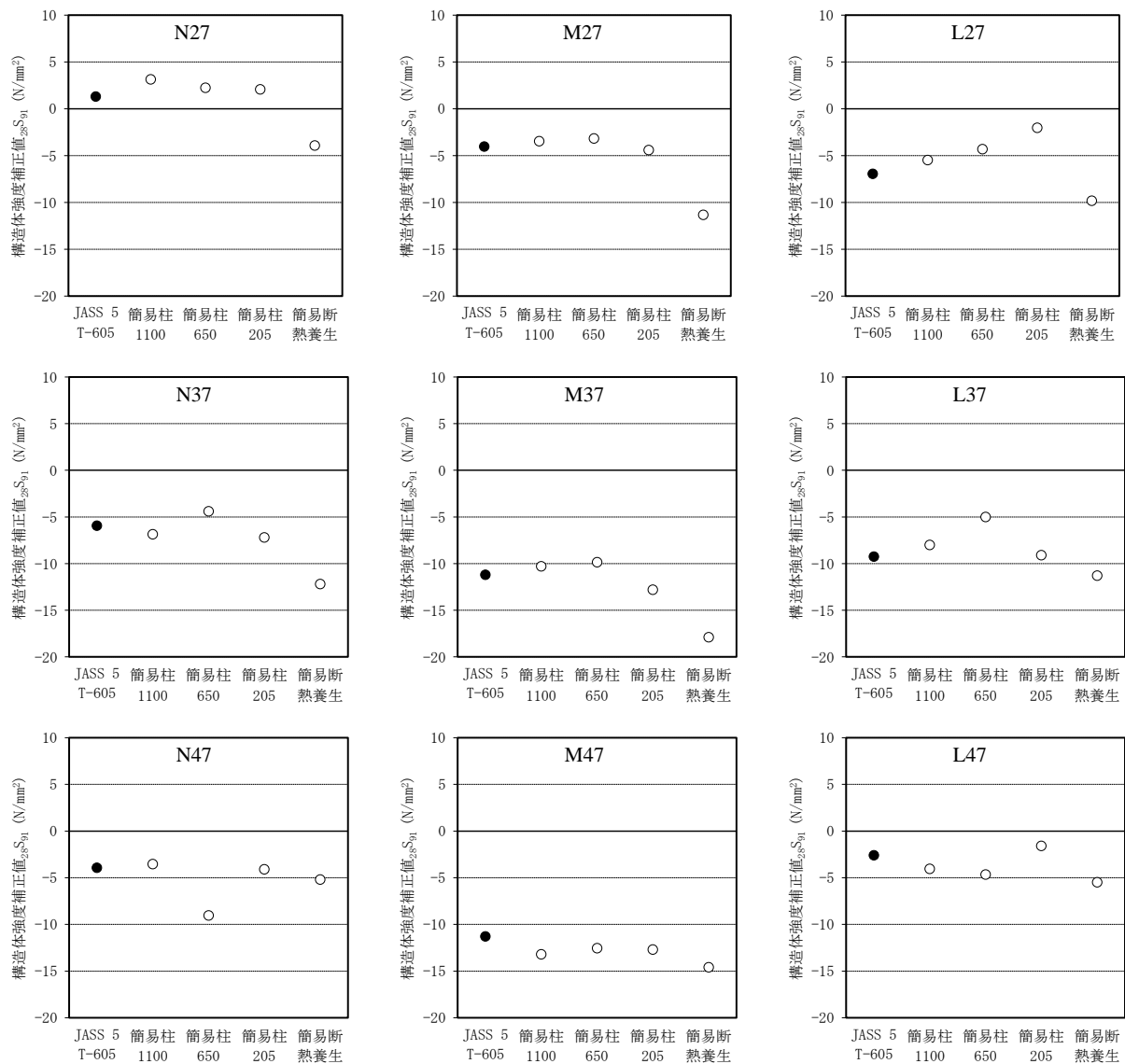


図 4.3.6 各種部材および簡易断熱養生供試体の構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$

4.4 まとめ

本節では、構造体強度補正值をより合理的に定める試験方法および評価方法の方向性を検討することを目的とし、各種セメントを用いた部材寸法を縮小した模擬柱部材から採取したコア供試体、簡易断熱養生供試体および標準養生供試体の圧縮強度から実験的に検討した。

4.4.1 履歴温度について

- a) 最高温度は、水セメント比が小さいほど大きくなり、セメントの水和熱の順に $N > M > L$ となる。しかし、簡易断熱養生は、模擬柱部材に比べて小さくなる傾向を示し、セメントの水和熱が大きいほど顕著となった。
- b) 最高温度は、部材の高さに概ね比例する傾向を示す。しかし、簡易柱 650 型以上の寸法の模擬柱部材の最高温度に着目すると、N では若干の差異が認められるものの、M および L では模擬柱部材の寸法によらずほぼ同等であった。特に、簡易柱 1100 型と JASS5T-605 型の最高温度は、セメント種類に関わらずほぼ同等の傾向を示した。

4.4.2 圧縮強度および構造体強度補正值について

- a) JASS5 T-605 型の圧縮強度と各種部材および簡易断熱養生した供試体の圧縮強度の関係は、簡易柱の場合はいずれの材齢でも JASS5 T-605 型とほぼ同等の傾向を示した。しかし、簡易断熱養生供試体の場合は、材齢の経過と共に JASS5 T-605 型より大きくなる傾向を示した。
- b) 構造体強度補正值 $28S_{91}$ は、いずれのセメント種類においても JASS5T-605 型および簡易柱では概ね近似する傾向が認められた。しかし、簡易断熱養生供試体については明確な相違は認められた。

以上より、本実験の範囲内において、模擬柱部材の寸法は、断面寸法 600mm 角および高さ寸法 650mm までに合理化できる可能性が予見された。

一方で、本検討では、模擬柱部材の寸法ごとにセメントの種類および水セメント比においてそれぞれ 1 体の水準を検討したに過ぎず、法令等で測定する場合には、データの信頼性を含め今後の更なるデータの蓄積が必要と考える。また、簡易断熱養生については、模擬柱部材との履歴温度の追従性を考慮した試験手法の検討が必要と思われる。

5. まとめ

本研究によって得られた成果を以下に示す。

- a) 高強度コンクリートの大臣認定の既往データをもとに、使用材料、調合、コンクリート温度等の相違に基づく圧縮強度および構造体強度補正值およびセメント水比と圧縮強度の関係を分析し、統計的な知見を得た。また、構造体補正值については、設計基準強度 80N/mm² 程度までを目安として、セメントの種類、設計基準強度および養生中の平均気温の組合せごとに標準的な値を示した。
- b) 高強度コンクリートの構造体強度補正值を定めるための試験法および評価方法に関する知見を蓄積し、試験方法の合理化の可能性を示した。
- c) 日本工業規格における建築用高強度コンクリートの規格の構成等に関するあり方の方向性とその原案についての知見、および建築基準法第 37 条に基づき国土交通大臣の指定する日本工業規格に位置づけるために必要な技術資料の蓄積を行うために、大臣認定にかかわる関係者（評価機関、施工者、生産者、大学等）から構成される検討委員会を開催し、原案作成および規格化の方向性と規格化により生じると考えられる問題点を整理した。

第Ⅱ編 高強度領域を含む
コンクリートの強度管理要領
(案)

高強度領域を含むコンクリートの強度管理要領(案)

1. 適用範囲

この管理要領(案)は、昭和56年6月1日建設省告示第1102号(改正(予定)平成28年3月17日国土交通省告示第502号)(以下、昭和56年建告1102号)および平成26年度国土交通省建築基準整備促進事業S16「指定建築材料ごとに国土交通大臣が指定する日本工業規格における高強度のコンクリートの追加に関する検討」で検討された標準養生供試体を用いた管理方法に基づき、鉄筋コンクリート工事等に使用する設計基準強度80N/mm²までのコンクリートにおける構造体コンクリートの強度管理の方法について示す。なお、本要領(案)に記載のない事項については日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事2015および関連する指針等を参考に、工事監理者の承認を得て行う。

2. 概要

- a) 構造体コンクリートの圧縮強度の検査は、構造体に打ち込まれたコンクリートの圧縮強度が設計基準強度を確保していることを確認するために行う。試験は、工事監理者の承認を得た第三者試験機関[注1、注2]で行う。

注1：第三者試験機関とは、検査に際して当事者以外の第三者の立場で試験を行う機関で、JIS Q 17025(試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)に適合する機関またはこれと同等の技術力を有すると認められる機関をいう。

注2：具体的には、日本建築学会 コンクリートの品質管理指針・同解説2015の付3～付5に記載される機関等を参考にするとよい。

- b) コンクリートの圧縮強度の試験に用いる供試体の寸法はφ100×200mmを標準とする。
供試体の養生方法は、箇条3.c)③による。
- c) 供試体の作成に使用する試料は、原則として、工事現場の荷卸し地点でJIS A 1115(フレッシュコンクリートの試料採取方法)に基づいて採取する。
- d) 構造体コンクリートの圧縮強度の検査用の供試体の養生方法を標準養生とする場合は、受入検査(レディーミクストコンクリートが発注した条件に適合していることを確認するために行う検査)用の供試体と併用することができる。併用する場合は、工事監理者の承認を得る。

3. 構造体コンクリートの圧縮強度の検査

- a) 1検査ロットは、1回の試験で構成する。
- b) 1回の圧縮強度試験は、打込み工区ごと、打込み日ごとに行う。ただし、1日の打込み量が150m³を超える場合は、150m³以下にほぼ均等に分割した単位ごとに行う。また、設計基準強度36N/mm²以上の高強度コンクリートの場合は、打込み量100m³を超える場合は、100m³以下にほぼ均等に分割した単位ごとに構成する。
- c) 圧縮強度試験の方法は、下記①～④による。
- ① 1回の試験における供試体は、適当な間隔をおいた任意の3台の運搬車から1個ずつ採取した合計3個の供試体を用いる。

