

JIS 改正後のセメントを使用した
大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会

報 告 書

2026 年 2 月

一般社団法人 セメント協会

JIS 改正後のセメントを使用した
大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会

名 簿

座 長	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	野 口 貴 文	
委 員	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	陣 内 浩	
〃	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	濱 崎 仁	
〃	国土交通省 国土技術政策総合研究所	三 島 直 生	
〃	国土交通省 国土技術政策総合研究所	土 屋 直 子	
〃	国立研究開発法人 建築研究所	鹿 毛 忠 継	
〃	国立研究開発法人 建築研究所	中 田 清 史	
オブザーバー	国土交通省 住宅局	石 塚 正 士	
〃	国土交通省 住宅局	柳 沢 圭 祐	
〃	国土交通省 住宅局	大 門 諒 亮	(2025年4月から)
〃	国土交通省 住宅局	難 波 基 晴	(2025年3月まで)
〃	一般財団法人 日本建築総合試験所	荒 井 正 直	
〃	一般財団法人 日本建築総合試験所	津 平 公 彦	
〃	株式会社 都市居住評価センター	室 屋 哲 也	
〃	一般財団法人 建材試験センター	中 村 則 清	
〃	一般財団法人 建材試験センター	上 村 昌 平	
〃	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	梅 本 宗 宏	
〃	全国生コンクリート工業組合連合会	西 本 洋 一	
セメント協会会員	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	石 田 征 男	
〃	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	小 畠 明	
〃	UBE三菱セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	黒 岩 義 仁	
〃	住友大阪セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	本 田 和 也	
事務局	一般社団法人セメント協会 常務理事	廣 川 誠 一	
〃	一般社団法人セメント協会 研究所長	谷 村 充	(2025年4月から)
〃	一般社団法人セメント協会 研究所長	吉 田 雅 彦	(2025年3月まで)
〃	一般社団法人セメント協会 研究所	吉 本 徹	
〃	一般社団法人セメント協会 研究所	島 崎 泰	
〃	一般社団法人セメント協会 研究所	伊 藤 孝 文	

JIS 改正後のセメントを使用した
大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会 報告書

《目次》

1. はじめに	1
2. 検証実験計画の策定	3
3. 実験の概要	8
3.1 使用材料	8
3.2 試験項目と水準	11
3.3 調合条件	13
3.4 練混ぜおよび成形	14
3.5 養生	16
3.6 試験方法	17
4. 実験の結果	20
4.1 コンクリートのフレッシュ性状・強度特性検証試験	20
4.2 高温環境下のコンクリートのフレッシュ性状確認試験	27
4.3 高温度履歴下のモルタル・セメントペースト試験	29
5. 同等性評価	35
5.1 評価方法	35
5.2 評価結果	36
6. まとめ	40

《附録》

附 1. 第 1 回有識者懇談会 配布資料および議事録	附 1
附 2. 第 2 回有識者懇談会 配布資料および議事録	附 2
附 3. 第 3 回有識者懇談会 配布資料および議事録	附 3
附 4. 実験データ集（生データ）	附 4

1. はじめに

セメント産業のカーボンニュートラルの実現に寄与すべく、普通ポルトランドセメント（以下、N）に混合する少量混合成分の分量を増量する取組みが進められている。JIS R 5210 ポルトランドセメントでは、普通ポルトランドセメントの少量混合成分の分量上限値を 5%以下から 10%以下に変更することを主目的とした改正作業が行われてきた。現在、JIS R 5210 ポルトランドセメントをはじめ、N を基材とする混合セメント（JIS R5211 高炉セメント、JIS R 5212 シリカセメント、JIS R 5213 フライアッシュセメント）の JIS 改正案が日本産業標準調査会第 25 回土木技術専門委員会です承され、これらの JIS は 2025 年度中の官報公示が見込まれている。

これらの JIS 改正に伴い、建築基準法第 37 条第二号に該当するコンクリート（以下、大臣認定コンクリート）に使用するセメントの品質基準において、N およびそれを基材とする混合セメントの「密度」と「強熱減量」の変更が必要となる。密度は少量混合成分増加に伴い低下することが想定され、強熱減量は JIS 原案作成委員会での審議の結果、セメントの品質項目から削除することになっている。本来であれば、使用するセメントの品質基準を変更する場合は、大臣認定を再取得する必要があるが、既に認定を受けている施工者や生コン製造者などへの負担が大きいに加え、再取得に時間がかかるなどの混乱も予想され、コンクリート構造物工事への影響が懸念された。

この懸念に対して、セメント協会では、改正後の JIS に対応したセメントとして、少量混合成分を 10% に増量した N を試製し、コンクリートの圧縮強度試験や各種耐久性試験を実施し、その結果を表-1.1 に示すとおり対外的に公表した。そのうえで、国土交通省と協議した結果、セメント協会内に有識者による懇談会を設置し、JIS 改正前後のセメントを使用した大臣認定コンクリートに関する検証実験を建築研究所で行うこととした^{*1}。その結果を踏まえ、国土交通省国土技術政策総合研究所および建築研究所が、少量混合成分の含量を質量で 0%以上 10%以下としたセメント（以下、改正 JIS セメント）への切替えが大臣認定コンクリートの性能上で支障をきたすことはないと評価すれば、国土交通省住宅局は、既に認定を受けている大臣認定コンクリートにおけるセメントの品質基準を改正後の JIS に読み替える対応（密度幅の拡大、強熱減量の削除）を特例的に認めるとの判断に至った。

本報告は、有識者による懇談会（「JIS 改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会」、以下、有識者懇談会）により策定・承認された検証実験計画に基づき、実施した試験結果を報告するとともに、JIS 改正前後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する同等性の評価結果を報告するものである。

^{*1}: 建築研究所で実験を実施するにあたり、建築研究所とセメント協会との間で「JIS R 5210 改正後のポルトランドセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する共同研究」を締結した。

表-1.1 少量混合成分を10%に増量したNを使用したコンクリートに関する対外公表論文

<p><u>第78回セメント技術大会 (2024年5月)</u></p> <p>【主題】 セメントの少量混合成分増量がコンクリート特性に及ぼす影響の検証</p> <p>【副題】 その1 実機により試製したセメントの品質 その2 コンクリートのフレッシュ性状 その3 コンクリートの圧縮強度 その4 コンクリートの耐久性 その5 実大模擬部材の構造体強度補正值に与える影響 その6 セメントの水和熱とコンクリートの断熱温度上昇特性の関係 その7 蒸気養生したコンクリートの圧縮強度および明度 その8 セメント密度の変動がコンクリートの基本物性に及ぼす影響</p>
<p><u>2024年度日本建築学会大会 (2024年8月)</u></p> <p>【主題】 セメントの少量混合成分増量がコンクリートの各種特性に与える影響の検証</p> <p>【副題】 その1 収縮特性 その2 簡易断熱養生時の発熱温度および圧縮強度 その3 断熱温度上昇特性および実大模擬部材における構造体強度補正值 (S 値)</p>
<p><u>令和6年度土木学会全国大会第79回年次学術講演会 (2024年9月)</u></p> <p>【主題】 セメントの少量混合成分増量がコンクリートの各種特性に及ぼす影響</p> <p>【副題】 その1 圧縮強度および耐久性 その2 高温履歴を受けた際の力学特性 その3 高炉セメント基材に適用した場合の基本物性</p>

2. 検証実験計画の策定

本実験の目的は、これまで取得されている大臣認定コンクリート（M-CON）のセメントが改正 JIS セメントに置き換わった場合において、強度式を変更することなく、コンクリートの性能（主にフレッシュ性状および圧縮強度）が同等であることを検証することにある。

その目的を達成するために策定する検証実験計画は、既に認定を受けているコンクリートの各種条件を網羅できるよう、有識者懇談会で審議し決定したものである。

以下に、有識者懇談会における審議内容および検証実験計画の策定に至るまでの経緯を記す。

《第1回有識者懇談会～第2回有識者懇談会前までの活動内容》

第1回有識者懇談会（2025年3月17日開催）では、セメント協会が予め実施した実験の結果を報告したうえで、協会事務局側から提案した検証実験計画案（附1. 第1回有識者懇談会 配布資料 No.3 参照）について審議された。

改正 JIS セメントに置き換わると、セメントの密度が現在の品質基準の範囲外になることになる。この場合、コンクリート製造マニュアルは改訂可能であることから、調合設計に採用する密度を変更する場合と変更しない場合の二つのパターンが想定される。前者はセメント協会の実験で確認済みである一方、後者は未対応であるため、現行セメントの密度を採用した調合設計で検証実験を行うこととなった。

なお、審議では、以下のような意見が寄せられた。

- ① 今回提案された実験計画案の水セメント比（強度レベル）の範囲をどのように想定しているのか。
- ② 養生（水分）が強度に及ぼす影響の程度は、改正 JIS セメントになっても変わらないのか。水中養生、簡易断熱養生以外の養生条件での検討を加えたほうが良いのではないのか。
- ③ 高強度コンクリート以外の普通強度域の大臣認定コンクリート、例えば、高流動コンクリート、軽量コンクリート、再生骨材コンクリートなども考慮すべきではないのか。

第1回有識者懇談会后、協会事務局で協議した結果、上記の意見への対応は以下の通りとし、検証実験計画案を修正することとした。

- ①への対応：セメント協会が調査した範囲では、既に認定を受けている N 単味を使用した高強度コンクリートの設計基準強度 F_c の最大が 78 N/mm^2 、水セメント比の最小が 25%であることを把握できたため、検証実験計画では水セメント比の下限値を 25%に設定する。
- ②への対応：養生（水分）の影響の検討として、スラブ部材の養生を模擬した養生条件を検証実験の水準に追加する。具体的には、円柱供試体を打設後 5 日間封かん養生（型枠存置）したのちに脱型し、直ちに側面をシール（上下端面のみを開放）して、材齢 28、91 日まで気中養生（以下、スラブ模擬養生）を行った後に圧縮強度試験を実施する。なお、スラブ模擬養生は水分移動の影響を比較的受けやすいと想定される水セメント比 65%および 55%の水準において実施する。
- ③への対応：協会事務局の調査によれば、表-2.1 に示す通り、高強度コンクリート以外にも大臣認定を取得した様々なコンクリートが存在する。これらの大臣認定コンクリートに対して以下の対応を行うとした。

表-2.1 大臣認定種類毎のFcと水セメント比の関係（事務局調べ）

認定の種類	Fcの範囲 (N/mm ²)	水セメント比の範囲 (%)
高流動コンクリート	18～45	63.4～37.4
軽量コンクリート	18～33	70.4～36.6
再生骨材コンクリート	21～36	57.2～39.7
シラスコンクリート	18～36	66.0～37.2

◇普通強度のコンクリートへの対応：普通強度域での認定実績もあることから、それらを包含する水セメント比 65%および 55%のコンクリート試験を追加する。

◇高流動コンクリートへの対応：普通強度レベルの高流動コンクリート（水セメント比 55%）を想定し、増粘剤一液タイプ混和剤を使用してコンクリート試験を追加する。

◇骨材種類の違いに対する対応：今回の検証実験の焦点は、セメントの少量混合成分の上限を 5%以下から 10%以下に変更することによる、JIS 改正前後のセメントを使用したコンクリートの性能の同等性を問うことである。したがって、骨材種類によりセメントの違いがコンクリートの物性へ及ぼす影響が変わるものではないと考えられるため、軽量骨材や再生骨材といった特殊な骨材を用いた調合について検証は行わない。

◇混和材を添加した大臣認定コンクリートへの対応：Nを基材とし、混和材を使用した大臣認定コンクリートにおける混和材の使用方法は、以下の a)～c)に大別できる。

a) 骨材代替として使用

（例えば、石灰石微粉末、フライアッシュを細骨材に置換して使用し、コンクリートの調合強度への寄与を考慮しない場合）

b) 結合材として使用

（例えば、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフェームをセメント置換して使用し、水結合材比としてコンクリートの調合強度へ寄与する場合）

c) その他特殊な用途として使用（上記の a) ,b)に分類されるものも含めて）

（3D プリンティング用材料、強度・フレッシュ以外の要求性能を有するもの）

a)への対応：骨材代替として使用するため、骨材と同様に強度発現に寄与しない材料として取り扱うことができるため、検証の対象とはしない。

b)への対応：例えば、高炉スラグ微粉末を高炉セメント A、B、C 種相当の置換量で使用した条件、およびフライアッシュをフライアッシュセメント A、B、C 種相当の置換量で使用した条件に対して、改正 JIS セメントを適用した場合は、図-2.1 および図-2.2 に示す結合材の割合となる。これらの中で、混合材使用量が少ない条件（例えば、フライアッシュセメント A 種相当）では、性能に影響を与えると考えられる混和材料量が少ないことから N のみの実験水準と同様の傾向となると予想される。一方で、混合材使用量が多いほど（例えば、高炉セメント C 種相当）、少量混合成分の量が少なくなり、影響も小さくなると考えられる。以上より、検証実験では、N 単味および高炉スラグ微粉末を B 種相当混合したセメント（以下、BB）を検証の対象とした。

c)への対応：様々な調合条件や材料が想定されるが、例えば3Dプリンティング用途の大臣認定コンクリートについては、文献・調査等によれば幾つかの混合材とNの組合せであることから、上記のb)と同様の取り扱いとした。

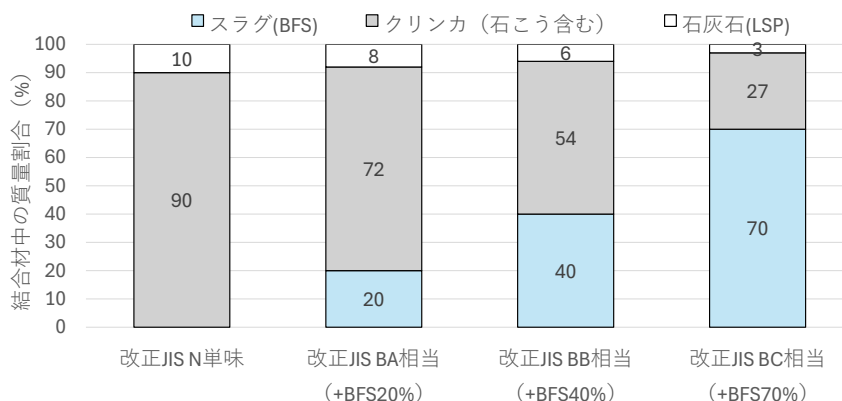


図-2.1 高炉セメントの少量混合成分の割合（イメージ）

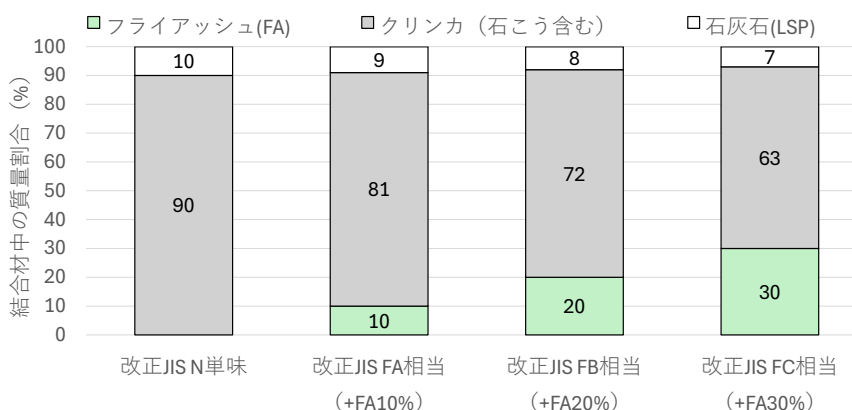


図-2.2 フライアッシュセメントの少量混合成分の割合（イメージ）

《第2回有識者懇談会での審議内容》

以上の整理に基づいた修正実験計画案（附2. 第2回有識者懇談会 配布資料 No.3 参照）が第2回有識者懇談会（2025年7月1日開催）に提案された。

審議の結果、修正実験計画案は概ね承認された。ただし、昨今の猛暑に対応すべく、コンクリート温度が35°C超で取得した大臣認定コンクリートの実績があることから、(A)暑中環境下における高温度モルタル・セメントペーストによる空隙構造等の確認実験の追加、(B)低水セメント比での凝結試験およびフレッシュ性状確認試験（20°C環境下での試験）を追加することとなった。

(A)に関しては、当該大臣認定の申請では、高温履歴を受けた高強度モルタルの細孔径分布や圧縮強さ、ペーストによる SEM 観察や TG-DTA による水和物量の測定等を行った報告書を別途追加して提出していることから、それに倣った実験を追加することとした。

(B)に関しては、令和2年6月12日に大臣官房営繕部整備課課長補佐（構造担当）発布の事務連絡「暑中コンクリートの荷卸し時のコンクリートの温度について」において、以下の a)および b)に示す、20°C環境下での2つの指標を満足すれば、荷卸し時のコンクリート温度の上限値を38°C以下とすることが出来るとされていることより、これらを評価する試験を追加することとした。

- a) 20°C環境下でのスランプの経時変化において、静置状態で 60 分経過後のスランプの低下量が 6cm 以下であること。
- b) 20°C環境下での凝結試験において、貫入抵抗値が 0.5N/mm² に達した時間が 5 時間 23 分以上（補正式 $T_{38}=0.65 \times T_{20}$ 、 T_{38} 3.5 時間以上、T：凝結時間で添字は温度、図-2.3）であること。

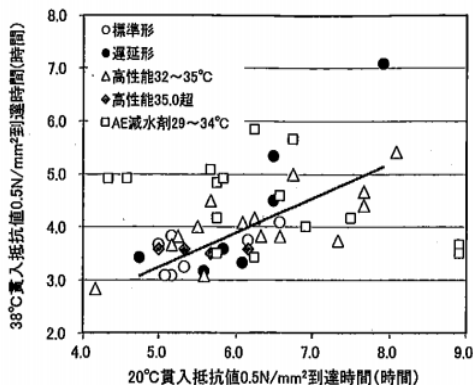


図-2.3 20°C環境下と 38°C環境下の貫入抵抗値 0.5N/mm² 到達時間の関係¹⁾

1) 日本建築学会；暑中コンクリートの施工指針・同解説、p.80、2019.7

なお、『高強度用セメント（シリカフェームセメントなど）に N を混合した大臣認定コンクリート』（附 2. 第 2 回有識者懇談会 配布資料 No.2-1 参照）については継続審議となった。

＜第 2 回有識者懇談会後の課題と対応＞

第 2 回有識者懇談会后、協会事務局において、『高強度用セメント（シリカフェームセメントなど）に N を混合した大臣認定コンクリート』への対応について協議し、以下に示す対応案を、上述の(A)および(B)の実験を加えた検証実験計画修正案に組み込み、有識者懇談会委員に送付（2025 年 8 月 8 日）し、意見照会を行った。

【対応案】N に高強度用セメント（例えばシリカフェームセメント）を混和した結合材を用いた大臣認定コンクリートへの対応に関しては、第 2 回有識者懇談会后に関係各所から情報収集した結果、出荷実績のある大臣認定コンクリートの水セメント比は 23% 以上であり、今回の検証実験の水セメント比（N および BB25%）よりもやや小さいことが明らかになった。しかし、このようなケースでは、結合材に占める N の比率が 50% 以下であることや、水セメント比 25% 未満での出荷実績は極めて少ないことなどにより、N および BB を用いた水セメント比 25% での評価結果に包含されるものとした。ただし、シリカフェームの反応性への影響を確認するために、JIS 改正前後のセメントを用いたペーストにおける材齢 7 日での水酸化カルシウム量の測定を加えることとした。

意見照会の結果、(B)の実験において、図-2.3 に示された 20°C環境下と 38°C環境下の貫入抵抗値 0.5N/mm² 到達時間の関係が、現行 JIS セメントを用いたコンクリートで検証された関係式であるため、改正 JIS セメントで同式が成り立つか不明であるとの意見が出された。

この意見に対して、改正 JIS セメントを用いたコンクリートにおいても図-2.3 に示す関係式が成立するか確認する実験（環境温度 40°C）を追加することとした。

《検証実験計画最終案の承認》

以上のおおりの修正を行った検証実験計画案を、有識者懇談会出席メンバー（委員およびオブザーバー委員）に送付（2025年9月3日、9月5日）し意見照会を行った結果、本計画案は承認された。承認された検証実験計画の詳細は3章に示す。

3. 実験の概要

2. 実験計画の策定方針 に基づき、コンクリートおよびモルタル・ペースト実験計画を策定した。コンクリート実験は建築研究所実験室にて実施した。モルタル・ペースト実験は太平洋コンサルタント九州技術センターにて実施した。

3.1 使用材料

3.1.1 セメント

(1)セメントの種類

実験に使用したセメントは、表-3.1 に示すように、JIS 改正前後の N（改正 JIS セメントおよび現行 JIS セメント）4 種類およびこれらの N に高炉スラグ微粉末（以下、BFS）を混合した高炉セメント B 種相当セメント（以下、BB）4 種類とした。

なお、本実験で使用した現行 JIS セメントは少量混合成分として石灰石のみを混合したセメントであり、改正 JIS セメントは少量混合成分として石灰石を 10%混合したセメント（以下、NN）である。セメントおよび高炉スラグ微粉末の化学成分および物理的性質を表-3.2～表-3.5 に示す。

表-3.1 実験に使用したセメント

普通ポルトランドセメント (N)	1) NN (A 社製、改正 JIS セメント試製品) 2) N1 (A 社製、現行 JIS セメント市販品) 3) N2 (B 社製、現行 JIS セメント市販品) 4) N3 (C 社製、現行 JIS セメント市販品)
高炉セメント B 種相当セメント※2 (BB)	5) NBB (NN+BFS※1) 6) BB1 (N1+BFS※1) 7) BB2 (N2+BFS※1) 8) BB3 (N3+BFS※1)

※1：市販の高炉スラグ微粉末 3 種類（2 社 3 工場）を等量混合したもの。

※2：BFS の分量はセメントの 43%（質量%）とした。

表-3.2 セメントの化学成分 (%)

セメント	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SrO	Cl
NN	4.61	19.19	4.81	2.69	63.61	1.18	2.15	0.22	0.29	0.29	0.52	0.07	0.05	0.022
N1	2.06	20.42	5.47	3.29	63.68	1.12	2.17	0.26	0.42	0.28	0.33	0.12	0.04	0.025
N2	2.46	19.33	5.72	2.97	64.13	1.32	2.56	0.30	0.37	0.29	0.14	0.09	0.05	0.018
N3	2.14	20.37	5.23	3.07	64.86	0.92	1.98	0.25	0.39	0.30	0.13	0.07	0.06	0.008

表-3.3 セメントの物理的性質

セメント	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)		
			水量 (%)	始発 h-min	終結 h-min	パット法	3d	7d	28d
NN	3.12	3790	28.2	2 - 05	3 - 15	良	31.4	46.3	63.3
N1	3.16	3270	27.2	2 - 20	3 - 10	良	32.9	49.5	64.2
N2	3.16	3240	27.9	1 - 45	2 - 50	良	32.9	47.0	63.2
N3	3.15	3390	28.2	2 - 00	2 - 50	良	29.5	44.6	62.7

表-3.4 高炉スラグ微粉末 (BFS) の化学成分 (%)

	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SrO	Cl
BFS	0.39	33.09	12.89	0.33	42.82	5.72	2.04	0.19	0.29	0.62	0.02	0.18	0.07	0.005

表-3.5 高炉スラグ微粉末 (BFS) の物理的性質

	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	フロー値比 (%)	活性度指数 (%)		
				7日	28日	91日
BFS	2.90	4370	101	72	99	113

3.1.2 骨材

(1) 細骨材

コンクリート実験に使用した細骨材は、静岡県掛川市産の山砂を使用した。主な物理的性質を表-3.6に示す。また、モルタル実験には JIS R 5201 で規定されている標準砂を使用した。

表-3.6 細骨材の物理的性質（コンクリート用）

区分	産地	ふるい通過量 (%)									粗粒率
		20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
細骨材 (山砂)	静岡県掛川市	—	—	100	99	82	65	49	28	7	2.70

区分	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粘土塊量 (%)	安定性 損失量 (%)	有機 不純物 —	塩分 含有量 (%)
細骨材 (山砂)	2.59	2.54	2.05	1.6	0.15	2.7	淡い	0.000

(2) 粗骨材

コンクリート実験に使用した粗骨材は、栃木県鹿沼市産の碎石（硬質砂岩）を使用した。主な物理的性質を表-3.7に示す。

表-3.7 粗骨材の物理的性質（コンクリート用）

区分	産地	ふるい通過量 (%)										粗粒率
		25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
粗骨材 (硬質砂岩)	栃木県鹿沼市	100	92	—	39	7	2	—	—	—	—	6.60

区分	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	単位容積 質量 (kg/l)	粒径判定 実積率 (%)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粘土塊量 (%)	安定性 損失量 (%)	すり減り (%)
粗骨材 (硬質砂岩)	2.65	2.63	1.62	61.6	0.59	0.3	0.0	0.7	10.7

3.1.3 練混ぜ水

コンクリート実験では蒸留水を使用した。モルタル・ペースト実験では、水道水を使用した。

3.1.4 混和剤

混和剤は、表-3.8に示す株式会社フローリック社製の化学混和剤を調合条件により適宜選定し、使用した。

表-3.8 使用した混和剤

種類	品名	主な成分
AE 減水剤	SV10	リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩、ポリカルボン酸系化合物
高性能 AE 減水剤	SF500S	ポリカルボン酸系化合物、標準型
	SF500H	ポリカルボン酸系化合物、高強度用途型
	SF500F	ポリカルボン酸系化合物と界面活性剤系特殊増粘剤の複合体、増粘剤一液タイプ
	SF500R	ポリカルボン酸系化合物、遅延型
消泡剤	DF	ノニオン系界面活性剤

3.2 試験項目と水準

3.2.1 コンクリートのフレッシュ性状・強度特性検証試験

表-3.9 にコンクリートの強度特性を把握するために実施したコンクリート調合と試験項目を示す。コンクリートの練混ぜ・成形は、20℃の環境下で実施した。また、養生条件および強度試験材齢は表-3.10 に示すとおりとした。

表-3.9 コンクリート調合と試験項目（環境温度：20℃）

（○：試験実施）

使用セメント		水セメント比 (%)	試験項目		備考
			スランプ/ スランプフロー 空気量	圧縮強度	
N	NN	65	○	○	普通強度
		55	○	○	普通強度
	N1	55	○	—	普通強度の高流動コンクリート
	N2	45	○	○	普通強度/高強度
	N3	35	○	○	高強度
		25	○	○	高強度
BB	NBB	45	○	○	普通強度/高強度
	BB1	35	○	○	高強度
	BB2	25	○	○	高強度
	BB3				

表-3.10 圧縮強度試験の養生方法と材齢

（○：試験実施）

使用セメント		水セメント比 (%)	圧縮強度試験の養生方法と材齢					
			水中		簡易断熱		スラブ模擬	
			7日	28日	28日	91日	28日	91日
N	NN	65	○	○	—	—	○	○
		55	○	○	—	—	○	○
	N1	55 (高流動)	—	—	—	—	—	—
	N2	45	○	○	○	○	—	—
	N3	35	○	○	○	○	—	—
		25	○	○	○	○	—	—
BB	NBB	45	○	○	○	○	—	—
	BB1	35	○	○	○	○	—	—
	BB2	25	○	○	○	○	—	—
	BB3							

3.2.2 高温環境下のコンクリートのフレッシュ性状確認試験

JIS 改正前後のセメントを使用したコンクリートの高温環境下におけるフレッシュ性状を確認する実験を行った。表-3.11 に試験項目および水準を示す。

令和2年6月12日に大臣官房営繕部整備課課長補佐（構造担当）発布の事務連絡「暑中コンクリートの荷卸し時のコンクリートの温度について」において、日本建築学会「暑中コンクリートの施工指針・同解説（2019年7月改定）」を引用し、以下に示す20℃環境下での2つの指標を満足すれば、荷卸し時のコンクリート温度の上限値を38℃以下とすることができるとされた。

- ①スランプの経時変化において、静置状態で60分経過後のスランプの低下量が6cm以下であること。
- ②凝結試験によって貫入抵抗値が0.5N/mm²に達した時間が5時間23分以上（原文ではT₃₈3.5時間以上、補正式 $T_{38}=0.65 \times T_{20}$ 、T：凝結時間で添字は温度）であること。

ここでは、改正JISセメントを使用し、練上り温度が38℃以上となったコンクリート（環境温度は40℃とした）のフレッシュ性状を、現行JISセメントを用いた場合と比較を行うこととした。また、上述の20℃環境下において①、②を満足するか確認するとともに、②に示されている補正式が改正JISセメントにおいても成立するか確認することとした。

表-3.11 高温環境下の影響：コンクリート調合と試験項目

使用セメント	環境温度(℃)	水セメント比(%)	スランプ(cm)	空気量(%)	使用混和剤	試験項目	
						スランプおよびスランプロス	凝結
NN、N1	20、40	35	23±1.5	2.0以下	SF500R およびDR	○	○

3.2.3 高温度履歴下のモルタル・セメントペースト試験

改正JISセメントを使用し、荷卸し時のコンクリート温度が35℃を超え、かつ高温度履歴を受けた場合における硬化体の特性を確認することを目的として、高温度履歴を受けた高強度モルタル硬化体の強度および空隙構造を確認し、現行JISセメントと比較した。さらに、改正JISセメントを上記の温度条件で使用した場合におけるセメントの反応率および水和生成物を評価する目的で、セメントペーストの示差熱-熱重量分析（以下、TG-DTA）および粉末X線回折およびリートベルト解析を行い、現行JISセメントの場合と比較した。表-3.12 に、モルタルおよびセメントペーストの試験項目と水準を示す。

表-3.12 試験項目と水準

試験項目	モルタル		セメントペースト	
	20℃	90℃高温履歴	20℃	90℃高温履歴
圧縮強度	○	○	-	-
細孔系分布	○	○	-	-
硬化体組織の観察（SEM）	○	○	-	-
TG-DTA、XRD	-	-	○	○

3.3 調合条件

3.3.1 コンクリートの強度特性検証試験およびコンクリートによる高温環境下のフレッシュ性状確認試験

コンクリートの強度特性検証および高温環境下におけるコンクリートのフレッシュ性状の各実験に用いた調合条件を表-3.13に示す。水セメント比が65%および55%のコンクリートはAE減水剤を用い、45%以下は高性能AE減水剤を用いた。ただし、水セメント比55%のみ、普通強度レベルの高流動コンクリートへの大臣認定コンクリート対応として、増粘剤一液型の高性能AE減水剤を用いた調合条件を追加した。また、すべての調合において、空気量の影響を除くために、消泡剤を用いて空気量を2.0%以下に調整した。コンクリートによる高温環境下のフレッシュ性状への影響検証実験に用いたコンクリートの混和剤は、環境温度が20℃、40℃ともに遅延型の高性能AE減水剤を用い、スランプ23±1.5cmを目標値とした。これは上述の「暑中コンクリートの施工指針・同解説（2019年7月改定）」において、時間の経過にともなうスランプの低下量が規定されているためである。

なお、2. 実験計画の策定に基づき、調合計算におけるセメント密度はN 3.16g/cm³、BB 3.04g/cm³一定とした。

表-3.13 コンクリートの主な調合条件

セメント	混和剤	水セメント比 (%)	目標フレッシュ性状		環境温度 (°C)	備考
			空気量 (%)	スランプまたは (スランプフロー) (cm)		
N	SV10	65	2.0 未満 ^{※1}	18±1.5	20	
		55		18±1.5		
	SF500F	55		(45±7.5)	20	
	SF500S	45		23±1.5	20	
		35		(60±10)		
	SF500R	35		23±1.5	20,40	高温環境下
SF500H	25	(65±10)	20			
BB	SF500S	45	23±1.5	20		
		35	(60±10)			
	SF500H	25	(65±10)	20		

※1：消泡剤を使用して調整

3.3.2 高温履歴下のモルタル・セメントペースト試験

モルタルの調合条件を表-3.14に示す。モルタルの水セメント比は35%、砂セメント比(S/C)は2.0とした。モルタルの流動性は、JIS R 5201に規定されるフロー試験用機械器具を使用して行い、フローコーンを抜き取り後に落下運動を与えないモルタルフロー(0打フロー)が220±20mm、空気量が3.0%以下を満足するように、混和剤の添加量を調整した。セメントペーストは、モルタルと同一の水セメント比および混和剤添加量とした。

表-3.14 モルタルの調合条件

調合条件			化学混和剤の種類		目標フレッシュ性状	
水セメント比 (%)	S/C (-)	設計空気量 (%)	高性能減水剤	消泡剤	モルタルフロー (mm)	空気量 (%)
35.0	2.0	3.0	SF500S	DF	220±20	3.0 以下

3.4 練混ぜおよび成形

コンクリートの強度特性検証試験および高温環境下におけるコンクリートのフレッシュ性状実験におけるコンクリートの練混ぜは、JIS A 1138「試験室によるコンクリートの作り方」に準じて実施した。また、コンクリートの強度特性検証試験における供試体の成形は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じて実施した。

練混ぜは、すべての調合で容量 50L の強制 2 軸型ミキサを用いた。練混ぜの方法は、水セメント比 45% 以上の調合では一括練りとし、35%以下はモルタル先練りとし、練混ぜ時間は表-3.15 および図-3.1 に示すように、調合毎に適宜調整した。

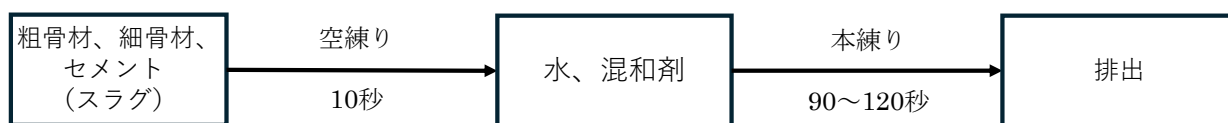
モルタルおよびペーストの練混ぜは、室温 38℃、湿度 80%RH の恒温恒湿室においてモルタルミキサを用いて図-3.2 の手順で行った。1 回の練混ぜ量は、モルタルでは 3.5L、セメントペーストでは 3.0L とした。供試体および分析試料の成形は、JSCE-F 506 を参考に、練混ぜ終了直後に内寸φ50×100mm の型枠内に 2 層で打ち込み、直径 9mm の突き棒でそれぞれ 25 回突いたうえで、タッピングを十分に行い締め固めた。なお、本実験では、比較用に室温 20℃、湿度 70%RH 以上の恒温室においても同様の実験を実施した。

表-3.15 調合毎の練混ぜ方法

使用セメント	水セメント比 (%)	スランブまたは (スランブフロー) (cm)	練混ぜ方法と本練りの練混ぜ時間
N	65	18±1.5	一括練り (本練り : 90 秒)
	55	18±1.5	一括練り (本練り : 90 秒)
	55	(45±7.5)	一括練り (本練り : 120 秒)
	45	23±1.5	一括練り (本練り : 120 秒)
	35	(60±10)	モルタル先練り (本練り 1 : 90 秒)
	35	23±1.5	20℃→モルタル先練り (本練り 1 : 150 秒) 40℃→一括練り (本練り : 120 秒)
	25	(65±10)	モルタル先練り (本練り 1 : 120 秒)
BB	45	23±1.5	一括練り (本練り : 120 秒)
	35	(60±10)	モルタル先練り (本練り 1 : 90 秒)
	25	(65±10)	モルタル先練り (本練り 1 : 150 秒)

