

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（2013）

Result of Questionnaire Survey of Ready-Mixed Concrete (2013)

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

要旨

全国のレディーミクストコンクリート工場を対象に、構造体コンクリートの品質確保に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査は2009年に実施して以来2回目となる。調査内容は、使用材料、調合、環境への取組みなどであり、本報告ではその分析結果および2009年に実施したアンケート調査結果との比較について報告する。
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年にJASS 5が改定され、同年、JIS A 5308も改正された。これらをつまみ、筆者らは2009年に全国のレディーミクストコンクリート工場(以下、工場と記す)を対象に、材料や調合、ヤング係数、乾燥収縮率などについてアンケート調査(以下、2009年調査と記す)を実施した。その後、数年が経過し、工場では乾燥収縮率やヤング係数などのデータ整備や、使用材料の変更などが行われたものと推測される。そこで、その後の状況を把握するため、改めて工場へのアンケート調査を実施した。本報告では調査結果とその分析結果、および2009年調査との比較について報告する。

なお、2回目のアンケート調査は、建設業19社(青木あすなる建設、安藤ハザマ、大木建設、大本組、奥村組、熊谷組、鴻池組、五洋建設、西武建設、銭高組、大日本土木、鉄建建設、東亜建設工業、東急建設、東洋建設、飛鳥建設、長谷工コーポレーション、ピーエス三菱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

2.1 アンケート内容

アンケートは2012年12月から2013年2月にかけて、Web上、または電子メールにより実施した。主な設問を表1に、地域別の回答数を図1に示す。全回答数は534件であったが、地域により回答数に偏りがあり、必ずしも各地域の傾向を表しているものではないことに注意が必要である。

2.2 使用材料

2.2.1 練混ぜ水

練混ぜ水の使用状況を図2に示す。回収水以外では、地下水を主体として使っている工場が70%で最も多い。回収

水では、上澄水が全体の76%の工場において使用されているものの、スラッジ水は9%に留まっており、利用がまだ一般的とは言えない状況である。

表1 主な設問内容

所在地
使用する練混ぜ水、ストックしているセメント、 普段使用する混和剤、粗骨材の物性値と混合比率、 細骨材の物性値と混合比率、指定ですぐに使える混和材
標準配合(30-18-20N)、設計上の運搬時間、 スランプロスの見込み値、夏期の強度補正
ヤング係数、乾燥収縮率、単独での大臣認定の有無、 環境ラベルの導入

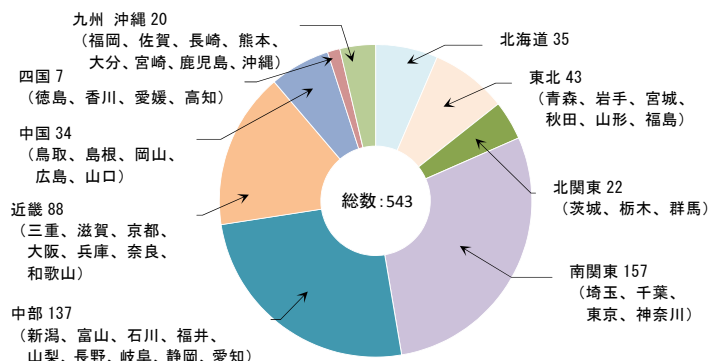


図1 地域別回答数

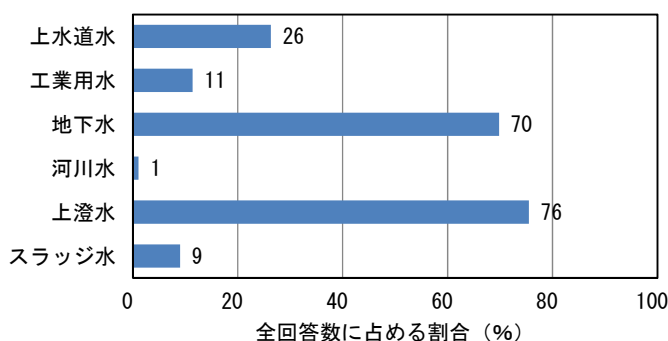


図2 練混ぜ水の使用状況 (複数回答)

*1 技術研究所

2.2.2 セメント

セメントのストック状況を図3に示す。ほとんどの工場で普通ポルトランドセメント(以下、Nと記す)と高炉セメントB種(以下、BBと記す)を常備しており、全体の3/4の工場は早強ポルトランドセメント(以下、Hと記す)を加えて3種類ストックしている。

また、中庸熱ポルトランドセメント(以下、Mと記す)の地域ごとの内訳は、南関東が79%(84件)、中部で15%(16件)、近畿で5%(5件)であった。同様に低熱ポルトランドセメント(以下、Lと記す)の内訳は、南関東が44%(27件)、近畿が54%(33件)であった。MやLは98%以上が大都市とその周辺に集中している。

2.2.3 粗骨材

粗骨材の種類(岩種)と組合せを表2に示す。表2の縦軸は、同一工場内での重複を除いた度数と、全回答数に対する割合を示す。複数の岩種を組み合わせる場合があるため、割合の合計は100%を超える。横軸は、縦軸の岩種と組み合わせで使用している岩種を示す。割合は縦軸に示した岩種の度数に対するものである。縦軸と横軸の岩種が同じセルは、単一種類の岩種を用いていることを示す。

組合せの割合では、石灰岩と硬質砂岩の2岩種の単一使用は50%前後に留まっており、他の岩種の単一使用が60%を超えていることと比べるとやや低い。これは、硬質砂岩や石灰岩が、他の岩種の粗骨材と混合して用いられる割合がやや高いということによると考えられる。特に、硬質砂岩との組合せについては48%(=100% - 52%)のうち35%が石灰岩となっており、7割を超える。これは、昨今のコンクリートに対する乾燥収縮低減のニーズを反映しているものと考えられる。