② 供試体の作成は、試料を採取した後直ちに JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）によって行う。

③ 供試体の養生方法は、試験材齢が 28 日以内の場合は標準養生[注 3]または現場水中養生[注 4]、28 日を超え 91 日以内の場合は現場封かん養生[注 5]とする。

注 3：標準養生とは、供試体成形後、脱型時まで乾燥しないように $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の環境で保存し、脱型後は $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の水中または飽和水蒸気中で行うコンクリート供試体の養生をいう。

注 4：現場水中養生とは、工事現場において、水温が気温の変化に追随する水中で行うコンクリート供試体の養生をいう。

注 5：現場封かん養生とは、工事現場において、コンクリート温度が気温の変化に追随し、かつコンクリートからの水分の逸散がなく、外部からの水分の供給もない状態で行うコンクリート供試体の養生をいう。

④ 圧縮強度試験は、JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）による。試験結果は、3 個の供試体の試験結果の平均値で表す。

d) 構造体コンクリート強度の検査における圧縮強度の判定は、1 回の試験ごとに表 1 により行う。

なお、設計基準強度 $36\text{N}/\text{mm}^2$ を超える場合の判定は、原則として、標準養生した供試体またはコア供試体によって行う。

表 1 構造体コンクリート強度の判定基準

供試体の養生方法	試験材齢	判定基準
標準養生	28 日まで	$X \geq Fc + S$
現場水中養生	28 日まで	$X \geq Fc$
コア供試体または現場封かん養生	28 日まで、および 28 日を超え 91 日まで	28 日まで： $X \geq Fc \times 0.7$ かつ 28 日を超え 91 日まで： $X \geq Fc$

ここで、

X ：1 回の試験における 3 個の供試体の試験結果の平均値 (N/mm^2)

Fc ：コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)

S ：標準養生した供試体の材齢 28 日における圧縮強度と構造体コンクリートの材齢 91 日における圧縮強度との差による構造体強度補正值 (N/mm^2)。具体的な数値は、セメントの種類[注 6]、設計基準強度、養生期間中の平均気温[注 7]に応じて、表 2 に示す構造体強度補正值とする。

注 6：表 2 に示されていないセメントの場合は、特別な調査または研究の結果に基づき構造耐力上支障がないことを確認した数値による。

注 7：養生期間中の平均気温とは、原則として、コンクリートを打ち込む場所またはその地域における、コンクリートの打込みから 28 日までの養生期間に相当する直近の過去 10 年程度の平均気温をいう。その他の値を用いる場合は、工事監理者の承認を得る。

表2 構造体強度補正值(S)

セメントの種類	設計基準強度 (F_c :N/mm ²)	養生期間中の 平均気温(θ :°C)[注6]	構造体強度 補正值(S :N/mm ²)
普通ポルトランドセメント [注8]	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6
	$36 < F_c \leq 48$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta$	9
	$48 < F_c \leq 60$	$\theta < 25$	9
		$25 \leq \theta$	12
	$60 < F_c \leq 80$	$\theta < 15$	9
		$15 \leq \theta < 25$	12
		$25 \leq \theta$	15
早強ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 5$	6
		$5 \leq \theta$	3
中庸熱ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta$	3
	$36 < F_c \leq 60$	—	3
低熱ポルトランドセメント	$F_c \leq 36$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta$	3
	$36 < F_c \leq 60$	$\theta < 5$	3
		$5 \leq \theta$	0
$60 < F_c \leq 80$	—	3	
高炉セメントB種	$F_c \leq 36$	$\theta < 15$	6
		$15 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6
フライアッシュセメントB種	$F_c \leq 36$	$\theta < 10$	6
		$10 \leq \theta < 25$	3
		$25 \leq \theta$	6

注8：高炉セメントA種およびフライアッシュセメントA種は、普通ポルトランドセメントと同様に扱ってよい。

4. 報告

報告は、次の事項について行う。

a) 必ず報告する事項

- ① 工事現場の名称, 住所

- ② 圧縮強度試験の実施機関（第三者試験機関の名称）
 - ③ 圧縮強度試験の実施日
 - ④ 圧縮強度試験用供試体の採取日および採取場所
 - ⑤ 圧縮強度試験用供試体の養生方法，養生場所および養生期間（○月○日～○月○日）
 - ⑥ 使用したセメントの種類
 - ⑦ コンクリートの設計基準強度およびレディーミクストコンクリートの呼び強度
 - ⑧ 圧縮強度試験の結果（N/mm²）
 - ⑨ 合否の判定結果
- b) 必要に応じて報告する事項
- ① コンクリートの生産者
 - ② コンクリート製造時のバッチ番号または運搬車番号

付 録 資 料

付録資料 1

建築用高強度コンクリートの日本工業規格案に対するアンケート結果

検討委員会において、次に示す検討案について、参加委員それぞれの立場から意見を求めるためアンケート調査を実施した。

(検討案)

I. 日本工業規格における高強度コンクリートの追加

(案 1) 現行の「JIS A 5308」の高強度コンクリートの呼び強度の範囲を拡張する

(案 2) 新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS を制定する

II. 性能評価機関及び国土交通省の認定の簡素化

これらの案について、委員から意見を収集した結果の概要を示す。

=====

<アンケート概要>

I. 日本工業規格における高強度コンクリートの追加について、(1) 現行の「JIS A 5308」の高強度コンクリートの呼び強度の範囲を拡張する案と、(2) 新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS を制定する案とが考えられます。これらの両案についての意見をお寄せ下さい。

(1) 現行 JIS A 5308 の高強度コンクリートの呼び強度の範囲を拡張する案について

- ・呼び強度の範囲はどこまでが適当ですか。また、その理由は何ですか。
- ・呼び強度の刻みはいくらが適当ですか。また、その理由は何ですか。
- ・材料の品質基準について
- ・セメントの圧縮強さ、比表面積を JIS 規格より高品質化することについて
- ・骨材の絶乾密度、吸水率を JIS 規格より高品質化することについて
- ・練混ぜ水で回収水（上澄水、スラッジ水）を使用することについて
- ・混和材料の種類、品質について
- ・製造や運搬に関する規定について JIS 規格より高度化することについて

(2) 新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS を制定する案について

- ・国際規格 ISO22965 との整合を検討する必要がある、ISO では、レディーミクストコンクリート、プレキャストコンクリート、現場練りコンクリートを対象としています。また、責任の所在が、コンクリートの種類によって製造者、施工者のいずれがになっています。
 - ・新 JIS の対象をレディーミクストコンクリートのみとするか。
 - ・責任の所在をコンクリートの製造者、施工者のいずれが妥当ですか
 - ・保証の範囲は荷卸し地点における標準養生強度か、構造体コンクリート強度か。
 - ・圧縮強度は設計基準強度（構造体コンクリート）か管理強度（標準養生）のどちらで規定するか。
 - ・材料の品質基準については、(1) と同様ですが、ほかに規定することがありますか
- 製造および運搬の規定についてはどうですか

II. 高強度コンクリートの JIS 規格の制定ではなく、性能評価機関及び国土交通省の認定の簡素化を図ることも考えられます。この案についての自由な意見をお願いします。

- ・実験方法について
- ・評価方法について

=====

アンケート結果を次に示す。なお、回答者の属性区分を施工者：施，評価機関：評，生産者：生，大学：学として回答に付記した。

I. 日本工業規格における高強度コンクリートの追加

(1) 現行 JIS A 5308 の高強度コンクリートの呼び強度の範囲を拡張する案について	
○呼び強度の範囲はどこまでが適当ですか。また、その理由は何ですか。	
施	提案： 呼び強度 80 理由： 爆裂抑制繊維を用いない Fc60~70N/mm ² までに対応する呼び強度
施	呼び強度 80 まで。それなりに能力のあるレディーミクストコンクリート工場に対応できる範囲と思われる。
施	呼び強度 75N/mm ² 生コンはあくまで標準養生強度を保証するという前提であれば、火災時の爆裂防止用の有機繊維が必須とされないと考えられる設計基準強度 80N/mm ² 未満を対象にするのが良い。生コン工場として S 値を保有していることが、ゼネコンがコンクリートを購入するときの前提になり、必要に応じて適宜ゼネコン側が S 値を確認して使用する（あくまで構造体強度の保証はゼネコン）。 圧縮強度の基準値が 60N/mm ² 以下については、特殊なものを除けば、37 条 2 号の大臣認定は受け付けないことにすると普及する。JIS の高強度コンクリートでは、プラントが構造体強度に関するデータを整備していることを認証の条件として欲しい。
評	80 まで。理由：PP 繊維混入を考慮（PP 繊維の混入は、ゼネコン主導である）。
評	「JIS の高強度」としては、呼び強度で 80（あるいは 100）まで拡大する。
評	普通ポルトランドセメントは 60N/mm ² まで、低熱及び中庸熱セメントとは、80N/mm ² までとする。これまでの大臣認定の実績から、高強度コンクリート大臣認定申請数の 3/4 程度の数量が範囲に入ることと、S 値の実験値も多数蓄積されていることから適切な範囲を提示できる。
評	呼び強度の範囲：100 ISO022965-0 の規定値と日本国内の生コンクリート工場における製造実績を勘案し、100 迄とする。 JISA5308 への呼び強度範囲の拡張のため、現行の 60 から若干の増加ではなく、大括りで規定すべきである。なお、各工場の製造能力に応じて、JIS の製品認証の取得は適宜とできるため、運用上も有効である。
学	設計基準強度の範囲は地方によって異なるようですので、W/C でお答えしますが、W/C=0.30 程度で達成できる強度の範囲がよいのではないのでしょうか。W/C=0.30 以下でも

