

報告 関東地区におけるレディーミクストコンクリート工場の実態調査

飯生 昌之^{*1}・毛見 虎雄^{*2}・中田 善久^{*3}・高野 肇^{*4}

要旨：建築現場では、粘性が小さく施工性の良いコンクリートが求められている。しかし、高強度化が進められている昨今、単位セメント量の増加や水セメント比の低下などにより、施工に労力を要する傾向にある。施工性を改善するには、コンクリートの調合など、現状の実態を把握する必要がある。そこで、本報告は、関東地区のレディーミクストコンクリート工場を対象とし、輸送、骨材の品質およびコンクリートの調合などについて実態を明らかにするために、アンケート調査を行った結果を述べたものである。

キーワード：輸送時間、スランプ、骨材、調合、高性能 AE 減水剤

1. はじめに

1997年に改定された JASS 5¹⁾では、構造体コンクリートの強度と供試体の強度の差を考慮したコンクリート強度の割増($\Delta F=3\text{N/mm}^2$)および気温によるコンクリート強度の補正值(3N/mm^2 あるいは 6N/mm^2)を導入した。これにより、使用するコンクリートの呼び強度は大きくなる傾向にあり、高性能 AE 減水剤を用いたコンクリート工事が増加している。

一方、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」²⁾が 1996 年に改訂された影響を受けて、鉄筋コンクリート造の配筋はますます過密化している。高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは、AE 減水剤を用いたコンクリートと比較して降伏値がやや小さく塑性粘度がやや大きく³⁾、過密配筋された部位において施工に労力を要する傾向にある。

工事現場からレディーミクストコンクリート(以下、生コンと呼ぶ)工場に寄せられるクレームは、フレッシュコンクリートに関するものが多く⁴⁾、中でもコンクリートの施工のしやすさに関するものが大半を占めている。施工者からは、流動性が高く施工性の良いコンクリートに対する要望が高まっている⁵⁾。

建築現場において求められている粘性が小さ

く施工性の良いコンクリートを得るためには、現状の生コン工場における輸送、骨材の品質、コンクリートの調合などを把握する必要がある。そこで、本報告は、生コンの輸送、骨材の品質およびコンクリートの調合などに関して、現状の実態を把握するためにアンケートを行い、その結果をまとめたものである。

2. アンケート調査概要

2.1 調査概要

アンケート調査は、関東地区(東京、埼玉、神奈川および千葉)の任意の生コン工場(200 工場)を対象に生コンの輸送、骨材の品質およびコンクリートの調合などに関する実態を把握するために行った。なお、調査工場は全て JIS 表示認定工場とした。調査期間は、平成 14 年 8 月から同年 10 月とした。

2.2 調査内容

アンケート調査の内容は、生コンの輸送、骨材の品質、コンクリートの調合に関して次の(1)～(3)の項目とした。

(1) 生コンの輸送

1) 生コンの最多輸送時間、2) 生コンの最長輸送時間、3) 製造から荷下ろしまでのスランプの低

*1 株式会社山内山アドバンス 中央技術研究所 コンクリート製品研究室 (正会員)

*2 ものつくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科 非常勤講師 工学博士 (正会員)

*3 ものつくり大学 技能工芸学部 建設技能工芸学科 専任講師 博士(工学) (正会員)

*4 山宗化学㈱ 技術部 次長 (正会員)

下(以下、スランプロスと呼ぶ)の見込み量

(2) 骨材

- 1) 骨材の主な産地, 2) 使用している骨材の種類,
- 3) 粗骨材の実積率と単位容積質量

(3) コンクリートの調合

- 1) 高性能 AE 減水剤を用いる調合の有無, 2) 水セメント比, 3) 単位水量, 4) 単位水量の求め方,
- 5) 粗骨材の実積率, 6) 細骨材率, 7) 細骨材の微粒分量

また、調査の対象とした調査は、呼び強度 21 ～ 30 の AE 減水剤を用いたコンクリートおよび呼び強度 27 ～ 36 の高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートであり、ともにスランプは 18cm とした。

3. アンケート調査結果

このアンケート調査の回答は、計 99 件(東京 26 工場、埼玉 29 工場、神奈川 25 工場および千葉 19 工場)であった。回答工場の一ヶ月当たりの生コン出荷量を図-1 に示す。