2.2.4 細骨材

細骨材の種類と組合せを表3に示す。集計方法は粗骨材と同様である。ただし、その他の種類や、3つ以上の組合せをするケースについては、全体の5%未満のため割愛した。

単一種類での使用では、最大値である川砂の51%に対して海砂で20%、砕砂で18%と使用割合が低い結果となっている。海砂については、単一で用いたくとも生産量が制限されている²⁾ことによると考えられる。

一方、砕砂そのものは5割超の工場で見られており、他の種類の細骨材と組み合わせる工場が多いと言える。近年、良質な天然骨材は諸般の事情により採取地が減少²⁾しており、良好なフレッシュ性状が得にくいものの、砕砂を使用しなければならぬ状況があるものと推察される。

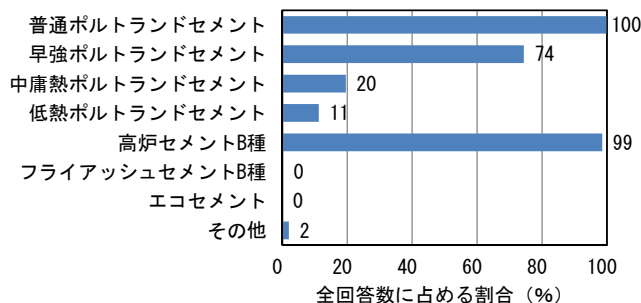


図3 セメントのストック状況(複数回答)

表2 粗骨材の種類(岩種)と組合せ

	砂利	石灰岩	硬質砂岩	安山岩	流紋岩	その他
砂利 [計 103] (19%)	60% [62]	15% [15]	10% [10]	9% [9]	0% [0]	7% [7]
石灰岩 [計 216] (40%)	7% [15]	49% [106]	27% [58]	8% [17]	2% [5]	7% [15]
硬質砂岩 [計 168] (31%)	6% [10]	35% [58]	52% [87]	4% [7]	1% [1]	3% [5]
安山岩 [計 84] (16%)	11% [9]	20% [17]	8% [7]	60% [50]	0% [0]	1% [1]
流紋岩 [計 17] (3%)	0% [0]	29% [5]	6% [1]	0% [0]	65% [11]	0% [0]
その他 [計 92] (20%)	8% [7]	16% [15]	5% [5]	1% [1]	0% [0]	70% [64]

表3 細骨材の種類と組合せ

	山砂	川砂	陸砂	海砂	砕砂
山砂 [計 176] (32%)	30% [52]	9% [16]	7% [13]	0% [0]	54% [95]
川砂 [計 104] (19%)	15% [16]	51% [53]	7% [7]	2% [2]	25% [26]
陸砂 [計 184] (34%)	7% [13]	4% [7]	43% [80]	1% [1]	45% [83]
海砂 [計 55] (10%)	0% [0]	4% [2]	2% [1]	20% [11]	75% [41]
砕砂 [計 297] (55%)	32% [95]	9% [26]	28% [83]	14% [41]	18% [52]

2.2.5 指定で使える混和材

指定で使える混和材を図4に示す。また、図4の膨張材の地域別内訳を図5に示す。

膨張材については70%の工場に対応可能とあり、ひび割れ対策を目的とした製品名が具体的に挙げられていた。また、地域別内訳は図1の地域別回答数と類似しており、多くの地域で膨張材がひび割れ対策として使用できるようになっている。

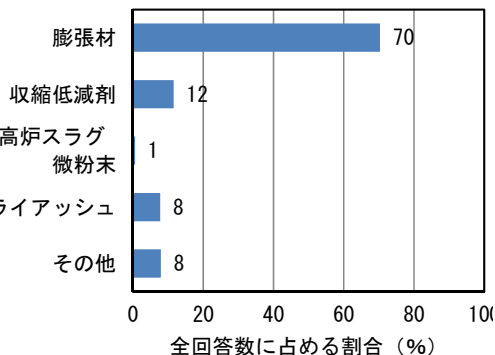


図4 指定で使える混和材(複数回答)

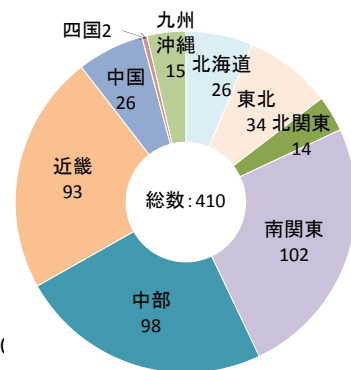


図5 膨張材の地域別内訳

2.2.6 混和剤

混和剤への回答は、「通常使用している混和剤」を複数選択する形式とした。種類はAE減水剤3種類(標準・遅延・促進形)、高性能AE減水剤2種類(標準・遅延形)、高性能減水剤1種類とし、さらに高機能タイプ、収縮低減タイプに分類して計15種、およびその他とした。図6に工場が通常使用している混和剤種類の全国での使用割合を示す。全国での傾向は、高性能AE減水剤が約86%、AE減水剤が約65%、AE減水剤(高機能タイプ)が約58%であった。ただし、AE減水剤-促進形は北海道、東北での使用に限定される。一方、収縮低減タイプでは、高性能AE減水剤の同タイプが約7%と少ないが、多くは近畿地区で使用されており、同地区66工場の約50%が使用している。昨今の乾燥収縮低減への対応と考えられ、施工者からの要請が多いものと推察される。図7にエリア区分ごとにプロットしたAE減水剤とAE減水剤(高機能タイプ)の使用割合を示す。同図よりAE減水剤の使用割合が低下するほど高機能タイプが増加しており、通常のAE減水剤から高機能タイプへの切替えが進んでいることを示している。切替えが顕著な地区は中国、近畿地区であり、高機能タイプの使用割合は80%を超える。続いて、九州・沖縄、中部、四国、南関東、北関東、東北、北海道の順となる。切替え要因としては、単位水量の低減、骨材事情、混和剤価格などが考えられる。