	<p>混和剤の利用によって、流動性確保などはできると思いますが、急激なこわばりや骨材中の粘土鉱物による相性問題が出やすいなど、問題が顕在化しやすいため、制御しやすい範囲において JIS 化することが望ましいと思います。原則として、技術レベルの向上によってものごとを簡素化することは重要と思いますので、基本的に JIS 化に賛成します。</p>
生	<p>呼び強度で 80N/mm² 程度。 調合強度で 100N/mm² 程度であれば特別な対策を行わないで製造可能な範囲と考えられる。 セメントの種類で S 値が異なるが、設計基準強度で 60~72N/mm² 程度が対応可能となる。</p>
<p>○呼び強度の刻みはいくらが適当ですか。また、その理由は何ですか。</p>	
施	<p>提案： 5N/mm² ピッチ 理由： ₂₈S₉₁ の値がそれぞれ異なるので、実際には 1N/mm² ピッチで発注できる仕組みが必要だが、表への記載は現行の呼び強度 50, 55, 60 と同ピッチで十分。</p>
施	<p>基本的には 3 刻みが望ましい。JASS5 で示される高強度コンクリートの構造体強度補正值の標準値が 3, 5 刻みであるので、小さい刻みの 3 刻みが望ましい。</p>
施	<p>表は 5 刻みとし、その間は生コンが 1N/mm² 刻みに設定できるようにする。各工場の各セメント種類において、設計基準強度が 60~75N/mm² に対応する呼び強度までとすると良い。 S 値はほとんどの場合は 1 刻みであるから、工場の保有する構造体強度のデータを基に S 値を想定して適切な呼び強度を保証すれば良い。</p>
評	<p>3 及び 5。理由：現状 45 までの考え方をそのまま延長。</p>
評	<p>刻みは、現行通り 5 とする。</p>
評	<p>60 までは JISA5308 の現行どおり。60 以上は、10 刻みとし、60, 70, 80, 90, 100 とする。ISO0229625-0 と整合。5 刻みが要望されることが想定される場所であるが、標準偏差などを勘案すると、10 刻みが妥当であると考えられる。</p>
評	<p>あまり細かく、刻みを設けるよりも、現行の高強度コンクリート（区分 3）の 5 N/mm² 刻みで良いと思う。ただし 5 N/mm² 刻みの補間が可能なように配慮・工夫ができれば、より望ましい。</p>
学	<p>現業に詳しいわけではありませんが、設計から考えて 5MPa きざみ程度ではないでしょうか。</p>
<p>○材料の品質基準について</p>	
施	<p>大臣認定で規定している内容と同程度の品質基準となるよう、社内マニュアルを設定して欲しい</p>
評	<p>現行の規定をあえて変更する必要はないと考えます。</p>
学	<p>構成材料は JIS に基づくものとすべきと思います。</p>
生	<p>基本的に現行の JISA5308 の現行規定の範囲で対応 標準化において、高品質化はダブルスタンダードとなり、経済性や設備面から困難ではないか。 材料の品質が変化すると標準化した品質が確保できなくなるので、材料面で規定を厳しくすることの意味がなく、不要ではないか。</p>

○セメントの圧縮強さ、比表面積を JIS 規格より高品質化することについて	
施	提案： 管理が複雑になる特別な規定は不要 理由： 圧縮強度のバラつきにかかわるのであれば要検討だが、配合計画上、水セメント比を低くすることで解決できる問題であれば、特別な規定は不要。
施	ダブルスタンダード化は避けたい。
評	高品質化が良い。
評	圧縮強さ、比表面積については、高強度コンクリートの仕様に適合させ、高品質化させる必要があると考える。
評	現在の大臣認定では、セメントメーカー各社が、高強度コンクリート用の品質管理目標値を提示し、大臣認定取得工場はセメント受入時の管理値としている。この既往の方式が継承されることが望ましい。
学	特に必要無いと思います。世界的にみても高強度化に対してもものすごく高度化されているので。ただし、JIS より高度化したものを排除する必要はないので、範囲ではなく、基準として読み替えることができると合理的かとおもいます。
生	セメントの品質が大きく変化すると強度式を見直すことになるので、高品質化は不要
生	JIS 規格に定められている品質規格値よりも厳しい品質規格値を定めることに反対します。(2) の新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS に対しても同じ意見です。
○骨材の絶乾密度、吸水率を JIS 規格より高品質化することについて	
施	提案： 管理が複雑になる特別な規定は不要 理由： 圧縮強度のバラつきにかかわるのであれば要検討だが、配合計画上、水セメント比を低くすることで解決できる問題であれば、特別な規定は不要。
施	ダブルスタンダード化は避けたい。
評	高品質化が良い。
評	120 N/mm ² 程度を超えると骨材の品質が顕在化してくるが、80 N/mm ² までの強度範囲であれば、骨材の各種物性を品質化しなくても良いと思う。
評	骨材の密度、吸水率については、JIS の品質基準で問題ないと考えため、高品質化する必要はない。
学	強度が達成されることが条件になっているので、特に必要は無いと思います。
生	高品質化は不要
○練混ぜ水で回収水（上澄水、スラッジ水）を使用することについて	
施	提案： スラッジ水のみ排除 理由： スラッジ水を用いた呼び強度 80 の試験データなどが不足している。
施	現時点では、使用者としては、まだ使用したいとは思わない。
評	上澄水は認める。スラッジ水は認めない。
評	上澄水は使用を可とする。
評	現行 JISA5308 を踏襲し、高強度コンクリートへは回収水を使用しない。
学	強度が達成されることが条件になっているので、特に問題無いと思います。
生	上澄水の使用は認めても良いのではないか。
○混和材料の種類、品質について	

施	提案： 管理が複雑になる特別な規定は不要 理由： 圧縮強度のバラつきにかかわるのであれば要検討だが、配合計画上の調整で解決できる問題であれば、特別な規定は不要。
評	まずは高性能 AE 減水剤のみとする。品質は JIS A 6204 で良い。
評	フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフュームなどの実績のある混和材料については使用できるようにする。
評	J I S 製品であることと、工場として標準化している原材料であれば、特別な制約・制限は必要としない。ただし、工程管理・製品検査のロット（100m ³ ）や頻度、単位水量測定等の検査項目等は、検討すべきと思う。爆裂防止剤は施工者の責任としておくこと。
学	現状の JIS 基準で問題無いと考えます。凍結融解抵抗性が確保されるのであれば、収縮低減剤の利用を認めても良いと思います。膨張材については、後膨張の懸念が生じるので、適切なコメントが必要かもしれません。
生	JIS 規格品の使用は可能ではないか
○製造や運搬に関する規定について JIS 規格より高度化することについて	
施	提案： 呼び強度 60 と同等の扱い 理由： 呼び強度 60 と呼び強度 80 で、大きな違いはない。
施	ダブルスタンダード化は避けたい。
評	JIS A 5308 と同じで良い。
評	何をもちて高度化と考えるのか意図がわかりません。必要ないと考えます。
評	必ずしも高度化ではないが、一般強度範囲の協議事項と高強度コンクリートの場合の協議事項の違いを明瞭にしておくことが望ましい。
評	JIS の高強度コンクリートに関する製造・運搬体制が確保されるのであれば、特段、高強度化を要求する必要はない。
学	運搬については、適切な配慮が必要と思いますので、特段の注意が必要な点については条件として記載した方がよいかと思います。
○その他、全体について、自由意見等	
評	性能評価（大臣認定）でなくなることにより、有識者（委員）による技術的内容の確認という行為がなくなる。高強度コンクリートの施工実績を多数有するゼネコンによる施工、出荷実績を多数有する生コン工場が製造する場合は、さほど心配する必要はない。一方、高強度コンクリートの施工、製造に不慣れなゼネコン、生コン工場が JIS A 5308 の呼び強度拡張に従って製造する場合は、不安を拭い去ることが出来ない。JIS 化において、この線引きは非常に難しい。また、JIS A 5308 の呼び強度の範囲を拡張した場合、現状の JIS Q 1011 分野別認証指針では、技術的内容まで担保できるとは思えない。JIS A 5308 の呼び強度の範囲を拡張する案は、高強度コンクリートの施工実績、製造実績を多数有するゼネコン、生コン工場にとってのみ、有益な手法である。
評	・「JIS の高強度コンクリート」と「大臣認定の高強度コンクリート」の守備範囲を明確に区分すべきと考えます。現行は両者の守備範囲がラップしているため使い勝手のよい「大臣認定」が主流になり「JIS の高強度」が形骸化している。 ・設計基準強度 60（あるいは 80）以下の高強度コンクリートを「JIS の高強度」でカバ