3.1 生コンの輸送

(1) 生コンの最多輸送時間

生コンの最多輸送時間を図-2 に示す。生コンの最多輸送時間は、30 分以上 45 分未満が約 50 %、次に 30 分未満、45 分以上 60 分未満となり、ほとんどの生コン工場において 60 分未満であった。これは、本調査の対象とした地区には生コン工場が点在しており、輸送時間が 60 分以上となるような遠距離の納入現場が少ないためと考えられる。

(2) 生コンの最長輸送時間

生コンの最長輸送時間を図-3 に示す。生コンの最長輸送時間は、生コン工場により大きく異なっていた。約 7 %の生コン工場で 90 分以上とした中には、事故や工事などの道路事情によるものという回答もあった。

(3) スランプロスの見込み量

調合におけるスランプロスの見込み量を図-4 に示す。スランプロスを見込んでいない生コン工場は、全体のわずか 2.0 %であった。スランプロスを見込んでいる生コン工場では、2.0cm が約 60 %と最も多く、次に 1.0cm、1.5cm となった。

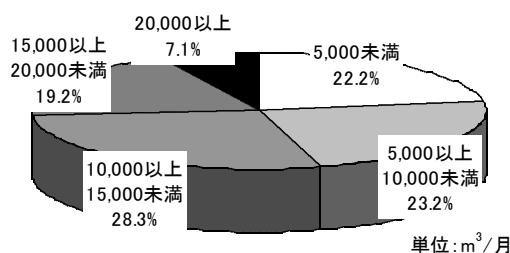


図-1 回答工場の一ヶ月当たりの生コン出荷量

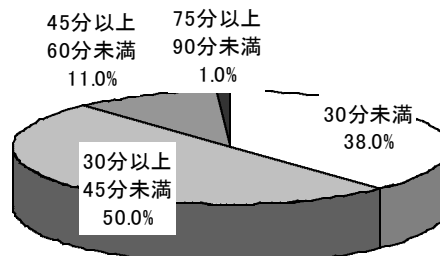


図-2 生コンの最多輸送時間

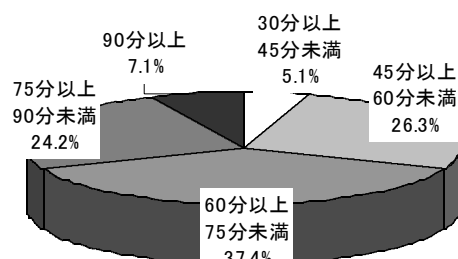


図-3 生コンの最長輸送時間

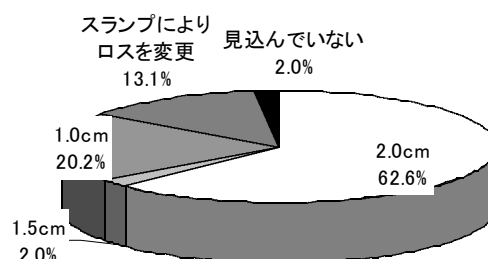


図-4 スランプロスの見込み量

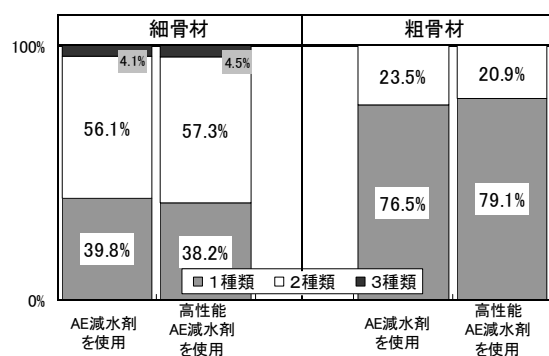
スランプの大きさによりロスの見込みを変更している生コン工場では、スランプ 8 ～ 15cm でスランプロス 2.0cm、スランプ 18cm でスランプロス 1.0cm が多かった。しかし、現場までの輸送時間が一定でないため、スランプロスの見込み量は、どの現場でも同一とするのは難しいと思われる。

スランプロスは、コンクリートの種類、輸送時間、コンクリート温度ならびに化学混和剤の種類・銘柄によって変動し、必ずしも一定ではない。また、生コンの輸送時間は、納入現場までの距離および道路事情により大きく変動する。しかし、調合におけるスランプロスは、1.0 ～