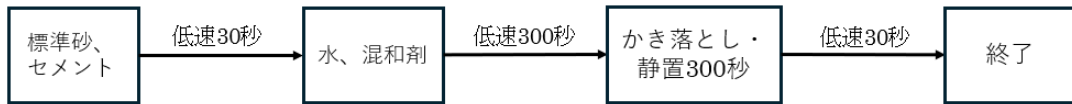


(1) モルタル先練りの場合 (水セメント比 35%以下)

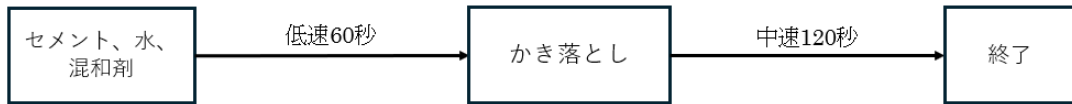


(2) 一括練りの場合 (水セメント比 45%以上)

図-3.1 コンクリートの練混ぜ手順



(1) モルタルの場合



(2) セメントペーストの場合

図-3.2 モルタルおよびセメントペーストの練混ぜ手順

3.5 養生

3.5.1 コンクリートのフレッシュ性状・強度特性検証試験

コンクリートの強度特性検証試験における養生は、以下の3通りで実施した。

- ①水中養生：供試体脱型後、供試体を所定の材齢まで、20℃の恒温水槽で養生する方法
- ②簡易断熱養生：供試体作製後、供試体を所定の材齢まで、**図-3.3**に示す簡易断熱養生箱に入れて20℃の室内で養生する方法
- ③スラブ模擬養生：供試体作製後5日間20℃室内にて封緘養生した後脱型し、直ちに供試体側面をアルミテープで巻き付け、水分の逸散を防止する。供試体の上下面はそのままコンクリート面を露出させたまま温度20℃、湿度60%RHの室内に所定の材齢まで静置する方法（**図-3.4**）



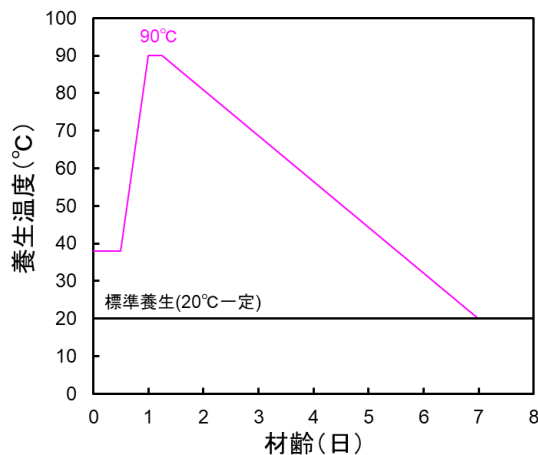
図-3.3 簡易断熱養生箱



図-3.4 スラブ模擬養生

3.5.2 高温度履歴下のモルタル・セメントペースト試験

供試体および分析用資料は、材齢24時間まで温度38℃、湿度80%RHの室内で型枠内養生を行った後に脱型し、**図-3.5**に示す温度履歴で養生を行った。すなわち、初期温度38℃から昇温し、最高温度90℃を6時間保持した後に、材齢7日で20℃になるように降温した。材齢7日以降は20℃恒温室内で封緘養生を行った。また、比較として実施した室温20℃の恒温室内で実施した実験では、材齢24時間まで恒温室内で型枠内養生を行った後に脱型し、以降は所定の材齢まで20℃の水中養生を行った。



- 12時間まで：初期温度38℃を保持
- 12時間～24時間：最高温度90℃まで昇温（温度勾配：約4.4℃/h）
- 24時間～30時間：最高温度90℃を保持
- 30時間～168時間（7日）：最高温度から20℃まで降温（降温勾配：約0.51℃/h）
- 7日以降：20℃環境にて所定材齢まで封緘状態で保管

図-3.5 モルタル・セメントペースト試験で設定した養生条件

3.6 試験方法

3.6.1 スランプ、スランプフローおよび空気量試験

スランプは JIS A 1101、スランプフローは JIS A 1150、空気量は JIS A 1128 にそれぞれ準拠して試験を実施した。

3.6.2 凝結試験

凝結時間は JIS A 1147 に準拠した方法で試料を採取し、貫入抵抗値が 0.5N/mm^2 になるまでの時間を測定した。

3.6.3 圧縮強度試験

圧縮強度は JIS A 1108 に準拠して試験を実施した。

3.6.4 細孔径分布

測定試料は、測定材齢まで養生した円柱供試体($\phi 50 \times 100\text{mm}$)の高さ中央より、厚さ 10 mm 程度の盤状片を 1 枚切断採取し、アセトンで水和停止を行った。採取した盤状片より、ニップを用いて 5 mm 角程度の小片を採取し、1 週間真空乾燥したものを測定に供した。測定には micromeritics 社製水銀圧入式ポロシメーター AutoPoreV9620 を用いた。測定の概要を以下に記す。

ガラス製試料容器（試料室容積 5 ml, キャピラリ容積 0.392 ml）に、試料中の細孔容積が試料容器のキャピラリ容積の 25~90 %となるように試料を量り取り、ポロシメーターにセットし、容器内に水銀を注入した。次いで容器ごと圧力を加え、水銀を試料の細孔に圧入し、その量を測定した。圧力は段階的に増加させた。加える圧力と水銀が圧入される細孔の大きさには下式の関係があるため、これにより各圧力に相当する細孔径を算出した。また、各圧力における水銀の圧入量を、その時点までに水銀が圧入された細孔の量とし、両者より細孔径分布を求めた。

【圧入圧力と細孔径の関係式】

$$d = -4\gamma \cos\theta / P$$

d : 細孔径 (直径)

γ : 水銀の表面張力 0.484 N / m

θ : 水銀と試料との接触角 130° ($\cos \theta = -0.643$)

P : 圧入圧力 MPa

3.6.5 走査型電子顕微鏡による硬化体組織の観察

観察試料は供試体から採取された円盤状片の中央から、大きさが 1.5cm 角程度の小片を採取した。これを外径が 25 mm のプラスチック製リングに入れ、樹脂で包埋した。樹脂の硬化後、リングの底面から 2 mm 程度の位置で切断した後、切断面を研磨して観察面とした。なお、研磨は伸展液と洗浄液に有機溶剤を用いる湿式研磨とした。観察面に導電性を付与する目的で炭素を蒸着した後、走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察に供した。

SEM 観察は、物質の平均原子番号や疎密の違いを明るさの違いとして観察できる反射電子像観察とした。観察条件を以下に示す。

観察装置 : 日立ハイテク社製 SEM SU5000

加速電圧 : 15 kV

なお、反射電子像では、物質の平均原子番号が大きい物質は明るく、小さい物質は暗く観察される。また同じ物質であれば、緻密であれば明るく、疎であれば暗く観察される。

3.6.6 TG-DTAによる水酸化カルシウムおよび炭酸カルシウムの定量

分析では、 $\phi 50 \times 100$ mm の円柱供試体の高さ方向中央付近から湿式ダイヤモンドカッターを用いて 8~10mm 程度にスライスされた試料を使用した。スライスした試料は、メノウ乳鉢を用い、目開き 90 μ m の網ふるい全通となるように微粉碎した。なお、試料は材齢日に水和停止されたものであり、粉碎は窒素環境下で行った。測定は、ネッチ社製 示差熱天秤装置 STA 2500 を用いて、以下の条件で測定した。

【測定条件】

測定温度範囲：室温~1000 °C

昇温速度：20 °C / min

基準物質： α -Al₂O₃ (アルミナ)

試料質量：約 20 mg

炉内ガス流通：N₂ 100 ml / min

測定結果より、450°C付近の水酸化カルシウムの脱水による質量減少率と、550~850°C付近の炭酸カルシウムの脱炭酸による質量減少率を求めた。これらの質量減少率から、水酸化カルシウム量を式(1)より、炭酸カルシウム量を式(2)より算出した。

$$\text{水酸化カルシウム量(\%)} = \text{脱水による減量(\%)} \times 74.10/18.02 \quad (1)$$

$$\text{炭酸カルシウム量(\%)} = \text{脱炭酸による減量(\%)} \times 100.09/44.01 \quad (2)$$

74.10：水酸化カルシウムの分子量

18.02：水の分子量

100.09：炭酸カルシウムの分子量

44.01：二酸化炭素の分子量

3.6.7 粉末 X 線回折およびリートベルト解析によるセメント鉱物の反応率の算出および非晶質生成量の定量

(1) 各鉱物の定量方法

3.6.6 に示す手順で調製した粉末試料に、内部標準として α -Al₂O₃(コランダム)を内割りで 10% 添加後、十分に均一になるよう混合機を用いて混合し、測定に供した。装置は PANalytical 社製 X 線回折装置 Empyrean を使用した。リートベルト解析は、星野らの手法²⁾に準拠した。解析ソフトは High Score Plus (PANalytical スペクトリス社製)を用い、各試料で同定された鉱物を定量対象鉱物として定量分析を行った。各鉱物量は式(3)より、非晶質量は式(4)より算出した。測定条件を下に示す。

$$M'_x = M_x \times A/R \times 100 / (100 - A) \quad (3)$$

$$\text{非晶質量} = 100 \times (R - A) / (R \times ((100 - A) / 100)) \quad (4)$$

ここに、M'_x：鉱物の定量値 (%)

M_x：リートベルト解析で定量した値 (%)

R : リートベルト解析で定量したコランダムの値 (%)

A : コランダム混合率 (%) (本試験では 10%)

【測定条件】

管球条件 : 45kV-40 mA

測定範囲 : 5~65°

ステップ幅 : 0.03 ° /step

(2) セメント鉱物の反応率算出方法

試料の反応率の算出手順を以下に示す。

- ① ペースト試料のリートベルト解析による定量値を ig.loss (TG : 室温~1000°Cまでの強熱減量) を用いて、酸化物換算した。
- ② 初期セメントのリートベルト解析による定量値から、せつこうの結合水および炭酸カルシウムの CO₂ 量を算出し、あわせて ig.loss とした。その後、この値を使って、初期セメントの各鉱物の値を酸化物換算した。
- ③ (1)式にて C₃S および C₂S の反応率を算出した。

$$\text{セメント鉱物の反応率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{ペーストの C3S ないし C2S(酸化物換算値)}}{\text{初期の C3S ないし C2S(酸化物換算値)}} \right) \times 100 \quad (5)$$

2) 星野清一, 平尾宙, 山田一夫 : X線回折/リートベルト法によるセメントペーストの水和反応解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, 2006

4. 実験の結果

4.1 コンクリートのフレッシュ性状・強度特性検証試験

4.1.1 調合およびコンクリートのフレッシュ性状

コンクリートの調合およびフレッシュ性状を表-4.1 に示す。NN を使用したコンクリートが所定のスランプおよびスランプフローを得るために必要な混和剤量は、いずれの水セメント比においても N1、N2、N3 と同等であった。

表-4.1 コンクリートの調合およびフレッシュ性状

使用セメント	水結合材比 (%)	単位粗骨材かさ容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³) ※1						混和剤使用量 (B×%)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)
			水	結合材 B		細骨材	粗骨材					
				セメント	BFS							
N	NN	65	0.59	180	277	—	904	963	1.50	19.5	—	1.0
	N1								1.40	18.5	—	1.0
	N2								1.40	19.0	—	1.0
	N3								1.40	19.0	—	1.0
	NN	55	0.59	175	318	—	883	963	1.40	18.5	—	1.0
	N1								1.40	19.5	—	1.0
	N2								1.40	19.0	—	0.8
	N3								1.40	16.5	—	0.8
	NN	55 (高流動)	0.56	175	318	—	931	914	1.55	—	48.5	1.3
	N1								1.55	—	48.0	1.1
	N2								1.55	—	45.5	1.7
	N3								1.55	—	50.5	1.1
	NN	45	0.56	175	389	—	873	914	0.90	22.0	40.0	1.2
	N1								0.90	22.0	41.0	1.3
	N2								1.25	22.5	43.0	1.3
	N3								1.20	23.5	48.0	1.2
	NN	35	0.54	175	500	—	814	881	1.10	—	69.5	1.3
	N1								1.10	—	65.5	1.6
	N2								1.35	—	55.0	1.5
	N3								1.30	—	60.0	1.3
NN	25	0.54	175	700	—	650	881	0.93	—	66.5	1.2	
N1								1.10	—	68.0	0.4	
N2								1.50	—	66.0	0.6	
N3								1.40	—	70.0	0.7	
BB	NBB	45	0.56	175	222	167	860	914	0.85	23.5	48.0	0.8
	BB1								0.85	23.0	49.5	0.9
	BB2								1.05	23.5	52.0	0.8
	BB3								0.90	23.0	49.5	1.0
	NBB	35	0.54	175	285	215	797	881	0.80	—	54.5	1.3
	BB1								0.80	—	55.0	1.0
	BB2								1.00	—	62.5	0.7
	BB3								0.90	—	55.5	1.0
	NBB	25	0.54	175	399	301	627	881	0.80	—	70.0	1.0
	BB1								0.80	—	66.0	1.0
	BB2								1.00	—	67.0	0.8
	BB3								0.95	—	67.0	0.8

※1：調合計算に用いたセメント密度は、N 3.16g/cm³、BB 3.04g/cm³一定とした。そのため、厳密には単位量 (1m³) での数値ではない場合がある。表-3.3 のセメント密度を用いた場合の各調合における容積範囲は 1.000~1.003m³であった。

4.1.2 コンクリートの圧縮強度試験

(1) 水中養生

水中養生時のコンクリートの圧縮強度試験結果を図-4.1 および図-4.2 に示す。NN を使用したコンクリートの水中養生時の圧縮強度は、いずれの水セメント比においても N1、N2、N3 と同等であった。

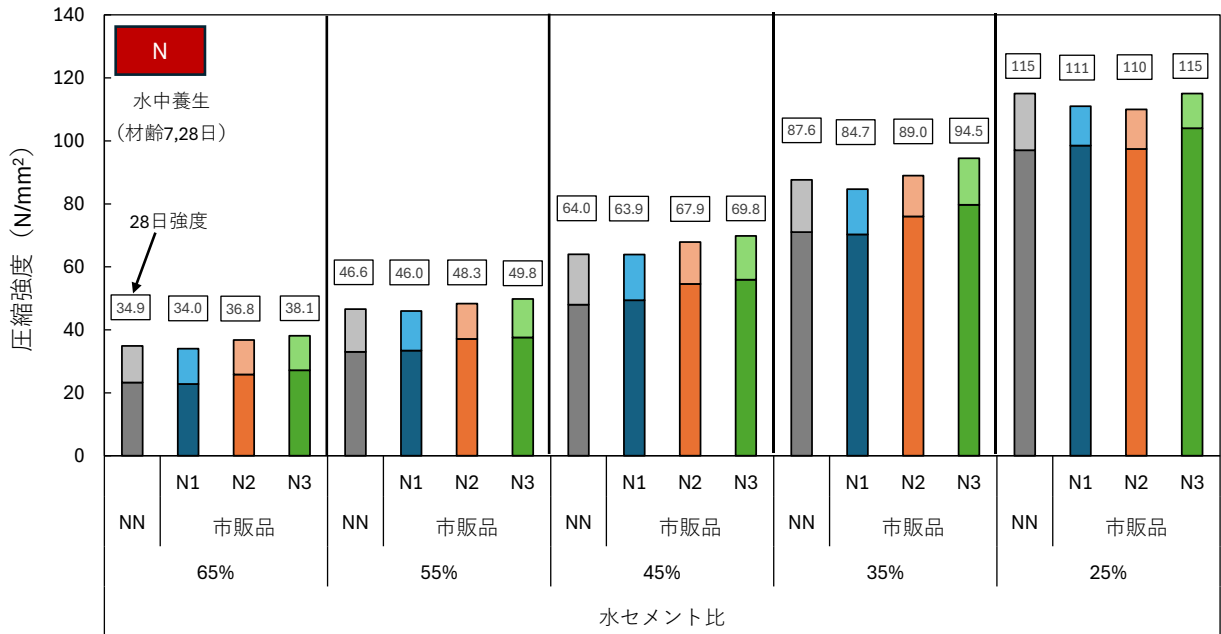


図-4.1 圧縮強度 (N-水中養生、材齢 7 日および 28 日) の結果

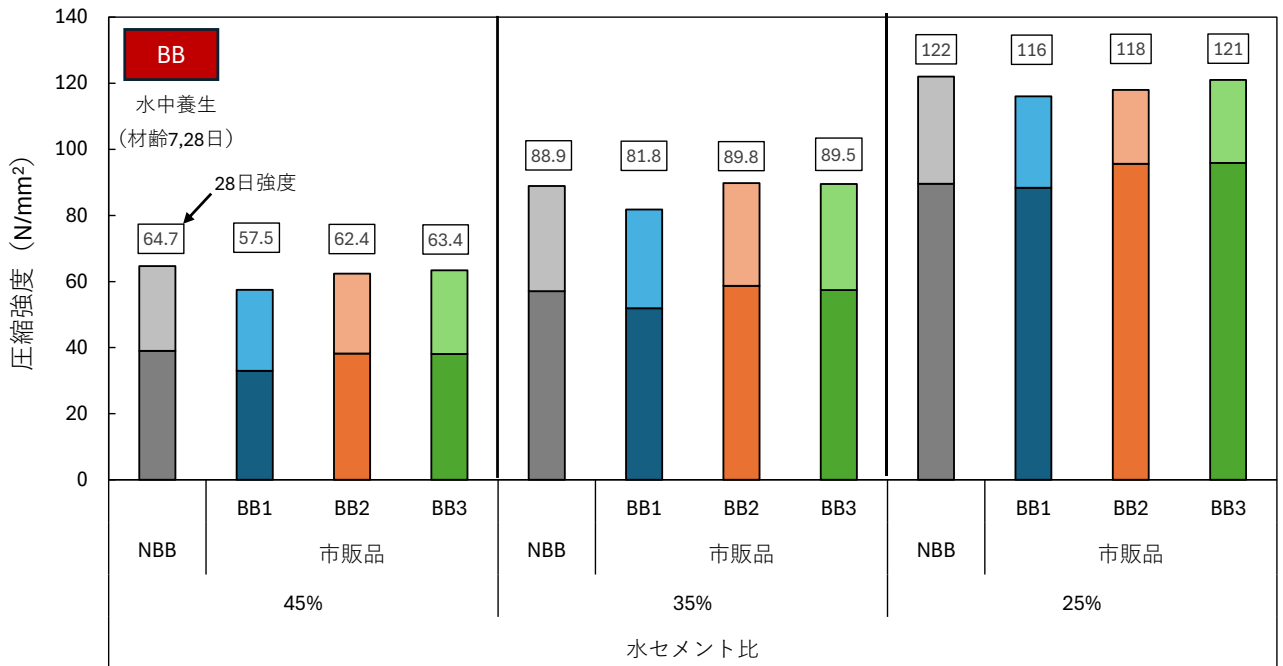


図-4.2 圧縮強度 (BB-水中養生、材齢 7 日および 28 日) の結果

(2)簡易断熱養生

簡易断熱養生時のコンクリートの圧縮強度試験結果を図-4.3 および図-4.4 に示す。NN を使用したコンクリートの簡易断熱養生時の圧縮強度は、いずれの水セメント比においても N1、N2、N3 と同等であった。

水中養生の材齢 28 日の圧縮強度に対する、簡易断熱養生の材齢 91 日の圧縮強度の差分として定義される構造体強度補正值 ($_{28}S'_{91}$) を図-4.5 および図-4.6 に示す。また、簡易断熱養生の材齢 91 日の圧縮強度と構造体強度補正值 ($_{28}S'_{91}$) の関係を図-4.7 および図-4.8 に示す。さらに図-4.9 には、N1,N2,N3 を使用したコンクリートの構造体強度補正值 ($_{28}S'_{91}$) NN を使用したコンクリートの構造体強度補正值 ($_{28}S'_{91}$) の関係を、セメントの種類ごとに示した。これらより、NN を使用したコンクリートの構造体強度補正值は、いずれの水セメント比においても N1、N2、N3 と大きな差異はなかった。

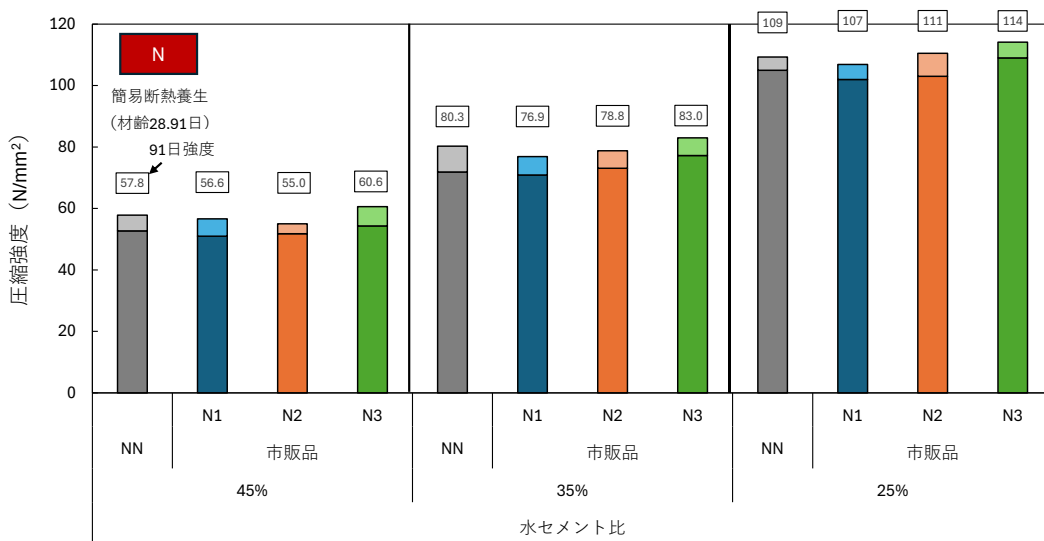


図-4.3 圧縮強度 (N-簡易断熱養生、材齢 28 日および 91 日) の結果

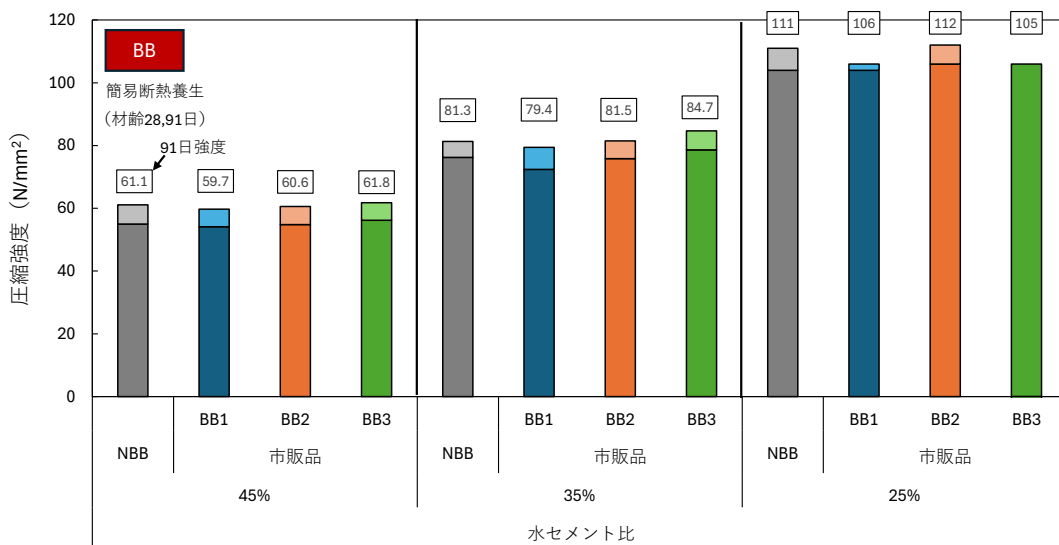


図-4.4 圧縮強度 (BB-簡易断熱養生、材齢 28 日および 91 日) の結果

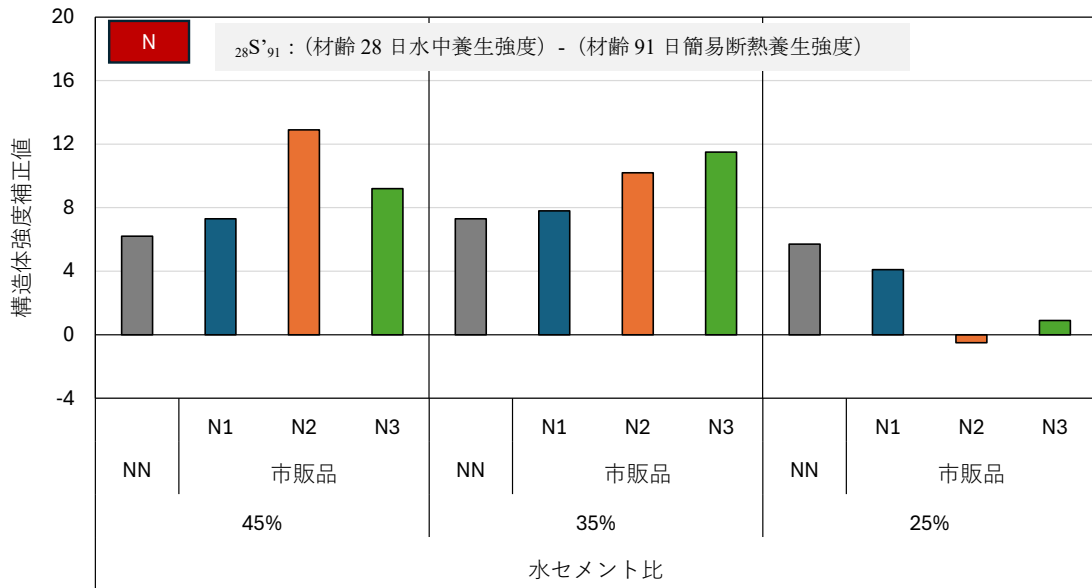


図-4.5 構造体強度補正值 $_{28}S'_{91}$ (N) の結果

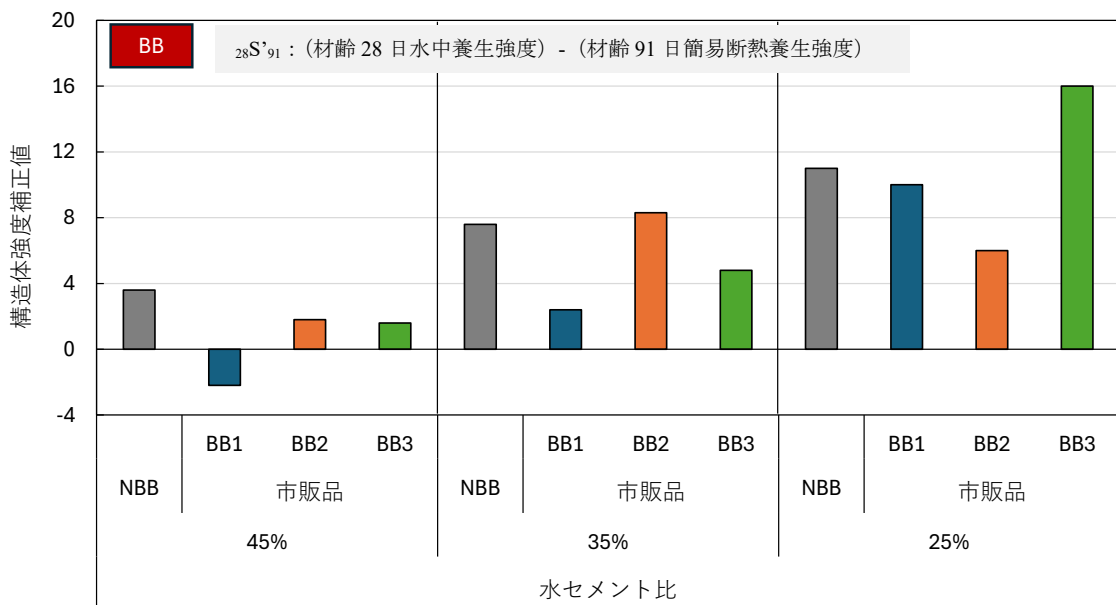


図-4.6 構造体強度補正值 $_{28}S'_{91}$ (BB) の結果

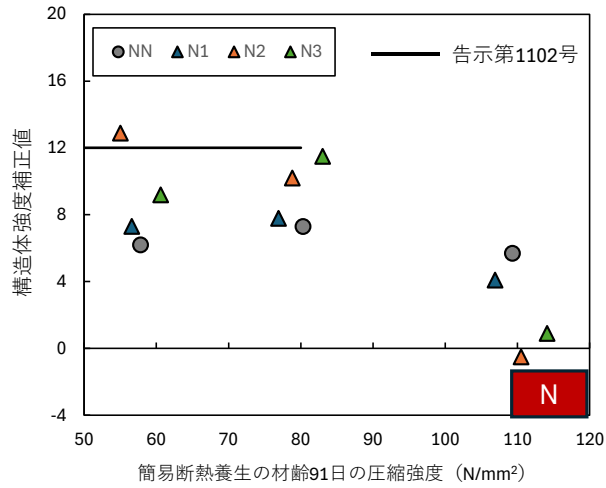


図-4.7 簡易断熱養生材齢91日の圧縮強度と構造体強度補正值 $_{28}S'_{91}$ の関係 (N)

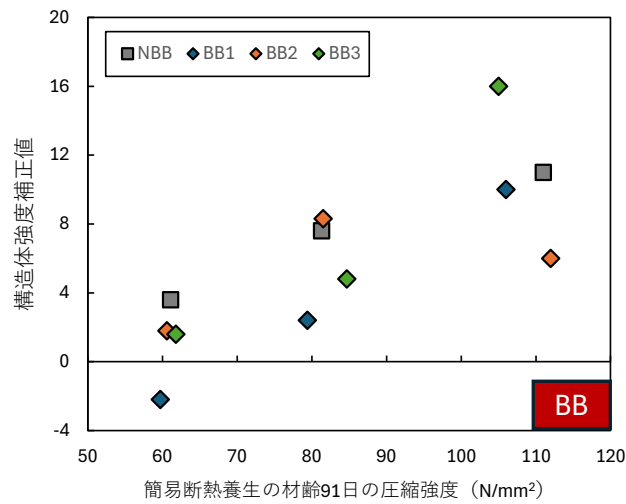
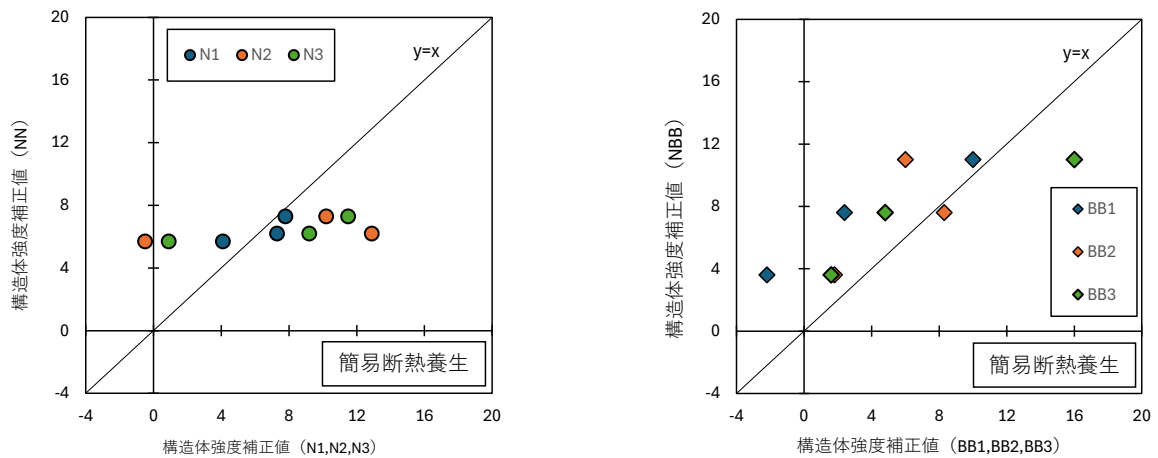


図-4.8 簡易断熱養生材齢91日の圧縮強度と構造体強度補正值 $_{28}S'_{91}$ の関係 (BB)



(1) NN と N1, N2, N3 の関係

(2) NBB と BB1, BB2, BB3 の関係

図-4.9 N と NN および BB と NBB の構造体強度補正值 $_{28}S'_{91}$ の関係

(3)スラブ模擬養生

スラブ模擬養生時のコンクリートの圧縮強度試験結果を図-4.10に示す。NNを使用したコンクリートのスラブ模擬養生時の圧縮強度は、いずれの水セメント比においてもN1、N2、N3と同等であった。

水中養生の材齢28日の圧縮強度に対する、スラブ模擬養生の材齢91日の圧縮強度の差分（以下、構造体強度補正值 $(_{28}S''_{91})$ ）を図-4.11に、スラブ模擬養生の材齢91日の圧縮強度と構造体強度補正值 $(_{28}S''_{91})$ の関係を図-4.12に、N1、N2、N3を使用したコンクリートの構造体強度補正值 $(_{28}S''_{91})$ とNNを使用したコンクリートの構造体強度補正值 $(_{28}S''_{91})$ の関係を図-4.13にそれぞれ示す。NNを使用したコンクリートの構造体強度補正值は、いずれの水セメント比においてもN1、N2、N3と大きな差異はなかった。

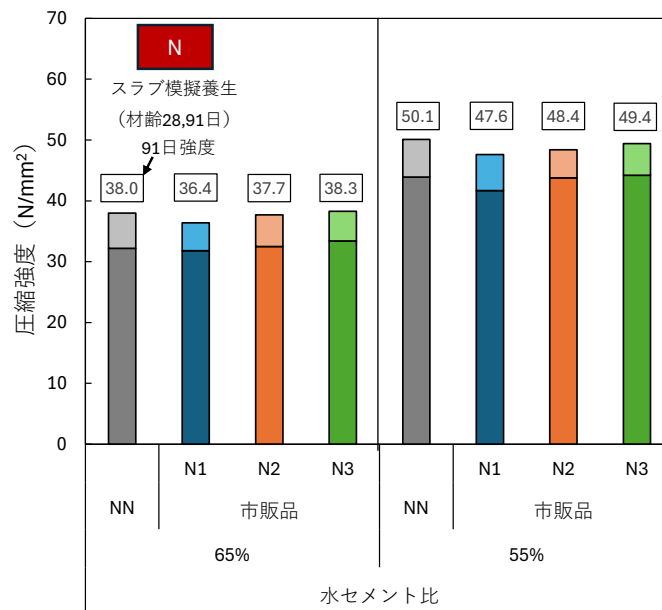


図-4.10 圧縮強度（N-スラブ模擬養生、材齢28日および91日）の結果

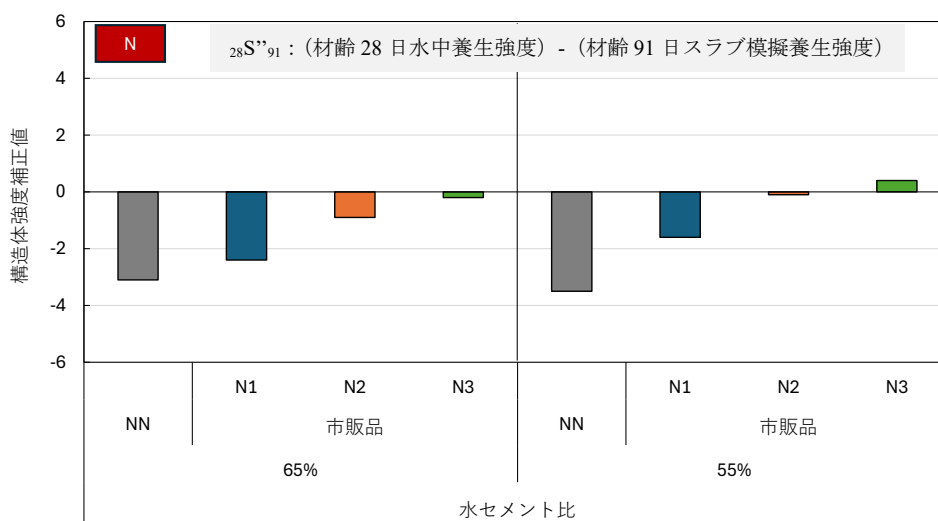


図-4.11 構造体強度補正值 $(_{28}S''_{91})$ （N）の結果

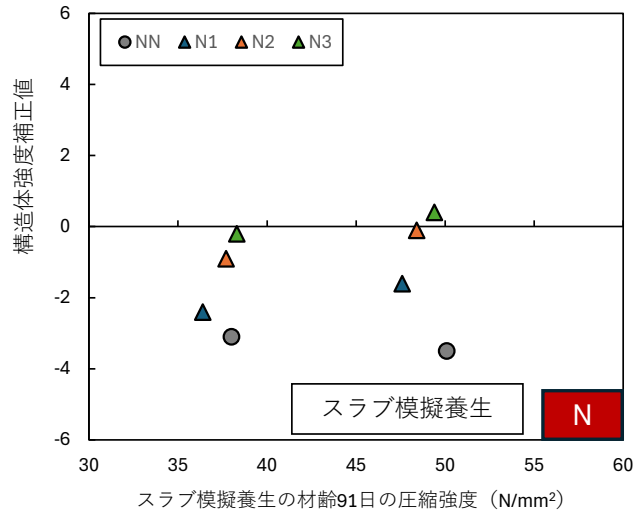


図-4.12 スラブ模擬養生材齢91日の圧縮強度と構造体強度補正值 $_{28}S''_{91}$ の関係 (N)

