

レディーミクストコンクリート工場を対象としたアンケート調査結果

Result of Questionnaire Survey of Ready-Mixed Concrete

住 学*1 梶山 毅*2
Manabu Sumi Tsuyoshi Kajiyama

要旨

2009年のJASS 5改定では、新たに乾燥収縮率やヤング係数に関する品質規定が盛り込まれ、JIS A 5308の改正ではスラッジ水が容易に使用できるようになるなど、レディーミクストコンクリートを取り巻く環境が大きく変化した年であった。本報告では、全国505の工場に対するアンケート調査結果から、ヤング係数、乾燥収縮率、早期判定方法についてとりまとめた結果について報告する。

キーワード：レディーミクストコンクリート アンケート調査 ヤング係数 乾燥収縮率 早期判定

1. はじめに

2009年のJASS 5¹⁾改定では、構造体および部材の要求性能を満足するように、新たに乾燥収縮率やヤング係数に関する品質規定が盛り込まれた一方で、JIS A 5308の改正ではスラッジ水が使用しやすくされるなど、レディーミクストコンクリートを取り巻く環境が大きく変化した年であったと考えられる。そこで、日本各地のレディーミクストコンクリート工場（以下、生コン工場）の現状確認を目的としてアンケート調査を行った。本報告では、アンケート調査概要、コンクリートのヤング係数、乾燥収縮率（乾燥期間26週）に及ぼす各種要因の影響、乾燥期間26週のコンクリートの乾燥収縮率とそれ以前の乾燥期間の乾燥収縮率との関係、乾燥収縮率の早期判定精度について報告する。なお、本アンケート調査は、建設業11社（安藤建設、大木建設、鴻池組、西武建設、銭高組、鉄建建設、東亜建設工業、東洋建設、飛鳥建設、長谷工コーポレーションおよび三井住友建設）が共同で実施したものである。

2. アンケート調査結果概要

2.1 アンケート内容

アンケートは2009年10月に実施したもので、主な項目を表1に示す。生コン工場の設備概要に加え、使用骨材の物性値、ヤング係数と乾燥収縮率の確認状況、そしてスラッジ水の使用に関する内容も盛り込んだ。今回、計505の生コン工場から回答が得られた。地域別の内訳を図1に示す。約半数が南関東地区からの回答で、収集データに偏りがあることに注意が必要である。

2.2 アンケート調査結果概要

2.2.1 製造設備・材料

コンクリートミキサに関する結果を図2に示す。形式としては、強制二軸ミキサが90%以上を占めるが、一軸ミキサ

表1 アンケート項目

大項目	アンケート項目
概要	工場名・所在地・JIS取得年月・生産能力
ミキサ	形式・容量・台数
骨材設備	ストック設備の容量・数
練混ぜ水	種類・スラッジ水の使用状況
セメント	メーカー・常備品の種類・サイロ容量
混和剤	種類・銘柄・容量
粗骨材	種類・物性値・混合比率
細骨材	種類・物性値・混合比率
混和材	種類・使用実績
標準配合	W/C・単位水量
その他	ヤング係数・乾燥収縮率・質量変化

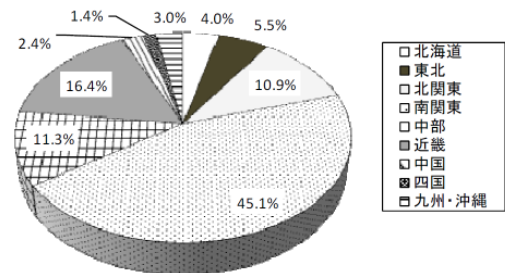


図1 回答データの地域別内訳

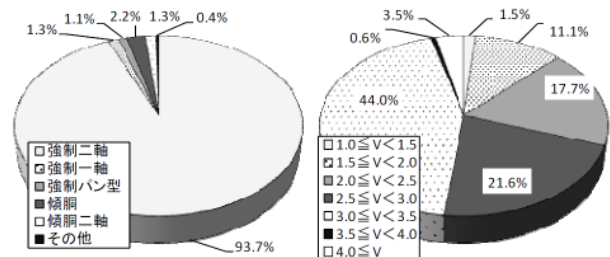


図2 コンクリートミキサの構成

*1 技術研究所 建築技術研究部門 *2 技術研究所

サや傾胴ミキサもみられた。ミキサ容量は2.5~3.5m³が約65%となったが、5m³以上のミキサも確認された。なお、38工場が2プラントを有していた。特殊セメントを除くセメントについて、専用サイロの保有状況を図3に示す。専用サイロの保有率は、普通セメント(N)では100%、高炉セメントB種(BB)では99.4%であったが、その他では90%を下回り、低熱系セメントでは20%台と特に低かった。また、専用サイロの保有率には地域差がみられることも確認された。例えば、南関東に限定してサイロ保有率を集計すると、早強セメント(H)では80%まで下がる反面、中庸熱セメント(M)では46%まで、低熱セメント(L)でも32%まで増加する。3大都市圏以外で専用サイロの保有率を集計すると、Hセメントは96%であったが、Mセメントで8.5%、Lセメントで5.3%と極端に低くなった。

骨材の使用状況を図4、5に示す。複数の骨材を常備している生コン工場が大半なので総数は工場数を上回った。細骨材をみると、1種類で賄っているのは138工場で、その他は2ないし3種類を混合使用していた。その使用頻度は砕砂が最も多いが、山砂や陸砂もまだ多く使用されている。粗骨材をみると、砕石の使用頻度が圧倒的に高い。なお、砕石を複数用意している生コン工場では、石灰石とその他という組み合わせがほとんどであった。

練混ぜ水の状況を図6に示す。練混ぜ水も複数種類を用意している生コン工場があるため総計は100%を超えている

が、地下水の使用率が高かった。回収水の使用状況では、上澄水のみ使用率が71%、スラッジ水の使用率は6%確認された。スラッジ水については、今後使用する予定がある、あるいは検討しているという回答も19工場からあった。