	<p>一し、60（あるいは80）を超える高強度コンクリートを「大臣認定」で対応するものとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生コン工場が呼び強度を、ゼネコンが設計基準強度を保証する品質管理体系は現行通りとする。 ・設計基準強度に必要なS値を加算した値を満たす呼び強度を選定する責任は、ゼネコンにある。 ・必要なS値は、ゼネコンの責任で選定すべき。現行の「大臣認定」で生コン工場にS値のデータを保有することを求めるのは現行のJISの体系にはなじまない。
評	<p>現在のJIS原案作成母体は、生産者である全生連であるが、現在の区分3でも維持する負担が大きいのに、強度領域を広げ呼び方やS値設定等、煩雑になる規格を維持する工場がどれほどあるのか。また、JIS認証が実現するためには、個別認証指針や認証機関の業務範囲拡大など、実現しなければならない要素・必要期間等、ハードルが極めて多く、難しい。</p>
<p>(2) 新たに「建築用高強度コンクリート」のJISを制定する案について</p>	
<p>○新JISの対象をレディーミクストコンクリートのみとするか。</p>	
施	<p>提案： レディーミクストコンクリートのみとする</p> <p>理由： (1)のJISA5308の適用範囲拡大を第一に考えるべきと思うが、新JISを作るにしても、まずはレディーミクストコンクリートのみで議論しないと、決めきれない。(プレキャストメーカーなどの意見も取り込む必要がある)</p>
施	<p>新JISの場合は、レディーミクストコンクリート、プレキャストコンクリート、現場練りコンクリートを対象にすると良いと思います。</p>
施	<p>もし制定するとすればレディーミクストコンクリートのみで良い。</p>
評	<p>JIS規格として制定するためには、国際規格ISO22965との整合性を整理することは、当然必要である。ただし、建築基準法や民法などの制約・制限・規制と整合することが上位の必然性であるため、「建築用」と付ける限りにおいては、あくまで国際規格との整合性を表明するだけで良いと思う。</p>
評	<p>レディーミクストコンクリートのみとすべき。</p>
評	<p>建築用高強度コンクリートのJISを制定する場合、レディーミクストコンクリートに限定せず、プレキャストコンクリート（工場、サイトPC）も含めるべきである。レディーミクストコンクリートに限定するのであれば、JISA5308へ盛り込む形で十分である。</p>
学	<p>現場プラントのコンクリートも含めた方が良いと思います。高強度になるほど施主の品質管理に関する要望は高くなると思われます。</p> <p>プレキャストコンクリートのニーズも今後は国際的に広がると思われますので含めた方が良いと思います。</p>
生	<p>従来よりセントラルミキシング方式を採用してきたことから、新JISの対象はレディーミクストコンクリートのみとして良い。プレキャストコンクリートは別途JISがあるので、そちらでの検討とすれば良い。現場練りコンクリートをJISA5308の普通コンクリートにおいても認められていないので、高強度領域をいきなり認めるのは難しいのではないかと。</p>
<p>○責任の所在をコンクリートの製造者、施工者のいずれが妥当ですか</p>	
施	<p>提案： 標準養生圧縮強度 → 製造者（受入は施工者）</p>

	S 値, 構造体コンクリート強度, 耐久性 → 施工者 理由: 現行の考え方。S 値は構造体コンクリート強度を保証する施工者が決めるべきなので, JIS では呼び強度の値を決め, 製造者がそれを保証すればよい。
施	JIS A 5308 と同様に荷卸し時までには製造者の責任。以後は施工者の責任。
施	建築用高強度コンクリートとして JIS 化した場合には, 責任は原則として生産者とする(レディーミクストコンクリートの場合は生コン工場)。ただし, 保証する構造体強度は, JIS で新たに規定した方法による荷卸し時の簡易断熱養生等の圧縮強度とする。もちろん, 標準養生強度との両方を満足することが必要と思います。
評	双方の責任範囲を明確にし, 責任を分担すべき。
評	JIS 規格, すなわち工業製品として取り決められる範囲は, 「生コンクリート」であり, 施工者の責任の範囲を明快(協議事項)したうえで, 発注者(施工者)らの便宜を図ることが望ましい。
評	両方で責任分担を適宜定める。コンクリートの製造に関する責任は製造者, 施工後の躯体コンクリートに関する責任は施工者
学	レディーミクストコンクリートであれば製造者だと思いますが, その他の場合は施工者だと思います。
生	レディーミクストコンクリートの選定, 受入れ, 施工は施工者の責任とすべき
○保証の範囲は荷卸し地点における標準養生強度か, 構造体コンクリート強度か。	
施	提案: 荷卸し地点における標準養生圧縮強度 理由: 現行の JIS A 5308 と同じ
施	保証の範囲は荷卸し地点における標準養生強度。
評	標準養生強度の管理により, 構造体コンクリート強度を保証すべき。
評	責任分担がそれぞれあるため, 荷卸し地点における保証と躯体コンクリートに対する保証が必要となる。 荷卸し地点における受け渡しに関する保証は, 標準養生強度による呼び強度(管理強度)保証(製造者→購入者(施工者))。構造物のコンクリートに関する保証は, 構造体コンクリート強度による設計基準強度の保証(施工者→発注者(施主))
学	レディーミクストコンクリートであれば, 標準養生強度と思います。施工者であれば, 構造体コンクリート強度でしょう。
生	製造者の立場からすると保証の範囲は荷卸し地点における標準養生強度。構造体強度の保証は施工者
○圧縮強度は設計基準強度(構造体コンクリート)か管理強度(標準養生)のどちらで規定するか。	
施	提案: 管理強度(標準養生) 理由: 現行の JIS A 5308 と同じ
施	管理強度で規定(設計基準強度による規定は無理)。
評	設計基準強度(構造体コンクリート)とすべき。
評	圧縮強度は, 管理強度で規定する。
学	レディーミクストコンクリートであれば, 管理強度と思います。施工者責任のものは構造

	体コンクリートだと考えます。
生	製造者の立場から保証可能で検証可能な範囲は管理強度（標準養生）
○材料の品質基準については、(1)と同様ですが、ほかに規定することがありますか	
施	提案： ない 理由： (1)と同様
評	(1)と同じで良い。
評	(1)と同様
生	現行の JISA5308 高強度区分の範囲で良いのではないか
○製造および運搬の規定についてはどうですか	
施	提案： ない 理由： (1)と同様
評	JIS A 5308 と同じで良い。
評	(1)と同様
学	責任は施工者になると思われま。
生	現行の JISA5308 高強度区分の範囲で良いのではないか
○その他、全体について、自由意見等	
施	制定の必要性が疑問。構造体コンクリート強度まで製造者が保証する JIS であれば制定賛成（無理な話だと思います。）
評	・この委員会で「国際規格との整合性」を議論しても決められた極短い検討期間で何らかの進展が得られるとはとても思えない。 ・現行の JIS A 5308 「高強度コンクリート」と「建築用高強度コンクリート」が、JIS の全体体系の中で共存するのは不可能と考えます。
評	高強度コンクリートを JIS 化するのであれば、新たに「建築用高強度コンクリート」の JIS を制定する方が技術的な担保をしやすくなる。JIS 化するのであれば、本案を推奨する。高強度コンクリートを JIS 化する場合は、簡単ではないが構造体コンクリート強度を保証すべきであると考える。 JIS 認証する際には、JIS Q 1011 とは別に、新たに分野別認証指針を作成する必要がある。同分野別認証指針では、建築用高強度コンクリートとして、どこまで技術的内容に触れることができるのかが問題となる。なお、JIS A 5308 の呼び強度を拡張する案に対し本案の方が、建築の現状をふまえた JIS 規格となる。ただし、本案を実現させるためには、多大な労力と時間が必要である。
学	・大臣認定が工場用のものであれば、実質的に JIS 化とかわらないのではないか。材料の自由度が懸念されるのであれば、JIS 化の際にあらかじめ、高強度コンクリート用材料の大臣認定を設定すればよいのではないか。 ・施工者のための大臣認定となるのであれば、基本的には簡素化ができないと考えられる。実験を夏場か冬場だけでよい、ということか。あるいは手続きについて同意して一律な報告書スタイルにするということでしょうか。

II. 高強度コンクリートの JIS 規格の制定ではなく、性能評価機関及び国土交通省の認定の簡素化

<p>施</p>	<p><u>実験方法</u> ①下記の2つの試験方法による柱構造体モデルの省略。 (昔は Fc60 程度までは簡易断熱養生供試体で認定を取得できたが、現在は不可。) JASS5 T-606 「簡易断熱養生供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」 JASS5 T-607 「温度履歴追従養生供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」 ②研究成果の活用による実験回数の省略 (昔は1シーズンのデータでも認定を取得できたが、現在は不可。) これまで公表されたデータから、普通ポルトランドセメントなら夏期、低熱ポルトランドセメントなら冬期の実験で S 値が安全側に設定できると考える。</p>
<p>施</p>	<p><u>実験方法</u> 特にはありませんが、経験値に応じてランク分けをして課す実験内容を規定しても良いと思います(新都市ハウジング協会の CFT の例) <u>評価方法</u> 特殊な内容を含むものと、そうでないものを区分して扱いを変えると良いと思います。例えば、関連 JIS や原料メーカーの社内規格が変更になった場合などに生じた再取得など、書類上の問題だけの場合は、重要度に応じて軽微な変更として扱い、性能評価機関の責任において性能評価機関での事務手続きですむようにするなど。</p>
<p>評</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・上記で述べたことは、大臣認定申請件数を減らすための現実的な考え方です。細かい検討事項はいろいろと残っているとは思いますが・・・。 ・国交省の大臣認定担当官が短期間で人事異動になるため、申請が下りるまでの期間が必要以上に長くなっているという噂もあります。
<p>評</p>	<p>基整促 S16 が提起された背景と目的は、高強度コンクリート大臣認定(37条2項)の申請量が、いつまで経っても多数にのぼり、その手続きに要する業務量を減ずることが目的である。端的に業務量を減ずるには、80N/mm² までの大臣認定申請の評価書に対しては、評価機関との連携等により、国土交通省での審議プロセス(虎の巻)を軽減できるような方式を構築することが、目的達成について速攻性のある解決法と思う。</p>
<p>評</p>	<p><u>実験方法</u> →現状のまま。 <u>評価方法</u> →現状の大臣認定(性能評価)の考え方は、既にコンクリート業界に浸透し、活用されており、大きな問題は生じていない。また、性能評価における有識者(委員)による技術的内容の確認が、大きな問題が生じていない主な要因であると考ええる。 今回の議論が、国土交通省の労力削減を意図しているのであれば、国土交通省の労力軽減のための手法を検討することで、コンクリート業界に大きな影響を与えることなく、また、JIS 化等に対する多大な労力をかけることもなく、本議論を終結させることが可能と考える。 案件毎の特徴を簡潔かつ詳細に国土交通省へ伝えるための方策として、国土交通省への申請時に、下記のチェックリストと特記事項を提出することを提案したい。 ①チェックリスト</p>