表－１ 骨材の主な産地

都県名	細骨材	粗骨材
東京	千葉県市原産：山砂 千葉県君津産：山砂 千葉県富津産：山砂	栃木県葛生産：砕石2005 北海道上磯産：砕石2005 青森県八戸産：砕石2005
埼玉	千葉県佐原産：陸砂 栃木県栃木産：砕砂 埼玉県皆野産：砕砂 栃木県葛生産：砕砂	栃木県葛生産：砕石2005 栃木県田沼産：砕石2005 埼玉県横瀬産：砕石2005
神奈川	千葉県君津産：山砂 千葉県富津産：山砂	青森県八戸産：砕石2005 大分県津久見産：砕石2005 東京都八王子産：砕石2005
千葉	茨城県鹿島産：陸砂 千葉県君津産：山砂 千葉県富津産：山砂	茨城県笠間産：砕石2005 大分県津久見産：砕石2005 栃木県栃木産：砕石2005

※調査結果から10%以上の回答が得られた産地を抜粋した



図－５ 使用している骨材の種類

2.0cm の狭い範囲でしか見込んでいない生コン工場がほとんどであった。指定されたスランプで荷卸しするためには、輸送時間に連動してスランプロスの見込み量を設定するなど、現状の見直しを行っていく必要があると考えられる。

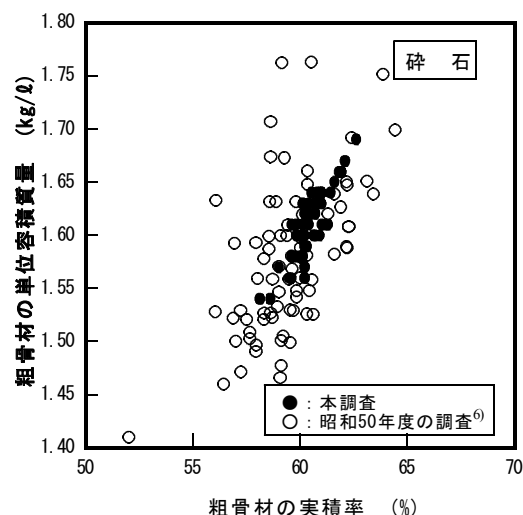
3.2 骨材

(1) 骨材の主な産地

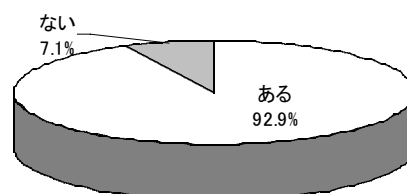
骨材の主な産地を表－１に示す。関東地区で主に使用されている細骨材は、埼玉県の生コン工場を除き、千葉県産の山砂が多かった。埼玉県は、その立地上骨材の輸送手段が陸送に限られるため、産地が内陸部に偏る傾向にあると思われる。また、粗骨材は、産地が北海道や九州などの遠方のものが多く、骨材輸送に船を用いている場合が多いことを示唆していた。ただし、埼玉県は、ここでも近辺の産地が多くなっていた。

(2) 使用している骨材の種類

使用している骨材の種類を図－５に示す。使用している細骨材の種類は、２種類以上とした生コン工場が約 60 %であった。これは、良質な天然砂の枯渇を背景として、天然砂と砕砂を混合して使用するケースが増えているためと考えら



図－６ 粗骨材の実積率と単位容積質量の関係



図－７ 高性能AE減水剤を用いる調合の有無

れる。

使用している粗骨材の種類は、１種類とした生コン工場が約 80 %であり、砕石 2005(石灰石あるいは硬質砂岩)を使用することが主流となっていた。粗骨材を２種類使用している生コン工場は、石灰石と硬質砂岩の組合せが多かった。

(3) 粗骨材の実積率と単位容積質量

粗骨材の実積率と単位容積質量の関係を図－６に示す。粗骨材の実積率と単位容積質量は、相関関係にあることが指摘されており⁶⁾、本調査でも同様のことがいえる。現状の実積率および単位容積質量は、昭和 50 年頃よりも範囲が狭くなっていた。