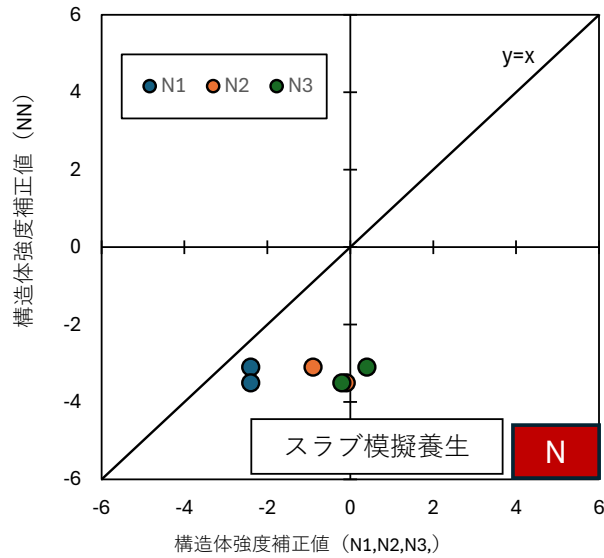


図-4.13 N と NN の構造体強度補正值 $_{28}S''_{91}$ の関係

4.2 高温環境下のコンクリートのフレッシュ性状確認試験

4.2.1 調合およびコンクリートのフレッシュ性状

コンクリートの調合およびフレッシュ性状を表-4.2 に示す。NN を使用したコンクリートの所定のスランプを得るために必要な混和剤量は、いずれの環境温度においても N1 と同等であった。

表-4.2 コンクリートの調合およびフレッシュ性状

セメント	環境温度 (°C)	水セメント比 (%)	単位粗骨材かさ容積 (m³/m³)	単位量 (kg/m³) ※				高性能 AE 減水剤 使用量 (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)
				水	セメント	細骨材	粗骨材				
NN	20	35	0.54	175	500	814	881	0.95	22.5	1.6	22
N1								0.95	22.0	2.2	22
NN	40	35	0.54	175	500	814	881	1.05	22.5	1.0	39
N1								1.05	23.5	0.7	39

※：いずれのセメントも N:3.16g/cm³、BB:3.04g/cm³ として調合計算を実施したため、厳密には 1m³ ではない。

4.2.2 スランプおよびスランプロス試験

コンクリートのスランプ試験結果を図-4.14 に示す。NN を使用したコンクリートの 60 分経過後のスランプの低下量は、いずれの環境温度においても N1 と同等であった。特に、20°C 環境における NN のスランプの低下量は 0.5cm であり、これは前述した日本建築学会「暑中コンクリートの施工指針・同解説 (2019 年 7 月改定)」に記載されている『20°C 環境下でのスランプの経時変化において、静置状態で 60 分経過後のスランプの低下量が 6cm 以下であること。』を満足しており、改正 JIS セメントを使用したコンクリートにおいても現行の基準が適用できると考えられる。

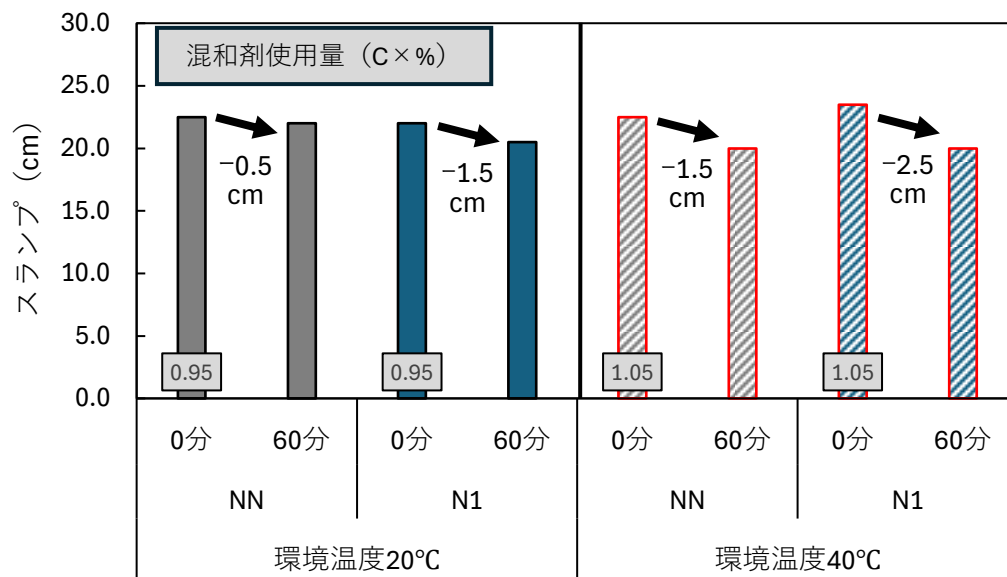


図-4.14 スランプおよびスランプロス試験結果

4.2.3 凝結試験

コンクリートの凝結試験結果を図-4.15 に示す。NN を使用したコンクリートの貫入抵抗値が $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ に到達するまでの時間は、 20°C 環境および暑中期を想定した 40°C 環境においても N1 と同等であった。また、 20°C 環境において NN を使用したコンクリートの貫入抵抗値が $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ に到達するまでの時間は 7 時間 40 分であり、これは前述した日本建築学会「暑中コンクリートの施工指針・同解説（2019 年 7 月 改定）」に記載されている『 20°C 環境下での凝結試験において、貫入抵抗値が $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ に達した時間が 5 時間 23 分以上（補正式 $T_{38}=0.65 \times T_{20}$ 、 T_{38} :3.5 時間以上、T：凝結時間で添字は温度）であること。』を満足しており、改正 JIS セメントを使用したコンクリートにおいても現行の基準が適用できると考えられる。今回の試験結果を図-2.3 に加筆したものを図-4.16 に示す。

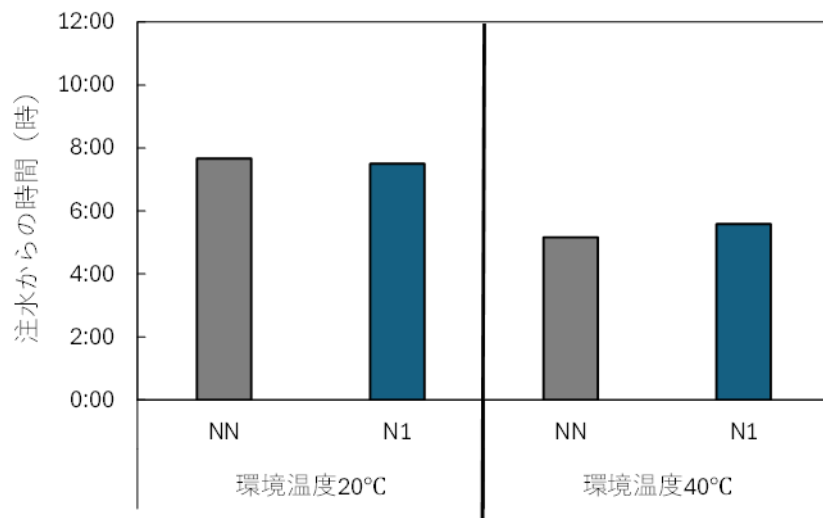


図-4.15 貫入抵抗値 $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ に到達するまでの時間

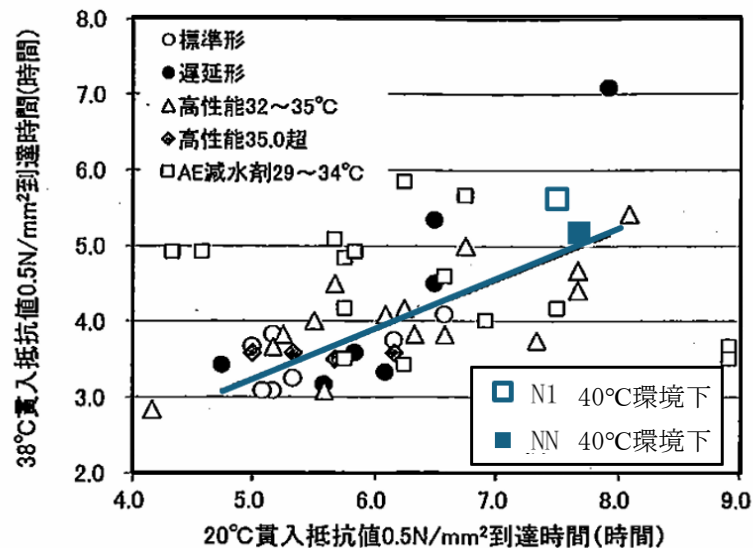


図-4.16 20°C 環境下と 38°C 環境下の貫入抵抗値 $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 到達時間の関係 (NN, N1 追記)¹ を元に加筆・修正)

1) 日本建築学会；暑中コンクリートの施工指針・同解、p.80、2019.7

4.3 高温履歴下のモルタル・セメントペースト試験

4.3.1 フレッシュ性状

モルタルのフレッシュ性状試験結果を表-4.3 に示す。NN を使用したモルタルの所定のフローを得るために必要な SP 量は、環境温度に関わらず概ね N1 と同等であった。

表-4.3 モルタルのフレッシュ性状

環境温度 (°C)	養生条件	セメント	調合条件		混和剤添加率 (C×%)		フレッシュ性状		
			水セメント比 (%)	セメント砂比	SP	DF	フロー (mm)	練上がり 温度(°C)	空気量 (%)
20	20°C 水中	NN	35	2.0	1.10	0.10	233	23.1	1.9
		N1	35	2.0	1.30	0.20	223	23.8	1.8
38	90°C 高温履歴	NN	35	2.0	1.15	0.10	209	41.1	2.2
		N1	35	2.0	1.20	0.20	204	40.7	2.1

4.3.2 モルタルの圧縮強度

材齢 28 日におけるモルタルの圧縮強度試験結果を図-4.17 に示す。モルタルの圧縮強度は初期に高温履歴を受けることで低下するものの、それぞれの温度条件において NN を使用した場合は N1 を使用した場合と同等であった。

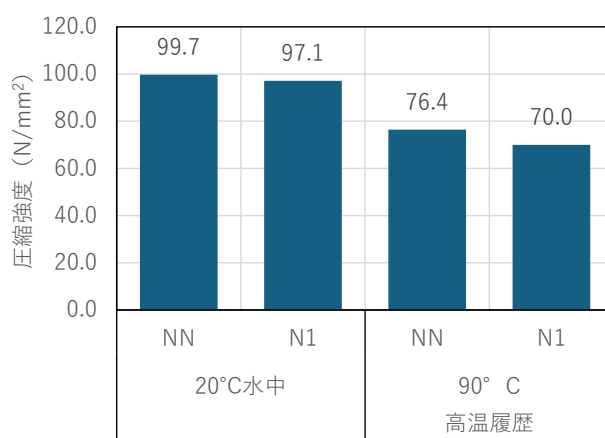


図-4.17 モルタルの圧縮強度

4.3.3 モルタルの細孔構造

材齢 28 日におけるモルタルの細孔構造として、細孔容積と細孔直径の関係を図-4.18 に、積算細孔容積と細孔直径の関係を図-4.19 に示す。高温履歴を受けたモルタルは 20℃環境で養生した場合と比較して、直径が 0.02~0.04μm 程度の空隙量が少なく、0.04~0.10μm 程度の空隙量が多くなり、総細孔量は多くなった。しかし、NN を使用した場合の細孔径分布および総細孔量は、N1 使用時と同等であった。

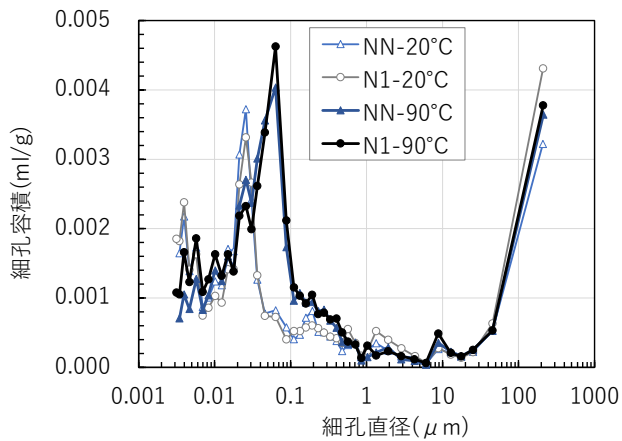


図-4.18 モルタルの細孔径分布

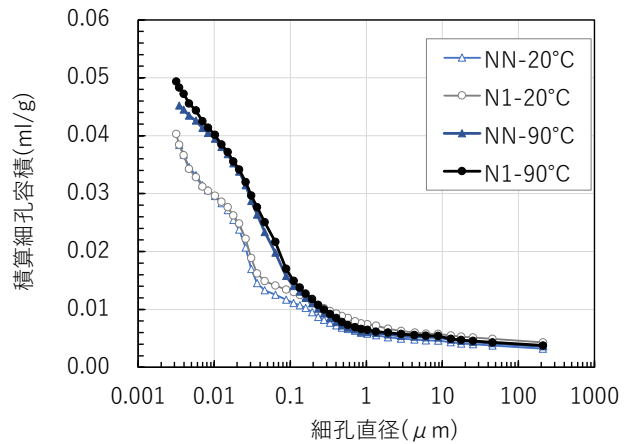


図-4.19 モルタルの積算細孔容積

4.3.4 走査型電子顕微鏡による硬化体組織の観察

材齢 28 日における各養生条件の二次電子像を表-4.4 および表-4.5 に示す。20℃水中養生を行った場合は、NN および N1 とともに密実な組織が形成されており、差は認められなかった。90℃温度履歴を受けた場合は、NN および N1 とともに、密実な組織が形成されている領域 (①) と、骨材や気泡の周囲等にやや疎な領域 (②) が確認された。密実な領域では、20℃水中養生を行った場合と同様に、NN と N1 の組織に差は認められなかった。一方、やや疎な領域では、N1 は NN と比較して、より疎であった。

表-4.4 20℃水中養生を行った試料の二次電子像

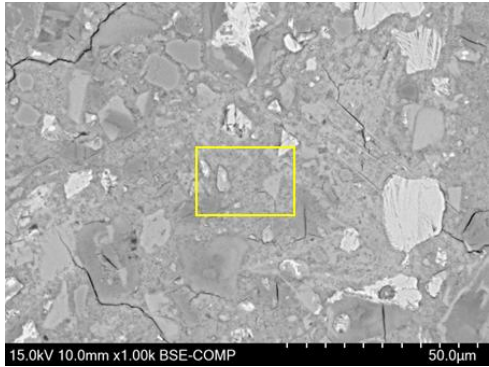
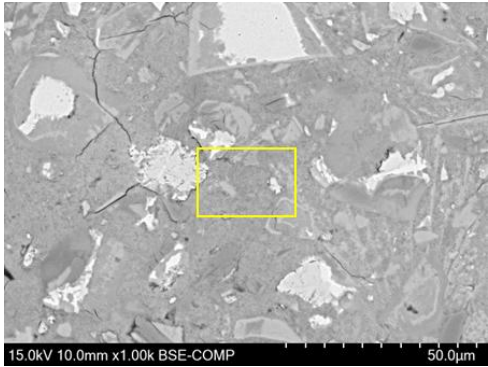
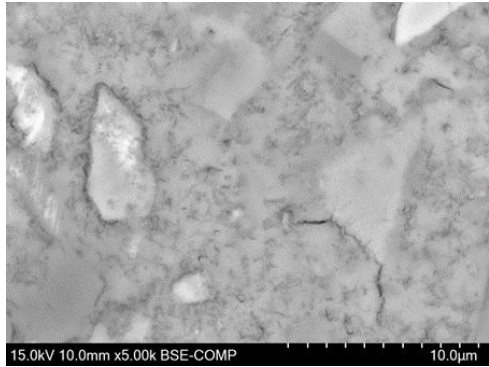
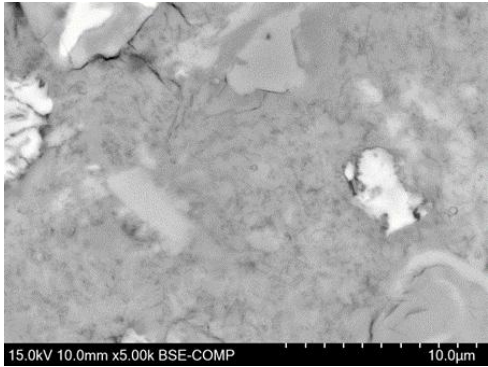
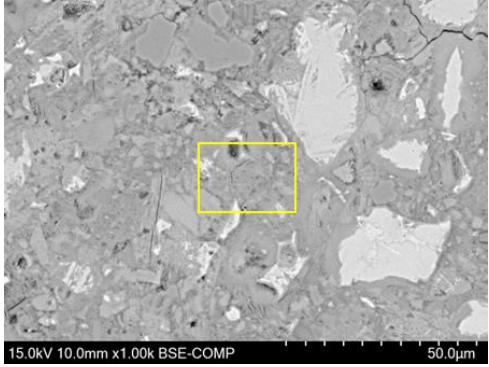
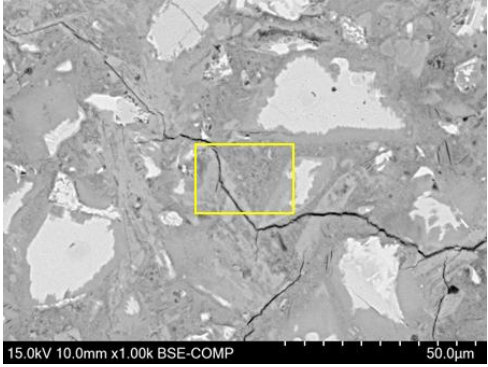
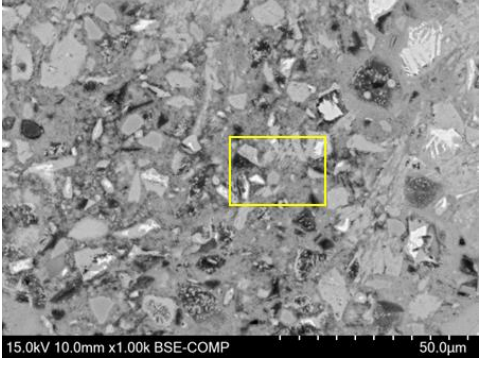
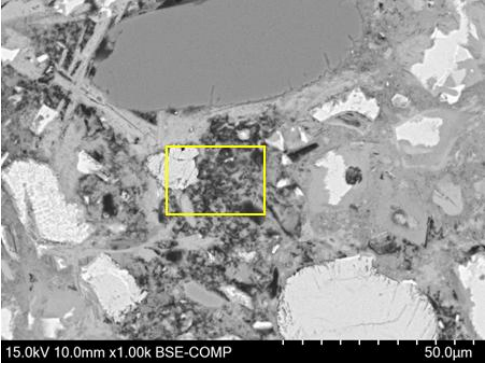
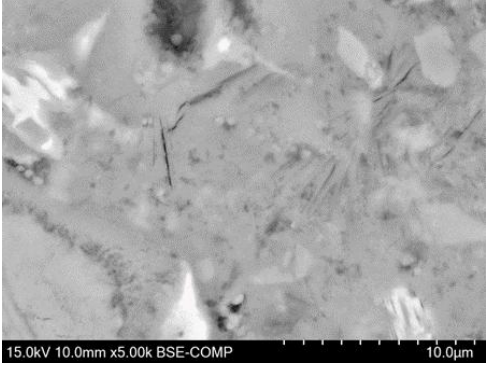
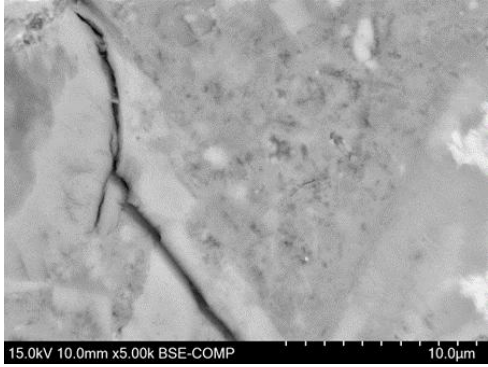
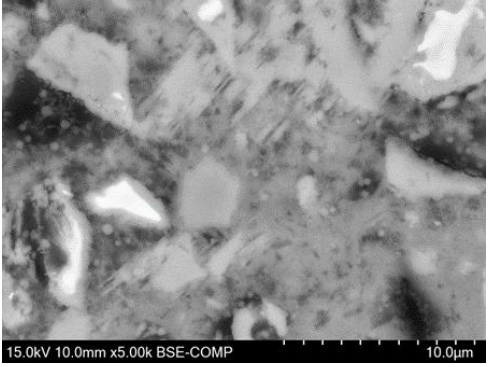
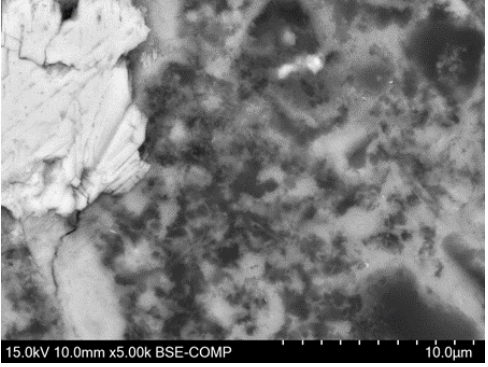
養生	倍率	NN	N1
20℃ 水中	×1k		
	×5k		

表-4.5 90℃高温履歴を受けた試料の二次電子像

養生	倍率	NN	N1
90℃ 高温履歴	×1k	①  15.0kV 10.0mm x1.00k BSE-COMP 50.0μm	①  15.0kV 10.0mm x1.00k BSE-COMP 50.0μm
		②  15.0kV 10.0mm x1.00k BSE-COMP 50.0μm	②  15.0kV 10.0mm x1.00k BSE-COMP 50.0μm
	×5k	①  15.0kV 10.0mm x5.00k BSE-COMP 10.0μm	①  15.0kV 10.0mm x5.00k BSE-COMP 10.0μm
		②  15.0kV 10.0mm x5.00k BSE-COMP 10.0μm	②  15.0kV 10.0mm x5.00k BSE-COMP 10.0μm

4.3.5 TG-DTAによる水酸化カルシウム量

材齢 7,28 日における TG-DTA による測定結果を表-4.6 に、水酸化カルシウムの含有率を図-4.20 に示す。表には質量減少率より算出した水酸化カルシウムおよび炭酸カルシウムの含有率を示す。NN を使用した場合は、セメントに含まれる石灰石微粉末量が増加したことによって、材齢および養生条件に関わらず、N1 の場合よりも炭酸カルシウム含有量が多くなった。水酸化カルシウムの含有率は、材齢による差は小さいものの、NN および N1 とともに高温履歴を受けた場合の方が 20°C で養生した場合よりも大きく、いずれの場合も NN は N1 と同程度であることが確認された。

表-4.6 TG-DTAによる測定結果

材齢	養生	試料名	質量減少率(%)			含有率(%)	
			結合水※ (~1000°C)	H ₂ O	CO ₂	Ca(OH) ₂	CaCO ₃
7 日	20°C 水中	NN	18.04	3.42	3.25	14.06	7.39
		N1	16.79	3.35	0.93	13.78	2.12
	90°C 高温履歴	NN	17.77	4.22	3.33	17.35	7.57
		N1	15.65	4.05	1.25	16.65	2.84
28 日	20°C 水中	NN	18.71	3.22	2.97	13.24	6.75
		N1	16.96	3.18	0.72	13.08	1.64
	90°C 高温履歴	NN	18.17	3.92	3.23	16.12	7.35
		N1	15.99	3.80	1.09	15.63	2.48

※室温~1000°Cにおける強熱減量

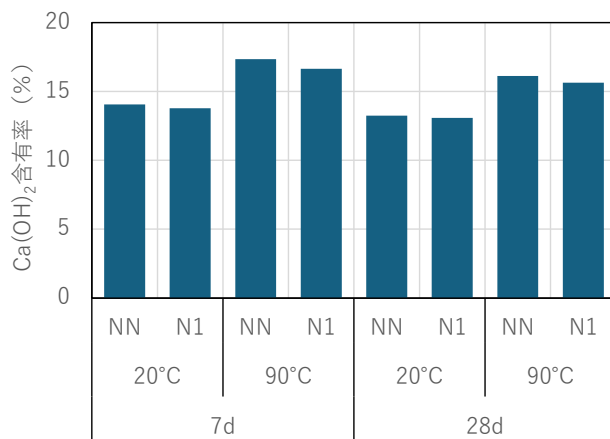


図-4.20 Ca(OH)₂含有率

4.3.6 粉末X線回折（リートベルト解析）による C₃S および C₂S の反応率および非晶質量

材齢28,91日におけるカルシウムシリケート相の反応率およびセメントペースト中の非晶質量を表-4.7に示す。NNの材齢28日におけるC₃SおよびC₂Sの反応率をN1と比較すると、養生条件に関わらずC₃Sは高く、C₂Sは低い結果となった。材齢91日におけるC₃SおよびC₂Sの反応率は、材齢28日と同様にNNがN1よりもC₃Sの反応率は高く、C₂Sの反応率は低い結果であった。しかし、材齢28日以降におけるNNのC₂S反応率の増加量が大きかったため、NNとN1のC₂S反応率の差は縮小した。

C₂Sに関しては、高い精度で定量することが困難であり、ばらつきが大きいとされている^{3,4)}が、浅賀らの研究⁵⁾では、環境温度20°Cで養生した普通セメント中のC₂Sの反応率は材齢28日が20%程度、材齢91日が40%程度とされており、本検討におけるNNのC₂S反応率と同等であった。また、浅賀らは、50°Cおよび80°Cで養生した場合のC₂S反応率を測定しており、材齢28日ではそれぞれ50%および64%、材齢91日では67%および74%であったことを報告している⁵⁾。本検討において高温履歴養生を行った場合の、材齢28日までの平均養生温度は約30°C、材齢91日では約23°Cであった。このことを踏まえると、高温履歴を受けたNNのC₂S反応率は十分に高いと考えられる。

以上より、NNにおけるC₃SおよびC₂Sの反応率は、養生条件によらず十分高く、特に高温履歴を受けることで、材齢28日および91日ともにカルシウムシリケート相の反応が促進されることを確認した。また、養生温度によらず、非晶質量はNNとN1で概ね同等であることから、C-S-H生成量は同等と考えられる。細孔構造、SEM画像、熱分析の結果も踏まえると、NNのC-S-H生成量は、養生条件によらず従来のOPCと同等であり、緻密な組織を形成していると言える。

表-4.7 C₃S および C₂S の反応率および非晶質量

養生方法	セメント	反応率 (%)						非晶質 (%)	
		28d			91d			28d	91d
		C ₃ S	C ₂ S	カルシウム シリケート	C ₃ S	C ₂ S	カルシウム シリケート		
20°C水中	NN	85.8	18.6	67.8	90.3	39.8	76.8	51.1	58.2
	N1	76.3	40.9	66.7	82.6	52.4	74.5	54.4	60.4
高温履歴 (最高温度 90°C)	NN	89.4	45.7	77.7	91.7	58.5	82.8	53.5	61.1
	N1	78.7	63.1	74.5	83.2	61.2	77.2	55.0	59.4

3) 松下哲郎、平尾宙、丸山一平、野口貴文：リートベルト解析によるセメントの水和反応の定量解析、日本建築学会構造系論文集、第73巻、第623号、1-8、2008.1

4) 日本コンクリート工学協会：反応モデル解析研究委員会報告（I）セメントコンクリートの反応モデル解析の現状と今後の展望、pp.43-47、1996

5) K.Asaga, M.Ishizaki, S.Takahashi, K.Konishi, T.Tsurumi, M.Daimon : Effect of Curing Temperature on the Hydration of Portland Cement Compound, 9th, Proc. of the Int.Cong. on the Chem. Cem., Vol.4, pp.181-187, 1992

5. 同等性評価

5.1 評価方法

本実験より得られた圧縮強度の試験結果から、改正 JIS セメントと現行 JIS セメント、およびこれらを基材とする高炉セメント B 種相当セメントを用いたコンクリートの強度について同等性の評価を行った。

(1) 圧縮強度の同等性評価

改正 JIS セメントと現行 JIS セメントを用いたコンクリートの各圧縮強度の同等性については、x 軸に現行 JIS セメントを用いたコンクリートの圧縮強度、y 軸に改正 JIS セメントを用いたコンクリートの圧縮強度を示した散布図を作成し、両者の関係を示して同等性を評価した。対象は本実験における全ての調合条件と養生条件、材齢期間とした。

(2) 強度式の同等性評価

圧縮強度とセメント水比の関係から算出される強度式の同等性については、N1,N2,N3 または BB1, BB2, BB3 を用いた全てのコンクリートの圧縮強度から求めた強度式と NN または NBB を用いたコンクリートの圧縮強度から求めた強度式の 2 つの式の有意差検定にて評価した。有意差検定は、「F 検定による分散の差」と「T 検定による回帰係数の差」、「T 検定による切片の差」によって評価した。この強度式の有意差検定は、住友セメントシステム開発株式会社の生コン品質管理システム SuperNet XL-Q (バージョン: R5091) の統計処理ツールを用いて行った。強度式の検定は、下記の表-5.1 に示す調合条件と養生条件、材齢期間を対象とした。

表-5.1 強度式の検定条件

No.	条件	セメント	水セメント比	養生方法	材齢
1	高強度コン 水中養生	N1、N2、N3	25%、35%、45%	水中	28 日
		NN			
2	普通強度コン 水中養生	N1、N2、N3	45%、55%、65%	水中	28 日
		NN			
3	高強度コン 水中養生	BB1、BB2、BB3	25%、35%、45%	水中	28 日
		NBB			
4	高強度コン 簡易断熱養生	N1、N2、N3	25%、35%、45%	簡易断熱	91 日
		NN			
5	高強度コン 簡易断熱養生	BB1、BB2、BB3	25%、35%、45%	簡易断熱	91 日
		NBB			

5.2 評価結果

5.2.1 圧縮強度の同等性評価

N1,N2,N3 または BB1,BB2,BB3 を用いたコンクリートの圧縮強度と NN または NBB を用いたコンクリートの圧縮強度の関係を養生種別毎に整理したグラフを図-5.1~図-5.5に示す。また、図中に±5%の許容範囲を点線で、切片を0として近似した直線式を実線で併せて示す。いずれの養生においても、NNを用いたコンクリートの圧縮強度に対する決定係数（R2乗値）が0.9以上であり、高い相関性を有していることが確認できた。また、いずれの近似直線も許容範囲内にプロットされた。

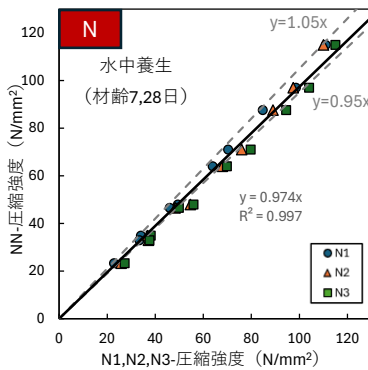


図-5.1 N1, N2, N3 と NN の強度の関係（水中養生）

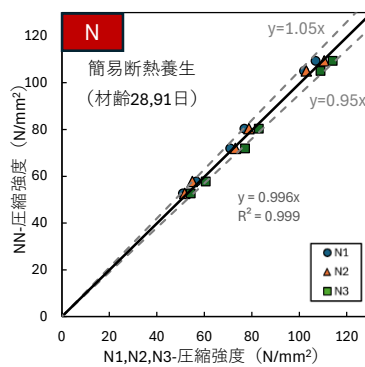


図-5.2 N1, N2, N3 と NN の強度の関係（簡易断熱養生）

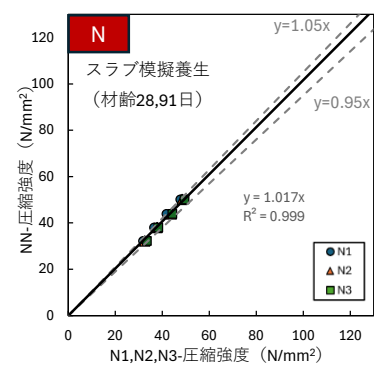


図-5.3 N1, N2, N3 と NN の強度の関係（スラブ模擬養生）

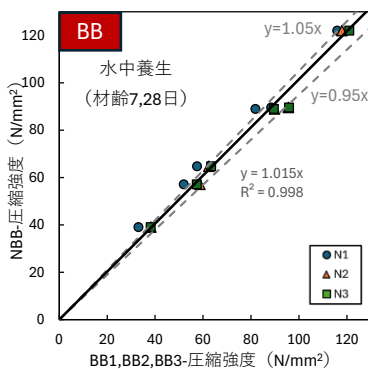


図-5.4 BB1, BB2, BB3 と NBB の強度の関係（水中養生）

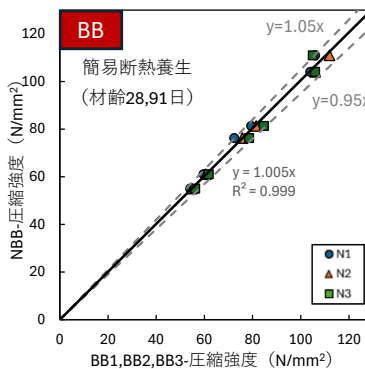


図-5.5 BB1, BB2, BB3 と NBB の強度の関係（簡易断熱養生）

5.2.2 強度式の同等性評価

No.1～5 の各条件における、圧縮強度とセメント水比の関係と算出した強度式を示したグラフを図-5.6～図-5.10 に示す。これらの各強度式に対する有意差検定の結果を表-5.2 に示す。一部の条件においては、切片の値に差があるように見られる結果があるものの、実際にコンクリートを製造するセメント水比の範囲内では算出される圧縮強度に大きな差がないことが確認できる。また、いずれの条件においても、2つの強度式に大きな差はなく、有意差検定の結果からも分散、傾き、切片が有意でないという結果が得られた。なお、今回使用した生コン品質管理システムによる No.1～No.5 の詳細な検定結果については附録（附4）に記載する。