	<p>②特記事項（記載内容は以下のとおり）</p> <p>新規 or 見直し再取得（見直し箇所等）</p> <p>性能評価のポイント</p>
評	<p><u>実験方法</u></p> <p>認証実績の多い普通セメントを使用した設計基準強度 60N/mm² 程度までは、製造実績等を勘案して簡素な実験検討で申請が可能となるように変更する。</p> <p>また、材料などの変更に伴い、申請をしない場合においても、実機による標準養生供試体による圧縮強度の確認、強度算定式の算出などで済むように実験方法の標準化を図る。</p> <p><u>評価方法</u></p> <p>評価方法については、現行とおり。材料変更などで申請をし直す場合はある程度簡略化することが望ましいが、同一の申請機関での申請でない場合には、評価方法の簡略化について定める必要がある。</p>
学	<ul style="list-style-type: none"> ・大臣認定が工場用のものであれば、実質的に JIS 化とかわらないのではないか。材料の自由度が懸念されるのであれば、JIS 化の際にあらかじめ、高強度コンクリート用材料の大臣認定を設定すればよいのではないか。 ・施工者のための大臣認定となるのであれば、基本的には簡素化ができないと考えられる。実験を夏場か冬場だけでよい、ということか。あるいは手続きについて同意して一律な報告書スタイルにするということでしょうか。
生	<ul style="list-style-type: none"> ・設計基準強度 60N/mm² までは、認定の簡素化を図っても良いのではないか。例えば、簡易断熱等から得られた補正構造体強度が S 値の標準値（S16 の成果）程度であれば認める。 また、S 値の試験も標準期、夏期、冬期の 3 シーズンから標準期のみとしても良いのではないか。 なお、設計基準強度 60N/mm² を超える場合は従来通りの対応とする。 ・認定内容において、材料や試験に関する JIS 規格が変更となった場合に、再申請しないで対応できるようにならないか。 例えば、認定書類で JIS に関して最新の JIS を適用といった文言をいれるのはどうか。 ・構造体に対する最終的な責任は従来通り施工者側とし、製造者は荷卸しまでが責任の範囲 ・高強度コンクリートの JIS が拡充または新設された場合、JIS での実績がなくなり 3 年ごとに行うサーベイランスを受ける意欲がなくなり、認証維持が困難となる。

付録資料 2
実験データ

1. 圧縮強度および構造体強度補正值の試験結果

圧縮強度および構造体補正值の試験結果を付表 1-1～付表 1-3 に示す。

付表 1-1 圧縮強度および構造体強度補正值の試験結果 (N)

打込み 季節	調査記号	試験項目	対象とする供試体 および模擬部材	材齢(日)			構造体強度補 正值
				7	28	91	$28S_{91}$
標準期	N27	圧縮強度 (N/mm ²)	標準養生供試体	65.7	66.7	86.0	
			JASS 5 T-605	62.4	64.5	65.4	1.3
			簡易柱 1100	57.4	59.5	63.6	3.2
			簡易柱 650	63.7	64.0	64.5	2.3
			簡易柱 205	58.5	62.0	64.6	2.1
			簡易断熱養生	65.5	67.1	70.6	-3.9
	N37		標準養生供試体	44.3	47.6	66.2	
			JASS 5 T-605	41.0	42.5	53.6	-6.0
			簡易柱 1100	44.0	44.5	54.5	-6.9
			簡易柱 650	43.5	45.4	52.0	-4.4
			簡易柱 205	42.0	45.9	54.8	-7.2
			簡易断熱養生	47.2	52.3	59.8	-12.2
	N47		標準養生供試体	31.4	37.3	48.2	
			JASS 5 T-605	30.0	32.3	41.3	-4.0
			簡易柱 1100	32.2	36.0	40.9	-3.6
			簡易柱 650	33.3	34.6	46.4	-9.1
			簡易柱 205	31.6	33.0	41.4	-4.1
			簡易断熱養生	30.5	35.5	42.5	-5.2

付表 1-2 圧縮強度および構造体強度補正值の試験結果 (M)

打込み 季節	調査記号	試験項目	対象とする供試体 および模擬部材	材齢(日)			構造体強度補 正值
				7	28	91	$28S_{91}$
標準期	M27	圧縮強度 (N/mm ²)	標準養生供試体	55.4	65.7	83.1	
			JASS 5 T-605	54.7	56.7	69.8	-4.1
			簡易柱 1100	46.1	63.4	69.2	-3.5
			簡易柱 650	50.2	61.3	68.9	-3.1
			簡易柱 205	50.2	59.3	70.1	-4.4
			簡易断熱養生	53.3	54.5	77.0	-11.3
	M37		標準養生供試体	35.7	43.2	62.9	
			JASS 5 T-605	40.8	41.0	54.4	-11.2
			簡易柱 1100	36.3	45.9	53.5	-10.3
			簡易柱 650	38.6	46.8	53.1	-9.8
			簡易柱 205	38.1	46.8	56.0	-12.8
			簡易断熱養生	39.0	39.5	61.1	-17.9
	M47		標準養生供試体	25.0	34.0	52.7	
			JASS 5 T-605	27.2	36.0	45.3	-11.3
			簡易柱 1100	29.2	38.6	47.2	-13.2
			簡易柱 650	29.6	38.3	46.6	-12.6
			簡易柱 205	30.9	38.2	46.7	-12.7
			簡易断熱養生	30.9	39.7	48.6	-14.6

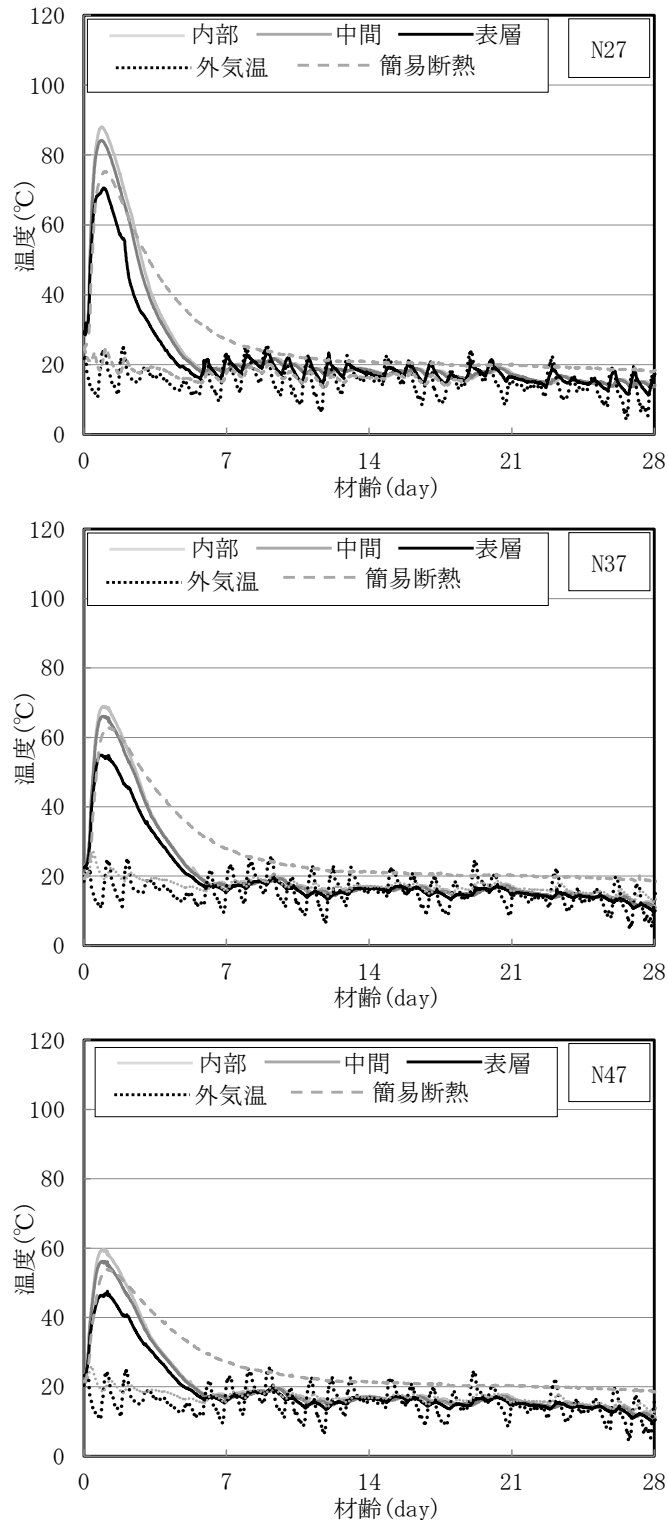
付表 1-3 圧縮強度および構造体強度補正值の試験結果 (L)