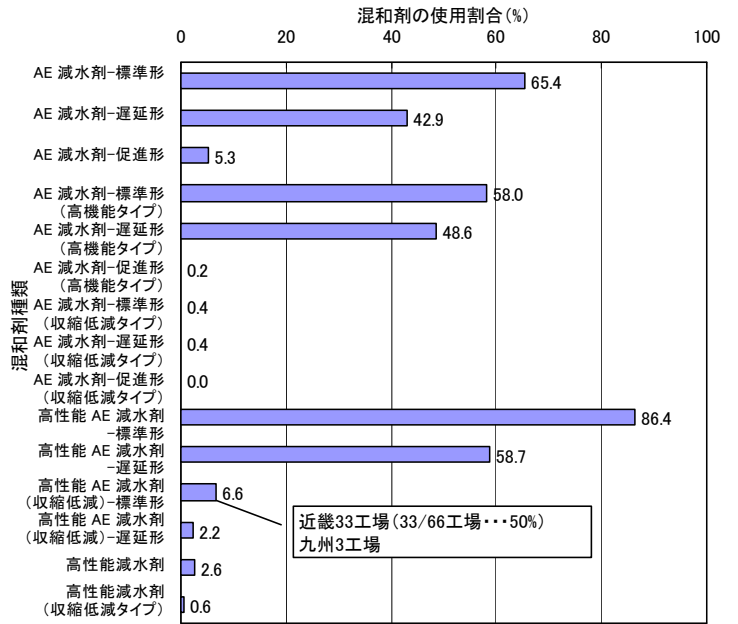


図6 通常使用している混和剤種類 (全国)

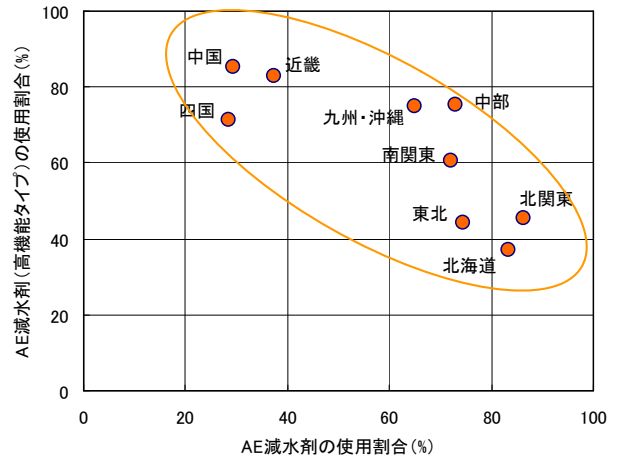


図7 AE減水剤(高機能タイプ)の使用割合

2.3 環境ラベル

環境ラベルは、JIS A 5308 レディーミクストコンクリートの追補(2011)で導入された事項であり、環境に配慮した材料を使用し、循環型社会の構築に貢献している工場であることを関係者に周知するためのものである。図8に環境ラベルの導入検討数を示す。導入済み・検討中の工場は57工場で全体の10.5%である。特に近畿地区が多く、なかでも大阪府の工場が際だっている。既に大阪府の工場ではフライアッシュⅡ種とスラッジ水を使用したレディーミクストコンクリートに対して環境ラベルを納入書に表示して出荷している実績がある。

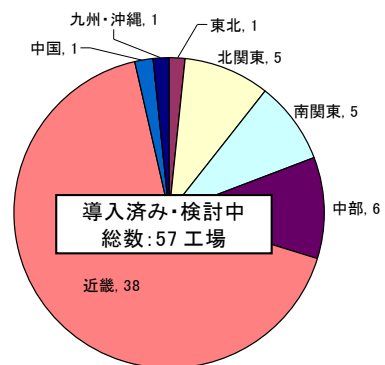


図8 環境ラベルの導入検討数

2.4 フレッシュ性状

ここではコンクリートの運搬時間と、スランプロスを見込んだ設定スランプについて述べる。使用材料などの地域性を考慮し、エリアを表4のように区分した。工場から得られたデータは、都道府県ごとのほかに、地域ごとに9エリアに分けて傾向を分析した。なお、南関東、中部、近畿については、エリアを細分化し、南関東は東京23区、川崎横浜を抽出し、中部は関東中部、東海、北陸に分割、近畿は大阪神戸を抽出して合計13エリアとしている。

2.4.1 運搬時間

図9に標準運搬時間の地域ごとの割合を示す。今回の調査範囲では、四国、九州・沖縄地区で標準運搬時間30分未満を選択する工場が40~50%超となっており、当該地区では近在への運搬を前提としていることが推察される。他の地区では、北海道を除き、標準運搬時間を30分以上~60

表4 エリア区分

エリア区分		都道府県、市、区
北海道 (35)		北海道
東北 (43)		青森、岩手、秋田、宮城、山形、福島
北関東 (22)		茨城、栃木、群馬
南関東 (157)	南関東 (157)	埼玉、千葉、東京、神奈川
	東京 23 区 川崎横浜 (58)	上記のうち 東京 23 区、川崎市、横浜市
中部 (159)	関東中部 (50)	山梨、長野
	東海 (93)	静岡、愛知、岐阜、三重
	北陸 (16)	新潟、富山、石川、福井
近畿 (66)	近畿 (66)	滋賀、奈良、大阪、和歌山、兵庫、(京都)
	大阪神戸 (27)	上記のうち大阪市、尼崎市、西宮市、神戸市
中国 (34)		広島、山口、島根、(岡山)、(鳥取)
四国 (7)		香川、徳島、高知、(愛媛)
九州・沖縄 (20)		福岡、佐賀、長崎、大分、熊本、鹿児島、 (宮崎)、沖縄