2.2.2 ヤング係数・乾燥収縮率

今回、115工場からヤング係数に関する回答が得られた。圧縮強度とヤング係数の関係は、全てがJASS 5式の80%以上の範囲にあったが詳細は3章に記述する。一方、乾燥収縮率に関しては214工場から回答が得られ、ヤング係数よりもデータ収集が進んでいた。なお、長期や超長期供用級に要求される 8×10^{-4} 以下のデータが、全体の95%あったが、回答地域や使用骨材には偏りがあった。

2.2.3 標準配合

今回、建築分野での使用実績が多い30-18-20(25)Nを標準配合と仮定し、水セメント比と単位水量の実態をアンケートしたところ458データが得られた。結果を図7および図8に示す。水セメント比は43.0%~55.0%の範囲にあるが、47.5~52.5%で全体の75%を超えた。なお、平均は49.4%、標準偏差は1.94%であった。一方、単位水量をみると180kg/m³と170kg/m³で突出しているが、180kg/m³のピークは一部協同組合における統一配合の影響が大きい。単位水量は使用する化学混和剤の種類によって二分し、高性能AE減水剤の場合は170kg/m³程度、AE減水剤の場合は概ね180kg/m³以上となりそのピークは184kg/m³であった。

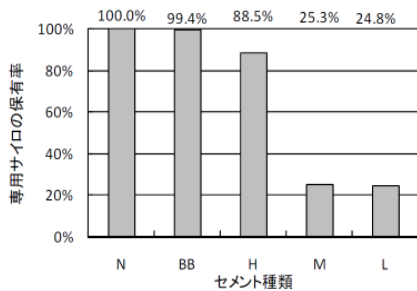


図3 セメント種別のサイロ保有状況

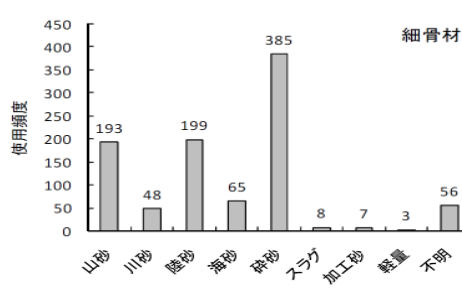


図4 細骨材の使用状況

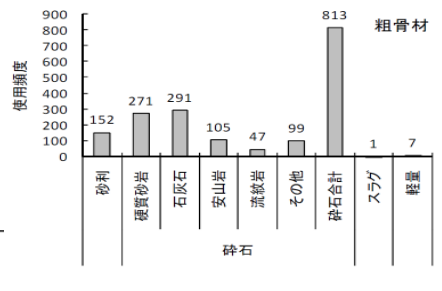


図5 粗骨材の使用状況

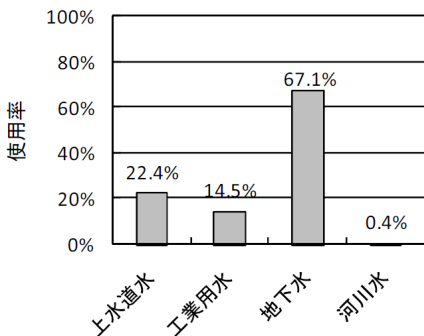


図6 練混ぜ水の種類

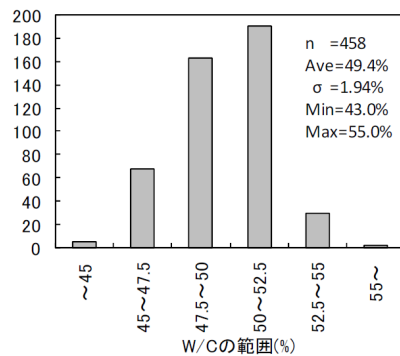


図7 水セメント比の範囲

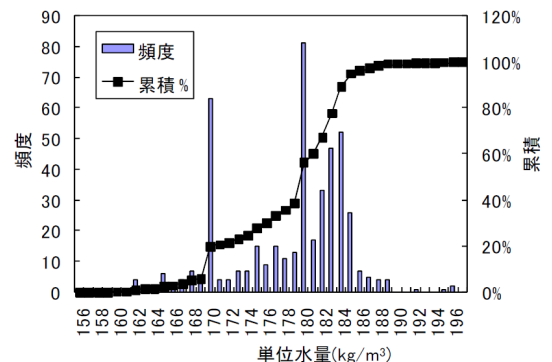


図8 標準配合の単位水量

3. コンクリートのヤング係数

ヤング係数は、アンケート調査全 505 工場の中の約 2 割にあたる 115 工場から回答を得た。測定データは、1 工場から複数の回答を得られたため、258 データが得られた。ヤング係数に関する検討は粗骨材岩種別に行うこととした。

3.1 コンクリートのヤング係数と粗骨材岩種

ヤング係数測定標本の粗骨材岩種割合を図 9 に示す。今回の調査結果では、コンクリートの粗骨材は一種類のみを用いている場合と複数の岩種を混合して用いている場合があり、前者は石灰石および硬質砂岩がその 6 割以上を占めていた。後者の 2 割は石灰石と硬質砂岩の混合使用が占め、その他には、硬質砂岩と安山岩、チャート、かんらん岩の混合使用、および石灰石と粘板岩、珪岩、輝緑凝灰岩の混合使用がみられた。

3.2 圧縮強度とコンクリートのヤング係数

圧縮強度とコンクリートのヤング係数の関係を図 10 に示す。以降では、粗骨材岩種による影響を明確にするため、1 種類の粗骨材を用いたデータにより検討する。今回の調査では、ヤング係数は約 24~49kN/mm²、圧縮強度は約 25