打込み 季節	調合記号	試験項目	対象とする供試体 および模擬部材	材齢(日)			構造体強度補 正值
				7	28	91	$_{28}S_{91}$
標準期	L27	圧縮強度 (N/mm ²)	標準養生供試体	28.9	66.3	84.4	
			JASS 5 T-605	47.9	60.5	73.3	-7.0
			簡易柱 1100	44.6	60.9	71.8	-5.5
			簡易柱 650	46.2	63.1	70.6	-4.3
			簡易柱 205	44.9	58.1	68.3	-2.0
			簡易断熱養生	43.4	65.2	76.1	-9.8
	L37		標準養生供試体	19.1	47.3	62.4	
			JASS 5 T-605	30.1	41.3	56.6	-9.3
			簡易柱 1100	31.3	42.2	55.3	-8.0
			簡易柱 650	29.9	42.8	52.3	-5.0
			簡易柱 205	29.9	38.8	56.4	-9.1
			簡易断熱養生	26.4	50.0	58.6	-11.3
	L47		標準養生供試体	14.4	40.2	53.6	
			JASS 5 T-605	20.1	33.8	42.8	-2.6
			簡易柱 1100	21.8	35.5	44.3	-4.1
			簡易柱 650	20.5	35.9	44.9	-4.6
			簡易柱 205	18.7	34.6	41.8	-1.6
			簡易断熱養生	20.3	39.4	45.7	-5.5

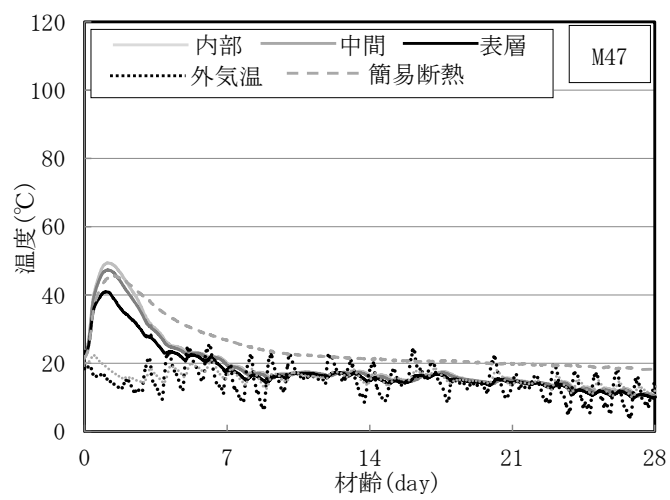
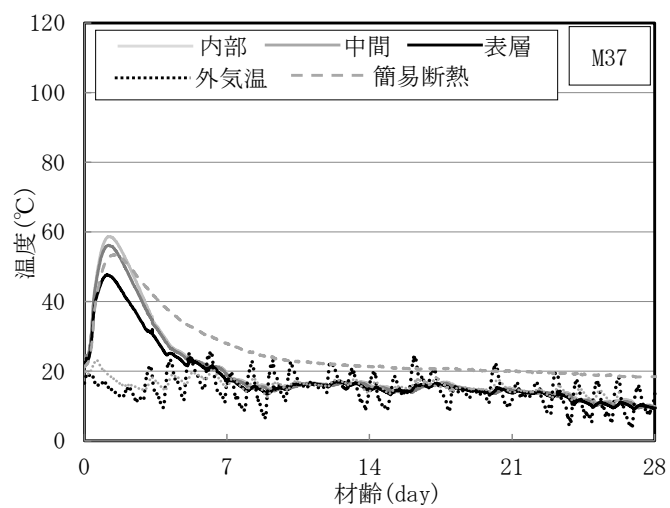
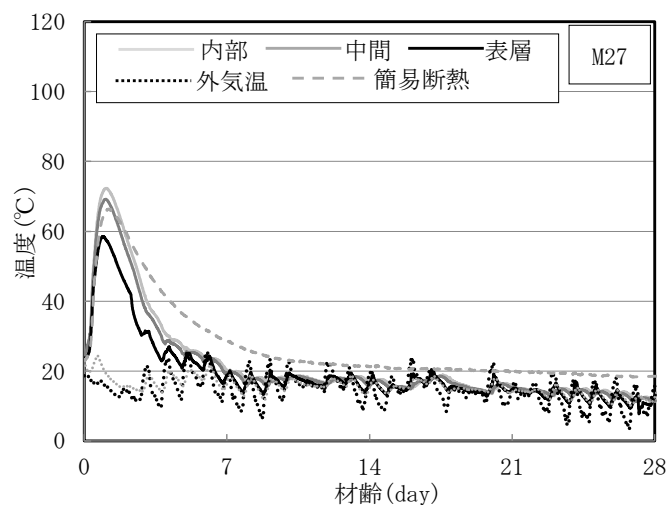
2. 履歴温度

2.1 材齢と履歴温度の関係

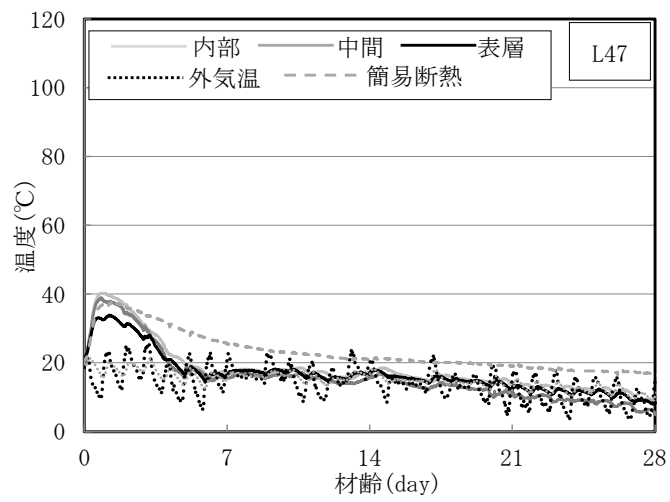
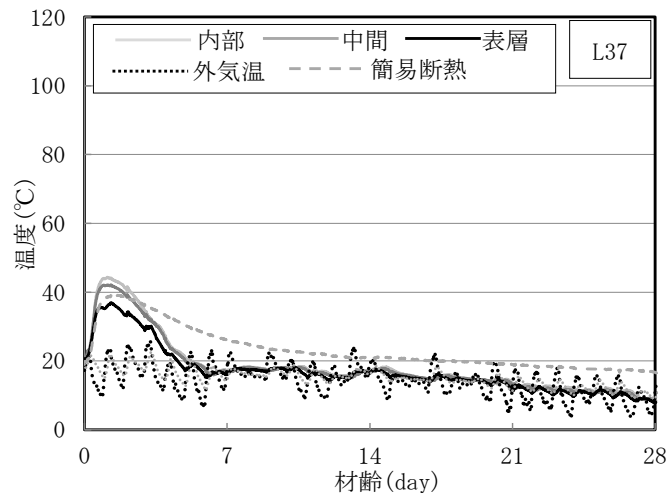
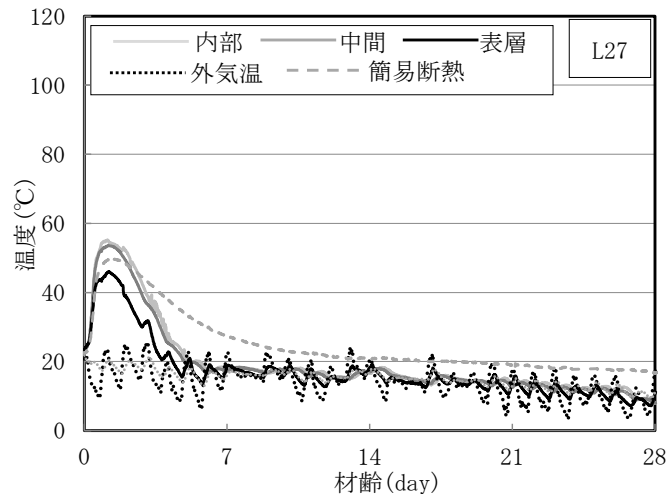
JASS 5 T-605 および簡易断熱養生の材齢と温度の関係を付図 2.1-1～付図 2.1-3 に示す。



付図 2.1-1 JASS 5 T-605 および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (N)