□ 30分未満 □ 30分以上60分未満 □ 60分以上90分未満 □ 90分以上120分未満

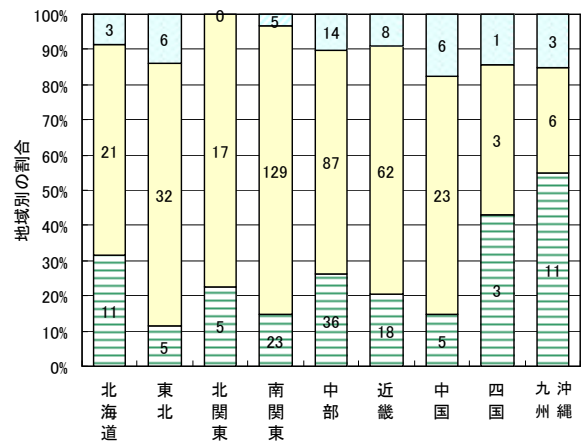


図9 標準運搬時間

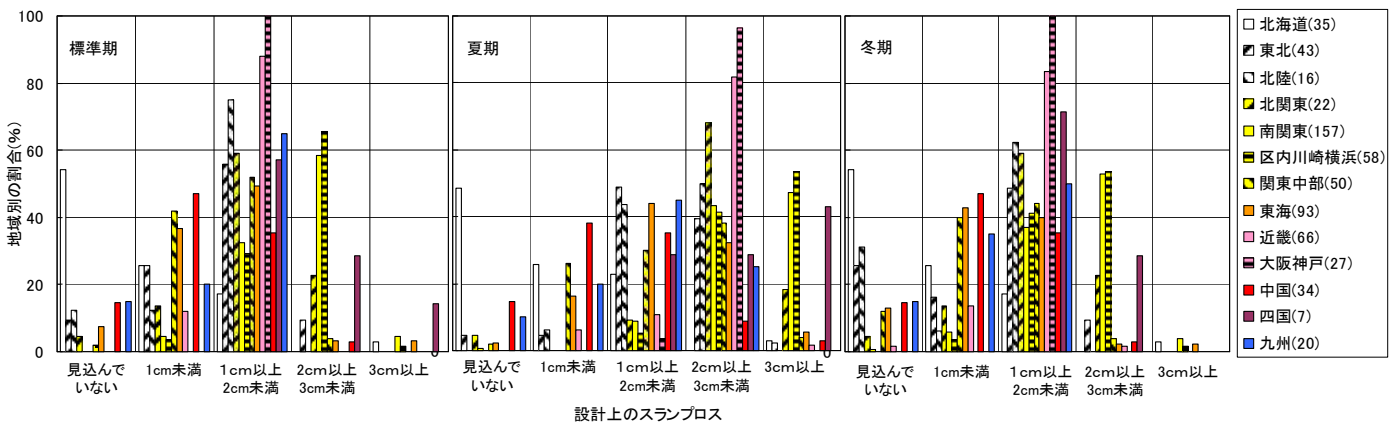


図10 設計上のスランプロス

未満、および 60 分以上～90 分未満としている工場が 70% 以上であった。なかでも首都圏を含む南関東では、85%以上であり、首都圏での交通事情などが反映されていると考えられる。

2.4.2 スランプロスの見込み

図10にスランプ18cmのコンクリートについて設計上のスランプロスを示す。標準期では、スランプロス1cm以上2cm未満の設定が多い。夏期では、2cm以上3cm未満の設定が多く、北関東以南・以西では標準期と比較して3cm以上の設定が増加する。冬期では、1cm以上2cm未満の設定が多く、東北以南・以西では標準期や夏期と比較して見込んでいない～1cm未満が増加する。北海道地区では、通年でスランプロスを見込んでいない～1cm未満が60%を超え、外気温の高低がスランプロスの見込みに影響していると考えられる。

2.5 ヤング係数

ここでは、粗骨材岩種によるコンクリートのヤング係数の傾向について述べる。本報告では普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートのみを選定しており、得られ

たヤング係数の標本はアンケート回答を得た全543工場の約1/4にあたる136工場からの207件であった。

また、既往の研究³⁾において、粗骨材やコンクリートのヤング係数と乾燥収縮率の相関性が高いことが報告されているため、本報告でも検討することとした。

2.5.1 コンクリートのヤング係数と粗骨材岩種

ヤング係数について粗骨材岩種ごとの標本数を図11に示す。粗骨材岩種ごとに分類した割合では、最も標本数の多かった石灰岩で26.1%、次に多い硬質砂岩を合わせて44.0%と、両者で62.8%であった2009年のアンケート結果¹⁾とは岩種割合の傾向は異なっている。混合使用率は2009年の21.3%に対し、23.2%と同等であり、これをさらに石灰岩混入の有無にて分類した。なお、ここでは標本数の少ない閃緑岩、チャート、ひん岩、ホルンフェルス、角閃岩、輝緑岩をまとめてその他として分類した。

2.5.2 粗骨材絶対乾密度とコンクリートのヤング係数の関係

粗骨材絶対乾密度とコンクリートのヤング係数の関係を図12に示す。粗骨材絶対乾密度は、その他に分類した閃緑岩と輝緑岩や混合使用の一部で2.8 g/cm³を超えているが、概

ね 2.54~2.72g/cm³ の範囲に分布している。特に、石灰岩については 85%以上が 2.67~2.70g/cm³ の範囲に集中的に分布している特徴的傾向がみられる。ヤング係数は、圧縮強度 26~100 N/mm²にて約 24~50kN/mm² の範囲に分布しており、2.7g/cm³ 程度以下では粗骨材絶乾密度が大きくなるにしたがい、ヤング係数が増加する傾向にあった。