以上の結果より、改正 JIS セメントを用いたコンクリートの圧縮強度とセメント水比から算出される強度式は、様々な調合条件、養生条件、および材齢期間においても、現行 JIS セメントを用いたコンクリートの強度式と同等性があることが確認された。

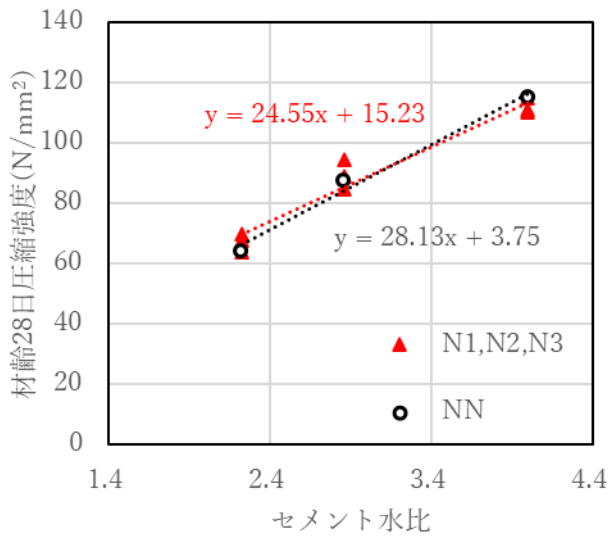


図-5.6 No. 1
(N-水中養生(高強度))

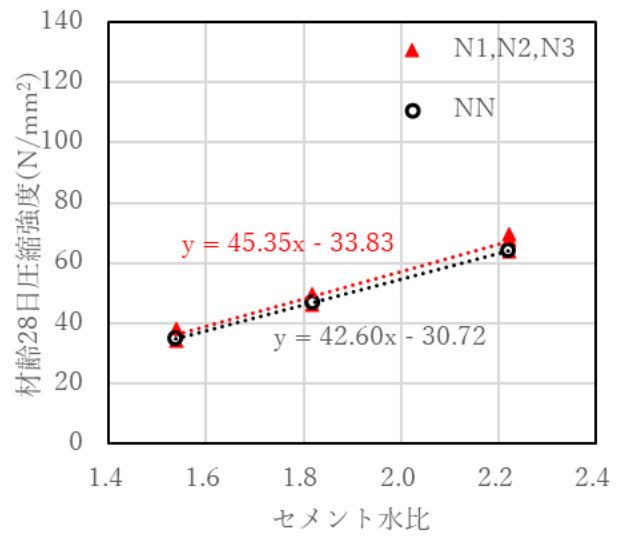


図-5.7 No. 2
(N-水中養生(普通強度))

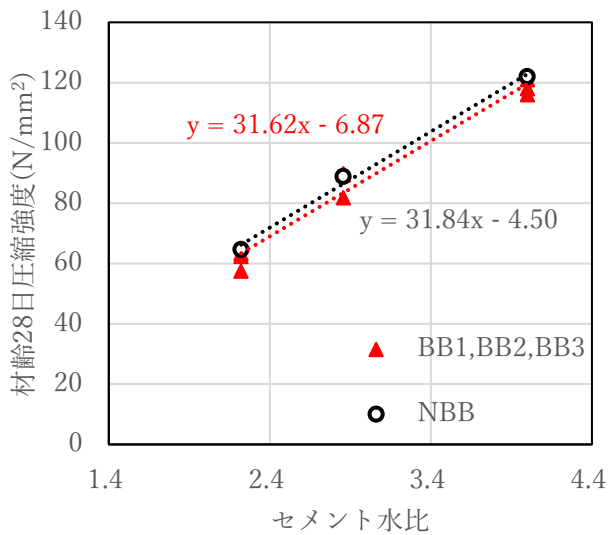


図-5.8 No. 3
(BB-水中養生(高強度))

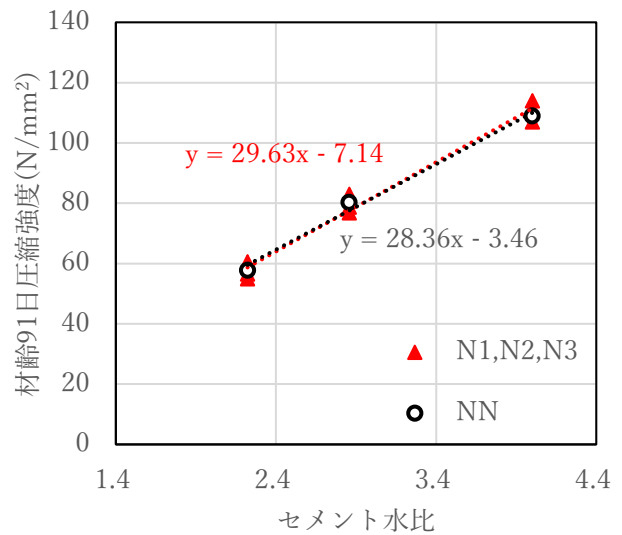


図-5.9 No. 4
(N-簡易断熱養生(高強度))

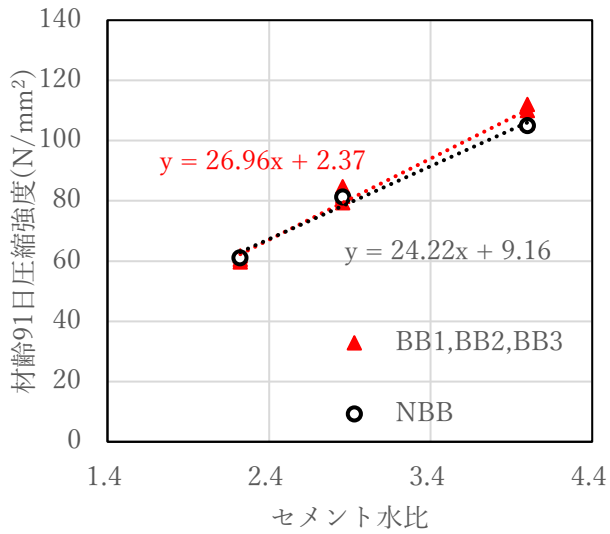


図-5.10 No. 5
(BB-簡易断熱養生(高強度))

表-5.2 各強度式の有意差検定の結果 (信頼区間 95%)

No.	条件	分散	傾き	切片
1	N、高強度、水中養生	有意差はない	有意差はない	有意差はない
2	N、普通強度、水中養生	有意差はない	有意差はない	有意差はない
3	BB、高強度、水中養生	有意差はない	有意差はない	有意差はない
4	N、高強度、簡易断熱養生	有意差はない	有意差はない	有意差はない
5	BB、高強度、簡易断熱養生	有意差はない	有意差はない	有意差はない

6. まとめ

少量混合成分の含量を質量で 0%以上 10%以下としたセメント（改正 JIS セメント）を使用した大臣認定コンクリートの性能評価実験として、既に認定を受けている大臣認定コンクリートを網羅した条件で、「コンクリートのフレッシュ性状・強度特性検証試験」、「高温環境下のコンクリートのフレッシュ性状確認試験」、および「高温度履歴下のモルタル・セメントペースト試験」を実施し、現行 JIS セメントを使用した場合との同等性を評価した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 様々な調合条件のコンクリートにおいても、フレッシュ性状に大きな差がないことが確認された。また、調合条件、養生条件、および材齢期間の違いによらず、コンクリートの強度は同等性を有していることが確認された。また圧縮強度結果から算出される強度式も同等性が有していることが確認された。また、構造体強度補正值も同程度の値であることが確認された。
- (2) 35℃を上回る高温環境下でのコンクリートのフレッシュ性状、凝結時間に大きな差がないことが確認された。
- (3) 高温度履歴を受けたモルタルのフレッシュ性状、圧縮強さ、細孔構造、セメントペーストのクリンカ反応量と水酸化カルシウムをはじめとする水和物の生成に大きな差がないことが確認された。

これらの結果から、改正 JIS セメントおよびそれを基材とするセメント（混合セメントを含む）を使用した大臣認定コンクリートは、現行 JIS セメントおよびそれを基材とするセメント（混合セメントを含む）を使用した大臣認定コンクリートの性能と同等であると判断できる。

附 録

**第1回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事次第**

日 時 2025年3月17日(月) 10時00分~12時00分

場 所 一般社団法人セメント協会 本部 会議室

出席予定者(敬称略)

委員	野 口 貴 文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	
〃	陣 内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	WEB
〃	濱 崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	
〃	三 島 直 生	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	土 屋 直 子	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	鹿 毛 忠 継	国立研究開発法人 建築研究所	
〃	中 田 清 史	国立研究開発法人 建築研究所	
オブザーバー	石 塚 正 士	国土交通省 住宅局	
〃	柳 沢 圭 祐	国土交通省 住宅局	WEB
〃	難 波 基 晴	国土交通省 住宅局	欠席
〃	津 平 公 彦	一般財団法人 日本建築総合試験所	欠席
〃	荒 井 正 直	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
〃	室 屋 哲 也	株式会社 都市居住評価センター	WEB
〃	中 村 則 清	一般財団法人 建材試験センター	WEB
〃	上 村 昌 平	一般財団法人 建材試験センター	欠席
〃	梅 本 宗 宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	
〃	西 本 洋 一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石 田 征 男	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	小 島 明	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	黒 岩 義 仁	UBE三菱セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	本 田 和 也	住友大阪セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
事務局	廣 川 誠 一	一般社団法人セメント協会 常務理事	
〃	吉 田 雅 彦	一般社団法人セメント協会 研究所長	
〃	吉 本 徹	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	島 崎 泰	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	伊 藤 孝 文	一般社団法人セメント協会 研究所	

【議事次第】

1. 本懇談会の設立趣意 (資料 No. 1)
2. 出席者紹介および座長の選出
3. セメント協会で実施した試験結果の報告 (資料 No. 2)
4. 検証試験計画 (案) (資料 No. 3)
5. その他 (次回懇談会など)

【配付資料】

- No. 1 有識者懇談会設立趣意書
- No. 2 新 JIS セメントを用いた高強度コンクリートの特性 (現行セメントとの比較)
- No. 3 検証試験計画 (案)
- 参考資料 1 セメント JIS 改正の概要
- 参考資料 2 新 JIS セメントを用いた各種コンクリート試験結果

「JIS 改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会」 設立趣意書 (案)

1. 懇談会の概要

(懇談会の名称)

JIS 改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会

(懇談会の設立経緯)

カーボンニュートラルの実現に寄与すべく、普通ポルトランドセメント（以下、N）の少量混合成分を 5%以下から 10%以下へ増量することを主目的とする JIS 改正案が了承され、2025 年度の制定・公示が見込まれている。

JIS 改正に伴い、建築基準法第 37 条第二号に該当するコンクリート（以下、大臣認定コンクリート）のセメント品質基準において、N およびそれを基材とする混合セメントの「密度」と「強熱減量」の変更が必要となる（密度は少量混合成分増加に伴い低下する。また、強熱減量は、JIS 原案作成委員会で審議の結果、セメントの品質項目から削除することになっている）。大臣認定コンクリートのセメント品質基準を変更するにあたり、これまでの全ての認定を取得しなおすことは現実的ではない。

この課題に対して国土交通省と協議した結果、有識者による懇談会を設立して JIS 改正前後のセメントの大臣認定コンクリートにおける品質について検証し、その結果を踏まえ、国土交通省国土技術政策総合研究所および建築研究所が JIS 改正品、すなわち、少量混合成分を増量したセメントでも大臣認定コンクリートに支障をきたすことはない最終判断すれば、国土交通省住宅局は大臣認定コンクリートにおけるセメント品質基準の変更について、読み替えによる対応を行うこととしたところである。

(懇談会の目的)

本懇談会では、少量混合成分が 5%以下の N と、少量混合成分が 10%の N を使用した大臣認定コンクリートの性能を比較し、技術的評価を行う。

(活動の主体)

一般社団法人セメント協会

(委員の構成)

3 頁目参照

(活動期間と開催回数)

活動期間：2025 年 3 月より 1 年間程度

開催回数：活動期間内に 2～3 回開催

2. 懇談会設立の背景

（カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン）

2022年3月、セメント協会は「カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン」（以下、長期ビジョン）を発表した。目指すべき対策の一つとして、クリンカ/セメント比を低減するため「ポルトランドセメントに添加する少量混合成分の分量を増量する」ことを長期ビジョンに明示した。

（少量混合成分を増量したNを用いたコンクリートの各種試験）

セメント協会では、これまでに少量混合成分が5%以下のNと、少量混合成分が10%の試製N^{*}を用いた大臣認定コンクリートの各種試験を実施し、データを収集した。

（※将来供給するNを想定し、クリンカ組成や比表面積等を調整し、工場の実機で製造したプロトタイプの新製セメントである（少量混合成分が5%以下の現行のNの少量混合成分を増量しただけのNではない）。）

（少量混合成分を増量するセメントのJIS改正）

長期ビジョンの実現に向け、セメント協会はNの少量混合成分を5%以下から10%以下へ増量することを主目的とするJIS原案作成委員会（委員長：東京工業大学 坂井悦郎 名誉教授）が発足し、3回（2024年3月26日、7月19日、9月25日）開催した。

審議の結果、Nの少量混合成分を10%以下とする増量の改正案が了承された。2025年度の制定・公示を見込んでいる。

（大臣認定に定められているセメント品質基準およびその改定で生じる申請者負担）

建築基準法第37条の第二号に該当するコンクリート（以下、大臣認定）にもセメントの品質基準が定められている。また、建築基準法上、品質基準を改定する場合、申請者（セメントユーザー）は新規の申請と同じ手続き、すなわち、申請書類の作成ならびに申請手数料（2025年1月から66万円/申請）の支払いが必要となる。

（大臣認定のセメント品質基準に関係するセメント品質項目）

JIS改正に伴い、大臣認定のセメント品質基準に関係する項目は、「密度」と「強熱減量」である。密度は少量混合成分増加に伴い低下する。また、少量混合成分を添加させる時期や量がセメント工場毎に異なることから、大臣認定で定められている管理幅（±0.02）に収まらなくなる可能性が高い。また、強熱減量は、JIS原案作成委員会で審議の結果、セメントの品質項目から削除することになった。よって、新JIS規格適合品と大臣認定の品質基準の整合が望まれる。

（大臣認定のセメント品質基準改定に係る申請の緩和措置要望）

セメント協会は、国土交通省住宅局に対し、「大臣認定のセメント品質基準改定に係る申請の緩和措置」を要望した。その結果、2024年10月、同局より、以下を条件として、大臣認定のセメント品質基準を「読み替え」により改定する旨が提案された。

- ①セメント協会内に学識経験者を含めた検討組織を設置し、現在流通しているセメントとクリンカ/セメント比を低減したセメントとを用いた大臣認定コンクリートの性能についての議論を行うこと（②の実験計画及び実験結果を含む）。
- ②建築研究所で追加評価試験を実施すること。
- ③それらの結果を踏まえ、国土技術政策総合研究所および建築研究所がJIS改正品、すなわち、少量混合成分を増量したセメントでも大臣認定コンクリートに支障をきたすことはない最終判断すること。

(懇談会の発足)

セメント協会は、提案に対して賛同の意向を国土交通省住宅局に伝え、また、国土技術政策総合研究所および建築研究所とも協議を行った。これらの経過を背景として、今般、「JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会」を発足させた。

《委員の構成》

(敬称略)

委員	野口 貴文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授
〃	陣内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授
〃	濱崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
〃	三島 直生	国土交通省 国土技術政策総合研究所
〃	土屋 直子	国土交通省 国土技術政策総合研究所
〃	鹿毛 忠継	国立研究開発法人 建築研究所
〃	中田 清史	国立研究開発法人 建築研究所
オブザーバー	石塚 正士	国土交通省 住宅局
〃	柳沢 圭祐	国土交通省 住宅局
〃	難波 基晴	国土交通省 住宅局
〃	津平 公彦	一般財団法人 日本建築総合試験所
〃	荒井 正直	一般財団法人 日本建築総合試験所
〃	室屋 哲也	株式会社 都市居住評価センター
〃	中村 則清	一般財団法人 建材試験センター
〃	上村 昌平	一般財団法人 建材試験センター
〃	梅本 宗宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部
〃	西本 洋一	全国生コンクリート工業組合連合会

資料No.2

第一回 有識者懇談会

25/3/17 (一社)セメント協会

新JISセメントを用いた 高強度コンクリートの特性

-現行セメントとの比較-

(一社)セメント協会

目次

1. 室内試験
2. 実大模擬部材試験
3. 同等性評価結果

1. 室内試験
2. 実大模擬部材試験
3. 同等性評価結果

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

試験の概要

セメント工場で実機試製した
 少量混合成分10%セメント（新JISセメント）を用いて各種室内試験を実施

新JISセメント

少量混合成分10%セメント

↕

現行セメント

3社混合

少量混合成分5%セメント

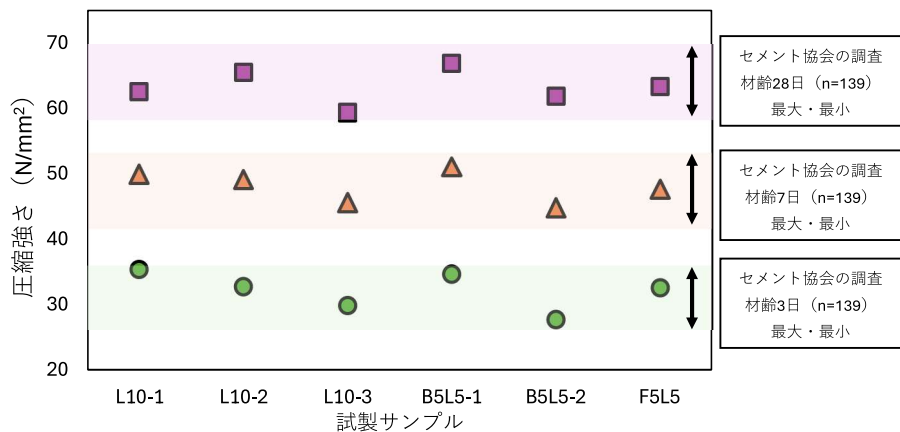
新JISセメントと**現行セメント**の各種特性を比較

使用セメントの種類と品質

区分	製造社	セメント略称	少量混合成分割合 (%)			密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 lg.loss (%)	圧縮強さ (N/mm ²)		
			LSP	BFS	FA				3日	7日	28日
現行	三社混合					3.14	3180	2.57	29.9	46.0	62.5
	A社	L5	5	0	0	3.15	3110	2.92	30.8	46.5	66.5
新JIS	B社	L10-1	10	0	0	3.10	3880	4.94	35.4	49.9	62.4
	A社	L10-2	10	0	0	3.11	3490	5.17	32.8	49.1	65.4
	C社	L10-3	10	0	0	3.11	3470	5.54	29.9	45.6	59.3
	B社	B5L5-1	5	5	0	3.10	3720	2.73	34.7	51.0	66.8
	C社	B5L5-2	5	5	0	3.12	3170	3.00	27.8	44.8	61.8
	D社	F5L5	5	0	5	3.08	3480	2.78	32.6	47.6	63.2

新JISセメントは、現行セメントと同程度の強度が出るようにクリンカー配合や比表面積を調整した

使用セメントの種類と品質



新JISセメントの圧縮強さはこれまでのセメントと同程度

新JISセメントは、現行セメントと同程度の強度が出るようにクリンカー配合や比表面積を調整した

実施試験項目

【普通強度】 W/C65%,55%,45% (一部水準で、5℃・35℃の検討も実施)

- フレッシュ性状 (スランプ、空気量)
- ブリーディング
- 凝結
- 圧縮強度
- 静弾性係数
- 乾燥収縮
- 凍結融解
- 促進中性化
- 塩分浸透

【高強度】 W/C45%,36%,27% (一部水準で35℃の検討も実施)

- フレッシュ性状 (スランプ、空気量)
- ブリーディング
- 圧縮強度
- 静弾性係数
- 自己収縮
- 断熱温度上昇

コンクリートの水セメント比および目標フレッシュ性状

成形温度 (°C)	W/C (%)	目標フレッシュ性状		備考
		スランプまたはスランプフロー (cm)	空気量 (%)	
20	45	23±1.5	2.0~3.5	高性能AE減水剤および消泡剤 (もしくはAE剤) を調整して、目標フレッシュ性状を得た。
	36	55±5.0		
	27	60±7.5		

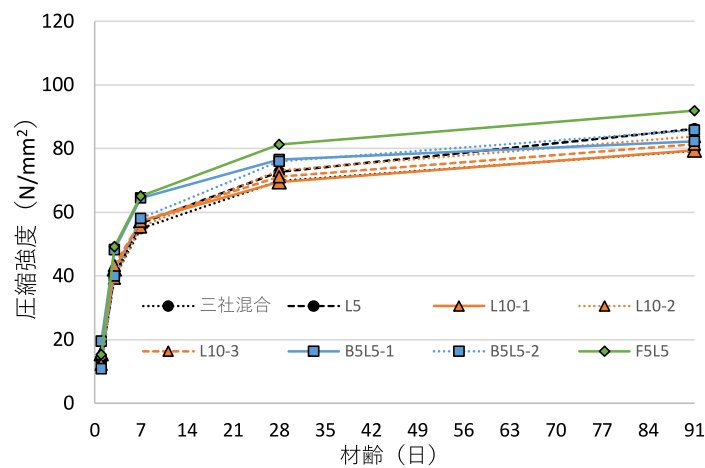
コンクリートの調合およびフレッシュ性状の一例 (W/C 36%)

区分	セメント	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)				高性能 AE減水剤 (C×%)	フレッシュ性状	
			W	C	S	G		SLF (cm)	空気量 (%)
現行	三社混合	36	170	472	791	909	1.30	59.5	3.2
	L5		170	472	792	910	1.40	59.5	3.3
新 JIS	L10-1		170	472	788	906	1.30	59.0	2.6
	L10-2		170	472	789	907	1.25	54.5	3.3
	L10-3		170	472	789	907	1.65	53.5	3.5
	B5L5-1		170	472	788	906	1.45	50.5	3.2
	B5L5-2		170	472	790	912	1.50	51.0	3.5
	F5L5		170	472	787	908	1.65	51.0	3.0

セ協での実験は、新JISセメントの実密度で調合設計

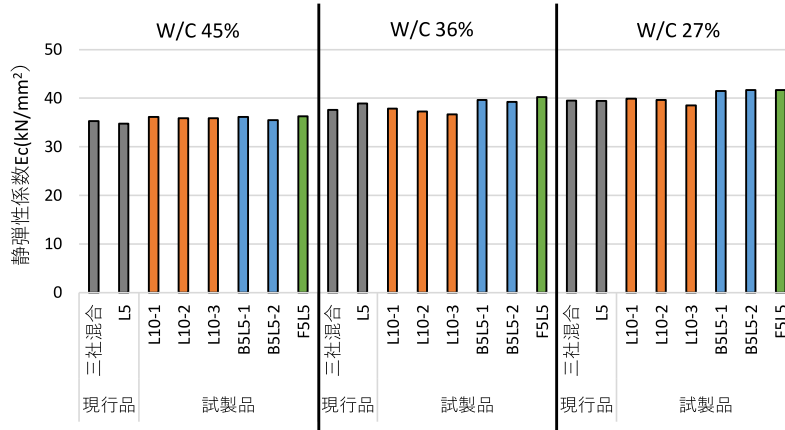
現行セメントと新JISセメントの混和剤添加量は同程度

圧縮強度試験結果の一例 (W/C 36%)



現行セメントと新JISセメントの圧縮強度は同程度

静弾性係数試験結果



現行セメントと新JISセメントの静弾性係数は同程度

1. 室内試験
2. 実大模擬部材試験
3. 同等性評価結果

試験の概要

生コンクリート工場で大規模模擬部材を作製し、
温度履歴や模擬部材コア強度に関する検討を実施

【試験項目】

- ・フレッシュ性状
- ・模擬部材の温度履歴
- ・圧縮強度
- ・模擬部材コア強度
→ 「構造体強度補正值」



使用材料

○普通ポルトランドセメント

- ①新JISセメント：L10-3（LSP10%）
- ②現行セメント：生コン工場使用品（市販品）

試製 タイプ	略称※1	少量混合成分(%)			
		LSP	BFS	FA	合計
1	L10-1	10	0	0	10
	L10-2	10	0	0	10
	L10-3	10	0	0	10
2	B5L5-1	5	5	0	10
	B5L5-2	5	5	0	10
3	F5L5	5	0	5	10



- 骨材・水・混和剤：生コン工場使用品
（砂，砕砂，砕石2005，工業用水，AE減水剤，消泡剤）

コンクリートの調合および試験環境

記号	W/C (%)	粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)					目標フレッシュ性状 (現着60分時)
			W	C	S		G	
					S1	S2		
27-現行	27	0.554	170	630	382	322	896	SLF : 60 ± 10cm 空気量 : 2.0 ± 1.0%
27-新JIS			170	630	380	317	896	
36-現行	36	0.559	170	472	450	378	904	SLF : 55 ± 7.5cm 空気量 : 2.0 ± 1.0%
36-新JIS			170	472	447	375	904	
45-現行	45	0.545	175	389	494	412	883	SL : 23 ± 2.0cm 空気量 : 2.0 ± 1.0%
45-新JIS			175	389	491	410	883	

○試験環境

夏期(8月) : 日平均気温28.4℃, 最高気温32.8℃, 最低気温24.5℃

冬期(2月) : 日平均気温 8.3℃, 最高気温12.6℃, 最低気温 3.2℃

試験方法および試験項目

○コンクリート製造・試料採取方法

・練混ぜ量 : 1.5m³/バッチ

→ 2バッチ合計3.0m³

→ アジ車に積載

→ 試験時に荷卸し



○フレッシュ試験

・練混ぜ直後, 60分後, 90分後, 120分後 ※一部, 240分後まで

・スランプ/スランプフロー試験, 空気量試験

○圧縮強度試験

・練混ぜ60分後に試験体採取

→ 標準養生 (20℃, 水中養生)

・養生期間 : 材齢7, 28, 91日

試験方法および試験項目

○簡易断熱養生

- ・練混ぜ60分後に試験体採取
- ・簡易断熱養生槽へ投入
- ・養生期間：材齢28, 91日



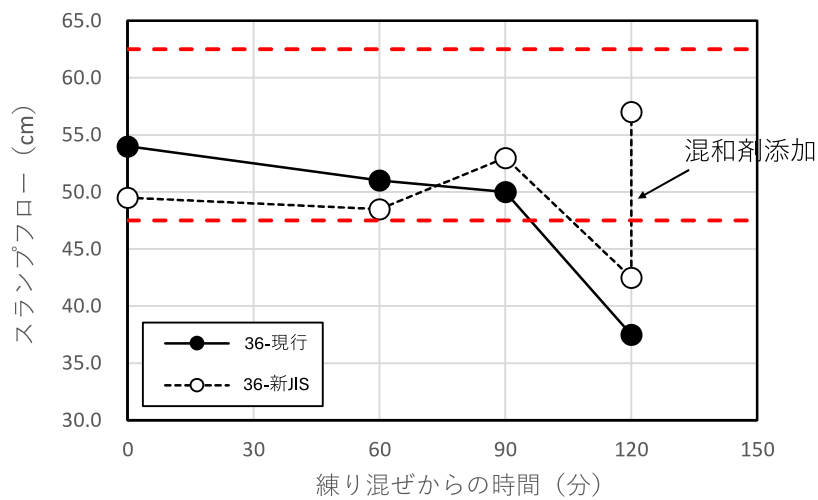
○模擬部材

- ・各1mの模擬部材
- ・練混ぜ60分後に試験体打込み
- ・模擬部材中央部の温度測定
- ・コア強度：材齢28, 91日



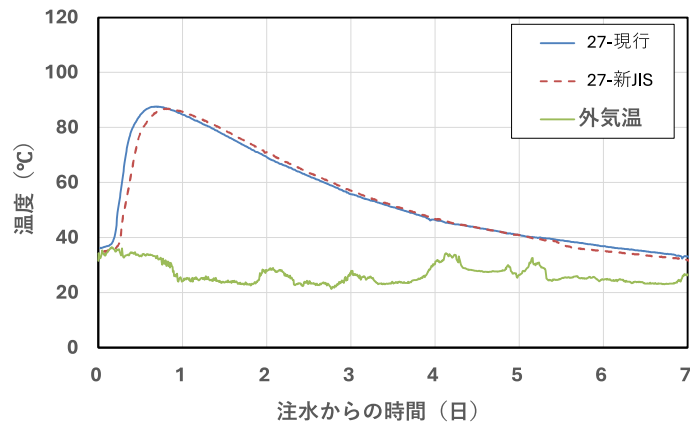
→構造体強度補正值を算出

フレッシュ試験結果の一例（夏期 - W/C 36%）



現行セメントと新JISセメントのフレッシュ性状は同程度

実大模擬部材の中心温度履歴の一例（夏期 - W/C 27%）



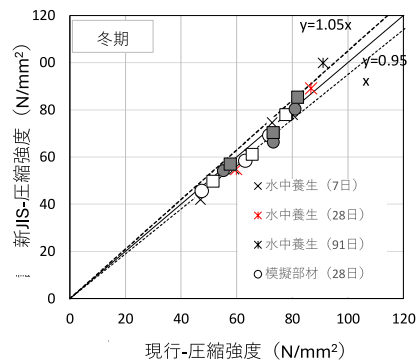
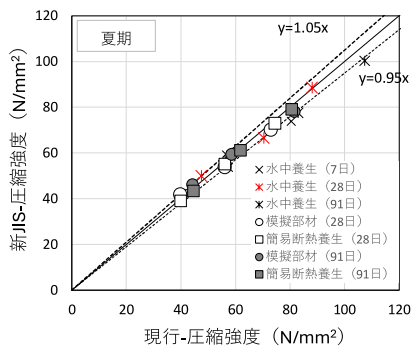
現行セメントと新JISセメントの温度発現性は同程度

圧縮強度試験結果

- ×：標準養生(7日)
- ✖：標準養生(28日)
- ⋈：標準養生(91日)
- ：模擬部材(28日)

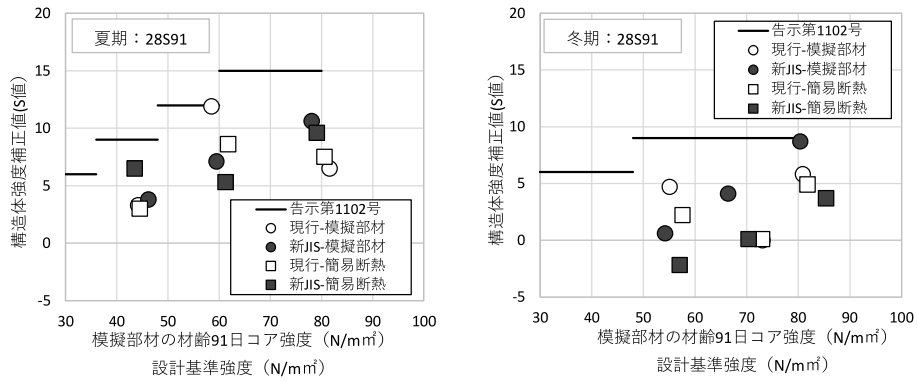
- ：簡易断熱(28日)
- ：模擬部材(91日)
- ：簡易断熱(91日)

※空気量補正済み

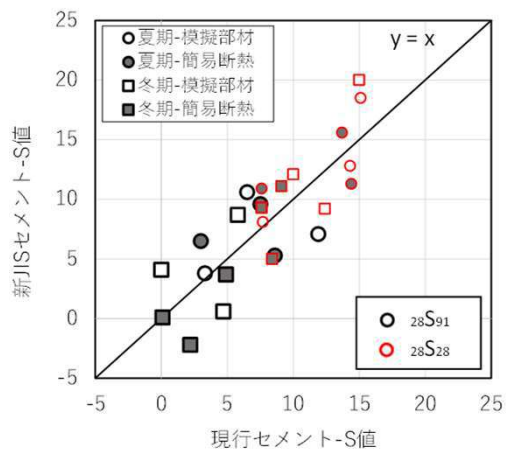


現行セメントと新JISセメントの圧縮強度は同程度

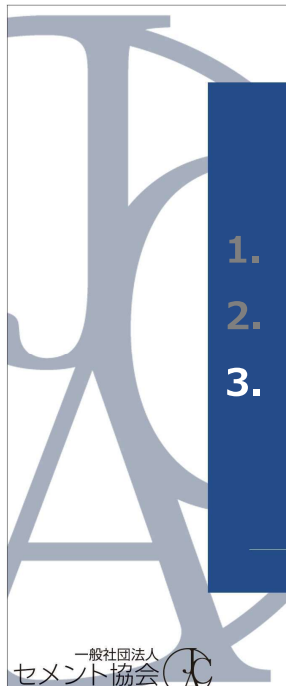
構造体強度補正值 (S値)



構造体強度補正值 (S値)



現行セメントと新JISセメントのS値は同程度





1. 室内試験

2. 実大模擬部材試験

3. 同等性評価結果

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association



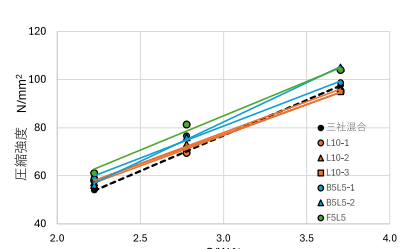


一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

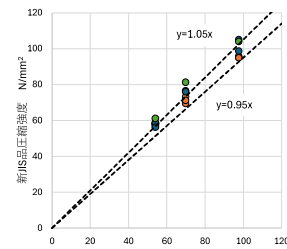
同等性評価方法

セ協で実施した強度試験結果について
以下に示す二つの方法で同等性評価を実施

- ① 横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントのC/Wと圧縮強度の直線式（一次式）を比較する（①-1、①-2）
- ② 横軸を現行セメントの圧縮強度、縦軸を新JISセメントの圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントの圧縮強度比を1:1の関係で比較する



①のグラフの例（水中養生-材齢28日）



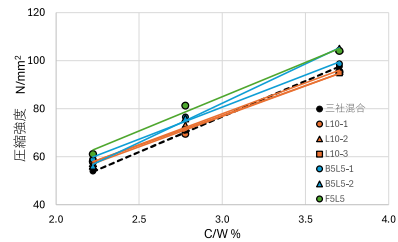
②のグラフの例（水中養生-材齢28日）

同等性評価方法①-1の概要

① 横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントのC/Wと圧縮強度の直線式（一次式）を比較する

①-1

⇒現行セメントのC/W直線と新JISセメントのC/W直線を、生コン工場で用いられている品質管理システムの有意差検定で比較し、有意差を評価する



- ◆二組の分散の違いの検定
- ◆回帰係数の差の検定
- ◆切片の差の検定

統計的手法を用いて検定

同等性評価方法①-1の概要 (生コン工場の品質管理システムを用いた例)