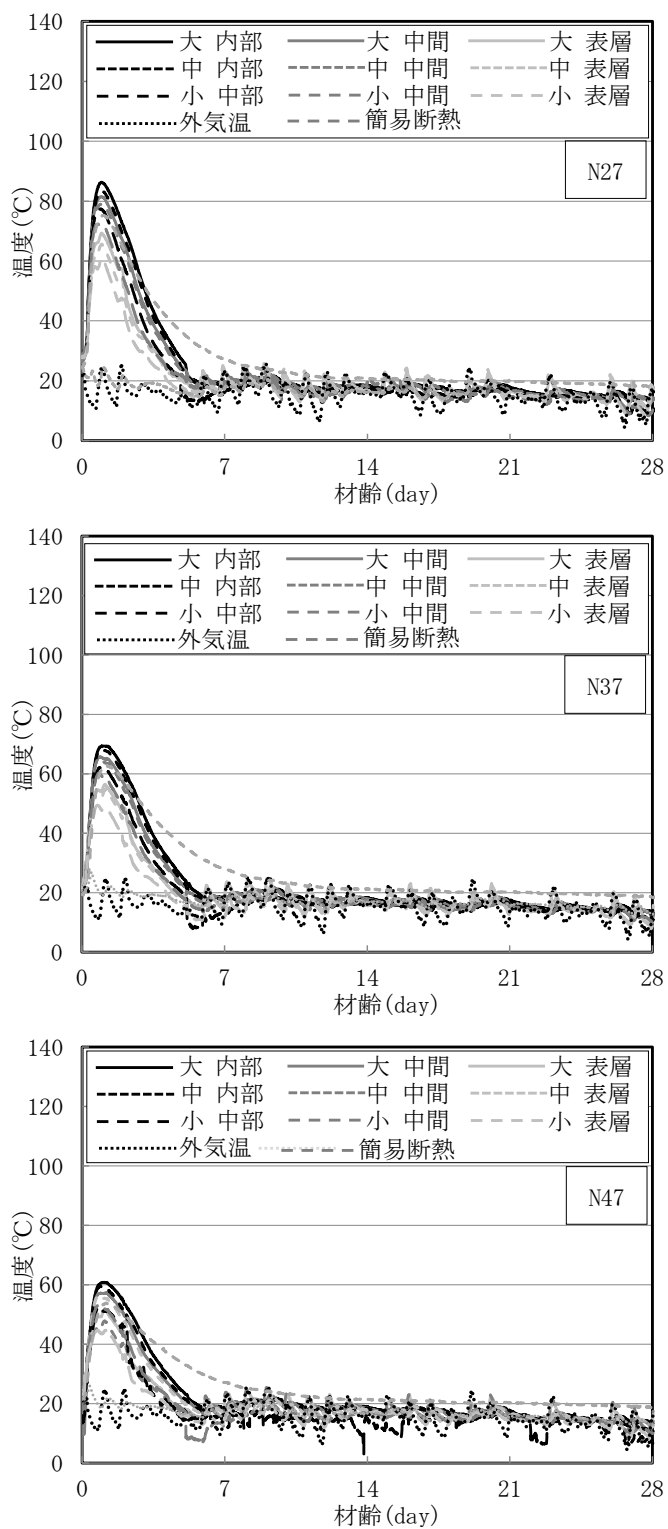
付図 2.1-2 JASS 5 T-605 および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (M)



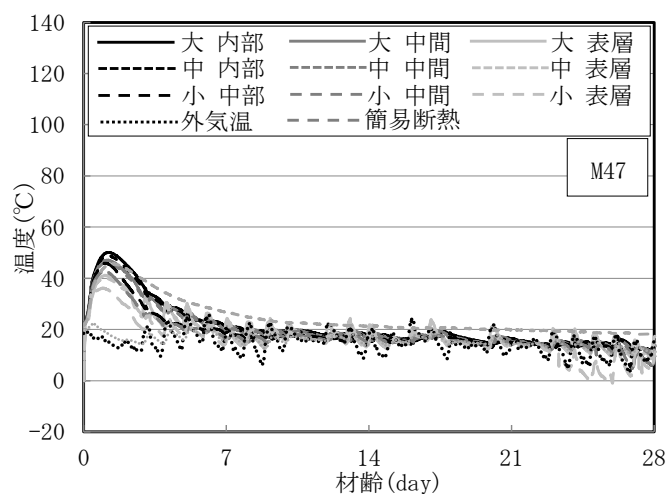
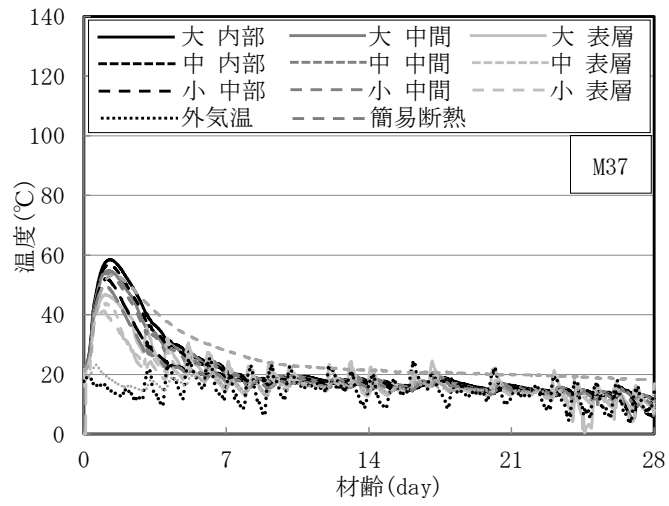
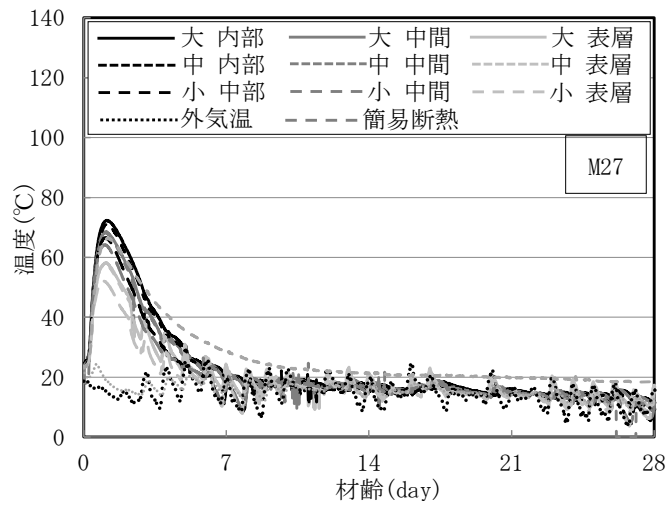
付図 2.1-3 JASS 5 T-605 および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (L)

2.2 模擬柱部材の材齢と温度の関係

各種の簡易柱および簡易断熱養生の材齢と温度の関係を付図 2.2-1～付図 2.2-3 に示す。

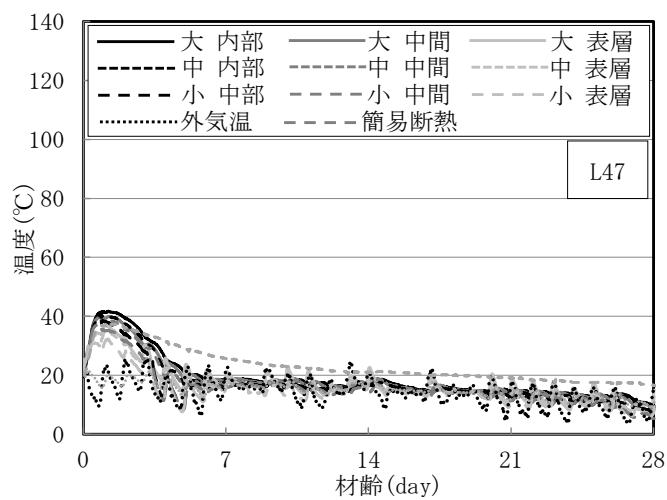
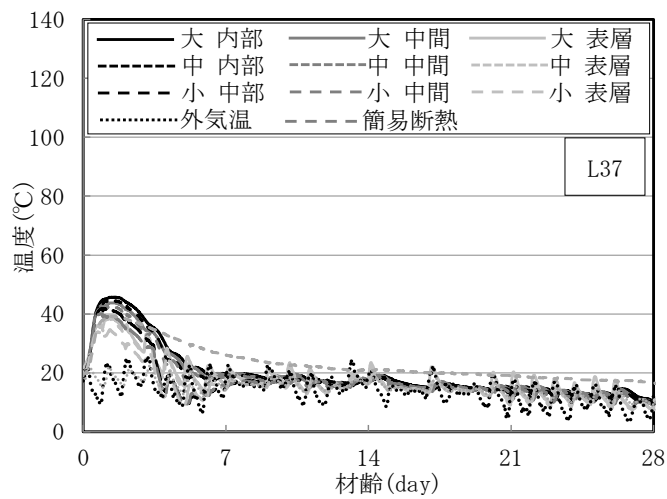
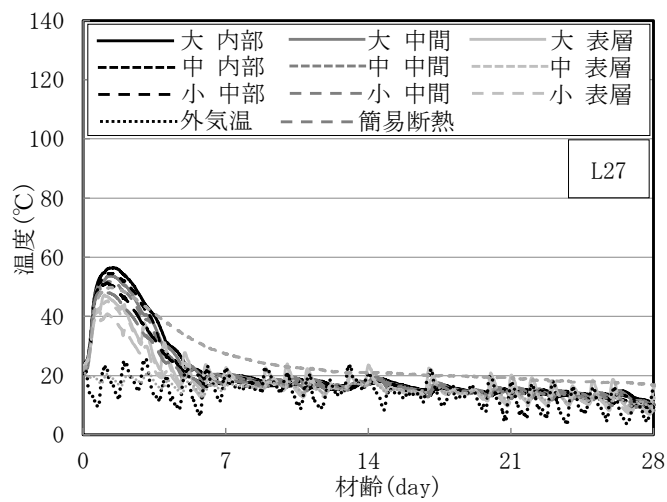


付図 2.2-1 各種の簡易柱および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (N)



大：簡易柱 1100
 中：簡易柱 650
 小：簡易柱 205

付図 2.2-2 各種の簡易柱および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (M)



大：簡易柱 1100
 中：簡易柱 650
 小：簡易柱 205

付図 2.2-3 各種の簡易柱および簡易断熱養生の材齢と温度の関係 (L)