2.5.3 圧縮強度とコンクリートのヤング係数の関係

圧縮強度とコンクリートのヤング係数の関係を図 13 に示す。図中には式(1)⁴⁾によるヤング係数式(NewRC 式)の算定値(実線)とその 80%値(破線)のグラフを示している。なお、ヤング係数式に用いた係数は、コンクリートの単位容積質量が不明なため便宜上、 $\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$ とした上で、粗骨材修正係数(k_1)および混和材修正係数(k_2)ともに 1.0 とした。なお、NewRC 式では使用骨材による適切な k_1 の値が示されており、図 13 に示した粗骨材岩種においては、石灰岩が 1.2、石英片岩・安山岩・粘板岩が 0.95、それ以外が 1.0 である。なお、JASS 5⁵⁾にて、「コンクリートのヤング係数は、式 1(ただし $k_1 = k_2 = 1.0$) で計算される値の 80%以上の範囲内にあるものとし、この範囲内にない場合は、工事監理者の承認を受ける」とあるが、本調査結果では、全データが $\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$ とした比較的 safety 側の算定値に対して 80%以上となっていた。

次に、アンケートにて得たヤング係数データについて、粗骨材岩種毎の傾向を確認すべく、NewRC 式の k_1 の分類に準拠し、 $k_1 = 1.2$ の石灰岩、1.0 の硬質砂岩および 0.95 の石英片岩等の 3 分類に混合使用(石灰岩有)を加えた 4 条件について検討した。粗骨材岩種毎にヤング係数とヤング係数算定値($k_1 = 1.0$ とした時)の関係を図 14 に示す。アンケートで得たヤング係数の回帰直線を実線で示し、参考として粗骨材岩種に対応した k_1 で補正した計算値を破線で示した。回帰直線の勾配は、粗骨材岩種毎の k_1 と同様な傾向が得られた。混合(石灰岩有)でのヤング係数は、石灰岩のみの場合に対して約 8%低く、硬質砂岩の場合に対して約 5%高かった。

2.5.4 コンクリートのヤング係数と乾燥収縮率の関係

次に、乾燥期間 26 週における乾燥収縮率データが得られた標本数 116 データによるコンクリートのヤング係数と乾燥収縮率の関係を図 15 に示す。粗骨材岩種を石灰岩、石灰岩以外、混合(石灰岩有)の 3 つに分類して示しており、各分類での標本数はそれぞれ 30、76、10 である。全点および岩種毎に回帰直線を示した。コンクリートのヤング係数以外にも乾燥収縮率に影響する要因は様々含まれるので、総じて高い相関は無いものの、傾向は確認された。まず全点で見てもヤング係数が大きくなるほど乾燥収縮率が小さくなる傾向にあった。さらに、石灰岩と石灰岩以外の回帰

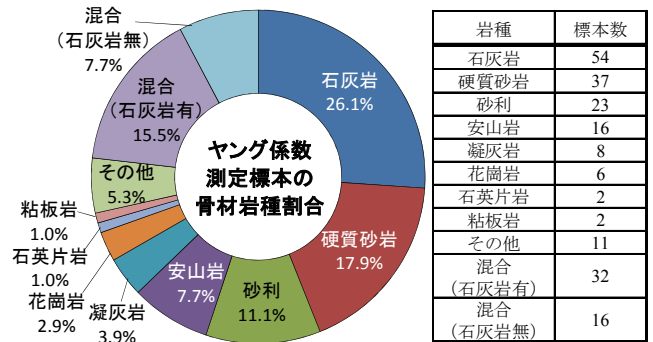


図 11 ヤング係数標本の粗骨材岩種標本数と割合

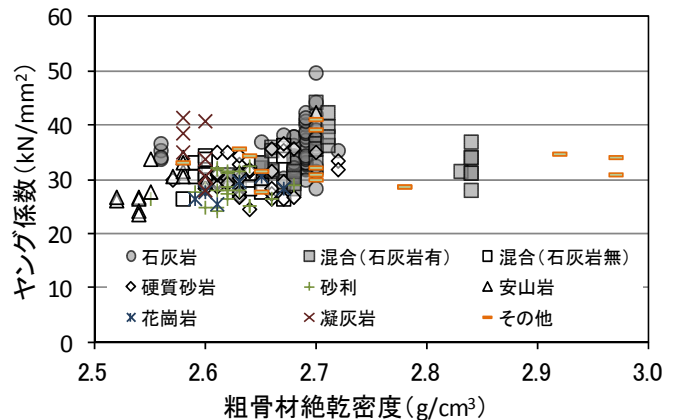


図 12 粗骨材絶乾密度とコンクリートのヤング係数

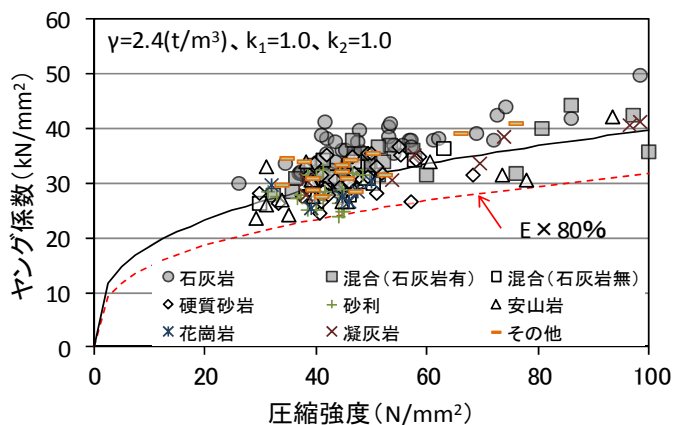


図 13 圧縮強度とコンクリートのヤング係数

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

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)

k_1 : 粗骨材修正係数

k_2 : 混和材修正係数

直線を比較すると、比較的近い勾配で平行に近い関係にあり、ヤング係数が同じ粗骨材を用いる場合に、石灰岩を用いた方が乾燥収縮率は小さくなる傾向にあった。全点で回帰した場合の勾配が、両回帰線よりも急勾配となったのは、ヤング係数の中央値が石灰岩で 35.5 kN/mm²、石灰岩以外で 30.1 kN/mm² と、石灰岩が 5 kN/mm² 程高く、分布範囲が異なった影響が大きいと考えられる。