一次式の違いの検定

1. データの整理

	夏期 高強度 標準養生 α28 ①市販品	夏期 高強度 標準養生 α28 ②試験品
個数 n	3	3
二乗和 $\sum x_i^2$	26.374184	$\sum x_i^2$ 26.374184
平方和 $S(x_i, x_i)$	1.120979	$S(x_i, x_i)$ 1.120979
平方和 $S(y_i, y_i)$	889.0067	$S(y_i, y_i)$ 814.8467
積和 $S(x_i, y_i)$	30.94327	$S(x_i, y_i)$ 30.11513
回帰係数 b_1	27.60379	b_1 26.86503
平均値 \bar{x}	2.9013	\bar{y} 70.4667
平均値 \bar{y}	72.9333	\bar{x} 2.9013

残差平方和 $Se_1 = S(y_i, y_i) - b_1 \times S(x_i, y_i) = 889.0067 - 27.60379 \times 30.94327 = 34.85514$
 $Se_2 = S(y_i, y_i) - b_2 \times S(x_i, y_i) = 814.8467 - 26.86503 \times 30.11513 = 5.80295$

$y = a + b \cdot x$ と $y = a + b \cdot x$ より、回帰式: $y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$ を推定する
 $y_1 = 72.9333 + 27.60379(x_1 - 2.9013)$ $y_2 = 70.4667 + 26.86503(x_2 - 2.9013)$

不偏分散 $V_{k1}(y) = \frac{Se_1}{n_1 - 2}$ を求める $V_{k2}(y) = \frac{Se_2}{n_2 - 2}$ を求める
 $V_{k1}(y) = \frac{34.85514}{1} = 34.85514$ $V_{k2}(y) = \frac{5.80295}{1} = 5.80295$

2. 二組の分散の違いの検定 (危険率: $\alpha = 0.05$)
 母集団 $N(\mu_1, \sigma^2)$ と $N(\mu_2, \sigma^2)$ のそれぞれとった大きさ n_1, n_2 なる二組の試料について
 仮説 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ vs $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 又は $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ に対して検定する。
 (1) F の値を次式により求める。
 $F = \frac{V_{k1}(y)}{V_{k2}(y)} = \frac{34.85514}{5.80295} = 6.0065$
 (2) F 分布表から自由度 $f_1 = n_1 - 2, f_2 = n_2 - 2$ 、危険率 $\alpha/2$ に対応する F の限界値 $F(f_1, f_2, \alpha/2)$ の値を求める。
 $F(1, 1, 0.05/2) = 847.789$
 (3) F と $F(f_1, f_2, \alpha/2)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} F < F \text{ ならば 仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ F > F \text{ ならば 仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

一次式の違いの検定

3. 回帰係数の差の検定 (危険率: $\alpha = 0.05$)
 二つの正規母集団 $N(\mu_1, \sigma^2), N(\mu_2, \sigma^2)$ のそれぞれとった大きさ n_1, n_2 なる二組の試料について
 仮説 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ を検定する。
 (1) 回帰からの不偏分散 $V_{k1}(y)$ を求める。
 $V_{k1}(y) = \frac{Se_1 + Se_2}{n_1 + n_2 - 4} = \frac{34.85514 + 5.80295}{3 + 3 - 4} = 20.32965$
 (2) t の値を次式により求める。
 $t = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{V_{k1}(y) \left[\frac{1}{S(x_1, x_1)} + \frac{1}{S(x_2, x_2)} \right]}} = \frac{27.60379 - 26.86503}{\sqrt{20.32965 \left[\frac{1}{1.120979} + \frac{1}{1.120979} \right]}} = 0.1227$
 (3) t 分布表から自由度 $f = n_1 + n_2 - 4$ 、危険率 α に対応する t の限界値 $t(f, \alpha)$ の値を求める。
 $t(6, \alpha = 0.05) = t(2, 0.05) = 4.303$
 (4) $|t|$ と $t(f, \alpha)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} |t| \leq t \text{ ならば 仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ |t| > t \text{ ならば 仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

4. 切片の差の検定 (危険率: $\alpha = 0.05$)
 二つの正規母集団 $N(\mu_1, \sigma^2), N(\mu_2, \sigma^2)$ のそれぞれとった大きさ n_1, n_2 なる二組の試料について
 仮説 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ を検定する。
 (1) t の値を次式により求める。
 $t = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2)}{\sqrt{V_{k1}(y) \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{b_1^2}{S(x_1, x_1)} + \frac{b_2^2}{S(x_2, x_2)} \right]}} = \frac{72.9333 - 70.4667 - (27.60379 \times 2.9013 - 26.86503 \times 2.9013)}{\sqrt{20.32965 \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{27.60379^2}{1.120979} + \frac{26.86503^2}{1.120979} \right]}} = 0.1381$
 (2) t 分布表から自由度 $f = n_1 + n_2 - 4$ 、危険率 α に対応する t の限界値 $t(f, \alpha)$ の値を求める。
 $t(6, \alpha = 0.05) = t(2, 0.05) = 4.303$
 (3) $|t|$ と $t(f, \alpha)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} |t| \leq t \text{ ならば 仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ |t| > t \text{ ならば 仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

5. 採用式の決定
 以上により、二組の回帰式の間には差があるとは言えなかった。

同等性評価①-1結果

一次式の違いの検定 (品質管理システムSuperNet XL-Qを用いた有意差検定)

・・・二組の分散の違いの検定、回帰係数の差の検定、切片の差の検定を優位水準 $\alpha=0.05$ で実施

試験	養生 (材齢)	現行セメント	新JISセメント	有意差	備考
室内	水中 (28日)	三社混合,L5 (N=6)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし	
	簡易 断熱 (91日)	三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし	
		三社混合,L5 (N=6)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	あり	
		三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし	
		三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし	

試験	養生 (材齢)	現行セメント	新JISセメント	有意差	備考
実大 模擬 部材 (夏)	水中 (28日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
	コア (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
	簡易断熱 (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
	水中 (28日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
実大 模擬 部材 (冬)	コア (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
	簡易断熱 (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※

※実大模擬部材の結果は、空気量補正の有無によらず同じ結果となった

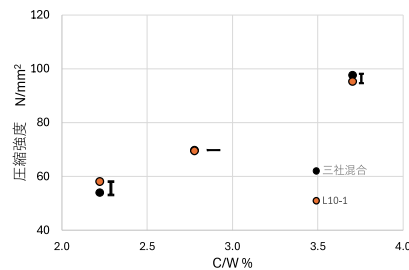
ほぼ全ての水準で有意差がないことを確認

同等性評価方法①-2の概要

- ① 横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントのC/Wと圧縮強度の直線式（一次式）を比較する

①-2

⇒現行セメントの圧縮強度と新JISセメントの圧縮強度を、『JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定値の平均の差と与えられた値の比較（差の分散未知）』で比較し、有意差が無いことを評価する



混和剤や骨材などの変更実績例がある統計的手法

同等性評価方法①-2の概要 (JIS Z 9041 - 2 書式K'を用いた例)

データ	セメント	W/C	材齢28日圧縮強度		測定の変 d=x-y
			現行品	試製品	
1	N	45	58.6	59.2	-0.6
2	N	36	78.9	79.1	-0.2
3	N	27	99.2	99.4	-0.2
測定の変の合計					-1.0
測定の変の平均①					-0.33
測定の変の標準偏差②					0.23
JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定の変の平均による検定					
帰無仮説	d=x-y	H0:d=0		現行品と試製品との強度に有意差なし	
		H1:d≠0		現行品と試製品との強度に有意差あり	
統計量	データ数③			n	3
	自由度④			V=n-1	2
	変の標準偏差			Sd	0.231
	T _{v,1-2/α} (v)	⑤ α=0.05	t _{0.975(v)}	t分布表より	4.303
		⑥ α=0.01	t _{0.995(v)}	t分布表より	9.925
変の平均①			D=d	-0.33	
判定基準	B (α=0.05) ⑦			⑤×②/√④	0.70
	B (α=0.01) ⑧			⑥×②/√④	1.62
	D >Bの場合		有意差あり (帰無仮説H ₀ を棄却)		
	有意水準	D	不等号	B	有意差
	α=0.05	0.333	<	0.7	なし
α=0.01	0.333	<	1.62	なし	

同等性評価①-2結果

JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定値の平均の差と与えられた値の比較 (差の分散未知)

・・・上記検定を優位水準 α=0.05 で実施

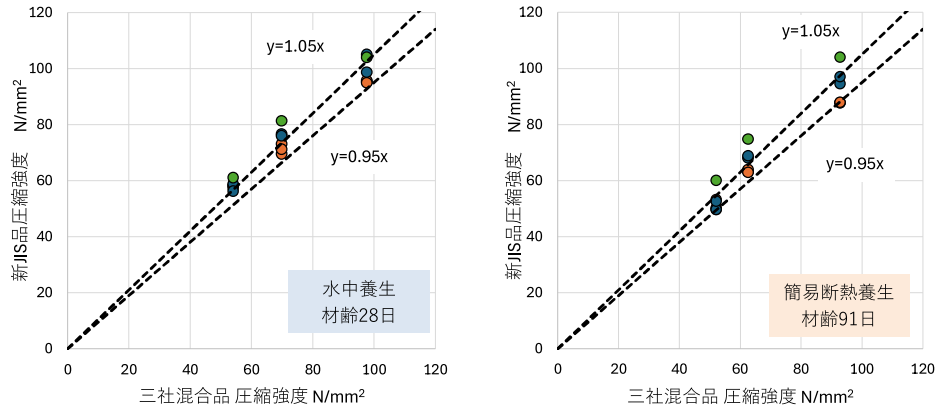
試験	養生 (材齢)	現行セメント	新JISセメント	有意差	備考	試験	養生 (材齢)	現行セメント	新JISセメント	有意差	備考
室内	水中 (28日)	三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし		実大 模擬 部材 (夏)	水中 (28日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし			コア (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし			簡易断熱 (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし			水中 (28日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし			コア (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし			簡易断熱 (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
	簡易 断熱 (91日)	三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし		実大 模擬 部材 (冬)	水中 (28日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし			コア (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし			簡易断熱 (91日)	市販品 (N=3)	試製品 (N=3)	なし	※
		三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし							
		三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし							
		三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	あり							

※実大模擬部材の結果は、空気量補正無しの値で計算

ほぼ全ての水準で有意差がないことを確認

同等性評価方法②の概要

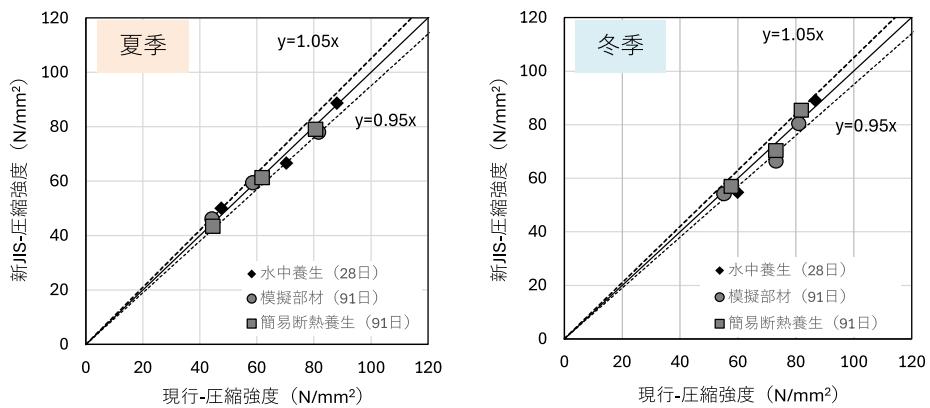
② 横軸を現行セメントの圧縮強度、縦軸を新JISセメントの圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントの圧縮強度比を1:1の関係で比較する



室内試験における三社混合品と新JIS品の圧縮強度の関係

同等性評価方法②の概要

② 横軸を現行セメントの圧縮強度、縦軸を新JISセメントの圧縮強度とし、現行セメントと新JISセメントの圧縮強度比を1:1の関係で比較する



実大模擬部材試験における市販品と新JIS品の圧縮強度の関係

まとめ

セメント協会では、少量混合成分10%セメント（新JISセメント）を用いて各種コンクリート試験を実施し、複数の手法で現行セメントと同等性について検証を行った。その結果、本検討においては、現行セメントと同程度の性能を有していることが確認された。

これらの検討結果、および2025年度に実施する建築研究所での試験結果を用いた同等性検討結果をもって、新旧JISセメントの同等性について評価いただきたい。

検証試験計画(案)

【試験概要】

- セメント種： N、BB
- 使用セメント： 現行セメント（A 社市販品、B 社市販品、C 社市販品）
新 JIS セメント（少量混合成分として石灰石 10%）
- 高炉スラグ： 市販品（3 社混合）（内割 43%置換）
- 水セメント比： N⇒45%,38%,32%,25%
BB⇒45%,38%,32%
- 実施試験： フレッシュ性状 → スランプ（フロー）、空気量
硬化性状 → 圧縮強度（水中養生：7,28 日），（簡易断熱養生：28,91 日）

【コンクリートの種類】

セメント種	使用セメント	W/C (%)	目標フレッシュ性状		備考
			スランプまたはスランプフロー (cm)	空気量 (%)	
N	<ul style="list-style-type: none"> ・ A 社市販品 ・ B 社市販品 ・ C 社市販品 ・ 新 JIS 	45	23±1.5	2.0 未満	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高性能 AE 減水剤および空気量調整剤の添加量を調整して、目標フレッシュ性状を得る。 ・ コンクリートの調合は粗骨材かさ容積を一定として調合設計する。
		38	50±7.5		
		32	60±10		
		25	60±10		
BB	<ul style="list-style-type: none"> ・ A 社市販品 ・ B 社市販品 ・ C 社市販品 ・ 新 JIS ×BFS43% 	45	23±1.5		
		38	50±7.5		
		32	60±10		

以上

**第一回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事録**

日時 2025年3月17日（月） 10時00分～12時00分

場所 （一社）セメント協会 本部（東京都中央区新富 2-15-5）

出席者（順不同・敬称略）

委員	野口 貴文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	
〃	陣内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	WEB
〃	濱崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	
〃	三島 直生	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	土屋 直子	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	鹿毛 忠継	国立研究開発法人 建築研究所	
〃	中田 清史	国立研究開発法人 建築研究所	WEB
オブザーバー	石塚 正士	国土交通省 住宅局	
〃	柳沢 圭祐	国土交通省 住宅局	WEB
〃	難波 基晴	国土交通省 住宅局	欠席
〃	津平 公彦	一般財団法人 日本建築総合試験所	欠席
〃	荒井 正直	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
〃	室屋 哲也	株式会社 都市居住評価センター	WEB
〃	中村 則清	一般財団法人 建材試験センター	WEB
〃	上村 昌平	一般財団法人 建材試験センター	欠席
〃	梅本 宗宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	
〃	西本 洋一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石田 征男	太平洋セメント株式会社（技術専門委員会 委員）	
〃	小畠 明	太平洋セメント株式会社（技術専門委員会 委員）	
〃	黒岩 義仁	UBE三菱セメント株式会社（技術専門委員会 委員）	
〃	本田 和也	住友大阪セメント株式会社（技術専門委員会 委員）	
事務局	廣川 誠一	一般社団法人セメント協会 常務理事	
〃	吉田 雅彦	一般社団法人セメント協会 研究所長	
〃	吉本 徹	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	島崎 泰	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	伊藤 孝文	一般社団法人セメント協会 研究所	

配付資料

- No. 1 有識者懇談会設立趣意書
- No. 2 新 JIS セメントを用いた高強度コンクリートの特性（現行セメントとの比較）
- No. 3 検証試験計画（案）
- 参考資料 1 セメント JIS 改正の概要
- 参考資料 2 新 JIS セメントを用いた各種コンクリート試験結果

【要旨】

本懇談会では、少量混合成分が 5%以下の N と、少量混合成分が 10%の N の使用を想定した大臣認定コンクリートの性能の同等性に関する技術的評価を行うことを目的としている。第一回懇談会では、セメント協会が実施した高強度コンクリートを対象とした各種試験結果の報告および 2025 年度に建築研究所で実施を予定している検証試験計画（案）について審議を行った。

検証試験計画（案）に関する審議において、高強度コンクリート以外の大臣認定（例えば、高流動コンクリート、軽量コンクリート、など）への対応に関する意見が出た。第二回の有識者懇談会では、セメント協会が実施した高強度コンクリート以外の結果についても報告することとし、検証試験計画（案）における試験項目の追加の必要性について審議することとした。（以下に議事録の詳細を示す）

議事に先立ち、事務局より資料の説明および本日の資料は公開を控えるよう連絡がなされた。

1. 本懇談会の設立趣意に関する件（資料 No. 1）

事務局吉本より、本懇談会の設立趣意について、設立趣意書を読み上げて説明した。

2. 出席者紹介および座長の選出に関する件

事務局吉田より、本懇談会の参加者の紹介を行った。また、本懇談会の座長の選出にあたり、事務局より JIS 原案作成委員会の委員として参加した野口委員に本懇談会の座長を御願いたい旨の提案がなされ、承認された。以降、野口座長の進行により審議を行った。

3. セメント協会が実施した試験結果の報告に関する件（資料 No. 3）

本田氏より、セメント協会が実施した高強度コンクリートを対象とした各種試験結果およびその同等性評価結果について説明があった。事務局は、説明後の意見交換で出た下記の内容について整理し、次回懇談会で報告することとした。

- 高強度コンクリートの検討をするにあたり、どのあたりの強度を想定しているのか。W/C27%は指定強度 F_c でいうと 60N/mm^2 を想定したのか。
⇒今回の検討では F_c で 60N/mm^2 を想定した。
⇒今後の資料の説明にあたり、今回セメント協会が設計した水セメント比が実際にどの程度の強度を想定しているのかを明記した方がよい。
⇒今回セメント協会が生コン工場の実機試験をした際に、その工場が既に大臣認定品を出荷しているとのことだったので、その該当する調合について確認するのが良い。
⇒設計基準強度で $39\sim 60\text{N/mm}^2$ を得るために水セメント比 27%~45%で広めに範囲を取って実験をしており、 $F_c60\text{N/mm}^2$ をカバーしていると思われる。
- 資料には高強度コンクリートと書かれているが大臣認定の中には高流動コンクリートもある。
- 大臣認定コンクリートの中には軽量コンクリートで大臣認定を取っているケースもある。
⇒高流動コンクリートや骨材が変わった場合、新 JIS セメントが影響するかどうかについて、本懇談会で審議が必要である。新 JIS セメントが現行セメントと同等かどうかについて検討していただきたい。そのために、これから実施予定の検証試験について組み込む必要がある内容についてもご意見いただきたい。
- 今回試製した新 JIS セメントは将来一番極端な例を想定した試製したセメントで、今後製造されるセメントは、これまでの現行セメントとこの試製セメントの間に入るということなのか。
⇒その通りである。
⇒内側に入るというよりも、2030 年を目標に徐々に変化していくということである。
⇒考えられる最終形ではあるが、全てのセメント工場でそうできるかは確定していない。
- 超高強度コンクリート (F_c で 100N/mm^2 以上) のように、セメントの反応率が低いものは少量混

合成分増量による影響は小さいと思うが、このような想定をしているのか。

⇒そのような高強度領域ではNセメントは使用されておらず、低熱系やシリカフェーム系が使用されるのが一般的である。

⇒VKC など特殊な事例も一部ある。

⇒VKC ではFcで150N/mm²程度まで実績はあるが、この領域での影響は非常に小さく、問題ないと思われる。

- 今回の読み替えが承認されたら、どのような対応となるのか。生コン工場は、既存の調合で新しいセメントで使用するということになるのか。

⇒生コン業界としては、受入れ規格だけの読み替えで調合設計のやり方は変えない形でお願いしたい（セメントの密度が若干低下しても調合は調整しない）。

⇒新規の認定について、性能評価機関はどのように評価すればよいのか。

⇒同じ性能のセメントを読替えるということで、密度が違うセメントが納品されるだけであるので問題ないと思われる。

⇒現在の大径認定コンクリートのセメント密度の品質規格値は3.15±0.02 または3.16±0.02g/cm³であるが、国交省住宅局様には密度の幅を3.08～3.18まで広げる読替えについて御願ひしている。また、高強度コンクリート製造マニュアルは改訂可能であることを確認していることから、調合設計における密度の設定は申請者の判断によるものと考えている。

⇒密度が規格値内で変化した場合に調合修正を行うのか。

⇒規格値の±0.02g/cm³での範囲であれば、容積への影響も小さいため調合修正は行わないといことでやっている。

4. 検証試験計画（案）に関する件（資料 No. 3）

本田氏より、来年度に建築研究所で試験を予定している検証試験計画（案）について説明があった。事務局は、審議時に出された以下の意見を踏まえて試験計画（案）を修正することとし、次回懇談会で審議を御願ひすることとした。

- 空気量の設定値を2.0%未満に設定しているのはどのような意図があるのか。
⇒圧縮強度の評価にあたり、空気量による影響を受けないようにするため、設定した。
⇒比較試験ということで評価するなら空気を入れない方が結果を比較しやすいのでないか。
⇒セ協での試験の際に、少量混合成分増量による調合（空気量）への影響について傾向を把握しているのであれば、空気量を入れない方が強度の評価を行いやすいと思われる。
⇒JIS 原案作成委員会でも混和剤添加量に関する同様の質問をいただいたが、現行セメントと試製セメントで同程度の混和剤添加量で調整できるということを説明し、ご理解いただいた。
⇒次回の懇談会で、JIS 原案作成委員会で説明した実験結果についても説明していただきたい。
- 検証試験計画（案）のセメントは、例えば、A社の市販品とA社の試製品、B社の市販品と試製品のように、各社の市販品と試製品をそれぞれ比較するのか。
⇒1 銘柄の新JISセメントのコンクリート性状を3 銘柄の市販品と比較する予定である。
⇒高炉スラグというのはBBを三社混合するのか、それとも高炉スラグ微粉末を三社混合してNセメントに置換するのか。
⇒後者のやり方で試験を検討している。
- 養生の影響が気になる。新JISセメントになって、これまでのセメントより養生の影響を受けやすいなどの影響があるとよくないと思う。
⇒養生とは水分の影響と考えられる。少量混合成分を増加することに伴う、クリンカ組成や粉末度の調整が養生にどのように影響するかを次回の懇談会で説明いただくのが良いかと思う。
⇒セ協では5℃や35℃でも各種試験を実施している。
⇒温度の影響は生コン工場での実機試験でも夏期・冬期の試験を実施している。一方、水中養生以

外の養生方法としては簡易断熱のみであり、必要であれば検証試験計画（案）に追加する必要がある。

- セメントの強度を調整できるということが気になる。初期強度を出るようにすると長期強度が伸びづらいことが懸念される。大臣認定の検討範囲を超えるかと思うが、供試体を余分に作成して、長期暴露などについても検討いただきたい。
⇒資料 No.2 には材齢 91 日までの試験結果までを載せていたが、セ協の試験では一部水準で材齢 365 日まで試験を実施している。
- 比較用の高炉スラグ 3 社混合は、それぞれの石こう量が若干異なると思うが、石こう量は市販の BB セメントに合わせるのか。
⇒本懇談会で意見をいただいて検討したいと考えている。現行のものと同様になるようにしたい。
⇒石こう量は高炉 B 種の初期強度に影響を与える。
⇒高炉スラグ微粉末には石こうが入っていないものもある。
⇒石こうが無添加の高炉スラグ微粉の流通は少ないと思われるが、石こうの添加は初期強度にも影響を与えるので、現状の高炉 B 種にあわせるようにしたい。
⇒新 JIS セメントは LSP が増えるので、水和反応へ影響すると考えられるため、圧縮強度以外にもフレッシュ性状等についても検討する必要がある（LSP と SO₃ が存在する環境で、C₃A がエトリンサイトになるのかカーボネート系水和物になるのか）。
- 本実験はいつ頃から開始するのか。
⇒実験は 7 月頃から開始を予定している。
⇒実験を始める前に一度懇談会を開催して検証試験計画（案）を審議するのが良い。
- 試験で使う各社市販品は、試験成績表の物性の他にも蛍光 X 線などで化学組成まで分析するのか。
⇒できるだけ公表できるように検討するが各社の調整が必要となる。
- 今回の意見を踏まえて検証試験計画（案）を修正するにあたり、軽量コンや高流動についてどのあたりまで検討するかを決めておいた方が手戻り無く試験ができると思われる。
⇒バインダーの話であるため、特殊な骨材の検証はあまり必要ではないが、大臣認定の高流動コンクリートとしては N の他に混和材などを入れている場合があるのかを確認する必要がある。
⇒「高強度コンクリート」だけを対象に読み替えるというのは困る。
⇒Fc が低い範囲の大臣認定コンクリートの試験についても検討が必要かどうかを気にしている。
⇒強度が低いコンクリートを対象とした実験は、JIS 原案作成委員会のデータもあるので、次回懇談会でその説明もしていただき、そのうえで検証試験計画（案）の水準を検討する。気になるのは、N を使用した特殊な認定（粉体別添など）において、少量混合成分を増量した影響が、実験をやらないと分からないものがあるかどうかだと思う。特殊な大臣認定の読替えにも適用する可能性が有るため、必要があれば試験水準に組み込む。
⇒根拠があれば、必ずしも試験要因を追加しなくてよいということと理解した。

5. その他（次回懇談会に関する件）

日時： 2025 年 7 月 1 日（火） 10 時～

場所： （一社）セメント協会 本部 会議室

以上

**第2回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事次第**

日 時 2025年7月1日(火) 10時00分～12時00分

場 所 一般社団法人セメント協会 本部 会議室

出席予定者(敬称略)

座長	野口 貴文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	
委員	陣内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	(WEB)
"	濱崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	(WEB)
"	三島 直生	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
"	土屋 直子	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
"	鹿毛 忠継	国立研究開発法人 建築研究所	
"	中田 清史	国立研究開発法人 建築研究所	
オブザーバー	石塚 正士	国土交通省 住宅局	(WEB)
"	柳沢 圭祐	国土交通省 住宅局	(WEB)
"	大門 諒亮	国土交通省 住宅局	(WEB)
"	津平 公彦	一般財団法人 日本建築総合試験所	(WEB)
"	荒井 正直	一般財団法人 日本建築総合試験所	(WEB)
"	室屋 哲也	株式会社 都市居住評価センター	(WEB)
"	中村 則清	一般財団法人 建材試験センター	(WEB)
"	上村 昌平	一般財団法人 建材試験センター	(欠席)
"	梅本 宗宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	
"	西本 洋一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石田 征男	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	小島 明	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	黒岩 義仁	UBE三菱セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	本田 和也	住友大阪セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
事務局	廣川 誠一	一般社団法人セメント協会 常務理事	
"	谷村 充	一般社団法人セメント協会 研究所長	
"	吉本 徹	一般社団法人セメント協会 研究所	
"	島崎 泰	一般社団法人セメント協会 研究所	
"	伊藤 孝文	一般社団法人セメント協会 研究所	

【議事次第】

1. 第一回有識者懇談会議事録(案)の確認 (資料 No. 1)
2. 第一回有識者懇談会で頂いたご意見・ご質問について (資料 No. 2)
3. 検証試験計画(案)について (資料 No. 3)
4. その他
 - ・セメント JIS 改正公示のスケジュール (予定) (参考資料 1)
 - ・人工炭酸カルシウムを用いたコンクリート試験結果 (参考資料 2)
 - ・次回懇談会について

【配付資料】

- No. 1 3/17 第一回有識者懇談会議事録(案)
- No. 2-1 第一回有識者懇談会で頂いたご意見・ご質問に関する件
- No. 2-2 改正 JIS セメントを用いた普通強度コンクリートの特性
- No. 3 検証試験計画(案)
- 参考資料 1 セメント JIS 改正公示のスケジュール(予定)
- 参考資料 2 人工炭酸カルシウムを用いたコンクリート試験結果

第一回有識者懇談会で頂いた主なご意見・ご質問について

1. 第1回有識者懇談会で頂いた主なご意見・ご質問

No.	ご意見・ご質問	備考
(1)	今回セメント協会で設計した水セメント比が実際にどの程度の強度を想定しているのかを明記した方がよい。	セメント協会で実施した試験について
(2)	JIS 原案作成委員会で説明した実験結果についても説明していただきたい。	
(3)	使用する材料(普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末)については試験成績表の物性の他にも化学組成まで分析するのか。また、高炉スラグ微粉末の石こう量は市販の BB セメントに合わせるのか。	検証試験計画(案)について
(4)	養生(水分)の影響の受けやすさは、改正 JIS セメントになっても変わらないのか。	
(5)	高強度コンクリート以外の大径認定(例えば、高流動コンクリート、軽量コンクリート、再生骨材コンクリート、など)も緩和措置の対象となるのか	緩和措置の対象について

2. 頂いた主なご意見・ご質問に対する回答

(1) 設計 W/C と想定強度について

<ご意見>

今回セメント協会で設計した水セメント比が実際にどの程度の強度を想定しているのかを明記した方がよい。
高強度コンクリートの検討をするにあたり、どのあたりを想定しているのか。W/C27%で指定強度 F_c でいうと 60N/mm^2 を想定しているものか。セメント協会で生コン工場の実機試験をした際に、その工場が既に大臣認定品を出荷しているとのことだったので、その該当する調査について確認するのが良い。

【回答】

- 実機試験をした生コン工場に大臣認定コンクリートの F_c と W/C の関係を確認した。その結果、 $F_c39\text{N/mm}^2$ の W/C は夏期：42.4%、冬期：42.4%であり、 $F_c60\text{N/mm}^2$ の場合の水セメント比は、夏期：30.5%、冬期：32.1%であった。今回セメント協会で実施した水セメント比は 45%、36%、27%の 3 水準であり、 $F_c60\text{N/mm}^2$ 程度を想定した試験結果と考えられる。
- セメント協会が調査した範囲では N 単味の高強度コンクリートの実績として、 F_c が 78N/mm^2 、水セメント比が 25%という実績があることから、検証試験計画では水セメント比を 25%に設定して試験を実施する。

(2) 高強度コンクリート以外の試験結果について

<ご意見>

JIS 原案作成委員会で説明した実験結果についても説明していただきたい。

【回答】

- 資料 No. 2-2 に JIS 原案作成委員会でも報告した普通強度を中心とした各種試験結果を取りまとめた。普通強度においても、第一回有識者懇談会で説明した同等性評価を実施しており、同等であることを確認している。

(3) 使用材料の物性値について

<ご意見>

使用する材料（普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末）については試験成績表の物性の他にも化学組成まで分析するのか。また、高炉スラグ微粉末の石こう量は市販の BB セメントに合わせるのか。

【回答と対応案】

- 検証試験で使用するポルトランドセメント（市販品 3 銘柄の単品 3 種、改正 JIS 品の単品 1 種）および高炉スラグ微粉末（市販品 3 銘柄の等量混合 1 種）については、一般的な試験成績表に記載されている物性値の他に化学組成等についても分析を実施する。
- 石こう量については、混合する高炉スラグ微粉末を最も汎用的な物性値のものとして、比表面積 $4000\text{g}/\text{cm}^2$ 程度、 SO_3 量 2%程度、の高炉スラグ微粉末を 3 銘柄混合して使用する予定である。

(4) 養生条件について

<ご意見>

養生（水分）の影響の受けやすさは、改正 JIS セメントになっても変わらないのか。水中養生、簡易断熱養生以外の養生水準は検討するのか。

【回答と対応案】

- 今回の検証試験では水中養生の他に、コンクリート温度が比較的高温となる W/C45%, 35%, 25%の水準において簡易断熱養生を実施する。また、養生（水分）の影響の検討として、スラブ部材の養生を模擬した養生条件を検証試験で検討する。具体的には、円柱供試体を 5 日間封かん養生（型枠存置）したのちに脱型→上下端面のみを開放して材齢 28, 91 日まで気中養生したのちに圧縮強度試験を実施する（以下、スラブ模擬養生、と称す）。なお、スラブ模擬養生は水分移動の影響を受けやすいと想定される W/C65%および 55%の水準において実施する。

(5) 緩和措置の対象・検証試験計画（案）について

<ご意見>

高強度コンクリート以外の大臣認定（例えば、高流動コンクリート、軽量コンクリート、再生骨材コンクリート、など）も緩和措置の対象となるのか

【回答と対応案】

- 今回の緩和措置ではNセメントとNセメントを基材とした混合セメントを使用する全ての大臣認定コンクリートを対象範囲と想定している。セメント協会の調査によれば、高強度コンクリート以外の代表的な大臣認定種類毎のFcとW/Cの関係は表-1に示す通りであり、普通強度域での認定実績があることから、当初の高強度レベルを想定したW/C25～45%の調合のコンクリート試験に加えて、普通強度レベルを想定しN調合のW/C65%およびW/C55%のコンクリート試験を実施する。また、W/C55%については高流動コンクリートを想定して増粘剤1液型の混和剤を使用しコンクリート試験も実施する。

表-1 大臣認定種類毎のFcとW/Cの関係（セメント協会調べ）

認定の種類	Fcの範囲 (N/mm ²)	W/Cの範囲 (%)
高流動コンクリート	18～45	63.4～37.4
軽量コンクリート	18～33	70.4～36.6
再生骨材コンクリート(BB)	21～36	57.2～39.7
シラスコンクリート	18～36	66.0～37.2

- 今回の緩和措置はセメントの少量混合成分の上限を5%以下から10%以下に増量するJIS改正によるものであり、骨材等の変化がコンクリートの物性に与える影響は小さいと考えられるため、軽量骨材や再生骨材といった特殊な骨材を用いた調合での実験による検証までは必要ないと考えられる。
- 大臣認定コンクリートには様々な種類があるが、Nを基材とし混和材を使用した大臣認定コンクリートにおいて、混和材の使用方法としては以下の①～③に大別できると考えられる。

① 骨材代替として使用

（例えば、石灰石微粉末、フライアッシュを細骨材に置換して使用し、コンクリートの調合強度の算出に使用しない場合）

② 結合材として使用

（例えば、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフェームをセメント置換して使用し、水結合材比としてコンクリートの調合強度の算出に用いる場合）

③ その他特殊な用途として使用（①、②に分類されるものも含めて）

（3Dプリンティング用材料、強度・フレッシュ以外の要求性能を有するもの）

①については、骨材代替として使用するため、骨材と同様に強度発現に寄与しない材料として取り扱うこととなる。そのため、実験による検証までは必要ないと考えられる。

②については、例えば高炉スラグ微粉末を高炉セメントA、B、C種相当の置換量で使用した条件、およびフライアッシュをフライアッシュセメントA、B、C種相当の置換量で使用した条件に対して改正JISセメントを適用した場合は、図-1, 2に示す結合材の割合となるこ

とが想定される。これらの中で、混合材使用量が多い条件（高炉セメント C 種相当）では、セメント量が少なく、変動要因である少量混合成分の量が少なくなる。一方で、混合材使用量が少ない条件（フライアッシュセメント A 種相当）では、セメントに影響を与えると考えられる混和材料量が少ないことから N セメントのみの実験水準と同様の傾向となると予想される。

③については、様々な調合条件や材料が想定されるが、例えば 3D プリンティングの大臣認定コンクリートでは、文献・調査等によれば様々な混合材と N の組合せであるため、用途は異なるが②の使用方法に含まれると考えられる。

そこで、今回の検証試験では少量混合成分増量の影響が一番大きい OPC 単味 (N) の試験の他に、ある程度の少量混合成分を含み、混合材使用量および実績が多い高炉セメント B 種相当での試験を実施する。なお、高強度用セメントに N セメントを混合する場合などもあるため、関係各所にも情報提供を御願ひしており、調査結果を踏まえて対応について判断したいと考えている。