3.3 コンクリートの調合

(1) 高性能AE減水剤を用いる調合の有無

生コンとしての高性能 AE 減水剤を用いる調合の有無について調査した結果を図－７に示す。これより、約 90 %の生コン工場で高性能 AE 減水剤を用いるコンクリートの調合を保有していることがわかった。高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの調合を保有していない生コン工場は、いずれも都市部を離れた地域に立地していた。

(2) 水セメント比

各調査毎の水セメント比の調査結果を図－8に示す。水セメント比は、同一の種類のコンクリートであっても、工場間で大きなばらつきがみられた。また、呼び強度 27 および 30 では、同一の種類のコンクリートでも AE 減水剤を用いた調査と高性能 AE 減水剤を用いた調査が混在しており、これらの水セメント比は同一ではなかった。これより、AE 減水剤を用いた調査と高性能 AE 減水剤を用いた調査では、強度と水セメント比の関係に若干の差があるものと思われる。最小の水セメント比を回答した生コン工場は、粗骨材に天然砂利を使用していた。

(3) 単位水量

各調査毎の単位水量の調査結果を図－9に示す。AE 減水剤を使用したコンクリートの単位水量は、呼び強度が大きくなるほど増加する傾向にあることがわかる。呼び強度 30 の AE 減水剤を用いたコンクリートの単位水量は、約 80 % の生コン工場で 182 ～ 185kg/m³ であった。骨材表面水の変動などによる単位水量のばらつきを考慮すると、JASS 5における単位水量の上限値(185kg/m³)を超えないようにするためには、これらの生コン工場の調査(スランプ 18cm)では、呼び強度 27 あるいは 30 程度を境として化学混和剤に高性能 AE 減水剤を使用せざるを得ないのが現状と考えられる。

一方、高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは、呼び強度の変化にかかわらず単位水量を 170kg/m³ で一定として、高性能 AE 減水剤の添加量によりスランプを調整している生コン工場が約 60 % を占めていた。単位水量を一定として

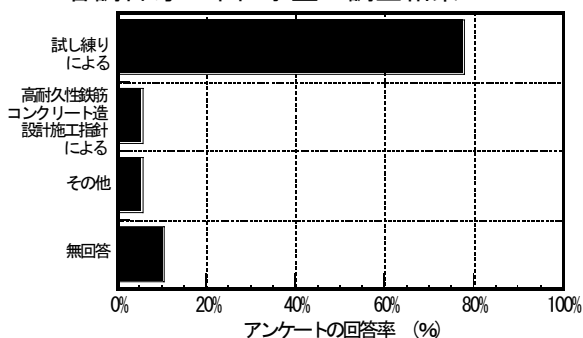
コンクリートの種類	上段：水セメント比					下段：アンケートの回答率					
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
(1)21-18-20N	61.0% 以下 7.1%	61.1～62.0% 30.6%			62.1～63.0% 33.7%			63.1～64.0% 13.3%		64.1～65.0% 10.2%	65.1% 以上 5.1%
(2)24-18-20N	56.0% 以下 6.1%	56.1～57.0% 22.4%			57.1～58.0% 39.8%			58.1～59.0% 20.4%		59.1～60.0% 8.2%	60.1% 以上 3.1%
(3)27-18-20N	51.0% 以下 4.1%	51.1～52.0% 9.2%	52.1～53.0% 28.6%			53.1～54.0% 37.8%			54.1～55.0% 17.3%		55.1% 以上 3.1%
(4)30-18-20N	48.0% 以下 5.1%	48.1～49.0% 26.5%			49.1～50.0% 42.9%			50.1～51.0% 21.4%		51.1% 以上 4.1%	
(5)27-18-20N	51.0% 以下 2.2%	51.1～52.0% 9.0%	52.1～53.0% 20.2%			53.1～54.0% 31.5%			54.1～55.0% 21.3%		55.1% 以上 15.7%
(6)30-18-20N	48.0% 以下 5.6%	48.1～49.0% 20.0%			49.1～50.0% 25.6%			50.1～51.0% 27.8%		51.1～52.0% 12.0%	52.1% 以上 8.8%
(7)33-18-20N	45.0% 以下 8.8%	45.1～46.0% 24.2%			46.1～47.0% 23.1%			47.1～48.0% 22.0%		48.1～49.0% 15.4%	
(8)36-18-20N	42.0% 以下 2.2%	42.1～43.0% 19.8%			43.1～44.0% 25.3%			44.1～45.0% 30.8%		45.1～46.0% 15.4%	
(1)～(4)AE減水剤使用 (5)～(8)高性能AE減水剤使用											