付録資料3
実験記録写真

1. フレッシュコンクリートの試験結果



付写真 1-1 N27 練上がり直後



付写真 1-4 N37 練上がり直後



付写真 1-2 N27 練上がり後 30 分



付写真 1-5 N37 練上がり後 30 分



付写真 1-3 N27 練上がり後 90 分



付写真 1-6 N37 練上がり後 90 分



付写真 1-7 N47 練上がり直後



付写真 1-10 M27 練上がり直後



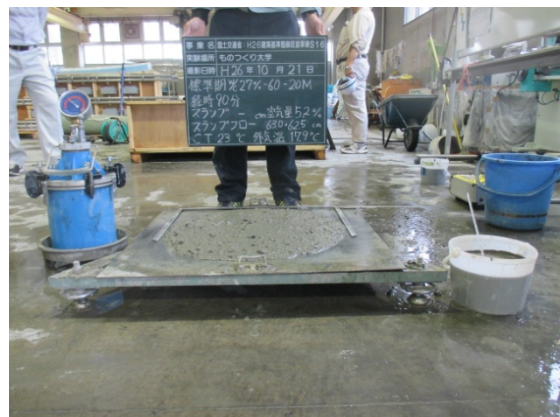
付写真 1-8 N47 練上がり後 30 分



付写真 1-11 M27 練上がり後 30 分



付写真 1-9 N47 練上がり後 90 分



付写真 1-12 M27 練上がり後 90 分



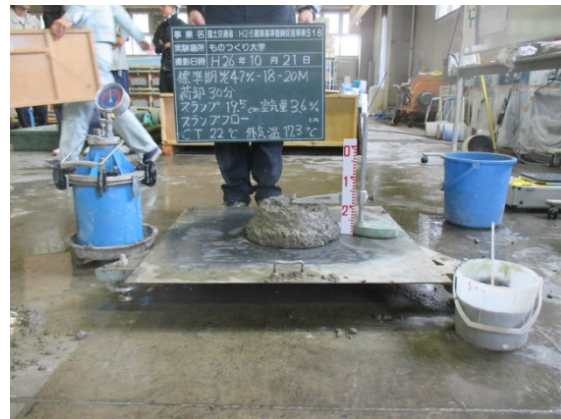
付写真 1-13 M37 練上がり直後



付写真 1-16 M47 練上がり直後



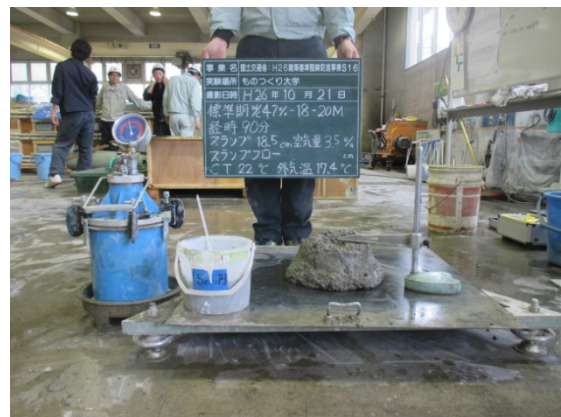
付写真 1-14 M37 練上がり後 30 分



付写真 1-17 M47 練上がり後 30 分



付写真 1-15 M37 練上がり後 90 分



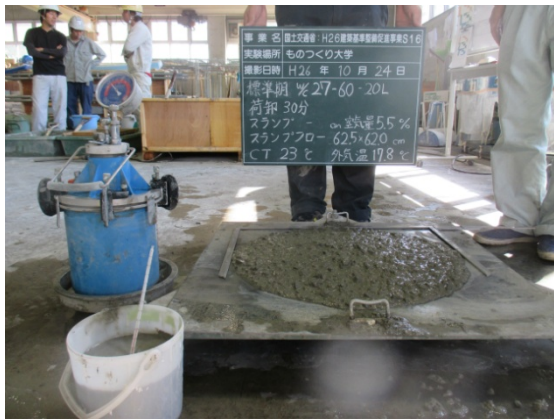
付写真 1-18 M47 練上がり後 90 分



付写真 1-19 L27 練上がり直後



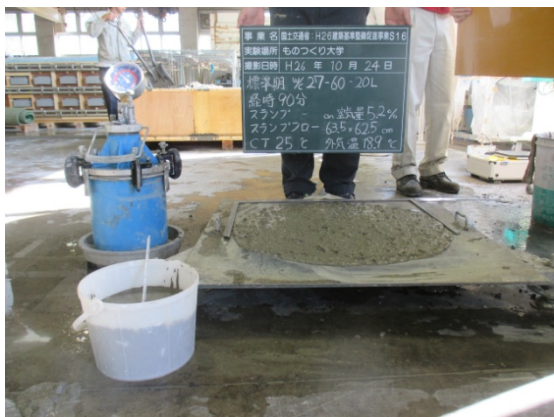
付写真 1-22 L37 練上がり直後



付写真 1-20 L27 練上がり後 30 分



付写真 1-23 L37 練上がり後 30 分



付写真 1-21 L27 練上がり後 90 分



付写真 1-24 L37 練上がり後 90 分



付写真 1-25 L47 練上がり直後



付写真 1-26 L47 練上がり後 30 分



付写真 1-27 L47 練上がり後 90 分

2. コンクリートの打込みの状況



付写真 2-1 JASS 5 T-605



付写真 2-4 簡易柱 1100



付写真 2-2 簡易柱 650



付写真 2-5 簡易柱 205



付写真 2-3 締固め状況



付写真 2-6 供試体採取の状況

3. 模擬部材の型枠の概要



付写真 3-1 JASS 5 T-605



付写真 3-4 簡易柱 1100



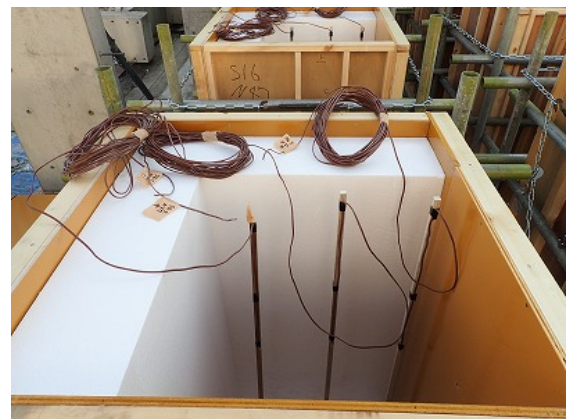
付写真 3-2 簡易柱 650



付写真 3-5 簡易柱 205



付写真 3-3 JASS 5 T-605
T 型熱電対の取り付け



付写真 3-6 模擬簡易柱部材
T 型熱電対の取り付け

4. 模擬部材の概要



付写真 4-1 JASS 5 T-605



付写真 4-4 簡易柱 1100



付写真 4-2 簡易柱 650



付写真 4-5 簡易柱 205



付写真 4-3 管理用供試体(標準養生)



付写真 4-6 管理用供試体(簡易断熱養生)

5. 供試体の成形および養生の状況



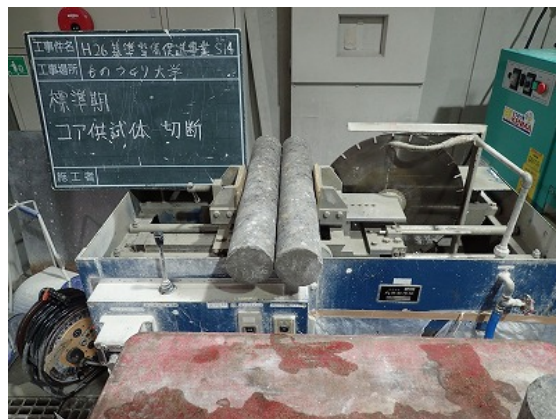
付写真 5-1 標準養生の状況



付写真 5-4 簡易断熱養生の状況



付写真 5-2 コア供試体の採取の状況



付写真 5-5 コア供試体の切断の状況



付写真 5-3 供試体の端面の研磨の状況

6. 試験の状況



付写真 6-1 ブリーディング試験の状況



付写真 6-4 凝結試験の状況



付写真 6-2 圧縮強度試験の状況



付写真 6-5 圧縮強度試験結果



付写真 6-3 計測の状況

謝 辞

本研究資料では、国土交通省の建築基準整備促進事業 S16「指定建築材料ごとに国土交通大臣が指定する日本工業規格における高強度のコンクリートの追加に関する検討」の事業主体である日本大学、東京都市大学、ものづくり大学と建築研究所との間で共同研究協定を締結して実施した調査・実験研究の結果を取り纏めました。

高強度領域のコンクリートの JIS 等標準化に係わる検討では行政、性能評価機関、大学、ゼネコン、生コン製造者団体、セメント製造者団体等から構成される「建築用高強度コンクリートの JIS 規格化に関する検討委員会」の委員の皆様には、多くの教示をいただくと同時に、貴重な資料の提供など多大な尽力をいただきました。

また、実験の実施にあたっては長谷工コーポレーションの吉岡昌洋様、三井住友建設の蓮尾孝一様、鉄建建設の唐沢智之様、奥村組の河野政典様、五洋建設の高橋祐一様、東洋建設の安田正雪様、日本大学理工学部建築学科助手の宮田篤紀さん、同大学院理工学研究科建築学専攻の荒巻卓見さん、大林賢斗さん、串田真基さん、高瀬貢平さん、藤巻慶太さん、安居裕之さん、田部奈津子さん、同理工学部建築学科の伊藤淳さん、木村友哉さん、山口明德さん、ものづくり大学大学院ものづくり学研究科ものづくり学専攻の降旗翔さん、同技能工芸学部建設学科の石井哲也さん、石渡翔太さん、樫村啓さん、高橋基成さん、鈴木直さん、和田匠真さん、小林亮さん、松田直也さん、相澤陽平さん、伊藤佑樹さん、栗原健さん、小西康司さん、三枝弘樹さん、東京都市大学工学部建築学科の米尾伸也さん、松島真也さんら多くの方々に多大な尽力をいただきました。

最後に、本研究資料作成にあたり多くのご教示をいただいた国立研究開発法人建築研究所 長谷川直司 建築生産研究グループ長をはじめとする関係各位に謝意を表します。