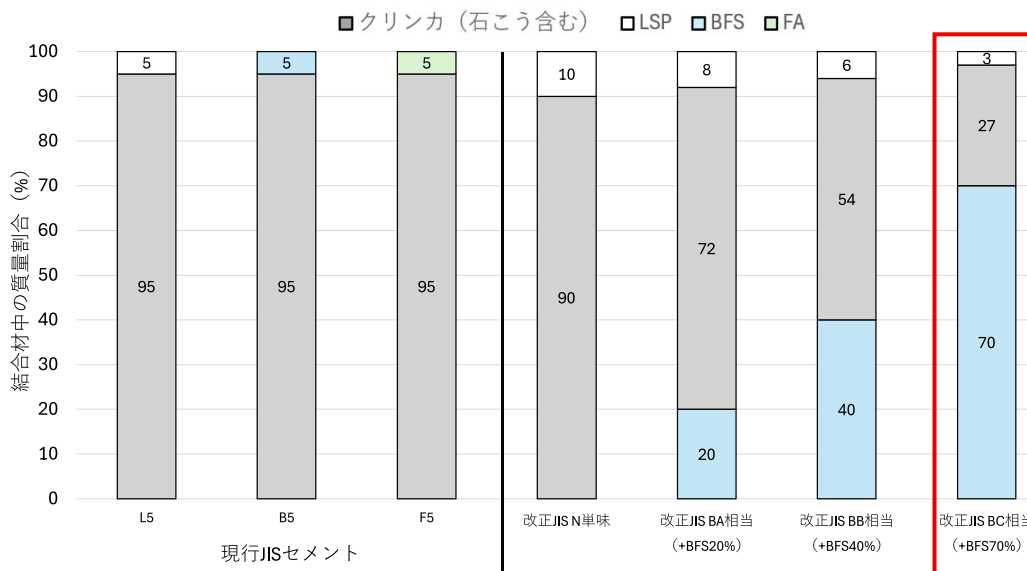


図-1 混合セメントの混和材量の変化が結合材中の少量混合成分の質量割合に与える影響 (高炉セメントの場合-少量混合成分として LSP10%の例)

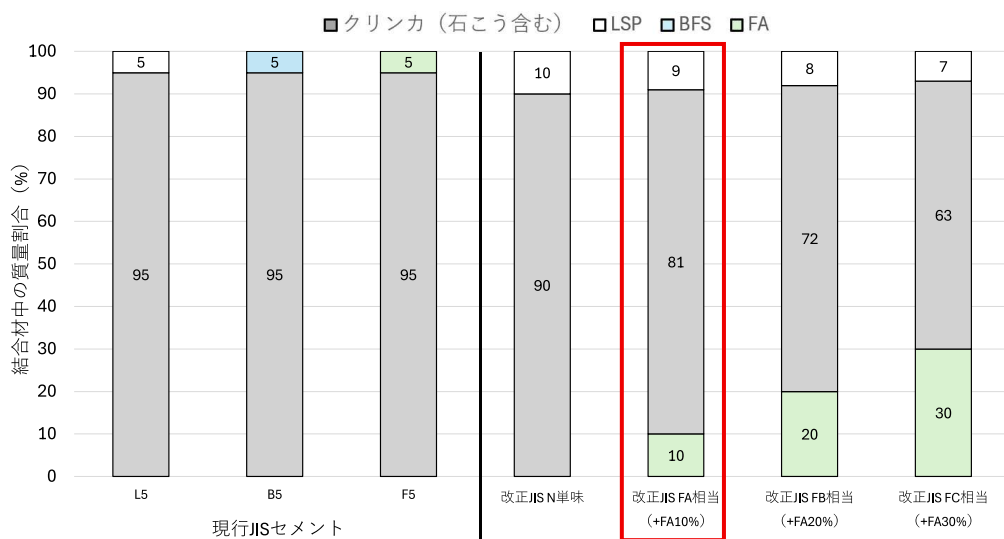


図-2 混合セメントの混和材量の変化が結合材中の少量混合成分の質量割合に与える影響 (フライアッシュセメントの場合-少量混合成分として LSP10%の例)

以上

資料No.2-2
第2回 有識者懇談会
25/7/1 (一社) セメント協会

改正JISセメントを用いた 普通強度コンクリートの特性

-現行セメントとの比較-

(一社) セメント協会

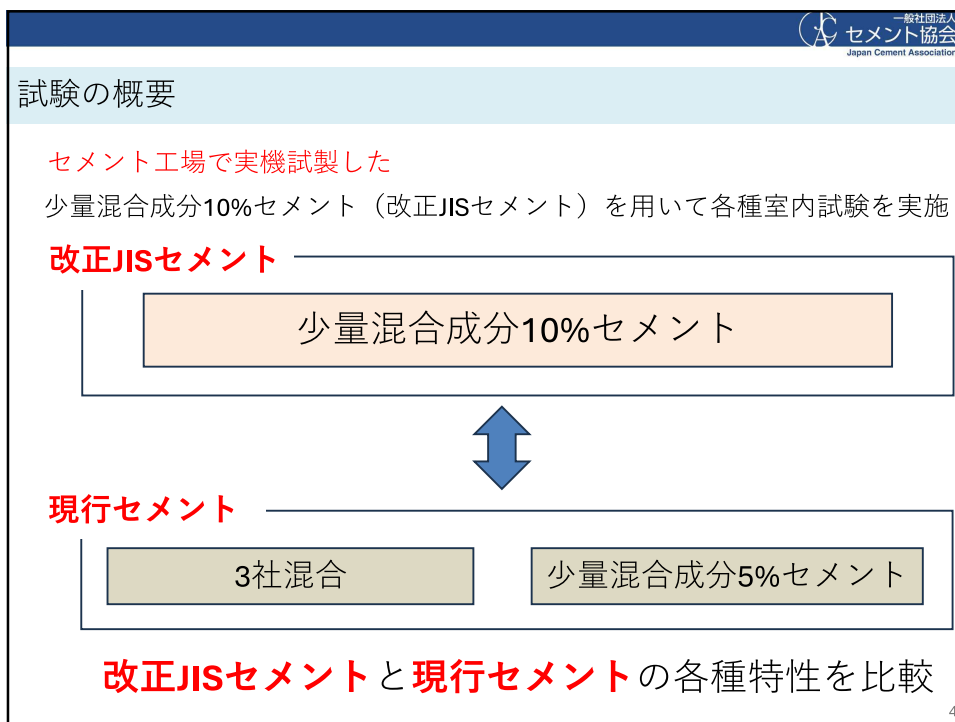
目次

1. 室内試験 (N : 普通強度)
2. 室内試験 (BB : 普通強度)
3. 同等性評価結果

目次

1. 室内試験（N：普通強度）
2. 室内試験（BB：普通強度）
3. 同等性評価結果

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

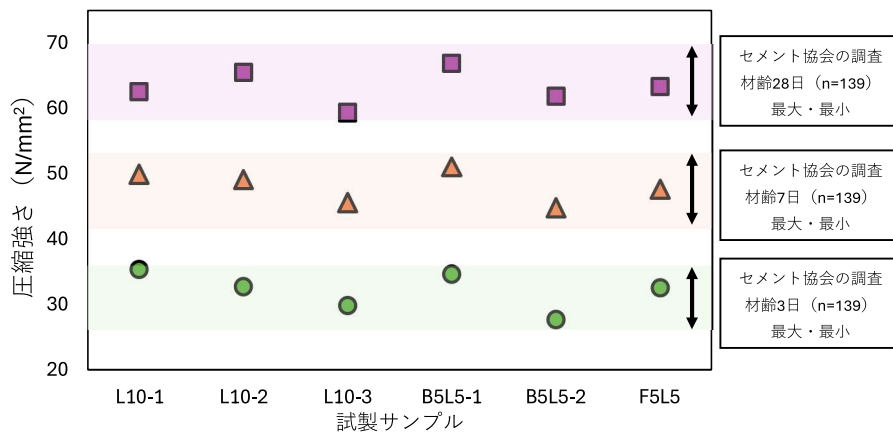


使用セメントの種類と品質

区分	セメント略称	少量混合成分割合 (%)			密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 lg.loss (%)	圧縮強さ (N/mm ²)		
		LSP	BFS	FA				3日	7日	28日
現行	三社混合	/	/	/	3.14	3180	2.57	29.9	46.0	62.5
	L5	5	0	0	3.15	3110	2.92	30.8	46.5	66.5
改正 JIS	L10-1	10	0	0	3.10	3880	4.94	35.4	49.9	62.4
	L10-2	10	0	0	3.11	3490	5.17	32.8	49.1	65.4
	L10-3	10	0	0	3.11	3470	5.54	29.9	45.6	59.3
	B5L5-1	5	5	0	3.10	3720	2.73	34.7	51.0	66.8
	B5L5-2	5	5	0	3.12	3170	3.00	27.8	44.8	61.8
	F5L5	5	0	5	3.08	3480	2.78	32.6	47.6	63.2

改正JISセメントは、現行セメントと同程度の強度が出るようにクリンカー配合や比表面積を調整した

使用セメントの種類と品質



改正JISセメントの圧縮強さはこれまでのセメントと同程度

改正JISセメントは、現行セメントと同程度の強度が出るようにクリンカー配合や比表面積を調整した

実施試験項目

【普通強度】 W/C65%,55%,45% (一部水準で、5°C・35°Cの検討も実施)

- フレッシュ性状 (スランプ、空気量)
- ブリーディング
- 凝結
- 圧縮強度
- 静弾性係数
- 乾燥収縮
- 凍結融解
- 促進中性化
- 塩分浸透

【高強度】 W/C45%,36%,27% (一部水準で35°Cの検討も実施)

- フレッシュ性状 (スランプ、空気量)
- ブリーディング
- 圧縮強度
- 静弾性係数
- 自己収縮
- 断熱温度上昇

7

コンクリートの水セメント比および目標フレッシュ性状

セメント種	W/C (%)	目標フレッシュ性状		備考
		スランプ (cm)	空気量 (%)	
N	65	18 ± 1.5	4.5 ± 0.5	単位水量およびAE剤を調整して目標フレッシュ性状を得た。
	55			
	45			

8

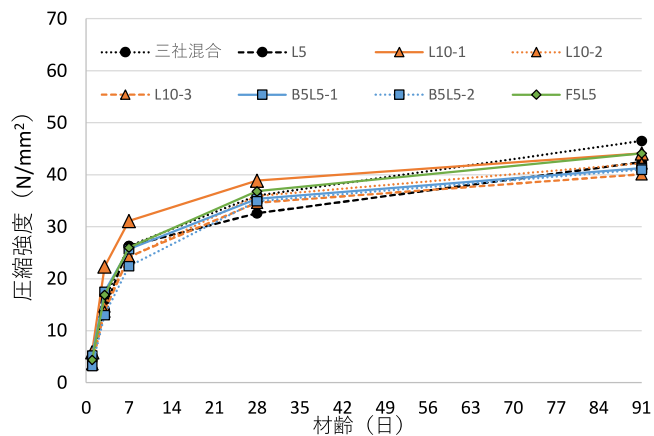
コンクリートの調（配）合およびフレッシュ性状の一例（W/C 55%）

区分	セメント	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)				AE減水剤 (C×%)	フレッシュ性状	
			W	C	S	G		SL (cm)	空気量 (%)
現行	三社混合	55	178	324	855	912	1.0	18.5	4.9
	L5		178	324	855	908		17.5	4.4
改正 JIS	L10-1		179	325	852	904		19.5	4.0
	L10-2		177	322	856	908		18.5	4.9
	L10-3		175	318	860	916		19.5	4.2
	B5L5-1		174	316	862	914		19.5	4.0
	B5L5-2		173	315	864	920		19.0	5.0
	F5L5		175	318	859	916		19.5	5.0

セ協での実験は、改正JISセメントの実密度で調合設計

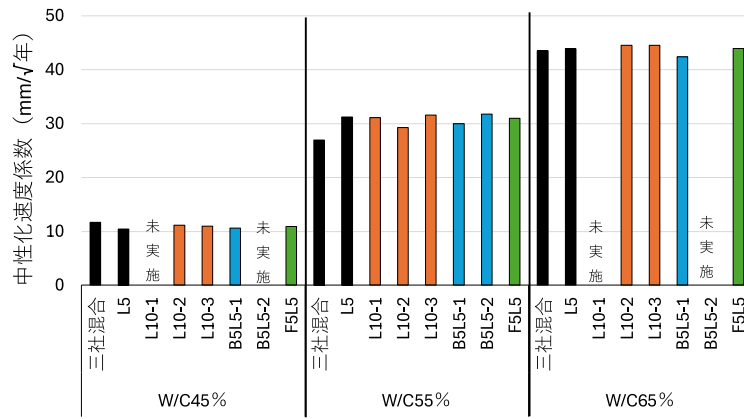
現行セメントと改正JISセメントの単位水量は同程度

圧縮強度試験結果の一例（N-W/C 55%）（水中養生）



現行セメントと改正JISセメントの圧縮強度は同程度

促進試験中性化試験結果 (N-W/C 65,55,45%)



現行セメントと改正JISセメントの中性化抵抗性は同程度

目次

1. 室内試験 (N : 普通強度)
2. 室内試験 (BB : 普通強度)
3. 同等性評価結果

使用材料の種類と品質

〈普通ポルトランドセメント〉

改正JISセメントは、現行セメントと同程度の強度が出るようにクリンカー配合や比表面積を調整した

区分	セメント 略称	少量混合成分 割合 (%)			密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 lg.loss (%)	圧縮強さ (N/mm ²)		
		LSP	BFS	FA				3日	7日	28日
現行	三社混合	/	/	/	3.14	3180	2.57	29.9	46.0	62.5
	L5-2	5	0	0	3.14	3070	2.60	28.8	45.7	61.9
新 JIS	L10-2	10	0	0	3.11	3490	5.17	32.8	49.1	65.4
	L10-4	10	0	0	3.13	3420	5.30	28.2	44.3	59.7
	L10-5	10	0	0	3.12	3560	5.36	30.9	46.8	61.4
	F5L5	5	0	5	3.08	3480	2.78	32.6	47.6	63.2

〈高炉スラグ微粉末〉

密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 lg.loss (%)	活性度指数 (%)			フロー値比 (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	塩基度
			材齢7日	材齢28日	材齢91日				
2.89	4440	0.82	77	98	109	97	5.17	2.11	1.77

13

コンクリートの水セメント比および目標フレッシュ性状

セメント種	W/C (%)	目標フレッシュ性状		備考
		スランプ (cm)	空気量 (%)	
BB	60	12 ± 1.5	4.5 ± 1.0	単位水量およびAE剤を調整して、目標フレッシュ性状を得た。
	50			
	40			

14

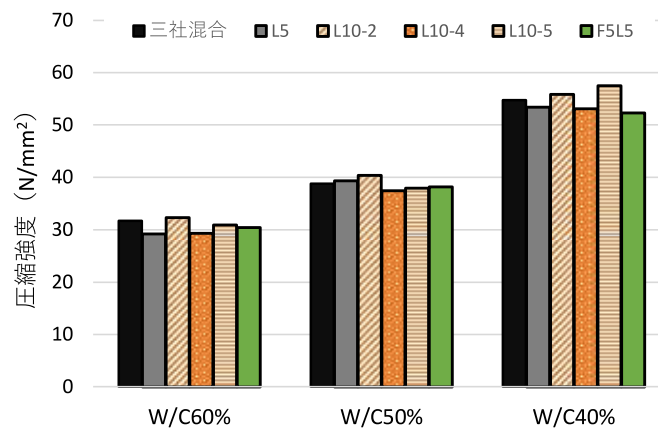
コンクリートの調合およびフレッシュ性状の一例 (W/C 50%)

区分	セメント	W/C (%)	単体量 (kg/m ³)					AE減水剤 (C×%)	フレッシュ性状	
			W	C	B	S	G		SL (cm)	空気量 (%)
現行	三社混合	50	165	188	142	864	917	1.0	10.5	4.4
	L5-2		166	189	143	862	914		11.0	4.7
改正 JIS	L10-2		167	190	144	859	912		14.0	4.0
	L10-4		168	192	144	858	910		9.5	4.0
	L10-5		168	192	144	858	910		12.5	4.7
	F5L5		165	188	142	863	915		10.5	5.4

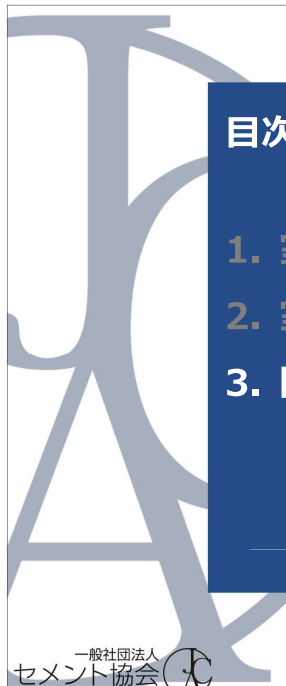
BFSはセメントに43%内割置換
セ協での実験は、改正JISセメントの実密度で調合設計

現行セメントと改正JISセメントの単位水量は同程度

圧縮強度試験結果 (BB-W/C 60,50,40%) (水中養生-材齢28日)



現行セメントと改正JISセメントの圧縮強度は同程度

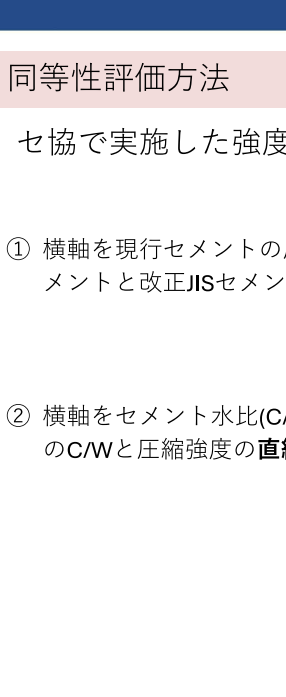


目次

1. 室内試験（N：普通強度）
2. 室内試験（BB：普通強度）
3. 同等性評価結果

一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

17



一般社団法人
セメント協会
Japan Cement Association

同等性評価方法

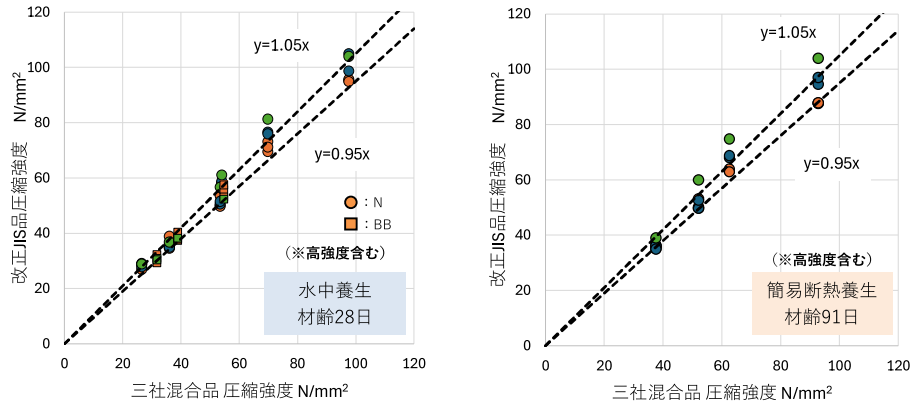
セ協で実施した強度試験結果について
以下に示す二つの方法で同等性評価を実施

- ① 横軸を現行セメントの圧縮強度、縦軸を改正JISセメントの圧縮強度とし、現行セメントと改正JISセメントの圧縮強度比を**1:1の関係**で比較する
- ② 横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと改正JISセメントのC/Wと圧縮強度の**直線式（一次式）**を比較する（②-1、②-2）

18

同等性評価方法①の概要

①横軸を現行セメントの圧縮強度、縦軸を改正JISセメントの圧縮強度とし、現行セメントと改正JISセメントの圧縮強度比を1:1の関係で比較する



室内試験における三社混合品と改正JIS品の圧縮強度の関係

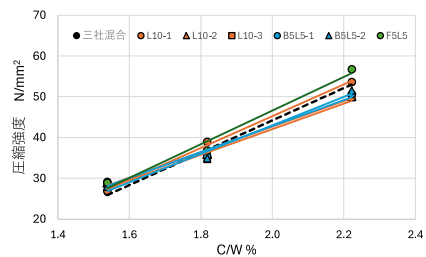
19

同等性評価方法②-1の概要

②横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと改正JISセメントのC/Wと圧縮強度の直線式（一次式）を比較する

②-1

⇒現行セメントのC/W直線と改正JISセメントのC/W直線を、生コン工場で用いられている品質管理システムの有意差検定で比較し、有意差を評価する



- ◆二組の分散の違いの検定
- ◆回帰係数の差の検定
- ◆切片の差の検定

統計的手法を用いて検定

20

同等性評価方法②-1の概要 (生コン工場の品質管理システムを用いた例)

一次式の違いの検定

1. データの整理

	N—一般用途 三社混合 / 現行セメント	N—一般用途 L10-1 / JIS改正セメント
個数	$n_1 = 3$	$n_2 = 3$
二乗和	$\sum x_1^2 = 10.607852$	$\sum x_2^2 = 10.607852$
平方和	$S(x_1, x_1) = 0.236491$	$S(x_2, x_2) = 0.236491$
平方和	$S(y_1, y_1) = 372.2067$	$S(y_2, y_2) = 357.66$
積和	$S(x_1, y_1) = 9.36307$	$S(x_2, y_2) = 9.1872$
回帰係数	$b_1 = 39.59165$	$b_2 = 38.84799$
平均値	$\bar{x}_1 = 38.6333$	$\bar{x}_2 = 39.8000$
	$\bar{y}_1 = 1.8593$	$\bar{y}_2 = 1.8593$

$Se_{11} = S(y_1, y_1) - b_1 \times S(x_1, y_1) = 372.2067 - 39.59165 \times 9.36307 = 1.50727$
 $Se_{22} = S(y_2, y_2) - b_2 \times S(x_2, y_2) = 357.66 - 38.84799 \times 9.1872 = 0.755746$
 $\bar{y} = a + b \bar{x}$ と $y = a + b x$ より、回帰式: $y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$ を推定する
 $y_1 = 38.6333 + 39.59165(x_1 - 1.8593)$ $y_2 = 39.8000 + 38.84799(x_2 - 1.8593)$

不偏分散
 $V_{x_1, y_1} = \frac{Se_{11}}{n_1 - 2}$ を求める $V_{x_2, y_2} = \frac{Se_{22}}{n_2 - 2}$ を求める
 $V_{x_1, y_1} = \frac{1.50727}{1} = 1.50727$ $V_{x_2, y_2} = \frac{0.755746}{1} = 0.755746$

2. 二組の分散の違いの検定(危険率: $\alpha = 0.05$)
 母集団 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ と $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ の分散 σ_1^2 と σ_2^2 を検定する。
 仮説 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ 対 $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ に対して検定する。
 (1) F の値を次式により求める。
 $F = \frac{V_{x_1, y_1}}{V_{x_2, y_2}} = \frac{1.50727}{0.755746} = 1.9941$
 (2) F 分布表から自由度 $(v_1 = n_1 - 2, v_2 = n_2 - 2)$ 、危険率 $\alpha/2$ に対応する F の臨界値 $F(v_1, v_2, \alpha/2)$ を求める。
 $F(1, 1, 0.05/2) = 647.789$
 (3) $F > F(v_1, v_2, \alpha/2)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} F < F \text{ であれば仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ F > F \text{ であれば仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

一次式の違いの検定

3. 回帰係数の差の検定(危険率: $\alpha = 0.05$)
 二つの正規母集団 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ と $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ からそれぞれとった大きさ n_1, n_2 なる二組の標本について
 仮説 $H_0: \beta_1 = \beta_2$ を検定する。
 (1) 両標本の不偏分散 V_{xy} を求める。
 $V_{xy} = \frac{Se_{11} + Se_{22}}{n_1 + n_2 - 4} = \frac{1.50727 + 0.755746}{3 + 3 - 4} = 1.13151$
 (2) t_0 の値を次式により求める。
 $t_0 = \frac{(b_1 - b_2) / \left[\left\{ \frac{1}{2(n_1 + n_2)} \left(\frac{1}{V_{x_1, y_1}} + \frac{1}{V_{x_2, y_2}} \right) \right\} \times V_{xy} \right]^{1/2}}{\sqrt{2}}$
 $= \frac{(39.59165 - 38.84799) / \left[\left\{ \frac{1}{2(3+3)} \left(\frac{1}{1.50727} + \frac{1}{0.755746} \right) \right\} \times 1.13151 \right]^{1/2}}{\sqrt{2}} = 0.2404$
 (3) t 分布表から自由度 $(v = n_1 + n_2 - 4)$ 、危険率 α に対応する t の臨界値 $t(v, \alpha)$ の値を求める。
 $t(2, 0.05) = 4.303$
 (4) $|t_0|$ と $t(v, \alpha)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} |t_0| \leq t \text{ であれば仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ |t_0| > t \text{ であれば仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

4. 切片の差の検定(危険率: $\alpha = 0.05$)
 二つの正規母集団 $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ と $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ からそれぞれとった大きさ n_1, n_2 なる二組の標本について
 仮説 $H_0: \mu_1 = \mu_2$ を検定する。
 (1) t_0 の値を次式により求める。
 $t_0 = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) / \left[\left\{ \frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{2(n_1 + n_2)} \right\} \times V_{xy} \right]^{1/2}}{\sqrt{2}}$
 $= \frac{(39.8000 - 38.6333) / \left[\left\{ \frac{10.607852 + 10.607852}{2(3+3)} \right\} \times 1.13151 \right]^{1/2}}{\sqrt{2}} = 0.2006$
 (2) t 分布表から自由度 $(v = n_1 + n_2 - 4)$ 、危険率 α に対応する t の臨界値 $t(v, \alpha)$ の値を求める。
 $t(2, 0.05) = 4.303$
 (3) $|t_0|$ と $t(v, \alpha)$ の値を比較する。
 $\left\{ \begin{array}{l} |t_0| \leq t \text{ であれば仮説 } H_0 \text{ を採る。} \\ |t_0| > t \text{ であれば仮説 } H_1 \text{ を採る。} \end{array} \right.$

5. 採用式の決定
 以上により、二組の回帰式の間に差があるとは言えない。

同等性評価②-1結果

一次式の違いの検定

・・・二組の分散の違いの検定、回帰係数の差の検定、切片の差の検定を優位水準 $\alpha = 0.05$ で実施

試験	養生 (材齢)	セメント種	現行セメント	改正JISセメント	有意差
室内	水中 (28日)	N	三社混合,L5 (N=6)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし
			三社混合 (N=3)	L10,B5L5,F5L5 (N=18)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし
		BB	三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし
			三社混合,L5 (N=6)	L10,F5L5 (N=12)	なし
			三社混合 (N=3)	L10,F5L5 (N=12)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-5 (N=3)	なし
三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし			

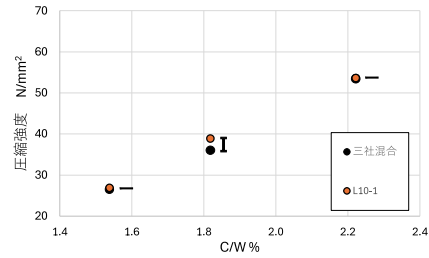
全ての水準で有意差がないことを確認

同等性評価方法②-2の概要

②横軸をセメント水比(C/W)、縦軸を圧縮強度とし、現行セメントと改正JISセメントのC/Wと圧縮強度の直線式（一次式）を比較する

②-2

⇒現行セメントの圧縮強度と改正JISセメントの圧縮強度を、『JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定値の平均の差と与えられた値の比較（差の分散未知）』で比較し、有意差が無いことを評価する



混和剤や骨材などの変更実績例がある統計的手法

23

同等性評価方法②-2の概要 (JIS Z 9041 - 2 書式K'を用いた例)

データ	セメント	W/C	材齢28日圧縮強度		測定の差 d=x-y	
			現行品	試製品		
1	N	65	26.5	26.9	-0.4	
2	N	55	36	38.9	-2.9	
3	N	45	53.4	53.6	-0.2	
測定の差の合計					-3.5	
測定の差の平均①					-1.16666667	
測定の差の標準偏差②					1.504	
JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定値の平均による検定						
帰無仮説	d=x-y	H0:d=0	現行品と試製品との強度に有意差なし			
		H1:d≠0	現行品と試製品との強度に有意差あり			
統計量	データ数③	n	3			
	自由度④	V=n-1	2			
	差の標準偏差	Sd	1.504			
	T _{v,1-α/2} (v)	⑤ α=0.05	t _{0.975(2)}	t分布表より 4.303		
		⑥ α=0.01	t _{0.995(2)}	t分布表より 9.925		
差の平均①	D=d	-1.16666667				
判定基準	B (α=0.05) ⑦	③×②/√④	4.58			
	B (α=0.01) ⑧	⑥×②/√④	10.56			
	D > Bの場合 有意差あり (帰無仮説H ₀ を棄却)					
	有意水準	D	不等号	B	有意差	
結論	α=0.05	1.16666667	<	4.58	なし	
	α=0.01	1.16666667	<	10.56	なし	
有意水準 α=5%、α=1%において、現行品と試製品のコンクリート強度には有意差が認められない						

24

同等性評価②-2結果

JIS Z 9041 - 2 書式K' 二つの対応のある測定値の平均の差と与えられた値の比較（差の分散未知）

・・・上記検定を優位水準 $\alpha = 0.05$ で実施

試験	養生 (材齢)	セメント種	現行セメント	改正JISセメント	有意差
室内	水中 (28日)	N	三社混合 (N=3)	L10-1 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-3 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	B5L5-1 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	B5L5-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし
		BB	三社混合 (N=3)	L10-2 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	L10-4 (N=3)	あり
			三社混合 (N=3)	L10-5 (N=3)	なし
			三社混合 (N=3)	F5L5 (N=3)	なし

ほぼ全ての水準で有意差がないことを確認

25

まとめ

セメント協会において、少量混合成分10%セメント（改正JISセメント）を用いて各種コンクリート試験を実施し、複数の手法で現行セメントと同等性について検証を行った。その結果、本検討においては、普通強度の圧縮強度は現行セメントと同程度の性能を有していることが確認された。

26

検証試験計画(案)

【試験概要】

- セメント種： N、BB

- N： 現行セメント（A社市販品、B社市販品、C社市販品）
改正 JIS セメント（少量混合成分として石灰石 10%）

- 高炉スラグ： 市販品（3銘柄混合）（内割 43%置換）（4000 ブレーン、SO₃:2%程度）

- 水セメント比： N⇒65%,55%,45%,35%,25%
BB⇒45%,35%,25%

- 実施試験： フレッシュ性状 → スランプ（フロー）、空気量、コンクリート温度
硬化性状 → 圧縮強度

{	W/C 65,55,45,35,25% : 水中養生 : 7,28 日
	W/C 45,35,25% : 簡易断熱養生 : 28,91 日
	W/C 65,55% : スラブ模擬養生 (5 日で上下端面開放) : 28,91 日

【コンクリートの種類】（計 36 調合）

セメント種	使用セメント	混和剤	W/C (%)	目標フレッシュ性状		備考
				スランプまたは (スランプフロー) (cm)	空気量 (%)	
N	・ A 社市販品 ・ B 社市販品 ・ C 社市販品 ・ 改正 JIS	AE 減水剤	65	18±1.5	2.0 未満	・ AE 減水剤、高性能 AE 減水剤および空気量調整剤の添加量を調整して、目標フレッシュ性状を得る。 ・ コンクリートの調合は W/C 毎で粗骨材かさ容積を一定として調合設計する。 ・ 読み替え対応後の改正 JIS セメントの流通を鑑みて、いずれのセメントも現行セメントの密度で調合設計する。(OPC : 3.16 g/cm ³ 、BB : 3.04g/cm ³)
			55	18±1.5		
		高性能 AE 減水剤	55	(45±5.0) ※増粘剤 1 液タイプ		
			45	23±1.5 (45±5.0)		
			35	(60±10)		
			25	(65±10)		
BB	・ A 社市販品 ・ B 社市販品 ・ C 社市販品 ・ 改正 JIS ×BFS43%	高性能 AE 減水剤	45	23±1.5 (45±5.0)		
			35	(60±10)		
			25	(65±10)		

以上

**第二回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事録**

日時 2025年7月1日（火）10時00分～12時00分

場所 （一社）セメント協会本部（東京都中央区新富 2-15-5）

出席者（順不同・敬称略）

座長	野口貴文	東京大学大学院工学系研究科建築学専攻教授	
委員	陣内浩	東京工芸大学工学部工学科教授	WEB
〃	濱崎仁	芝浦工業大学建築学部建築学科教授	WEB
〃	三島直生	国土交通省国土技術政策総合研究所	
〃	土屋直子	国土交通省国土技術政策総合研究所	
〃	鹿毛忠継	国立研究開発法人建築研究所	
〃	中田清史	国立研究開発法人建築研究所	
オブザーバー	石塚正士	国土交通省住宅局	WEB
〃	柳沢圭祐	国土交通省住宅局	WEB
〃	大門諒亮	国土交通省住宅局	WEB
〃	津平公彦	一般財団法人日本建築総合試験所	WEB
〃	荒井正直	一般財団法人日本建築総合試験所	WEB
〃	室屋哲也	株式会社都市居住評価センター	WEB
〃	中村則清	一般財団法人建材試験センター	WEB
〃	上村昌平	一般財団法人建材試験センター	欠席
〃	梅本宗宏	一般社団法人日本建設業連合会建築本部	
〃	西本洋一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石田征男	太平洋セメント株式会社（技術専門委員会委員）	
〃	小島明	太平洋セメント株式会社（技術専門委員会委員）	
〃	黒岩義仁	UBE三菱セメント株式会社（技術専門委員会委員）	
〃	本田和也	住友大阪セメント株式会社（技術専門委員会委員）	
事務局	廣川誠一	一般社団法人セメント協会常務理事	
〃	谷村充	一般社団法人セメント協会研究所長	
〃	吉本徹	一般社団法人セメント協会研究所	
〃	島崎泰	一般社団法人セメント協会研究所	
〃	伊藤孝文	一般社団法人セメント協会研究所	

配付資料

- No. 1 3/17 第一回有識者懇談会議事録（案）
- No. 2-1 第一回有識者懇談会で頂いたご意見・ご質問に関する件
- No. 2-2 改正 JIS セメントを用いた普通強度コンクリートの特性
- No. 3 検証試験計画（案）
- 参考資料 1 セメント JIS 改正公示のスケジュール（予定）
- 参考資料 2 人工炭酸カルシウムを用いたコンクリート試験結果

1. 前回議事録（案）の確認に関する件（資料 No. 1）

前回議事録（案）を確認し、誤植等を一部修正の上、承認された。

2. 第一回有識者懇談会で頂いた主なご意見・ご質問に関する件（資料 No. 2）

本田氏より、標記内容に関するセメント協会の回答を説明した。説明内容について異論は出なかった。

3. 検証試験計画（案）に関する件（資料 No. 3）

本田氏より、第一回懇談会での審議内容を踏まえた、検証試験計画（案）について説明があった。審議の結果、資料 No.3 に示す試験の他に、高温環境下に対する課題対応として、①セメントペーストやモルタルを用いた空隙構造などの確認試験、②低水セメント比の凝結特性、の2点を検証試験計画（案）に追加し、書面審議することとした。主な意見は以下のとおりである。