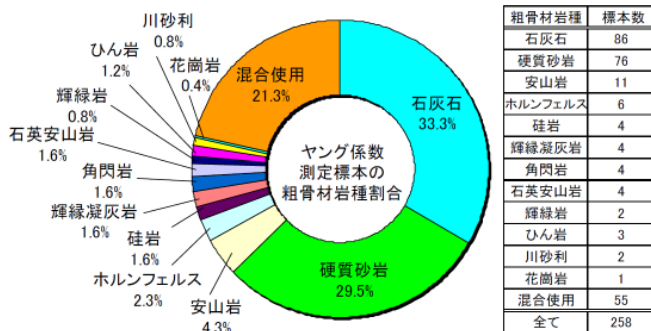


図 9 ヤング係数測定標本の粗骨材岩種割合

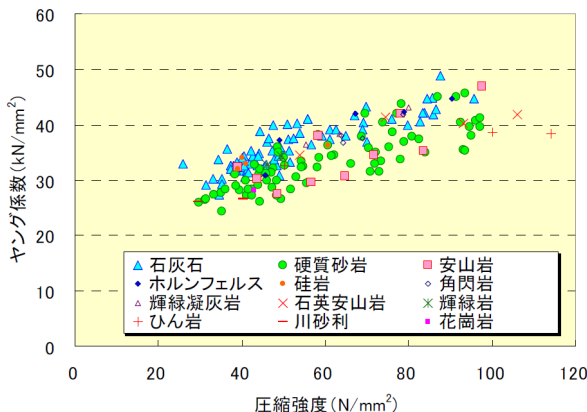


図 10 圧縮強度とヤング係数の関係

~114N/mm²の範囲に分布しており、圧縮強度が高くなるほどヤング係数も増加する一般的な傾向が確認された。なかでも、石灰石については分布範囲の上方に位置し、他の粗骨材種類に比べてヤング係数が大きい傾向がみられた。

3.3 粗骨材絶乾密度とコンクリートのヤング係数

粗骨材絶乾密度とコンクリートのヤング係数の関係を図 11 に示す。粗骨材絶乾密度は、輝緑凝灰岩、輝緑岩、一部の硬質砂岩で 2.80g/cm³ 以上であったが、それ以外のほとんどが 2.55~2.74g/cm³ の範囲に分布していた。特に、2.68~2.69g/cm³ のデータが突出して多く、その大半を石灰石が占めていた。ヤング係数は粗骨材絶乾密度が同じでも、例えば 2.69g/cm³ の場合では 28.4~48.9kN/mm² の範囲で大きくばらついているため、粗骨材絶乾密度との明確な相関関係は認め難いが、粗骨材絶乾密度が大きくなるほどヤング係数も大きくなる傾向はみてとれる。

3.4 粗骨材吸水率とコンクリートのヤング係数

粗骨材吸水率とコンクリートのヤング係数の関係を図 12 に示す。今回の調査における粗骨材吸水率は 0.3~2.0% の広い範囲に分布し、その多くは 0.4~0.7% の範囲に集中していた。粗骨材岩種別にみると石灰石が約 0.3~0.9% に、

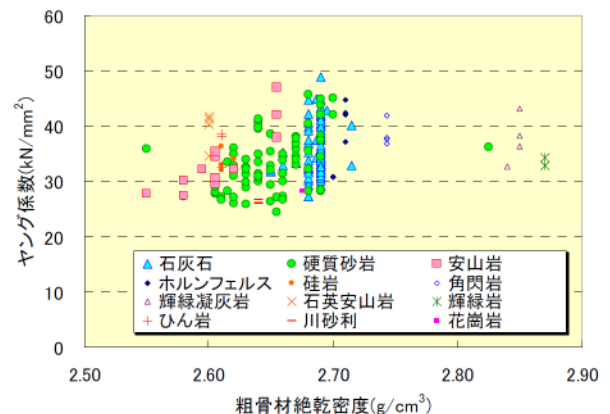


図 11 粗骨材絶乾密度とヤング係数の関係

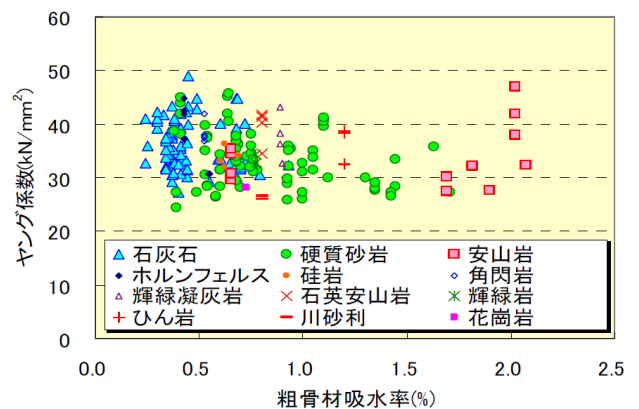


図 12 粗骨材吸水率とヤング係数の関係

硬質砂岩が約 0.4~1.7%に、安山岩が約 1.7~2.0%に分布していた。この図からコンクリートのヤング係数は、一部の安山岩データを除き粗骨材吸水率が大きくなるほどその最大値は小さくなるようである。なお、安山岩については今後の検討課題としたい。一方、下限値は、粗骨材吸水率にかかわらず 25kN/mm² 程度であった。

3.5 ヤング係数の分布とヤング係数式

本調査において主にコンクリートに用いられている粗骨材岩種は、石灰石、硬質砂岩、および安山岩であった。これらを対象としたときのヤング係数と圧縮強度の関係を図 13 に示す。図中には、式(1) ²⁾によるヤング係数式(NewRC式)の計算結果とその 80%の値を併せて示す。ここでヤング係数式に用いた係数として、コンクリート単位容積質量(γ)は 2.3t/m³および 2.4t/m³、粗骨材修正係数(k₁)は石灰石 1.20、硬質砂岩 1.00、安山岩 0.95 を、また混和材修正係数(k₂)は 1.00 として検討した。JASS 5 において、「コンクリートのヤング係数は、式(1)で計算される値の 80%以上の範囲内にあるものとし、この範囲内にはない場合は、工事監理者の承認を受ける」とされているが、今回の調査データは式(1)の 80%以上となっており、前記の規定を満足していた。ただし一部の調査データでは、式(1)の 80%を僅かに上回る程度というものもあった。