2.6 乾燥収縮率

ここでは、コンクリートの乾燥収縮率に及ぼす粗骨材岩種や密度、単位水量の影響について述べる。また、乾燥収縮率の早期判定では、2009年調査との比較や判定精度について検討した。

2.6.1 乾燥収縮率データの概要

データは236工場から得られた363データを用いた。乾燥収縮率データの概要を表5に示す。セメント種類は普通ポルトランドセメントに限り、粗骨材種類は便宜上7つに区分した。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。

2.6.2 粗骨材岩種別乾燥収縮率

図16に粗骨材岩種別乾燥収縮率（乾燥期間26週）を示す。粗骨材岩種別の乾燥収縮率はばらつきが大きいものの、平均値でみると石灰岩を使用した調合の方が他の岩種などに比べて小さい結果となったが、その他の岩種でも平均値では 800×10^{-6} を十分下回る結果となった。

2.6.3 粗骨材密度による乾燥収縮率の影響

図17に粗骨材密度と乾燥収縮率（乾燥期間26週）との関係を示す。また、図18に石灰岩と硬質砂岩のみを抽出した粗骨材密度と乾燥収縮率との関係を示す。

同じ岩種でも乾燥収縮率のばらつきが大きく、ほぼ同一の密度であっても、乾燥収縮率がそれぞれ広い範囲で分布しており、粗骨材密度と乾燥収縮率に明らかな相関関係は認められなかった。

2.6.4 単位水量による乾燥収縮率の影響

図19に単位水量と乾燥収縮率（乾燥期間26週）との関係を示す。同一単位水量でも乾燥収縮率のばらつきが大きく、建築で比較的用いられる単位水量165~185kg/m³までのコンクリートにおいても、明らかな相関関係は認められなかった。

2.6.5 コンクリートの乾燥収縮率の早期判定の検討

アンケート調査データから乾燥期間26週と4週、8週および13週の乾燥収縮率との関係を調べ、早期判定式の係数 α_i （i:乾燥期間）を求めた。その関係を図20に示す。26週で 800×10^{-6} 以下にもかかわらず、4週、8週および13週の結果より、それぞれ求めた α_i を乗じた早期判定式でNGとなる割合は、おおむね4週で40%、8週で16%、13週で6%となり、乾燥期間が長いほど判定精度が高くなるといえる。一方、26週で 800×10^{-6} を超えるにもかかわらず、判定式でOKとなる割合は、4週、8週で0.6%、13週においては0%であり、かなり正確な判断ができる。表6に今回求めた平均値、標準偏差、係数 α_i と2009年調査およびJASS5の値との比較を示す。また、表7に石灰岩、硬質砂岩における平均値、標準偏差、係数と2009年調査の値を

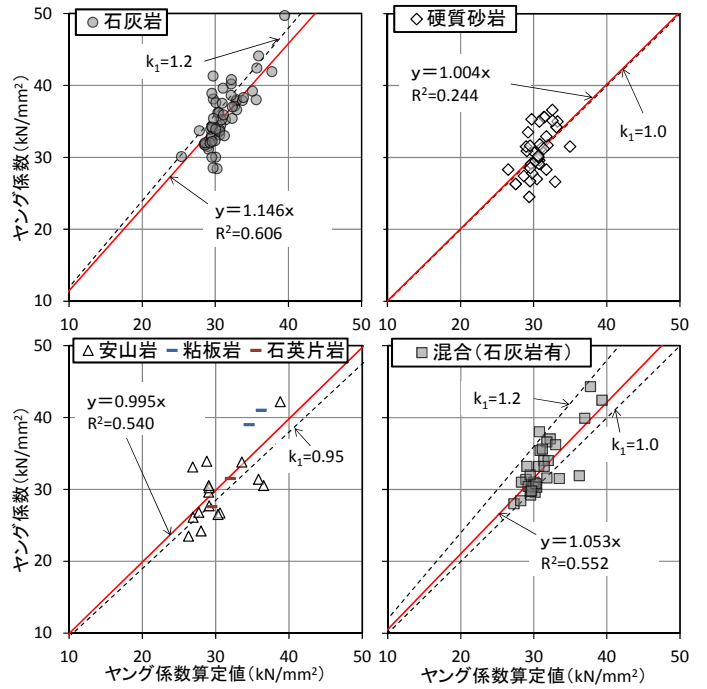


図14 ヤング係数とヤング係数算定値の関係

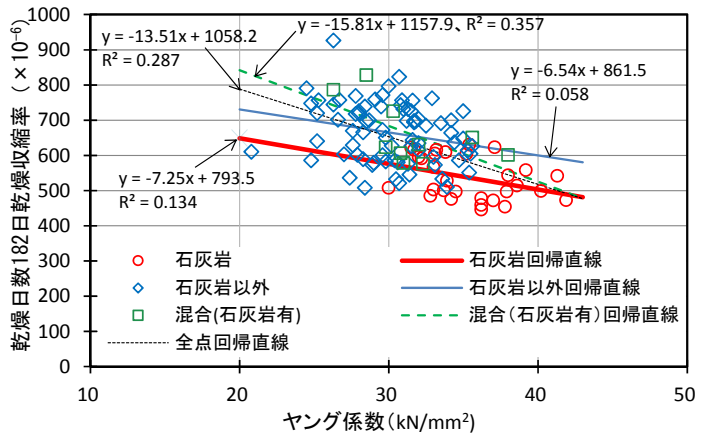


図15 コンクリートのヤング係数と乾燥収縮率の関係

表5 乾燥収縮データの概要

データ数	乾燥期間4週:358、13週:354、26週:363
呼び強度範囲	21~45 (30未満:16%、30以上40未満:77%、40以上:7%)
単位水量範囲	138~206 (kg/m ³)
セメント種類	普通ポルトランドセメント
粗骨材岩種 (7区分)	①石灰岩、②硬質砂岩、③安山岩、④砂利 ⑤その他(①~④以外の普通骨材単独使用) ⑥混合(石灰岩を含まない、混合率は考慮しない) ⑦石灰岩混合(混合率は考慮しない)
混和材料種類	AE減水剤(一般・高機能タイプ)、高性能AE減水剤 ※収縮低減型混和、収縮低減剤、膨張材材料は除外