- 最近の大臣認定では、コンクリート温度が 38°Cまで評価対象となっているため、改正 JIS セメントでも確認した方が良いと思う。

- ⇒ セ協の室内試験では 35°C環境下の試験を実施した。また模擬部材試験では夏季での試験を実施し、そのときのコンクリート温度は 35°Cであった。さらに、断熱温度上昇特性も同等であることを確認している。
- ⇒ セ協での試験データは理解できたが、もう少し低水セメント比域やもう少し高温環境下での試験があっても良いと思った。
- ⇒ コンクリート温度が 38°Cのスランプロスなどを確認するには、実機練りでアジ車を使った実験になると思われるが、建研での実施は厳しいと思われる。当初の懇談会の目的は、セメント協会での一通りの試験を実施しているが、大臣認定の品質基準値を読み替えるという措置を講じるに当たり、第三者機関での試験が必要と本省からの意見があり、有識者による懇談会を設置し検証試験を行うということが背景である。全ての要因に対して試験を追加する必要はないと思われる。
- ⇒ 大臣認定のセメントの品質基準値をそのまま読み替えるにあたり、不安があるところを中心に試験をすることが重要である。実施時期の兼ね合いもあるが、可能な範囲で検討が必要である。
- ⇒ 35°C越えの大臣認定の申請の際に性能評価機関に提出する資料として、セメントメーカーが高温度履歴を受けた高強度モルタルの強度・空隙構造や水和反応特性についてまとめたものがある。これと同じ検討を改正 JIS セメントでも実施し、問題ないことを示せば良いのではないか。
- ⇒ 高温環境下での硬化体性状が一つ気になる点である。メーカーで性能評価機関に提出しているのはどのような試験なのか。
- ⇒ 一例として、プログラムで温度履歴を与えたモルタルの細孔径分布と圧縮強さ、ペーストの鉱物毎の水和反応量と SEM 観察を行っている。例えば、練上り温度を 20°C、35°C、40°Cなど変化させて、プログラムを組んで温度履歴を与えている。
- ⇒ その検討を追加するのが良いと思う。大きな影響はないと思うが、安心材料になると思う。セ協で実施は可能か。
- ⇒ 協会側で試験場所を検討し、L 建研に立ち会っていただけのようにしたい。
- ⇒ フレッシュの経時変化の他に、もう一つ気になるのが凝結である。38°C程度の高温域で今のセメントと同じような性状なのか。
- ⇒ 凝結試験は、W/C55%、20°C、5°C環境下で実施し、現行品と改正 JIS セメントで同等であることを確認している。

- ⇒ 試験結果は 55%のみであるので、高性能 AE 減水剤の使用量が多く水セメント比が小さいところの試験を追加するか否かになると思う。
- ⇒ 暑中コンクリートでは遅延系の高性能 AE 減水剤を使用するのが前提である。結果は混和剤の種類と添加量次第になると思う。
- ⇒ 日本建築学会近畿支部の暑中コンクリートのマニュアルでは、35°Cを超える環境下での凝結試験が実施できない場合は 20°Cでの試験結果に 0.65 倍乗じてよいとしている。20°Cで試験結果が現行品と改正 JIS セメントで同等であれば、問題ないと判断できると思う。日建連からも、35°C超えの対応は 20°Cの凝結時間を用いて推定値で判断して良いという通知を出している。
- ⇒ 調合の条件としてはNで 25%は低すぎるため、35%の条件で凝結性状を確認するのが良いと思う。先ほど話のあった建築学会マニュアルなどを確認し、それらも技術的根拠として高温環境下でも問題ないと説明するのが良いと思う。

4. その他（次回懇談会に関する件）

・セメント JIS 改正公示のスケジュール（予定）に関する件

事務局谷村より、標記スケジュール（予定）について説明があった。意見受付は終了しており、大きな問題が無ければ、10/24 の JISC で審議が予定されており、JIS 改正公示は 2025 年度内と思われる。

・人工炭酸カルシウムを用いたコンクリート試験結果に関する件

本田氏より、標記材料を用いた住友大阪社、デンカ社で実施した試験結果について紹介があった。人工炭酸カルシウムについては、今回の JIS 改正で新たに使用が認められる予定であるが、現時点では試験段階であり製造・流通などは未定である。

・次回懇談会に関する件

日時：2026 年 2 月 19 日（木）13 時～

場所：（一社）セメント協会 本部 会議室

以上

**第三回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事次第**

日 時 2026年2月19日(木) 13時15分～
場 所 一般社団法人セメント協会 本部 会議室

出席予定者(敬称略)

座長	野口 貴文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	
委員	陣内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	WEB
"	濱崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	
"	三島 直生	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
"	土屋 直子	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
"	鹿毛 忠継	国立研究開発法人 建築研究所	(欠席)
"	中田 清史	国立研究開発法人 建築研究所	
オブザーバー	石塚 正士	国土交通省 住宅局	
"	柳沢 圭祐	国土交通省 住宅局	WEB
"	大門 諒亮	国土交通省 住宅局	
"	津平 公彦	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
"	荒井 正直	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
"	室屋 哲也	株式会社 都市居住評価センター	WEB
"	中村 則清	一般財団法人 建材試験センター	WEB
"	上村 昌平	一般財団法人 建材試験センター	WEB
"	梅本 宗宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	
"	西本 洋一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石田 征男	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	小島 明	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	黒岩 義仁	UBE三菱セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
"	本田 和也	住友大阪セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
事務局	廣川 誠一	一般社団法人セメント協会 常務理事	
"	谷村 充	一般社団法人セメント協会 研究所長	
"	吉本 徹	一般社団法人セメント協会 研究所	
"	島崎 泰	一般社団法人セメント協会 研究所	
"	伊藤 孝文	一般社団法人セメント協会 研究所	

【議事】

1. 第二回有識者懇談会議事録(案)の確認 (資料 No. 1)
2. 検証実験の概要と実験結果の報告および報告書(案)の承認 (資料 No. 2)

【配付資料】

- No. 1 7/1 第二回有識者懇談会議事録(案)
- No. 2 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会報告書(案)

**第三回 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの
性能に関する有識者懇談会 議事録**

日時 2026年2月19日（木） 13時15分～15時00分

場所 （一社）セメント協会 本部（東京都中央区新富 2-15-5）

出席者（順不同・敬称略）

座長	野口 貴文	東京大学 大学院工学系研究科 建築学専攻 教授	
委員	陣内 浩	東京工芸大学 工学部 工学科 教授	WEB
〃	濱崎 仁	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授	
〃	三島 直生	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	土屋 直子	国土交通省 国土技術政策総合研究所	
〃	鹿毛 忠継	国立研究開発法人 建築研究所	(欠席)
〃	中田 清史	国立研究開発法人 建築研究所	
オブザーバー	石塚 正士	国土交通省 住宅局	
〃	柳沢 圭祐	国土交通省 住宅局	WEB
〃	大門 諒亮	国土交通省 住宅局	
〃	津平 公彦	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
〃	荒井 正直	一般財団法人 日本建築総合試験所	WEB
〃	室屋 哲也	株式会社 都市居住評価センター	WEB
〃	中村 則清	一般財団法人 建材試験センター	WEB
〃	上村 昌平	一般財団法人 建材試験センター	WEB
〃	梅本 宗宏	一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部	
〃	西本 洋一	全国生コンクリート工業組合連合会	
セメント協会会員	石田 征男	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	小畠 明	太平洋セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	黒岩 義仁	UBE三菱セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
〃	本田 和也	住友大阪セメント株式会社 (技術専門委員会 委員)	
事務局	廣川 誠一	一般社団法人セメント協会 常務理事	
〃	谷村 充	一般社団法人セメント協会 研究所長	
〃	吉本 徹	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	島崎 泰	一般社団法人セメント協会 研究所	
〃	伊藤 孝文	一般社団法人セメント協会 研究所	

配付資料

- No. 1 7/1 第二回有識者懇談会議事録（案）
- No. 2 JIS改正後のセメントを使用した大臣認定コンクリートの性能に関する有識者懇談会報告書（案）

1. 前回議事録（案）の確認に関する件（資料 No. 1）

前回議事録（案）を確認し、誤植等を一部修正の上、後日委員に確認を御願いすることとした。

2. 検証実験結果に関する件（資料 No. 2）

本田氏および石田氏より、現行セメントと少量混合成分を 10%まで増量した改正 JIS セメントに関する検証実験結果について資料 No.2 の報告書（案）を用いて説明があり、実験結果および同等性評価結果に対して異議は示されなかった。説明の中で、報告書（案）に対する以下の修正指摘および意見が上がった。委員は、資料 No.2 を元に内容を確認し、修正意見があれば事務局まで連絡することとした。

【修正指摘】

- ・ 簡易断熱養生の構造体強度補正值の表記をする場合は S ではなく S' の方が適切である
- ・ MIP の試験結果で細孔直径の単位が考察と図で異なる
- ・ 表-3.15 と図-3.1 で用語が統一されていない
- ・ 分析系の実験結果の材齢が明記されていないものがある
- ・ 現行品の少量混合成分の種類を記載した方がよい

【意見】

- ・ 高温度履歴下のモルタル・セメントペースト試験で最高温度を 90℃にしたのは何故か。性能評価機関に提出している資料は 95℃超えのデータを出していると思う。
→W/C が 35%であれば部材の最高温度として想定される温度として提案した。
→N セメントであれば 90℃程度ということで今回は検証していると理解している。
- ・ 図-4.16 は 20℃と 38℃の関係を示しているグラフであるが、今回は 40℃環境下の結果を図にプロットしたということか。
→その通りである。図-4.16 のタイトルの記載を修正する。
- ・ 生コン業界としては、これまでの試験結果を踏まえて、既認定の大臣認定コンクリートについても今まで通りのコンクリートを製造していれば問題ないという認識なのか。
→そう考えて問題のない、十分なデータと考えられる。補足としては、セメントの密度が変わっても単位水量と単位セメント量は変わらず、細骨材の単位量が僅か（約 3L）に変わるだけである。
→セメントの密度が変わったら細骨材の量を調整するということか。
→セメントの密度の変化が落ち着くまでは、現在の配（調）合密度のまま適用する。
→厳密にいうと 1m³ から僅かに増えるということか。
→その通りである。ただし、セメントの密度の変化が落ち着く時期とその時の密度の値はまだ分からないため、将来的にセメントの密度の変化が落ち着いたら、その頃に対応については検討する必要があると思われる。
- ・ 読み替えの内容について報告書のまとめには記載しないのか。
→本懇談会はあくまで改正 JIS セメントと現行セメントの同等性を評価することが目的である。そのため、まとめに読み替えについては記載しない方がよいと思われる。
→事務連絡のような通知はどのような形で出るのか。
→それについては手続き上問題ないように本省でご検討いただけるということで理解している。
- ・ 強度式の同等性評価結果について、図中に示している強度式のグラフはほぼ同じように見え、「有意差はない」となっているが、図-5.6 の強度式の切片の値に着目すると少し差があるように見える。そのため、実際のコンクリートを製造する C/W の範囲（2.22～4.00）内では、圧縮強度に大きな差がないことは説明できるため、「大臣認定コンクリートとして運用されている C/W の範囲であれば問題ない」という趣旨の説明を追記した方がよいと思われる。

(※計算すると約 3N/mm²)

- まとめに記載されている「改正 JIS セメント」について改めて定義を記載した方がよいと思う。最初に定義している改正 JIS セメントと異なる定義と考えられるため、最終的にどこの範囲まで同等と説明しているかを明記した方がよい。
→改正 JIS セメントおよび改正 JIS セメントを基材としたセメントを使用した大臣認定コンクリートと記載すれば伝わると思われる。
→少量混合成分の量が 5～10%の間であっても同等だということを分かるようにした方がよい。
- この報告書はセ協 HP で公開されるのか。
→セ協の HP での公表を予定している。
→建築研究所で実験をするにあたり、実験設備等を使用するために、建築研究所とセメント協会が共同研究を締結しており、建研から建研報告という形でも公表になる。査読等に時間がかかるため、公開は 4 月以降になると思われる。

以上

附表 4-1 N-水中養生-水結合材比 65%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
65	NN	7	100.04	100.14	100.09	194.65	194.56	194.61	3654.5	183.0	23.3	23.3
			100.07	100.18	100.13	196.37	196.41	196.39	3684.3	185.6	23.6	
			100.21	100.07	100.14	197.05	197.21	197.13	3711.7	181.2	23.0	
		28	100.26	100.14	100.20	198.16	198.15	198.16	3712.6	269.5	34.2	34.9
			100.01	100.08	100.05	196.26	196.31	196.29	3700.3	276.5	35.2	
			100.14	100.20	100.17	196.67	196.46	196.57	3690.6	278.5	35.3	
	N1	7	100.19	100.16	100.18	196.72	196.62	196.67	3699.0	176.4	22.4	22.8
			100.13	100.12	100.13	199.49	199.51	199.50	3744.2	179.0	22.7	
			100.12	100.06	100.09	197.92	197.89	197.91	3705.8	183.4	23.3	
		28	100.23	100.12	100.18	196.57	196.56	196.57	3705.1	267.5	33.9	34.0
			100.35	100.06	100.21	198.50	197.97	198.24	3714.0	268.0	34.0	
			100.01	99.97	99.99	194.56	194.94	194.75	3661.7	268.0	34.1	
	N2	7	100.06	100.20	100.13	195.87	195.99	195.93	3684.3	203.6	25.9	25.8
			100.30	99.94	100.12	198.85	198.91	198.88	3732.0	205.0	26.0	
			100.02	100.14	100.08	197.76	197.61	197.69	3708.3	200.2	25.4	
		28	100.28	100.11	100.20	196.88	196.89	196.89	3697.7	288.0	36.5	36.8
			100.22	100.01	100.12	196.94	196.38	196.66	3703.1	291.5	37.0	
			100.11	99.98	100.05	196.92	196.74	196.83	3698.3	291.0	37.0	
	N3	7	100.28	100.23	100.26	194.07	193.94	194.01	3650.6	216.6	27.4	27.2
			100.07	100.06	100.07	195.80	195.99	195.90	3675.4	214.0	27.2	
			99.97	100.09	100.03	195.51	195.55	195.53	3657.1	212.4	27.0	
		28	100.13	100.39	100.26	196.01	196.70	196.36	3708.2	301.0	38.1	38.1
			100.16	100.33	100.25	196.24	196.25	196.25	3705.0	297.0	37.6	
			100.20	100.17	100.19	194.88	195.25	195.07	3669.9	303.5	38.5	

附表 4-2 N-水中養生-水結合材比 55%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
55	NN	7	100.14	100.12	100.13	196.60	196.51	196.56	3692.0	262.2	33.3	33.0
			100.02	100.00	100.01	196.91	197.11	197.01	3718.1	256.8	32.7	
			100.01	100.17	100.09	197.23	197.35	197.29	3716.8	260.8	33.1	
		28	100.28	100.14	100.21	195.64	195.63	195.64	3685.6	367.5	46.6	46.6
			99.92	100.12	100.02	197.14	197.03	197.09	3709.2	367.0	46.7	
			100.08	100.20	100.14	195.84	195.79	195.82	3703.8	367.0	46.6	
	N1	7	100.09	100.05	100.07	197.65	197.49	197.57	3723.8	264.6	33.6	33.4
			100.32	99.71	100.02	196.67	196.70	196.69	3699.8	259.6	33.0	
			100.21	100.31	100.26	196.80	196.91	196.86	3736.7	266.4	33.7	
		28	100.14	100.00	100.07	196.51	196.54	196.53	3714.3	356.5	45.3	46.0
			99.77	100.36	100.07	196.52	196.55	196.54	3706.9	360.5	45.8	
			100.18	100.07	100.13	195.15	195.05	195.10	3692.5	369.0	46.9	
	N2	7	100.08	100.22	100.15	196.18	196.28	196.23	3716.0	292.4	37.1	37.1
			100.30	100.03	100.17	193.55	193.56	193.56	3656.2	292.4	37.1	
			100.02	100.30	100.16	196.26	196.38	196.32	3702.3	293.4	37.2	
		28	100.24	100.23	100.24	197.40	197.46	197.43	3728.9	384.0	48.7	48.3
			99.97	100.14	100.06	197.63	197.52	197.58	3732.7	377.5	48.0	
			100.18	100.27	100.23	197.50	197.41	197.46	3719.4	381.0	48.3	
	N3	7	99.78	100.15	99.97	196.37	196.28	196.33	3678.1	296.8	37.8	37.6
			100.02	100.10	100.06	196.72	196.54	196.63	3684.7	294.4	37.4	
			100.12	100.16	100.14	196.89	196.85	196.87	3689.4	295.2	37.5	
		28	100.15	99.94	100.05	197.51	197.40	197.46	3716.2	393.0	50.0	49.8
			99.95	100.32	100.14	196.65	196.54	196.60	3691.5	392.5	49.8	
			100.01	100.04	100.03	197.32	197.23	197.28	3716.3	390.5	49.7	

附表 4-3 N-水中養生-水結合材比 45%

水結合 材比(%)	セメント	材齢 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
45	NN	7	100.31	100.41	100.36	191.92	191.92	191.92	3659.8	381.5	48.2	48.0
			100.47	100.35	100.41	196.08	196.19	196.14	3735.6	379.0	47.9	
			100.35	100.41	100.38	197.16	197.10	197.13	3770.6	378.0	47.8	
		28	100.25	100.39	100.32	193.55	193.75	193.65	3694.4	508.0	64.3	64.0
			100.23	100.38	100.31	195.93	195.89	195.91	3736.9	502.5	63.6	
			100.19	100.34	100.27	197.02	197.12	197.07	3760.6	506.0	64.1	
	N1	7	100.28	100.33	100.31	197.74	197.58	197.66	3746.2	390.5	49.4	49.4
			100.52	100.48	100.50	193.83	193.75	193.79	3682.2	393.0	49.5	
			100.28	100.20	100.24	194.70	194.76	194.73	3696.4	390.0	49.4	
		28	100.27	100.09	100.18	196.47	196.57	196.52	3731.9	506.0	64.2	63.9
			100.00	100.14	100.07	194.52	194.62	194.57	3691.4	499.5	63.5	
			100.02	100.00	100.01	196.31	196.15	196.23	3732.4	502.0	63.9	
	N2	7	100.28	100.23	100.26	196.80	196.86	196.83	3755.4	433.5	54.9	54.6
			100.22	100.46	100.34	195.40	195.62	195.51	3714.1	435.0	55.0	
			100.26	100.20	100.23	196.92	196.93	196.93	3748.1	424.5	53.8	
		28	100.11	100.03	100.07	195.40	195.53	195.47	3715.5	528.0	67.1	67.9
			100.02	100.01	100.02	195.83	195.76	195.80	3722.3	538.0	68.5	
			100.11	99.99	100.05	195.20	195.30	195.25	3705.9	535.0	68.1	
	N3	7	100.32	100.34	100.33	195.97	195.97	195.97	3759.0	444.0	56.2	55.9
			100.22	100.38	100.30	193.76	193.77	193.77	3692.8	442.0	55.9	
			100.08	100.35	100.22	193.01	192.95	192.98	3673.5	438.5	55.6	
		28	100.31	100.41	100.36	191.92	191.92	191.92	3659.8	381.5	48.2	69.8
			100.47	100.35	100.41	196.08	196.19	196.14	3735.6	379.0	47.9	
			100.35	100.41	100.38	197.16	197.10	197.13	3770.6	378.0	47.8	

附表 4-4 N-水中養生-水結合材比 35%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
35	NN	7	100.41	100.45	100.43	197.62	197.69	197.66	3793.4	565.0	71.3	71.0
			100.38	100.26	100.32	193.08	193.05	193.07	3713.6	556.5	70.4	
			100.34	100.49	100.42	195.23	195.46	195.35	3737.4	565.0	71.3	
		28	100.24	100.23	100.24	197.16	197.20	197.18	3786.0	687.0	87.1	87.6
			100.27	100.37	100.32	197.24	197.18	197.21	3775.7	697.0	88.2	
			100.45	100.31	100.38	196.64	196.48	196.56	3782.0	693.0	87.6	
	N1	7	100.13	100.11	100.12	193.30	193.40	193.35	3696.9	554.5	70.4	70.3
			100.20	100.30	100.25	195.35	195.43	195.39	3737.1	557.0	70.6	
			100.25	100.16	100.21	195.37	195.39	195.38	3741.2	551.0	69.9	
		28	100.21	100.06	100.14	194.17	194.30	194.24	3697.9	668.5	84.9	84.7
			100.18	100.04	100.11	195.15	194.96	195.06	3721.5	663.0	84.2	
			100.10	100.22	100.16	196.32	196.28	196.30	3744.6	670.5	85.1	
	N2	7	100.08	100.25	100.17	198.32	198.31	198.32	3778.0	598.0	75.9	76.0
			100.07	100.28	100.18	196.93	196.96	196.95	3753.5	603.5	76.6	
			100.38	100.13	100.26	196.82	196.95	196.89	3760.7	596.5	75.6	
		28	100.14	100.19	100.17	196.17	196.14	196.16	3734.2	703.5	89.3	89.0
			100.28	100.08	100.18	194.40	194.43	194.42	3705.8	701.5	89.0	
			100.34	100.33	100.34	197.56	197.61	197.59	3785.5	701.5	88.7	
	N3	7	100.51	100.20	100.36	197.53	197.41	197.47	3784.9	630.5	79.7	79.7
			100.28	100.48	100.38	194.75	194.53	194.64	3718.0	630.0	79.6	
			100.41	100.45	100.43	197.62	197.69	197.66	3793.4	565.0	71.3	
		28	100.38	100.26	100.32	193.08	193.05	193.07	3713.6	556.5	93.8	94.5
			100.34	100.49	100.42	195.23	195.46	195.35	3737.4	565.0	94.0	
			100.24	100.23	100.24	197.16	197.20	197.18	3786.0	687.0	95.6	

附表 4-5 N-水中養生-水結合材比 25%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
25	NN	7	100.08	100.30	100.19	194.79	194.74	194.77	3778.2	762.0	96.7	97.0
			100.32	100.21	100.27	195.48	195.55	195.52	3779.5	773.5	98.0	
			100.19	100.27	100.23	194.71	194.75	194.73	3767.6	759.0	96.2	
		28	100.05	100.19	100.12	195.14	195.15	195.15	3791.5	923.0	117	115
			100.17	100.26	100.22	194.43	194.33	194.38	3766.7	911.0	115	
			100.17	100.18	100.18	198.10	198.12	198.11	3822.9	891.0	113	
	N1	7	100.29	100.20	100.25	196.98	196.97	196.98	3813.6	783.5	99.3	98.5
			100.29	100.33	100.31	194.14	194.00	194.07	3775.5	786.5	99.5	
			100.30	100.23	100.27	195.21	195.38	195.30	3798.1	763.5	96.7	
		28	100.34	100.11	100.23	196.17	196.19	196.18	3810.9	892.0	113	111
			100.06	100.20	100.13	195.13	195.07	195.10	3780.6	868.0	110	
			100.29	100.19	100.24	195.89	195.97	195.93	3813.9	876.0	111	
	N2	7	100.60	100.23	100.42	194.14	194.35	194.25	3771.8	770.5	97.3	97.4
			100.05	100.26	100.16	195.99	196.05	196.02	3809.5	762.0	96.7	
			100.03	100.13	100.08	197.71	197.72	197.72	3820.7	772.0	98.1	
		28	99.92	100.17	100.05	194.83	194.92	194.88	3778.5	872.0	111	110
			100.04	100.07	100.06	196.62	196.61	196.62	3809.3	860.0	109	
			100.18	100.05	100.12	195.42	195.31	195.37	3784.3	860.0	109	
	N3	7	100.25	100.21	100.23	195.03	195.06	195.05	3775.1	819.0	104	104
			100.25	100.14	100.20	196.66	196.62	196.64	3828.1	829.0	105	
			100.19	100.11	100.15	197.68	197.78	197.73	3840.4	814.0	103	
		28	100.13	100.11	100.12	194.17	194.03	194.10	3778.7	930.0	118	115
			100.03	100.26	100.15	196.24	196.27	196.26	3816.4	910.0	116	
			100.16	100.17	100.17	194.13	194.08	194.11	3765.5	880.0	112	

附表 4-6 N-スラブ模擬養生-水結合材比 65%

水結合 材比(%)	セメント	材齢 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
65	NN	28	99.98	100.14	100.06	198.78	198.77	198.78	3669.0	251.5	32.0	32.2
			100.26	100.02	100.14	196.25	196.24	196.25	3635.3	255.0	32.4	
			100.27	99.82	100.05	196.81	196.82	196.82	3648.8	253.0	32.2	
		91	100.29	100.18	100.24	196.78	197.23	197.01	3643.2	301.5	38.2	38.0
			100.24	100.30	100.27	194.37	194.56	194.47	3587.5	297.5	37.7	
			100.09	100.18	100.14	196.52	196.19	196.36	3623.6	299.0	38.0	
	N1	28	100.00	100.04	100.02	194.35	194.42	194.39	3603.0	252.5	32.1	31.8
			100.14	99.96	100.05	196.11	196.05	196.08	3635.8	254.0	32.3	
			100.07	100.04	100.06	197.73	197.75	197.74	3671.6	244.0	31.0	
		91	100.26	100.09	100.18	196.08	195.99	196.04	3587.5	289.5	36.7	36.4
			100.07	100.11	100.09	195.96	195.97	195.97	3601.3	285.5	36.3	
			100.09	99.98	100.04	196.50	196.71	196.61	3629.0	284.0	36.1	
	N2	28	100.06	100.09	100.08	198.75	198.90	198.83	3694.5	251.5	32.0	32.5
			100.21	100.05	100.13	198.35	198.55	198.45	3688.6	258.0	32.8	
			100.17	100.20	100.19	195.96	195.82	195.89	3625.2	258.5	32.8	
		91	100.08	100.29	100.19	199.22	198.84	199.03	3671.1	296.5	37.6	37.7
			100.16	100.04	100.10	197.38	197.19	197.29	3638.8	297.5	37.8	
			100.25	100.07	100.16	198.71	199.11	198.91	3660.3	296.5	37.6	
	N3	28	100.10	100.28	100.19	198.64	198.63	198.64	3671.2	267.5	33.9	33.4
			100.31	100.22	100.27	195.64	195.56	195.60	3641.7	260.5	33.0	
			100.32	100.55	100.44	197.49	197.49	197.49	3682.2	264.5	33.4	
		91	100.29	100.18	100.24	196.78	197.23	197.01	3643.2	301.5	38.2	38.0
			100.24	100.30	100.27	194.37	194.56	194.47	3587.5	297.5	37.7	
			100.09	100.18	100.14	196.52	196.19	196.36	3623.6	299.0	38.0	

附表 4-7 N-スラブ模擬養生-水結合材比 55%

水結合 材比(%)	セメント	材齢 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
55	NN	28	100.26	100.03	100.15	194.27	194.27	194.27	3618.7	347.0	44.0	43.9
			100.12	100.15	100.14	195.73	195.74	195.74	3627.4	341.5	43.4	
			100.08	100.22	100.15	196.36	196.30	196.33	3657.3	349.0	44.3	
		91	100.07	100.33	100.20	197.88	198.55	198.22	3678.5	397.0	50.3	50.1
			99.92	100.14	100.03	197.72	197.81	197.77	3658.7	390.5	49.7	
			100.13	100.25	100.19	197.12	197.57	197.35	3662.8	397.0	50.4	
	N1	28	100.38	100.06	100.22	194.16	194.24	194.20	3624.1	329.0	41.7	41.7
			100.14	99.97	100.06	194.78	194.84	194.81	3627.6	328.5	41.8	
			99.62	100.58	100.10	195.78	195.82	195.80	3636.2	327.0	41.6	
		91	100.21	100.05	100.13	196.62	197.00	196.81	3658.9	376.5	47.8	47.6
			100.08	100.16	100.12	196.86	196.59	196.73	3648.1	374.5	47.6	
			100.02	99.98	100.00	199.17	198.46	198.82	3680.1	373.0	47.5	
	N2	28	99.68	100.06	99.87	198.11	198.09	198.10	3701.3	336.5	43.0	43.8
			99.95	100.04	100.00	197.54	197.35	197.45	3667.5	344.5	43.9	
			100.04	100.26	100.15	193.76	193.82	193.79	3601.1	350.5	44.5	
		91	100.36	100.00	100.18	196.12	196.27	196.20	3658.1	387.5	49.2	48.4
			100.08	100.05	100.07	197.20	196.39	196.80	3649.6	371.0	47.2	
			100.27	100.20	100.24	195.66	196.27	195.97	3645.9	385.0	48.8	
	N3	28	100.17	100.00	100.09	198.62	198.71	198.67	3670.4	347.0	44.1	44.2
			100.13	100.13	100.13	195.77	195.68	195.73	3626.7	350.0	44.4	
			100.33	100.15	100.24	197.62	197.80	197.71	3664.4	348.5	44.2	
		91	100.00	100.25	100.13	195.46	195.29	195.38	3598.0	391.5	49.7	49.4
			100.03	100.21	100.12	197.54	197.95	197.75	3663.0	382.5	48.6	
			100.17	100.28	100.23	194.13	194.04	194.09	3584.2	393.5	49.9	

附表 4-8 N-簡易断熱養生-水結合材比 45%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
45	NN	28	100.40	100.09	100.25	194.64	194.50	194.57	3652.2	419.0	53.1	52.7
			100.24	100.29	100.27	197.38	197.28	197.33	3694.2	410.5	52.0	
			100.36	100.11	100.24	195.74	195.93	195.84	3671.5	419.0	53.1	
		91	100.25	100.40	100.33	197.78	197.83	197.81	3710.2	452.5	57.2	57.8
			100.31	100.37	100.34	197.62	198.33	197.98	3716.7	453.5	57.4	
			100.21	100.43	100.32	197.64	197.71	197.68	3727.6	464.0	58.7	
	N1	28	100.26	100.18	100.22	194.21	194.46	194.34	3665.9	397.5	50.4	51.0
			100.13	100.00	100.07	193.33	193.25	193.29	3602.7	409.5	52.1	
			100.23	100.13	100.18	195.05	195.25	195.15	3668.3	398.0	50.5	
		91	100.01	100.11	100.06	192.15	192.01	192.08	3609.2	447.0	56.8	56.6
			100.26	100.36	100.31	196.99	197.18	197.09	3700.5	446.0	56.4	
			100.06	100.23	100.15	195.34	195.12	195.23	3689.6	446.5	56.7	
	N2	28	100.11	100.12	100.12	195.88	195.87	195.88	3656.6	413.5	52.5	51.8
			100.28	100.27	100.28	196.62	196.74	196.68	3695.4	407.0	51.5	
			100.16	100.28	100.22	195.66	195.60	195.63	3668.6	406.5	51.5	
		91	100.00	100.22	100.11	197.17	196.84	197.01	3712.7	443.5	56.3	55.0
			100.08	99.95	100.02	192.40	192.70	192.55	3622.2	427.0	54.3	
			100.05	100.01	100.03	193.62	194.22	193.92	3631.2	427.0	54.3	
	N3	28	100.16	100.18	100.17	195.20	195.09	195.15	3677.3	425.0	53.9	54.3
			100.40	100.39	100.40	194.29	194.14	194.22	3646.2	434.0	54.8	
			100.11	100.15	100.13	197.19	197.97	197.58	3715.8	426.5	54.2	
		91	100.28	100.13	100.21	195.18	195.62	195.40	3684.0	489.5	62.1	60.6
			100.13	100.39	100.26	194.30	194.32	194.31	3639.9	476.0	60.3	
			100.16	100.12	100.14	193.65	194.23	193.94	3651.2	468.5	59.5	

附表 4-9 N-簡易断熱養生-水結合材比 35%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
35	NN	28	100.28	100.56	100.42	193.44	193.35	193.40	3685.3	564.0	71.2	71.9
			100.11	100.57	100.34	191.14	191.29	191.22	3641.6	577.5	73.0	
			100.30	100.32	100.31	191.97	191.87	191.92	3657.0	564.0	71.4	
		91	100.39	100.17	100.28	196.69	196.81	196.75	3711.4	612.5	77.6	80.3
			100.40	100.22	100.31	192.05	192.15	192.10	3652.0	644.0	81.5	
			100.15	100.31	100.23	191.95	191.90	191.93	3645.3	645.5	81.8	
	N1	28	100.22	100.06	100.14	196.63	196.69	196.66	3728.0	557.5	70.8	70.9
			100.29	100.01	100.15	194.73	194.57	194.65	3676.5	558.0	70.8	
			100.10	100.11	100.11	194.86	194.85	194.86	3679.5	558.5	71.0	
		91	100.08	100.02	100.05	190.77	190.78	190.78	3601.8	605.0	77.0	76.9
			100.17	100.03	100.10	196.49	196.27	196.38	3711.0	602.0	76.5	
			99.99	100.09	100.04	195.83	195.86	195.85	3704.4	607.0	77.2	
	N2	28	100.07	100.28	100.18	197.82	197.71	197.77	3757.0	563.5	71.5	73.1
			100.15	100.09	100.12	195.77	195.76	195.77	3691.3	586.5	74.5	
			100.28	100.42	100.35	193.67	193.50	193.59	3673.2	580.5	73.4	
		91	100.27	100.08	100.18	194.08	194.05	194.07	3664.4	620.5	78.7	78.8
			100.19	100.01	100.10	197.36	197.31	197.34	3742.8	618.5	78.6	
			100.09	100.14	100.12	190.84	190.67	190.76	3595.1	622.0	79.0	
	N3	28	100.10	100.28	100.19	195.54	195.38	195.46	3678.8	609.0	77.2	77.2
			100.29	100.14	100.22	195.84	195.85	195.85	3691.8	615.5	78.0	
			100.33	100.16	100.25	188.48	188.42	188.45	3558.3	603.0	76.4	
		91	100.29	100.10	100.20	194.96	195.11	195.04	3684.7	647.0	82.1	83.0
			100.10	100.07	100.09	193.06	192.86	192.96	3646.2	653.5	83.1	
			100.17	100.46	100.32	196.69	196.68	196.69	3718.3	662.0	83.8	

附表 4-10 N-簡易断熱養生-水結合材比 25%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
25	NN	28	100.11	100.27	100.19	197.48	197.43	197.46	3780.2	821.5	104	105
			100.19	100.14	100.17	196.09	195.93	196.01	3744.0	824.0	105	
			100.25	100.09	100.17	196.09	196.15	196.12	3755.5	835.0	106	
		91	100.11	100.04	100.08	197.86	197.73	197.80	3798.2	841.0	107	109
			100.13	100.19	100.16	195.62	195.69	195.66	3743.2	860.0	109	
			99.93	100.17	100.05	195.75	195.77	195.76	3750.1	880.0	112	
	N1	28	100.12	100.16	100.14	197.37	197.52	197.45	3788.1	794.0	101	102
			100.28	100.15	100.22	196.01	195.90	195.96	3788.9	819.5	104	
			100.23	100.21	100.22	197.51	197.41	197.46	3796.0	805.5	102	
		91	100.32	100.11	100.22	192.77	192.95	192.86	3738.2	849.0	108	107
			100.41	100.17	100.29	192.68	192.82	192.75	3718.5	852.0	108	
			100.23	100.29	100.26	195.47	195.71	195.59	3780.3	830.0	105	
	N2	28	100.20	100.02	100.11	198.87	198.92	198.90	3825.6	824.0	105	103
			100.16	100.08	100.12	195.95	196.10	196.03	3776.5	773.0	98.2	
			100.19	100.06	100.13	197.54	197.35	197.45	3801.5	831.0	106	
		91	100.28	100.01	100.15	197.32	197.55	197.44	3810.5	857.0	109	111
			100.28	100.02	100.15	197.13	196.97	197.05	3780.0	875.0	111	
			99.86	100.33	100.10	191.24	191.19	191.22	3685.9	878.0	112	
	N3	28	100.19	100.12	100.16	194.14	194.09	194.12	3738.0	859.5	109	109
			100.11	100.20	100.16	195.79	195.70	195.75	3771.7	861.5	109	
			100.19	100.08	100.14	196.20	196.29	196.25	3788.0	863.5	110	
		91	100.16	100.07	100.12	193.05	193.14	193.10	3730.0	902.0	115	114
			99.96	100.06	100.01	195.76	195.64	195.70	3776.1	882.0	112	
			100.06	100.11	100.09	196.32	196.37	196.35	3785.0	907.0	115	