次に、今回の調査データとヤング係数式の適合性をみるため、粗骨材岩種別に両者の関係を図 14 に示した。ここではコンクリートの単位容積質量が不明なため、γは便宜上 2.35t/m³とし、粗骨材修正係数および混和材修正係数を 1.0 とした。また図中に回帰式を鎖線

で示した。これらによると、石灰石の場合、調査データは回帰式の傾きが 1.19 となり、一般的な石灰石の粗骨材修正係数とほぼ一致する結果となった。また硬質砂岩や安山岩の場合には、一般的な粗骨材修正係数を用いたヤング係数式の推定値と概ね一致した。しかしながら、ヤング係数式はコンクリートの単位容積質量の影響を大きく受けるため一概には言えないものの、実際のコンクリートのヤング係数は、ヤング係数式の推定値を大きく下回る場合もあり得るので注意が必要といえる。

$$E = k_1 \times k_2 \times 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{\gamma}{2.4}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} \quad (1)$$

E : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)
 γ : コンクリートの単位容積質量 (t/m³)
 σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
 k₁ : 粗骨材修正係数 k₂ : 混和材修正係数

4. コンクリートの乾燥収縮率

乾燥収縮率の検討には 214 工場から得られた 409 データを用いた。検討は、乾燥収縮率(乾燥期間 26 週)に及ぼす粗骨材種類、粗骨材密度と吸水率、単位水量、水セメント比の影響について行った。

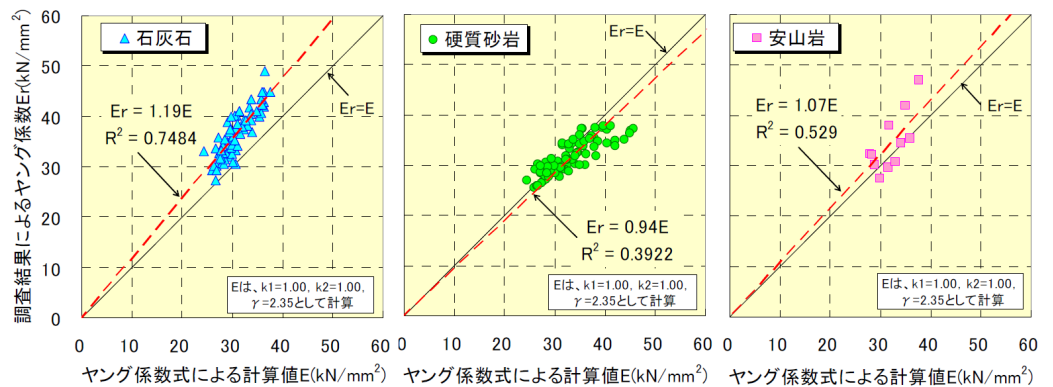


図 14 調査結果によるヤング係数とヤング係数式による計算値の関係

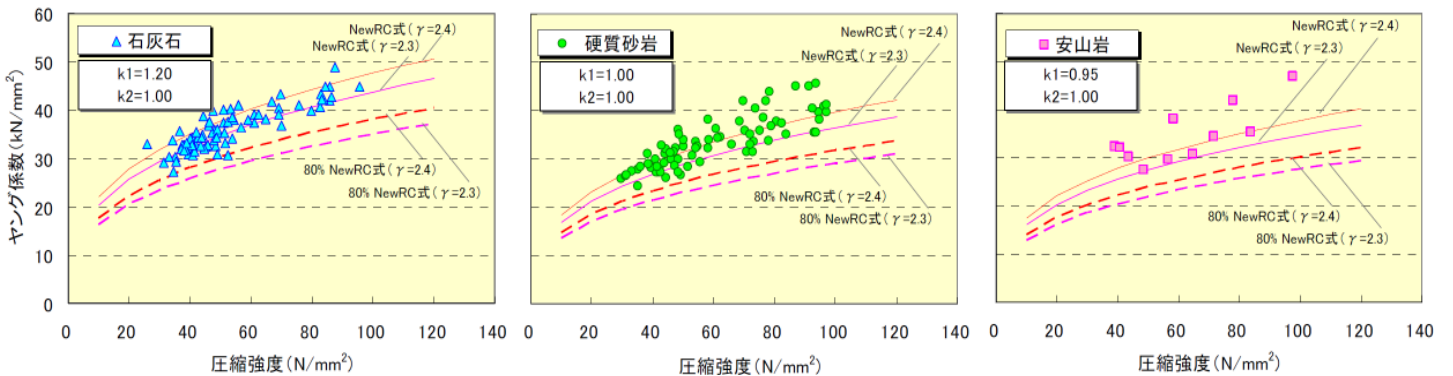


図 13 ヤング係数と圧縮強度の関係

4.1 乾燥収縮率データの概要

乾燥収縮率データの概要を表2に示す。呼び強度は18～45であり、30未満が30%、30以上40未満が58%、40以上が12%であった。水セメント比は35～64.5%、単位水量は154～190kg/m³の範囲を対象とした。なお、収縮低減型混和剤や収縮低減剤、膨張材などを使用したデータは除外した。粗骨材種類は、①石灰石②硬質砂岩③安山岩④砂利⑤その他⑥混合⑦石灰石混合の7種類に分けて検討した。

表2 乾燥収縮率データの概要

データ数	乾燥期間 26 週 409
呼び強度	18～45 (30 未満:30%, 30 以上 40 未満:58%, 40 以上:12%)
水セメント比	35%～64.5% (平均 48.4%)
単位水量	154kg/m ³ ～190kg/m ³ (平均 175.8kg/m ³)
セメント種類	普通, 中庸熱, 低熱, 高炉 B 種
粗骨材種類 (7 区分)	①石灰石, ②硬質砂岩, ③安山岩, ④砂利, ⑤その他 (①②③④以外の普通骨材), ⑥混合 (混合率は考慮なし, 石灰石を含まない), ⑦石灰石混合 (混合率は考慮なし)
混和材料	AE 減水剤, 高性能 AE 減水剤 収縮低減型混和剤, 収縮低減剤, 膨張材は除外。