示す。今回の算出した係数はJASS5や2009年調査と大きく変わらないが岩種毎に算出した係数は2009年調査とほぼ同等で、岩種別で係数を定めると推定精度が向上すると言える。なお、表6、7における α_i' 、 α_i は許容不良率を4%とした値である。

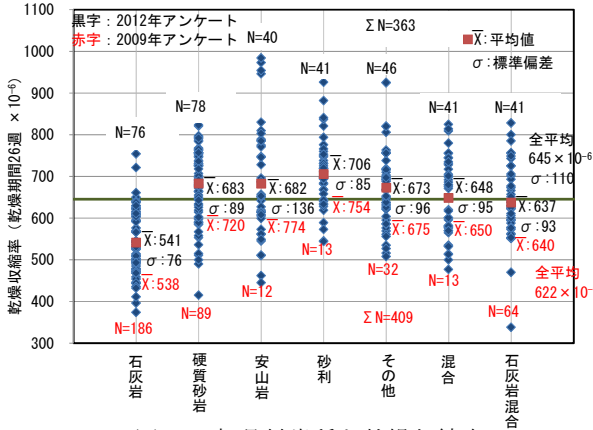


図 16 粗骨材岩種と乾燥収縮率

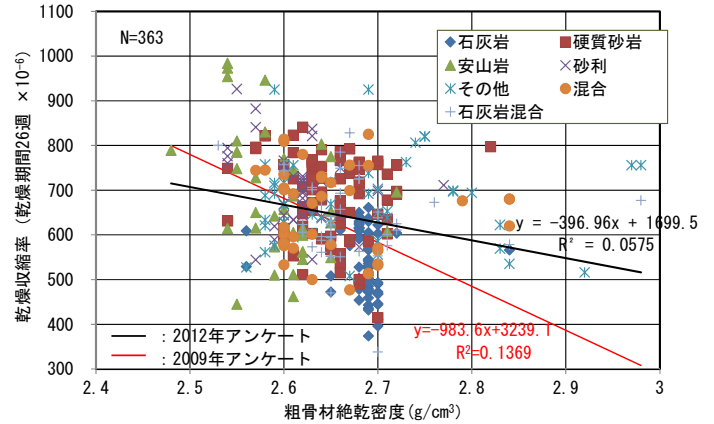


図 17 粗骨材密度と乾燥収縮率 (全岩種)

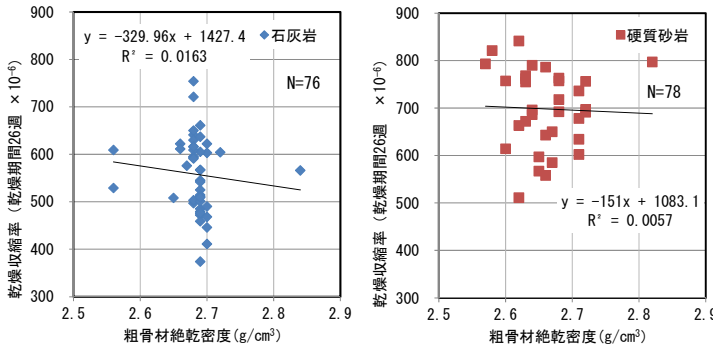


図 18 粗骨材密度と乾燥収縮率 (左: 石灰岩、右: 硬質砂岩)

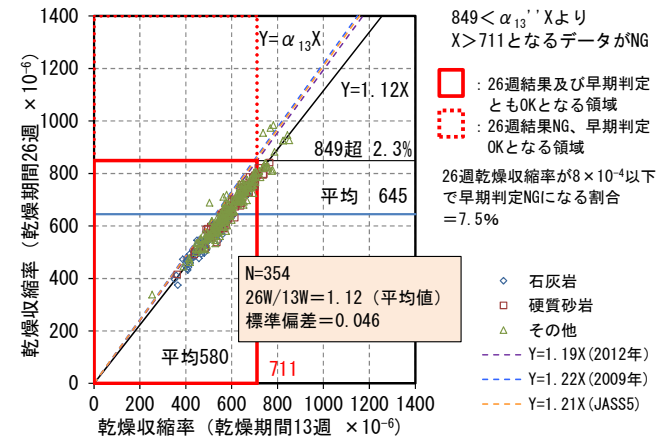
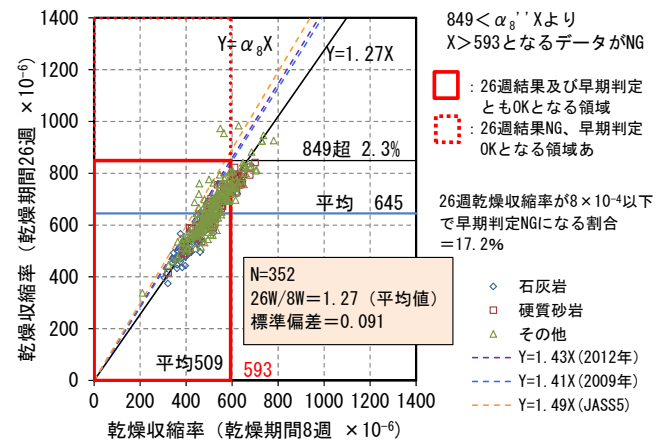
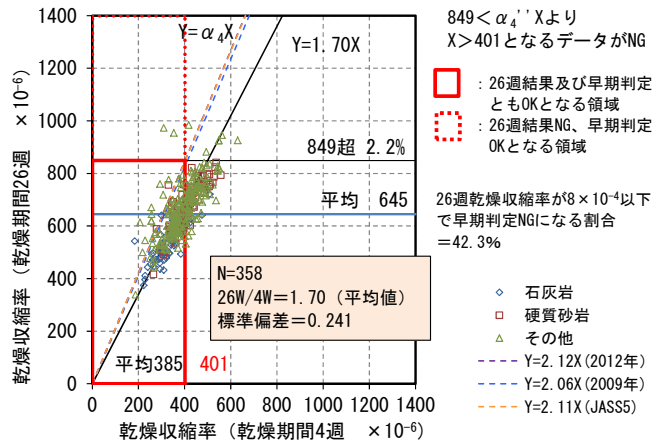