附表 4-11 BB-水中養生-水結合材比 45%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
45	NN	7	100.11	100.25	100.18	190.86	190.98	190.92	3628.3	308.5	39.1	39.0
			100.08	100.07	100.08	193.15	193.20	193.18	3674.6	305.5	38.8	
			100.14	100.11	100.13	194.83	195.03	194.93	3702.2	307.5	39.1	
		28	100.39	100.03	100.21	195.66	195.55	195.61	3709.5	504.5	64.0	64.7
			100.20	100.01	100.11	196.01	195.91	195.96	3717.7	510.0	64.8	
			100.04	100.17	100.11	196.89	196.75	196.82	3737.8	514.5	65.4	
	N1	7	100.26	100.25	100.26	195.24	195.15	195.20	3696.4	261.0	33.1	33.0
			100.21	100.29	100.25	194.64	194.46	194.55	3686.1	260.5	33.0	
			100.24	100.10	100.17	194.28	194.31	194.30	3693.8	259.0	32.9	
		28	100.23	100.25	100.24	194.14	194.01	194.08	3681.0	454.0	57.5	57.5
			100.15	100.24	100.20	195.08	194.93	195.01	3703.0	457.5	58.0	
			100.22	100.27	100.25	193.80	193.64	193.72	3688.6	449.0	56.9	
	N2	7	100.06	100.20	100.13	192.67	192.80	192.74	3669.1	303.0	38.5	38.2
			100.23	100.36	100.30	193.25	193.38	193.32	3701.5	298.5	37.8	
			100.26	100.13	100.20	194.59	194.58	194.59	3689.4	301.5	38.2	
		28	100.22	100.37	100.30	195.73	195.79	195.76	3718.6	495.0	62.6	62.4
			100.39	100.22	100.31	196.18	196.10	196.14	3734.5	495.0	62.6	
			100.32	100.37	100.35	195.86	195.84	195.85	3718.3	490.0	62.0	
	N3	7	100.10	100.01	100.06	196.67	196.55	196.61	3736.8	297.0	37.8	38.1
			100.13	100.16	100.15	195.04	194.99	195.02	3691.0	301.5	38.3	
			100.11	100.12	100.12	196.51	196.40	196.46	3719.0	301.0	38.2	
		28	100.04	100.30	100.17	195.05	195.22	195.14	3691.9	500.5	63.5	63.4
			100.32	100.31	100.32	195.12	195.07	195.10	3709.8	500.5	63.3	
			100.09	100.35	100.22	195.18	195.23	195.21	3694.6	500.0	63.4	

附表 4-12 BB-水中養生-水結合材比 35%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
35	NN	7	100.26	100.22	100.24	197.07	196.97	197.02	3756.3	445.0	56.4	57.1
			100.35	100.17	100.26	193.17	193.18	193.18	3694.0	452.5	57.3	
			100.26	100.07	100.17	196.46	196.38	196.42	3758.7	453.0	57.5	
		28	100.36	100.28	100.32	193.72	193.61	193.67	3704.2	700.0	88.6	88.9
			100.19	100.39	100.29	195.71	195.58	195.65	3738.9	713.0	90.3	
			100.14	100.10	100.12	196.28	196.28	196.28	3727.4	692.0	87.9	
	N1	7	100.11	100.10	100.11	197.25	197.16	197.21	3755.6	403.5	51.3	51.9
			99.92	100.10	100.01	194.06	193.95	194.01	3675.5	411.0	52.3	
			100.06	100.17	100.12	196.35	196.23	196.29	3736.2	410.0	52.1	
		28	100.20	100.05	100.13	195.59	195.68	195.64	3726.6	637.5	81.0	81.8
			100.10	100.24	100.17	196.44	196.49	196.47	3740.6	644.5	81.8	
			100.25	100.21	100.23	195.89	195.79	195.84	3722.0	652.5	82.7	
	N2	7	100.18	100.16	100.17	195.23	195.22	195.23	3741.2	466.5	59.2	58.7
			100.24	100.26	100.25	194.14	194.03	194.09	3718.5	466.5	59.1	
			100.04	100.17	100.11	196.80	196.78	196.79	3756.0	454.5	57.7	
		28	100.17	100.34	100.26	196.86	196.94	196.90	3763.7	722.0	91.5	89.8
			100.16	100.14	100.15	195.66	195.71	195.69	3740.6	699.0	88.7	
			100.16	100.13	100.15	196.07	196.25	196.16	3743.3	701.5	89.1	
	N3	7	100.14	100.18	100.16	194.93	195.13	195.03	3722.2	454.0	57.6	57.4
			100.25	100.29	100.27	196.02	195.93	195.98	3741.1	452.0	57.2	
			100.31	100.32	100.32	195.92	195.94	195.93	3727.4	454.5	57.5	
		28	100.14	100.28	100.21	195.22	195.26	195.24	3731.1	707.0	89.6	89.5
			100.28	100.32	100.30	196.60	196.45	196.53	3754.4	702.5	88.9	
			100.22	100.16	100.19	193.01	192.98	193.00	3692.2	709.5	90.0	

附表 4-13 BB-水中養生-水結合材比 25%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
25	NN	7	100.14	100.17	100.16	197.27	197.33	197.30	3799.3	704.5	89.4	89.6
			100.08	99.99	100.04	197.22	197.37	197.30	3808.4	709.5	90.3	
			100.15	100.08	100.12	197.53	197.50	197.52	3813.1	702.0	89.2	
		28	100.21	100.05	100.13	195.31	195.20	195.26	3775.3	962.0	122	122
			100.21	100.03	100.12	197.20	197.10	197.20	3793.3	962.0	122	
			100.00	100.11	100.06	198.86	198.75	198.81	3835.3	953.0	121	
	N1	7	100.31	100.16	100.24	197.13	196.93	197.03	3797.6	700.0	88.7	88.4
			100.17	100.15	100.16	196.53	196.63	196.58	3797.8	691.0	87.7	
			100.08	100.18	100.13	197.99	197.98	197.99	3821.0	699.0	88.8	
		28	100.24	100.14	100.19	194.50	194.62	194.56	3746.3	937.0	119	116
			100.25	100.15	100.20	196.64	196.79	196.72	3800.3	879.0	111	
			100.20	100.20	100.20	197.33	197.45	197.39	3824.3	938.0	119	
	N2	7	100.25	100.06	100.16	198.42	198.53	198.48	3836.4	752.0	95.4	95.6
			100.15	100.21	100.18	197.48	197.30	197.39	3810.3	751.5	95.3	
			100.20	100.16	100.18	196.52	196.54	196.53	3788.1	758.0	96.2	
		28	100.12	100.25	100.19	198.26	198.29	198.28	3825.3	944.0	120	118
			100.19	100.05	100.12	196.54	196.52	196.53	3806.4	947.0	120	
			100.09	100.30	100.20	196.29	196.11	196.20	3796.2	897.0	114	
	N3	7	100.05	100.14	100.10	194.18	194.15	194.17	3740.8	759.0	96.4	95.9
			99.94	100.06	100.00	198.33	198.38	198.36	3830.5	743.5	94.7	
			100.01	100.06	100.04	197.67	197.59	197.63	3818.6	758.5	96.5	
		28	100.23	100.10	100.17	197.70	197.57	197.64	3825.9	956.0	121	121
			100.11	100.05	100.08	195.41	195.45	195.43	3775.9	944.0	120	
			100.06	100.13	100.10	195.85	195.77	195.81	3784.4	961.0	122	

附表 4-14 BB-簡易断熱養生-水結合材比 45%

水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
45	NN	28	99.98	100.09	100.04	193.35	193.31	193.33	3628.5	433.5	55.2	55.0
			100.13	100.15	100.14	196.30	196.21	196.26	3690.1	427.5	54.3	
			99.92	100.13	100.03	192.37	192.34	192.36	3616.8	436.0	55.5	
		91	100.05	100.15	100.10	194.35	193.89	194.12	3625.8	492.0	62.5	61.1
			100.28	100.25	100.27	191.42	191.48	191.45	3610.2	475.5	60.2	
			100.17	99.95	100.06	193.04	192.89	192.97	3629.1	477.0	60.7	
	N1	28	100.23	100.19	100.21	197.86	197.74	197.80	3728.8	429.0	54.4	54.1
			100.18	100.12	100.15	195.12	195.15	195.14	3645.4	429.0	54.5	
			100.17	100.23	100.20	198.56	198.51	198.54	3751.6	421.0	53.4	
		91	100.32	100.30	100.31	197.30	197.24	197.27	3697.4	469.0	59.3	59.7
			100.16	100.50	100.33	193.81	193.65	193.73	3638.1	474.5	60.0	
			100.57	100.21	100.39	190.16	190.26	190.21	3600.0	474.5	59.9	
	N2	28	100.24	100.16	100.20	195.78	195.74	195.76	3684.0	443.5	56.2	54.8
			100.21	99.99	100.10	197.87	197.69	197.78	3724.3	429.0	54.5	
			100.05	100.12	100.09	196.86	196.80	196.83	3704.4	423.5	53.8	
		91	100.17	100.36	100.27	193.80	193.80	193.80	3662.3	475.5	60.2	60.6
			100.48	100.27	100.38	193.77	193.80	193.79	3644.6	480.5	60.7	
			100.24	100.34	100.29	192.48	192.77	192.63	3634.2	480.0	60.8	
	N3	28	100.05	100.02	100.04	197.83	197.81	197.82	3717.2	443.5	56.4	56.2
			100.08	100.12	100.10	194.65	194.88	194.77	3667.1	443.5	56.4	
			100.16	100.03	100.10	196.60	196.41	196.51	3682.2	440.0	55.9	
		91	100.30	100.12	100.21	194.35	194.32	194.34	3658.0	494.0	62.6	61.8
			100.14	100.28	100.21	194.43	194.67	194.55	3636.9	481.0	61.0	
			100.31	100.05	100.18	194.44	194.61	194.53	3652.2	488.0	61.9	

附表 4-15 BB-簡易断熱養生-水結合材比 35%

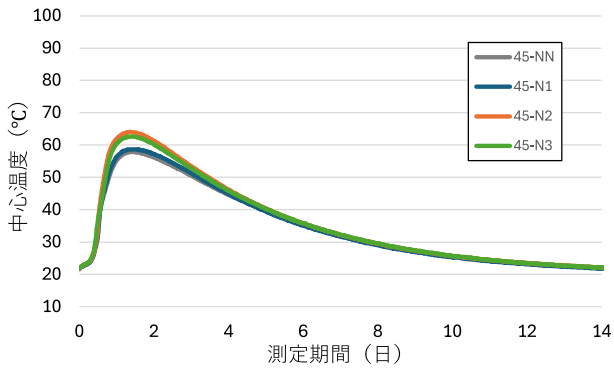
水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
35	NN	28	100.08	99.98	100.03	195.47	195.58	195.53	3688.8	613.5	78.1	76.2
			100.32	100.26	100.29	193.55	193.52	193.54	3665.4	583.0	73.8	
			100.09	100.07	100.08	195.17	195.29	195.23	3680.4	604.5	76.8	
		91	100.34	100.42	100.38	195.83	195.82	195.83	3705.8	645.5	81.6	81.3
			100.25	100.49	100.37	192.88	192.84	192.86	3649.9	650.0	82.2	
			100.54	100.26	100.40	191.16	191.02	191.09	3608.8	634.5	80.1	
	N1	28	100.06	100.04	100.05	194.05	194.10	194.08	3663.0	566.0	72.0	72.4
			100.17	100.03	100.10	193.91	193.88	193.90	3653.9	572.5	72.7	
			100.21	100.04	100.13	196.46	196.27	196.37	3697.8	572.0	72.6	
		91	100.28	99.99	100.14	196.86	196.74	196.80	3706.7	626.5	79.5	79.4
			100.26	100.23	100.25	193.60	193.43	193.52	3641.0	628.0	79.6	
			100.04	100.37	100.21	195.59	195.31	195.45	3666.7	625.0	79.2	
	N2	28	100.30	100.25	100.28	196.66	196.61	196.64	3720.5	602.0	76.2	75.8
			100.08	99.98	100.03	196.60	196.54	196.57	3710.2	596.5	75.9	
			100.08	100.30	100.19	196.39	196.45	196.42	3734.9	594.0	75.3	
		91	100.28	100.47	100.38	193.57	193.71	193.64	3667.0	650.0	82.1	81.5
			100.13	100.16	100.15	193.20	193.41	193.31	3657.3	639.0	81.1	
			100.59	100.26	100.43	194.78	194.97	194.88	3704.6	645.0	81.4	
	N3	28	100.25	100.38	100.32	196.43	196.45	196.44	3704.4	621.0	78.6	78.6
			100.05	100.21	100.13	194.72	194.54	194.63	3684.0	620.5	78.8	
			100.15	100.33	100.24	195.59	195.61	195.60	3705.0	619.5	78.5	
		91	100.40	100.40	100.40	196.22	196.55	196.39	3698.0	669.5	84.6	84.7
			100.11	100.45	100.28	196.45	196.36	196.41	3720.9	670.0	84.8	
			100.45	100.18	100.32	194.80	194.62	194.71	3687.5	669.5	84.7	

附表 4-16 BB-簡易断熱養生-水結合材比 25%

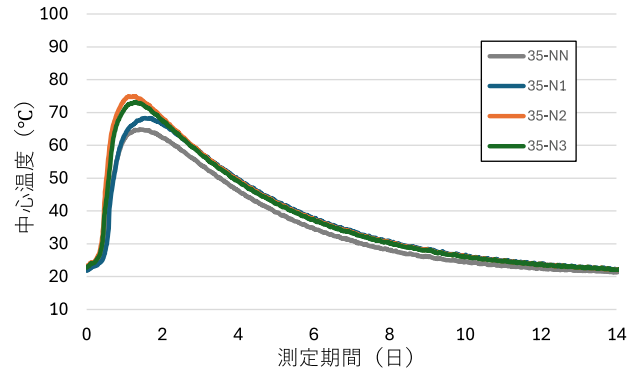
水結合 材比(%)	セメント	材齡 (日)	直径 (mm)			高さ (mm)			質量 (g)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	
25	NN	28	100.17	100.05	100.11	196.14	196.16	196.15	3750.5	814.0	103	104
			100.06	100.22	100.14	195.85	195.68	195.77	3741.6	835.0	106	
			100.07	100.09	100.08	196.51	196.47	196.49	3754.9	804.0	102	
		91	100.30	100.04	100.17	190.85	190.66	190.76	3637.2	859.0	109	111
			99.96	99.99	99.98	193.25	193.74	193.50	3690.4	870.0	111	
			100.14	100.06	100.10	193.63	193.52	193.58	3706.6	878.0	112	
	N1	28	100.11	100.00	100.06	193.97	193.83	193.90	3707.8	819.5	104	104
			99.94	100.00	99.97	197.43	197.52	197.48	3779.3	817.0	104	
			100.19	100.15	100.17	192.70	193.09	192.90	3690.3	830.0	105	
		91	100.18	100.16	100.17	193.10	193.33	193.22	3687.6	832.0	106	106
			100.07	100.02	100.05	195.95	196.07	196.01	3744.3	834.0	106	
			100.18	100.25	100.22	195.72	194.93	195.33	3730.6	827.0	105	
	N2	28	100.21	99.99	100.10	195.13	195.19	195.16	3729.0	829.0	105	106
			99.95	99.99	99.97	197.01	197.17	197.09	3771.9	857.0	109	
			100.21	100.05	100.13	195.85	195.78	195.82	3748.7	811.0	103	
		91	100.15	99.98	100.07	193.28	193.51	193.40	3679.1	892.0	113	112
			100.22	99.93	100.08	192.40	192.52	192.46	3683.2	875.0	111	
			100.07	100.28	100.18	197.66	197.47	197.57	3782.6	884.0	112	
	N3	28	100.06	100.20	100.13	195.91	195.98	195.95	3746.6	835.0	106	106
			100.04	100.17	100.11	196.32	196.21	196.27	3740.2	844.0	107	
			100.12	100.08	100.10	197.50	197.41	197.46	3775.4	836.0	106	
		91	100.07	100.11	100.09	192.85	192.72	192.79	3686.1	832.0	106	105
			100.12	100.24	100.18	194.61	194.48	194.55	3699.0	820.0	104	
			100.23	100.07	100.15	194.29	194.08	194.19	3711.2	827.0	105	

附表 4-17 見掛け（計算上）の単位量と実際の単位量の関係

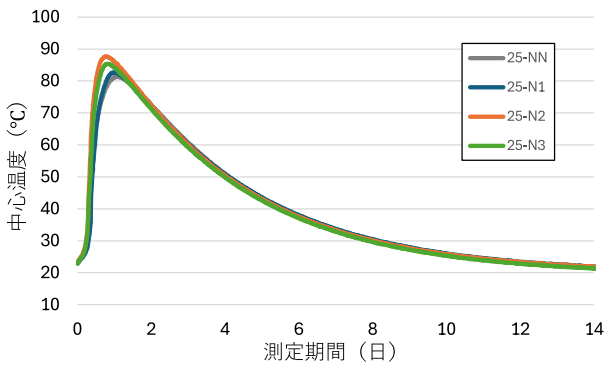
使用 セメント	水結合材 比 (%)	単位 粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	見掛け（計算上）の 単位量 (kg/m ³)						実際の 単位量 (kg/m ³)				
			水	結合材 B		細 骨 材	粗 骨 材	水	結合材 B		細 骨 材	粗 骨 材	
				セメント	BFS				セメント	BFS			
N	NN	65	0.59	180	277	—	904	963	180	277	—	903	962
	N1								180	277	—	904	963
	N2								180	277	—	904	963
	N3								180	277	—	904	963
	NN	55	0.59	175	318	—	883	963	175	318	—	882	962
	N1								175	318	—	883	963
	N2								175	318	—	883	963
	N3								175	318	—	883	963
	NN	55 (高流動)	0.56	175	318	—	931	914	175	318	—	930	913
	N1								175	318	—	931	914
	N2								175	318	—	931	914
	N3								175	318	—	931	914
	NN	45	0.56	175	389	—	873	914	175	388	—	871	912
	N1								175	389	—	873	914
	N2								175	389	—	873	914
	N3								175	389	—	872	913
	NN	35	0.54	175	500	—	814	881	175	499	—	812	879
	N1								175	500	—	814	881
	N2								175	500	—	814	881
	N3								175	500	—	813	880
NN	25	0.54	175	700	—	650	881	174	698	—	648	878	
N1								175	700	—	650	881	
N2								175	700	—	650	881	
N3								175	699	—	649	880	
BB	NBB	45	0.56	175	222	167	860	914	175	222	167	859	913
	BB1								175	222	167	860	914
	BB2								175	222	167	860	914
	BB3								175	222	167	860	914
	NBB	35	0.54	175	285	215	797	881	175	285	215	796	880
	BB1								175	285	215	797	881
	BB2								175	285	215	797	881
	BB3								175	285	215	797	881
	NBB	25	0.54	175	399	301	627	881	175	399	301	626	880
	BB1								175	399	301	627	881
	BB2								175	399	301	627	881
	BB3								175	399	301	627	881



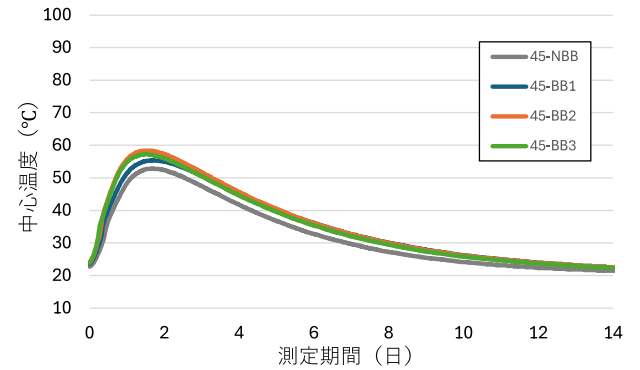
附図 4-1 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(N-W/B45%)



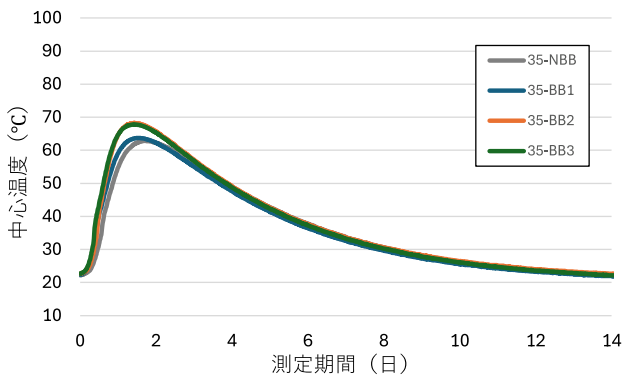
附図 4-2 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(N-W/B35%)



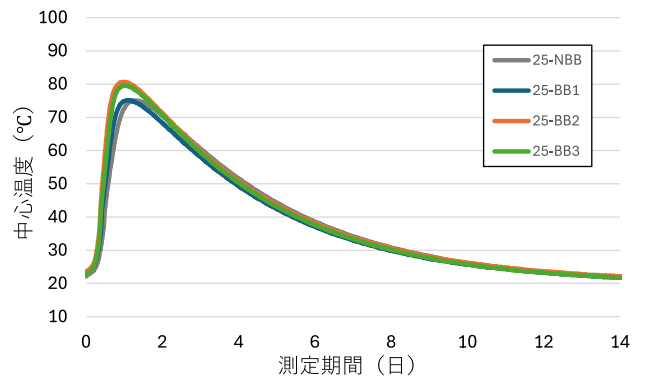
附図 4-3 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(N-W/B225%)



附図 4-4 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(BB-W/B45%)



附図 4-5 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(BB-W/B35%)



附図 4-6 簡易断熱養生槽の中心温度履歴
(BB-W/B25%)

一次式の違いの検定 N 高強度 水中28d		検 印 欄		
		工場長	主 任	試験係
令和 7年12月23日				
N1, N2, N3 高強度 水中28d y=15.23+24.55 x		NN 高強度 水中28d y=3.75+28.13 x		
$n_A = 9$ $\sum x_A = 27.24$ $\sum y_A = 805.80$ $\sum x_A^2 = 87.30$ $\sum y_A^2 = 75237.00$ $\sum x_A y_A = 2558.27$ $\bar{x}_A = 3.03$ $\bar{y}_A = 89.53$ $S(x_A, x_A) = 4.87$ $S(y_A, y_A) = 3091.04$ $S(x_A, y_A) = 119.57$		$n_B = 3$ $\sum x_B = 9.08$ $\sum y_B = 266.60$ $\sum x_B^2 = 29.10$ $\sum y_B^2 = 24994.76$ $\sum x_B y_B = 852.50$ $\bar{x}_B = 3.03$ $\bar{y}_B = 88.87$ $S(x_B, x_B) = 1.62$ $S(y_B, y_B) = 1302.91$ $S(x_B, y_B) = 45.66$		
$a_A = \bar{y}_A = 89.53$ $b_A = S(x_A, y_A) / S(x_A, x_A) = 24.55$ $Y = 89.53 + 24.55(X - 3.03)$ $S R_A = b_A \cdot S(x_A, y_A) = 2935.78$ $S y_A x_A = S(y_A, y_A) - S R_A = 155.26$ $V y_A x_A = S y_A x_A / (n_A - 2) = 22.18$		$a_B = \bar{y}_B = 88.87$ $b_B = S(x_B, y_B) / S(x_B, x_B) = 28.13$ $Y = 88.87 + 28.13(X - 3.03)$ $S R_B = b_B \cdot S(x_B, y_B) = 1284.08$ $S y_B x_B = S(y_B, y_B) - S R_B = 18.83$ $V y_B x_B = S y_B x_B / (n_B - 2) = 18.83$		
<p>● プールした回帰からの不偏分散 $V_{yx} = (S y_A x_A + S y_B x_B) / (n_A + n_B - 4) = 21.76$</p>				
<p>③ 回帰係数の差の検定 (1) 分散の差の検定 $F_0 = V y_A x_A / V y_B x_B = 1.18$ $F(n_A, n_B; \alpha/2) = F(7, 1; \alpha/2)$ F分布表より 信頼区間 95% $F(7, 1; 0.025) = 948.20 \geq 1.18$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $F(7, 1; 0.005) = 23715.20 \geq 1.18$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。</p> (2) 回帰係数の差の検定 $T_0 = b_A - b_B / \sqrt{(1/S(x_A, x_A) + 1/S(x_B, x_B)) \cdot V_{yx}} = 0.84$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.84$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.84$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。				
<p>④ 切片の差の検定 $T_1 = a_A - a_B / \sqrt{(\sum x_A^2 / (S(x_A, x_A) \cdot n_A) + \sum x_B^2 / (S(x_B, x_B) \cdot n_B)) \cdot V_{yx}} = 0.05$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.05$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.05$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。</p>				

一次式の違いの検定 BB 高強度 水中28d		検 印 欄		
		工場長	主 任	試験係
令和 7年12月23日				
BB1, BB2, BB3 高強度 水中28d $y = -6.87 + 31.62x$		NBB 高強度 水中28d $y = -4.50 + 31.84x$		
$n_A = 9$ $\sum x_A = 27.24$ $\sum y_A = 799.40$ $\sum x_A^2 = 87.30$ $\sum y_A^2 = 76006.10$ $\sum x_A y_A = 2573.32$ $\bar{x}_A = 3.03$ $\bar{y}_A = 88.82$ $S(x_A, x_A) = 4.87$ $S(y_A, y_A) = 5001.62$ $S(x_A, y_A) = 153.99$		$n_B = 3$ $\sum x_B = 9.08$ $\sum y_B = 275.60$ $\sum x_B^2 = 29.10$ $\sum y_B^2 = 26973.30$ $\sum x_B y_B = 885.77$ $\bar{x}_B = 3.03$ $\bar{y}_B = 91.87$ $S(x_B, x_B) = 1.62$ $S(y_B, y_B) = 1654.85$ $S(x_B, y_B) = 51.69$		
$a_A = \bar{y}_A = 88.82$ $b_A = S(x_A, y_A) / S(x_A, x_A) = 31.62$ $Y = 88.82 + 31.62(X - 3.03)$ $S R_A = b_A \cdot S(x_A, y_A) = 4869.12$ $S y_A x_A = S(y_A, y_A) - S R_A = 132.50$ $V y_A x_A = S y_A x_A / (n_A - 2) = 18.93$		$a_B = \bar{y}_B = 91.87$ $b_B = S(x_B, y_B) / S(x_B, x_B) = 31.84$ $Y = 91.87 + 31.84(X - 3.03)$ $S R_B = b_B \cdot S(x_B, y_B) = 1645.79$ $S y_B x_B = S(y_B, y_B) - S R_B = 9.06$ $V y_B x_B = S y_B x_B / (n_B - 2) = 9.06$		
<p>● プールした回帰からの不偏分散 $V_{yx} = (S y_A x_A + S y_B x_B) / (n_A + n_B - 4) = 17.69$</p>				
<p>③ 回帰係数の差の検定 (1) 分散の差の検定 $F_0 = V y_A x_A / V y_B x_B = 2.09$ $F(n_A, n_B; \alpha/2) = F(7, 1; \alpha/2)$ F分布表より 信頼区間 95% $F(7, 1; 0.025) = 948.20 \geq 2.09$ \therefore 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $F(7, 1; 0.005) = 23715.20 \geq 2.09$ \therefore 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。</p> (2) 回帰係数の差の検定 $T_0 = b_A - b_B / \sqrt{(1/S(x_A, x_A) + 1/S(x_B, x_B)) \cdot V_{yx}} = 0.06$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.06$ \therefore 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.06$ \therefore 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。				
<p>④ 切片の差の検定 $T_1 = a_A - a_B / \sqrt{(\sum x_A^2 / (S(x_A, x_A) \cdot n_A) + \sum x_B^2 / (S(x_B, x_B) \cdot n_B)) \cdot V_{yx}} = 0.26$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.26$ \therefore 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.26$ \therefore 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。</p>				

一次式の違いの検定 N 高強度 簡易断熱91d		検 印 欄		
		工場長	主 任	試験係
令和 7年12月23日				
N1, N2, N3 高強度 簡易断熱91d y=-7.14+29.63 x		NN 高強度 簡易断熱91d y=-3.46+28.36 x		
$n_A = 9$ $\sum x_A = 27.24$ $\sum y_A = 742.90$ $\sum x_A^2 = 87.30$ $\sum y_A^2 = 65678.97$ $\sum x_A y_A = 2392.65$ $\bar{x}_A = 3.03$ $\bar{y}_A = 82.54$ $S(x_A, x_A) = 4.87$ $S(y_A, y_A) = 4356.70$ $S(x_A, y_A) = 144.32$		$n_B = 3$ $\sum x_B = 9.08$ $\sum y_B = 247.10$ $\sum x_B^2 = 29.10$ $\sum y_B^2 = 21669.93$ $\sum x_B y_B = 793.87$ $\bar{x}_B = 3.03$ $\bar{y}_B = 82.37$ $S(x_B, x_B) = 1.62$ $S(y_B, y_B) = 1317.13$ $S(x_B, y_B) = 46.04$		
$a_A = \bar{y}_A = 82.54$ $b_A = S(x_A, y_A) / S(x_A, x_A) = 29.63$ $Y = 82.54 + 29.63(X - 3.03)$ $SR_A = b_A \cdot S(x_A, y_A) = 4276.67$ $S_{y_A x_A} = S(y_A, y_A) - SR_A = 80.04$ $V_{y_A x_A} = S_{y_A x_A} / (n_A - 2) = 11.43$		$a_B = \bar{y}_B = 82.37$ $b_B = S(x_B, y_B) / S(x_B, x_B) = 28.36$ $Y = 82.37 + 28.36(X - 3.03)$ $SR_B = b_B \cdot S(x_B, y_B) = 1305.60$ $S_{y_B x_B} = S(y_B, y_B) - SR_B = 11.53$ $V_{y_B x_B} = S_{y_B x_B} / (n_B - 2) = 11.53$		
<p>● プールした回帰からの不偏分散</p> $V_{yx} = (S_{y_A x_A} + S_{y_B x_B}) / (n_A + n_B - 4) = 11.45$				
<p>③ 回帰係数の差の検定</p> <p>(1) 分散の差の検定</p> $F_0 = V_{y_B x_B} / V_{y_A x_A} = 1.01$ $F(n_B, n_A; \alpha/2) = F(1, 7; \alpha/2)$ F分布表より 信頼区間 95% $F(1, 7; 0.025) = 8.07 \geq 1.01$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $F(1, 7; 0.005) = 16.24 \geq 1.01$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。				
<p>(2) 回帰係数の差の検定</p> $T_0 = b_A - b_B / \sqrt{(1/S(x_A, x_A) + 1/S(x_B, x_B)) \cdot V_{yx}} = 0.42$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ F分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.42$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.42$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。				
<p>④ 切片の差の検定</p> $T_1 = a_A - a_B / \sqrt{(\sum x_A^2 / (S(x_A, x_A) \cdot n_A) + \sum x_B^2 / (S(x_B, x_B) \cdot n_B)) \cdot V_{yx}} = 0.02$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ F分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.02$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.02$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。				

一次式の違いの検定 BB 高強度 簡易断熱91d		検 印 欄		
		工場長	主 任	試験係
令和 7年12月23日				
BB1, BB2, BB3 高強度 簡易断熱91d $y=2.37+26.96x$		NBB 高強度 簡易断熱91d $y=9.16+24.22x$		
$n_A = 9$ $\sum x_A = 27.24$ $\sum y_A = 755.70$ $\sum x_A^2 = 87.30$ $\sum y_A^2 = 67056.39$ $\sum x_A y_A = 2418.37$ $\bar{x}_A = 3.03$ $\bar{y}_A = 83.97$ $S(x_A, x_A) = 4.87$ $S(y_A, y_A) = 3602.78$ $S(x_A, y_A) = 131.29$		$n_B = 3$ $\sum x_B = 9.08$ $\sum y_B = 247.40$ $\sum x_B^2 = 29.10$ $\sum y_B^2 = 21367.90$ $\sum x_B y_B = 788.06$ $\bar{x}_B = 3.03$ $\bar{y}_B = 82.47$ $S(x_B, x_B) = 1.62$ $S(y_B, y_B) = 965.65$ $S(x_B, y_B) = 39.32$		
$a_A = \bar{y}_A = 83.97$ $b_A = S(x_A, y_A) / S(x_A, x_A) = 26.96$ $Y = 83.97 + 26.96(X - 3.03)$ $S R_A = b_A \cdot S(x_A, y_A) = 3539.56$ $S y_A x_A = S(y_A, y_A) - S R_A = 63.22$ $V y_A x_A = S y_A x_A / (n_A - 2) = 9.03$		$a_B = \bar{y}_B = 82.47$ $b_B = S(x_B, y_B) / S(x_B, x_B) = 24.22$ $Y = 82.47 + 24.22(X - 3.03)$ $S R_B = b_B \cdot S(x_B, y_B) = 952.37$ $S y_B x_B = S(y_B, y_B) - S R_B = 13.27$ $V y_B x_B = S y_B x_B / (n_B - 2) = 13.27$		
<p>● プールした回帰からの不偏分散 $V_{yX} = (S y_A x_A + S y_B x_B) / (n_A + n_B - 4) = 9.56$</p>				
<p>③ 回帰係数の差の検定 (1) 分散の差の検定 $F_0 = V y_B x_B / V y_A x_A = 1.47$ $F(n_B, n_A; \alpha/2) = F(1, 7; \alpha/2)$ F分布表より 信頼区間 95% $F(1, 7; 0.025) = 8.07 \geq 1.47$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $F(1, 7; 0.005) = 16.24 \geq 1.47$ ∴ 有意ではない。すなわち分散に差があるとはいえない。</p> <p>(2) 回帰係数の差の検定 $T_0 = b_A - b_B / \sqrt{(1/S(x_A, x_A) + 1/S(x_B, x_B)) \cdot V_{yX}} = 0.98$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.98$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.98$ ∴ 有意ではない。すなわち回帰係数に差があるとはいえない。</p>				
<p>④ 切片の差の検定 $T_1 = a_A - a_B / \sqrt{(\sum x_A^2 / (S(x_A, x_A) \cdot n_A) + \sum x_B^2 / (S(x_B, x_B) \cdot n_B)) \cdot V_{yX}} = 0.17$ $T(n_A + n_B - 4; \alpha) = T(8; \alpha)$ T分布表より 信頼区間 95% $T(8; 0.05) = 2.31 \geq 0.17$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。 信頼区間 99% $T(8; 0.01) = 3.36 \geq 0.17$ ∴ 有意ではない。すなわち切片に差があるとはいえない。</p>				