4.2 粗骨材物性に関する検討

4.2.1 粗骨材種類の影響

図15に粗骨材種類ごとの乾燥収縮率を示す。いずれの骨材でも乾燥収縮率のばらつきは大きく、例えば石灰石の調査では、317～780×10⁻⁶の範囲であった。乾燥収縮率の平均値は石灰石が最も小さく538×10⁻⁶であった。石灰石を混合使用した調査では、石灰石単体使用の調査に次いで小さく、乾燥収縮率の平均値は640×10⁻⁶であった。乾燥収縮率の平均値は、石灰石<石灰石混合<混合<その他<硬質砂岩<砂利<安山岩の順であった。

4.2.2 粗骨材密度および吸水率の影響

図16に粗骨材密度と乾燥収縮率の関係を示す。図に示すように粗骨材密度と乾燥収縮率の関係は相関があるとはいえないものの、全体的な傾向としては粗骨材密度が大きくなると乾燥収縮率は小さくなる傾向にあり、密度が0.1g/cm³大きくなると乾燥収縮率は100×10⁻⁶程度小さくなっている。骨材種類別にみた場合でも同様の傾向であった。図17に吸水率と乾燥収縮率の関係を示す。粗骨材密度と同様に相関は高くないが、全体的な傾向として、吸水率が大きいほど乾燥収縮率は大きくなる傾向にあり、吸水率が0.5%大きくなると乾燥収縮率は70×10⁻⁶程度大きくなる結果であった。

以上から、今回のアンケート調査結果では、粗骨材の密度や吸水率と乾燥収縮率との関係は明らかではないものの、全体的な傾向として、粗骨材の密度が大きく吸水率が小さいほど乾燥収縮率が小さくなる傾向にあり、乾燥収縮率を小さくするためには粗骨材吸水率が小さい等、骨材品質が良好なものを選定することが望ましいと考えられる。

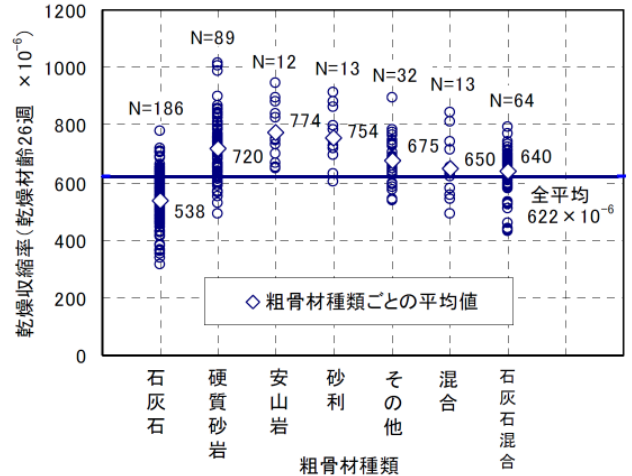


図15 乾燥収縮率（粗骨材種類ごと）

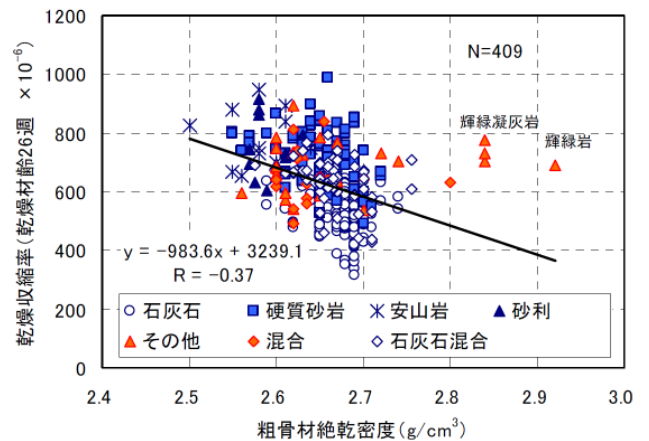


図16 粗骨材密度と乾燥収縮率（全粗骨材種類）

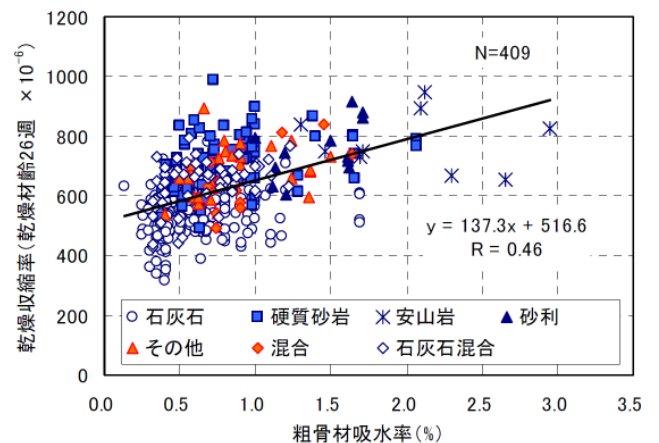


図17 粗骨材吸水率と乾燥収縮率（全粗骨材種類）

4.3 コンクリートの調合に関する検討

4.3.1 単位水量と乾燥収縮率

図 18 に単位水量と乾燥収縮率の関係を示す。全体的な傾向として、単位水量と乾燥収縮率に明らかな相関関係は認められなかった。粗骨材種類別にみた場合でも同様であった。図 19 に同一工場内の単位水量と乾燥収縮率の関係を示す。同一工場内のデータは 150 工場から得られているが、このうち 6 工場について例として示している。水セメント比を一定としたデータではないが、単位水量の増加に伴い乾燥収縮率が大きくなる傾向がみられた。

4.3.2 水セメント比と乾燥収縮率

図 20 に水セメント比と乾燥収縮率の関係を示す。単位水量と同様に、水セメント比と乾燥収縮率に明確な相関関係は認められなかった。一方、使用材料が同じ同一工場でのデータでは、全体的な傾向として水セメント比が小さいほど乾燥収縮率が小さくなる傾向にあった。