図 20 乾燥期間 26 週と 4, 8, 13 週の乾燥収縮率との関係

図 19 単位水量と乾燥収縮率 (全岩種)

表 6 早期判定式の係数比較 (2012, 2009, JASS5)

乾燥収縮率の倍率	2012年アンケート		2009年アンケート		JASS5	
	平均値 (標準偏差)	α_i	平均値 (標準偏差)	α_i	平均値 (標準偏差)	α_i
乾燥期間26週の 4週との倍率	1.70 (0.241)	2.12	1.64 (0.245)	2.06	1.76 (0.204)	2.11
乾燥期間26週の 8週との倍率	1.27 (0.091)	1.43	1.26 (0.087)	1.41	1.31 (0.101)	1.49
乾燥期間26週の 13週との倍率	1.12 (0.046)	1.19	1.12 (0.056)	1.22	1.13 (0.043)	1.21

表 7 石灰岩、硬質砂岩の早期判定式の係数 (2012, 2009)

乾燥収縮率の倍率	2012年アンケート		2009年アンケート		石灰岩		硬質砂岩	
	平均値 (標準偏差)	α_i	平均値 (標準偏差)	α_i	平均値 (標準偏差)	α_i	平均値 (標準偏差)	α_i
乾燥期間26週の 4週との倍率	1.64 (0.211)	2.01	1.65 (0.159)	1.92	1.62 (0.244)	2.05	1.59 (0.177)	1.89
乾燥期間26週の 8週との倍率	1.25 (0.079)	1.39	1.26 (0.063)	1.37	1.26 (0.091)	1.42	1.24 (0.080)	1.38
乾燥期間26週の 13週との倍率	1.10 (0.043)	1.18	1.11 (0.038)	1.18	1.12 (0.064)	1.23	1.11 (0.057)	1.21

3. まとめ

全国のレディーミクストコンクリート工場を対象としたアンケート調査を実施し、以下の知見を得た。

- (1) 使用する練混ぜ水は地下水が 70%で最多。回収水のうち上澄水の利用は 76%だが、スラッジ水は 9%であった。
- (2) N、BB、H は全体の 3/4 の工場で常備している。一方で、M、L は大都市とその近郊に限られる。
- (3) 粗骨材の岩種は石灰岩と硬質砂岩が多い。石灰岩は他岩種との組み合わせ材としてのニーズも高い。
- (4) 細骨材は砕砂を混合して用いている工場が 5 割超ある。
- (5) 全体の 70%の工場でひび割れ対策として膨張材を添加可能であり、地域によらず利用可能である。
- (6) 収縮低減タイプの混和剤は近畿地区、特に大阪府での使用割合が高い。
- (7) AE 減水剤に代わり高機能タイプの AE 減水剤の使用割合が増加している。
- (8) 標準運搬時間は四国、九州・沖縄地区で 30 分未満、他の地域では 30 分以上～60 分未満、および 60 分以上～90 分未満の設定が多い。
- (9) 環境ラベルの検討は近畿地区、特に大阪府で多い。
- (10) スランプロスの見込みは夏期で 2cm 以上 3cm 未満、標準期および冬期で 1cm 以上 2cm 未満の設定が多く、北海道地区では通年で見込んでいない～1cm 未満の設定が多い。
- (11) ヤング係数が得られた標本のコンクリートに用いられた粗骨材は、石灰岩と硬質砂岩を合わせた割合が 4 割強程度であった。
- (12) ヤング係数は圧縮強度が大きいほど増加する傾向があり、粗骨材修正係数を用いた NewRC 式での算定値と傾向がほぼ一致していた。

- (13) 石灰岩を使用するとコンクリートのヤング係数が高くなる傾向があるが、他の岩種と混合使用する場合、単独使用と比較するとヤング係数は低くなった。
- (14) コンクリートのヤング係数が大きくなるほど、乾燥収縮率が小さくなる傾向があった。
- (15) 乾燥収縮率の平均値は全岩種で 800×10^{-6} を下回っており、石灰岩が平均値で一番小さい結果となった。
- (16) 早期判定式で 26 週の乾燥収縮率を推定した場合、乾燥期間が長いほど、推定精度が高くなった。
- (17) 乾燥収縮率について、2009 年調査との比較では、どの項目においても、おおむね同様の傾向となった。

なお、本報告は、アンケート調査結果の報告書である文献⁶⁾を加筆・修正して再構成したものである。

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) 河上浩司ほか：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 その 1～4、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、pp. 605～612、2010 年 9 月
- 2) 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門：平成 16 年度骨材資源調査報告書、2005 年 3 月
- 3) 大野吉昭ほか：コンクリートの乾燥収縮に及ぼす粗骨材と調合の影響、日本建築学会構造系論文集、第 76 巻、668 号、pp. 1729～1735、2011 年 10 月
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2010 年 2 月ほか
- 5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説（JASS 5 2009）
- 6) 田村友法ほか：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 その 1～4、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）、pp. 603～610、2013 年 8 月