5. コンクリートの乾燥収縮率の早期判定の検討

ここでは、乾燥期間 26 週のコンクリートの乾燥収縮率とそれ以前の乾燥期間の乾燥収縮率との関係を把握すると

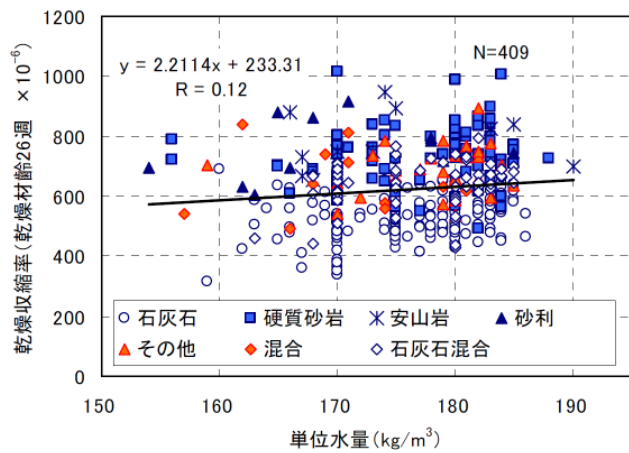


図 18 単位水量と乾燥収縮率 (全粗骨材種類)

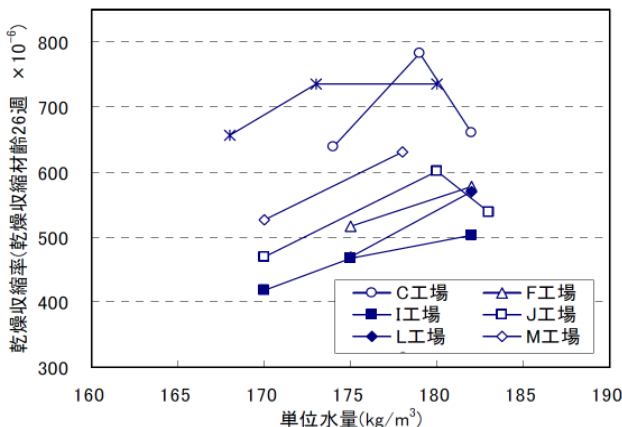


図 19 単位水量と乾燥収縮率 (同一工場)

もに、使用するコンクリート材料の事前選定の見地から早期判定の精度についても検討した。

5.1 乾燥収縮率データの概要

乾燥収縮率データの概要を表 3 に示す。特殊コンクリートを除く、普通コンクリートを対象とし、粗骨材の岩種については、便宜上大きく 4 つに区分して整理した。

5.2 26 週に対する 4 週・8 週・13 週の乾燥収縮率の比

粗骨材の岩種別にみた乾燥期間 26 週に対する 4 週・8 週・13 週の乾燥収縮率の比を図 21 に示す。図中の数値は

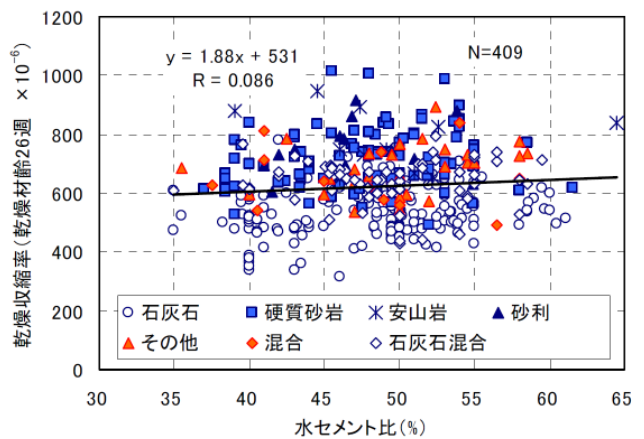


図 20 水セメント比と乾燥収縮率 (全粗骨材種類)

表 3 乾燥収縮率データの概要

データ数	乾燥期間 4 週:450, 8 週:433, 13 週:427, 26 週:426
呼び強度の範囲	18~45 (30 未満:30%, 30 以上 40 未満:58%, 40 以上:12%)
水セメント比の範囲	35%~65% (Ave. 48.5%)
単位水量の範囲	132kg/m³~190kg/m³ (Ave. 175kg/m³)
セメントの種類	普通, 早強, 中庸熟, 低熱, 高炉 B 種
コンクリート種類	普通コンクリート
粗骨材の岩種 (大きく 4 区分)	①石灰石, ②硬質砂岩, ③その他 (①・②以外の普通骨材), ④混合 (岩種や混合率は考慮なし)
混和材料の種類	AE 減水剤, 高性能 AE 減水剤 ※収縮低減型混和剤, 収縮低減剤, 膨張材は除外。

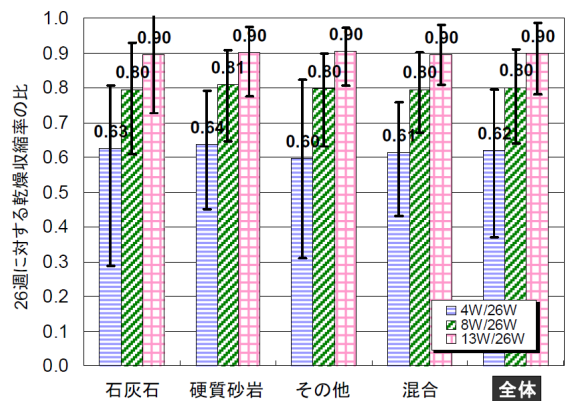


図 21 粗骨材岩種別の 26 週に対する乾燥収縮率の比

平均値を示し、最小値と最大値の範囲を併せて示した。図 21 に示されるように、26 週に対する乾燥収縮率の比（平均値）は、4 週で 0.60~0.64、8 週で 0.80~0.81、13 週で 0.90 となり、4 週では粗骨材の岩種により差があるものの、乾燥期間が長くなるほどその差は小さくなっている。また、最小値と最大値の範囲も 4 週では岩種による違いが顕著に現れているが、平均値と同様に乾燥期間が長くなれば大差ない結果となっている。粗骨材の岩種で区分せず、全体データにおける乾燥期間 26 週に対する乾燥収縮率の比の度数分布を図 22 に示す。いずれの乾燥期間でもほぼ正規分布となっており、乾燥期間の長いほど標準偏差が小さいことがわかる。文献^{例え 3~5}によれば、乾燥初期とその後で乾燥速度と収縮速度の関係が違うことや乾燥初期では脱型時期・測定方法による変動が大きいこと、測定器・型枠の違いによる影響による変動などが示唆されており、アンケート結果もこれらの影響も含んでいるものと考えられる。

5.3 コンクリートの乾燥収縮率の早期判定の検討

5.3.1 26 週に対する 4 週・8 週・13 週の乾燥収縮率の倍率

JASS 5 では、使用するコンクリートの乾燥収縮率が 8×10^{-4} 以下であることを技術資料もしくは解説で示されている早期判定式を用いて確認すれば 6 ヶ月の乾燥収縮試験を省略できるとしている。アンケート結果で得られた乾燥期間 26 週に対する 4 週・8 週・13 週の乾燥収縮率の倍率の関係を図 23 に示す。そこで、JASS 5 解説のデータとの比較および各乾燥期間における乾燥収縮率の倍率の関係を確認するとともに、各乾燥期間から 4%の不良率を許容して早期判定した場合に 8×10^{-4} (849×10^{-6}) を越えるデータの割合を表示した。26 週に対する 4 週の乾燥収縮率の倍率は、1.22 ~ 3.47 (平均 1.64、変動係数 14.9%) であり、図 22 で示した乾燥収縮率の比と同様に 4 週でのばらつきは大きい。一方、4 週以降では 8 週で 1.08~1.64 (平均 1.26、変動係数 6.9%)、13 週で 0.98~1.37 (平均 1.12、変動係

数 5.0%) であり、乾燥期間が長くなるほど変動係数が小さくなっていることがわかる。

5.3.2 JASS 5 の早期判定式との比較

アンケート調査のデータから求めた係数を α_i' とし、JASS 5 の係数 α_i と比較したところ、表 4 に示すように 4 週・8 週・13 週の α_i' と α_i は同等であることが確認できる。また、アンケート調査のデータでは乾燥期間 26 週において、乾燥収縮率が 8×10^{-4} を超えるものは約 3.8%であったが、それに対し 26 週で 8×10^{-4} 以下にも拘らず 4 週・8 週・13 週の結果に α_i' を乗じた早期判定式で NG となる割合は、概ね 4 週で 34%、8 週で 11%、13 週で 7%となり、かなり安全側の判定となる。逆に 26 週で 8×10^{-4} を超えているにも拘らず、判定式で OK となる割合は概ね 4 週で 19%、8 週で 13%、13 週においては 0%であり、乾燥期間の長いほど判定精度が高くなるといえる。粗骨材岩種ごとに算出した係数 α_i' を表 5 に示す。26 週に対する 4 週の乾燥収縮

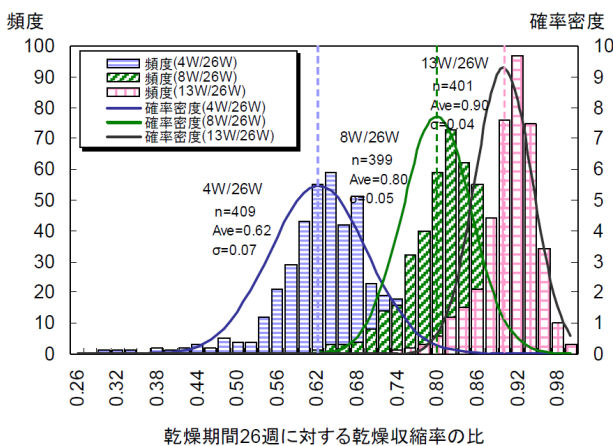


図 22 26 週に対する乾燥収縮率の比の度数分布

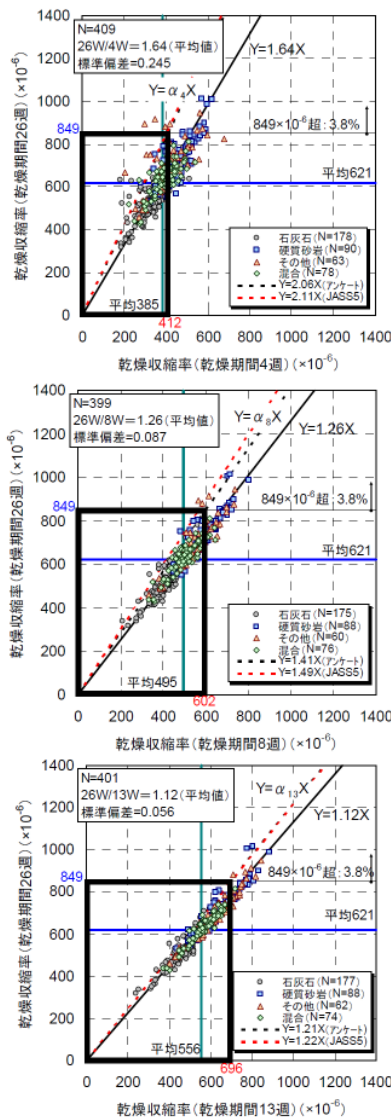


図 23 26 週に対する 4・8・13 週の乾燥収縮率の倍率

乾燥収縮率 8×10^{-4} 以下 (849×10^{-6} 以下) を乾燥期間 4 週で判定した場合 $Y < \alpha_4' X$
 $\rightarrow 849 < 2.06X$
 $\rightarrow X > 412$ となるデータが NG と判定される

26 週の乾燥収縮率が 8×10^{-4} 以下にも拘らず NG となる割合 34.4%

図中 \square : OK となる領域

乾燥収縮率 8×10^{-4} 以下 (849×10^{-6} 以下) を乾燥期間 8 週で判定した場合 $Y < \alpha_8' X$
 $\rightarrow 849 < 1.41X$
 $\rightarrow X > 602$ となるデータが NG と判定される

26 週の乾燥収縮率が 8×10^{-4} 以下にも拘らず NG となる割合 10.7%

図中 \square : OK となる領域

乾燥収縮率 8×10^{-4} 以下 (849×10^{-6} 以下) を乾燥期間 13 週で判定した場合 $Y < \alpha_{13}' X$
 $\rightarrow 849 < 1.22X$
 $\rightarrow X > 696$ となるデータが NG と判定される

26 週の乾燥収縮率が 8×10^{-4} 以下にも拘らず NG となる割合 7.3%

図中 \square : OK となる領域

率の倍率は 1.59~1.73 ($\alpha_4' = 1.89 \sim 2.34$) と粗骨材の岩種の違いによるばらつきが大きい。特に 4 週から 26 週の乾燥収縮率を推定する場合、文献⁶⁾で提案されているように粗骨材の岩種ごとに係数 α_i を求めて判定する方が精度も高くなることから、今回便宜上「その他」でとりまとめた岩種についても細分化して α_i を定めることで合理的な推定が可能になるものと考えられる。

表 4 JASS 5 の早期判定式の係数 α_i との比較

乾燥収縮率の倍率	アンケート		JASS5	
	平均値 (標準偏差)	α_i' 4%不良率を許容	平均値 (標準偏差)	α_i' 4%不良率を許容
乾燥期間 26 週に 対する 4 週の倍率	1.64 (0.245)	2.06	1.76 (0.204)	2.11
乾燥期間 26 週に 対する 8 週の倍率	1.26 (0.087)	1.41	1.31 (0.101)	1.49
乾燥期間 26 週に 対する 13 週の倍率	1.12 (0.056)	1.22	1.13 (0.043)	1.21

表 5 粗骨材の岩種ごとの早期判定式の係数 α_i

乾燥収縮率の倍率	粗骨材の岩種				
	全体	石灰石	砂岩	その他	混合
乾燥期間 26 週に 対する 4 週の倍率	1.64 (0.245)	1.62 (0.244)	1.59 (0.177)	1.73 (0.354)	1.64 (0.176)
α_4'	2.06	2.05	1.89	2.34	1.95
乾燥期間 26 週に 対する 8 週の倍率	1.26 (0.087)	1.26 (0.091)	1.24 (0.080)	1.26 (0.095)	1.26 (0.075)
α_8'	1.41	1.42	1.38	1.43	1.39
乾燥期間 26 週に 対する 13 週の倍率	1.12 (0.056)	1.12 (0.064)	1.11 (0.057)	1.11 (0.044)	1.12 (0.040)
α_{13}'	1.22	1.23	1.21	1.18	1.19

6. まとめ

6.1 アンケート調査結果について

- (1) 練混ぜミキサの形式は強制二軸ミキサが主流で、容量は 2.5~3.5m³ 程度が多い。
- (2) セメント専用サイロの保有率では、普通セメントは 100%で、低熱系セメントの保有率は特に低かった。ただし、地域差は大きい。
- (3) 骨材は砕砂と砕石を使用している工場が多い。
- (4) 練混ぜ水は地下水が多い。上澄水の使用率は 71%、スラッジ水は 6%程度であり、今後増加が予想される。
- (5) 30-18-20(25)N のコンクリートは、水セメント比は 50%前後、単位水量は化学混和剤に応じて 170kg/m³ 程度ないし 180kg/m³ 以上の範囲で製造されている。

6.2 コンクリートのヤング係数について

- (1) ヤング係数データのうち、粗骨材の種類は石灰石と硬質砂岩が 6 割以上であった。
- (2) ヤング係数は圧縮強度が大きいほど、また粗骨材絶乾密度が大きくなるほど増加する傾向があり、本調査結果からも確認できた。

- (3) 本調査結果におけるヤング係数の下限値は、粗骨材吸水率にかかわらず 25kN/mm² 程度であった。
- (4) 調査データによるヤング係数は、式(1)による推定値と概ね一致したが、実際のコンクリートのヤング係数は、推定値を大きく下回る場合もあり得るので、注意が必要である。

6.3 コンクリートの乾燥収縮率について

- (1) 乾燥収縮率の平均値は石灰石<石灰石混合<混合<その他<硬質砂岩<砂利<安山岩の順であった。
- (2) 全体的な傾向として、粗骨材密度が大きく吸水率が小さいほど乾燥収縮率が小さい傾向にあった。
- (3) 今回のデータ範囲では、単位水量と水セメント比が乾燥収縮率に及ぼす影響は顕著ではなかった。

6.4 コンクリートの乾燥収縮率の早期判定について

- (1) 乾燥期間が短いほど、コンクリートの乾燥収縮率の試験結果のばらつきが大きい。
- (2) JASS 5 の早期判定式で 4 週の試験結果から 26 週の乾燥収縮率を推定した場合、26 週に対する 4 週の試験結果のばらつきが大きいため、十分に安全側な判定をせざるを得ない結果となっている。
- (3) 早期判定に用いる係数 α_i は JASS 5 のものと同等であったが、粗骨材の岩種ごとに係数 α_i を定めた方が精度も高く合理的な方法であると考えられる。

謝辞

アンケート調査にご協力いただいたレディーミクストコンクリート工場の諸氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2009
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説他
- 3) 後藤年芳他：コンクリートの長さ変化試験結果の試験所間の比較、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp. 255-256、2009 年 8 月
- 4) 真野孝次他：コンクリートの乾燥収縮試験結果の変動に関する検討（その 1. 類似の材料・調合のコンクリートにおける試験結果の変動）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp. 257-258、2009 年 8 月
- 5) 小林竜平他：各種試験条件が乾燥収縮試験結果に与える影響について、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp. 261-262、2009 年 8 月
- 6) 橋田浩：コンクリートの乾燥収縮率早期判定精度の改善、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp. 251-252、2009 年 8 月