図－8 各調査毎の水セメント比の調査結果

コンクリートの種類	上段：単位水量					下段：アンケートの回答率					
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
(1)21-18-20N	167～175 kg/m ³ 9.2%	176 kg/m ³ 5.1%	177kg/m ³ 3.1%	178kg/m ³ 10.2%	179kg/m ³ 19.4%	180kg/m ³ 20.4%	181kg/m ³ 9.2%	182kg/m ³ 13.3%	183～184 kg/m ³ 10.2%		
(2)24-18-20N	166～177 kg/m ³ 14.3%	178kg/m ³ 11.2%	179kg/m ³ 18.4%	180kg/m ³ 23.5%	181kg/m ³ 8.2%	182kg/m ³ 15.3%	183kg/m ³ 9.2%				
(3)27-18-20N	167～177 kg/m ³ 10.2%	178 kg/m ³ 5.1%	179kg/m ³ 10.2%	180kg/m ³ 18.4%	181kg/m ³ 13.3%	182kg/m ³ 25.5%	183kg/m ³ 14.3%	184kg/m ³ 3.1%			
(4)30-18-20N	170～176 kg/m ³ 6.1%	180kg/m ³ 6.1%	182kg/m ³ 14.3%	183kg/m ³ 33.7%	184kg/m ³ 21.4%	185kg/m ³ 11.2%					
	177kg/m ³ 4.1%	181kg/m ³ 3.1%									
(5)27-18-20N	165 kg/m ³ 7.9%	166 kg/m ³ 4.5%	167 kg/m ³ 4.5%	168 kg/m ³ 7.9%	170kg/m ³ 58.4%	175 kg/m ³ 4.5%					
(6)30-18-20N	165 kg/m ³ 5.6%	167 kg/m ³ 6.7%	168 kg/m ³ 5.6%	170kg/m ³ 60.0%	175 kg/m ³ 6.7%						
(7)33-18-20N	165 kg/m ³ 5.5%	167 kg/m ³ 4.4%	170kg/m ³ 63.7%	175 kg/m ³ 6.6%							
(8)36-18-20N	165 kg/m ³ 5.5%	170kg/m ³ 61.5%	173 kg/m ³ 4.4%	175 kg/m ³ 6.6%							
(1)～(4)AE減水剤使用 (5)～(8)高性能AE減水剤使用											部分：その他

※その他とは、図中に示す単位水量以外の回答である

図－9 各調査毎の単位水量の調査結果



図－10 単位水量の求め方

呼び強度を大きくすると、コンクリート中の固体粒子の表面積に対する水量が相対的に小さくなり、コンクリートの粘性が高くなる。このため、ポンプ圧送性の低下⁷⁾や施工不良によるコンクリートのジャンカ等を引き起こし、結果としてコンクリート構造物の欠陥を誘発する可能性がある。

(4) 単位水量の求め方

単位水量の求め方を図－10に示す。高性能 AE

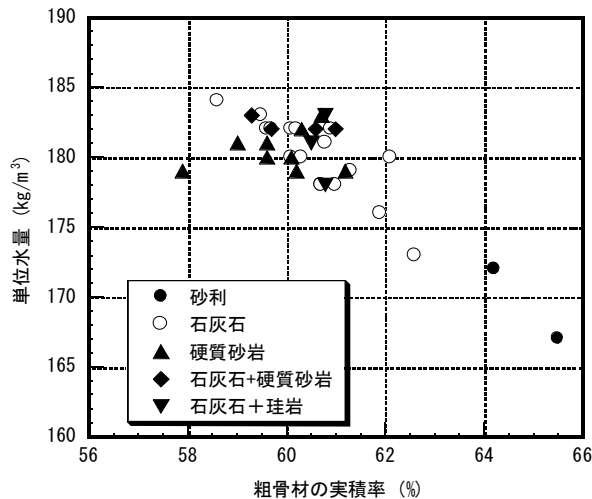


図-11 粗骨材の実積率と単位水量の関係
(27-18-20N AE減水剤を使用)

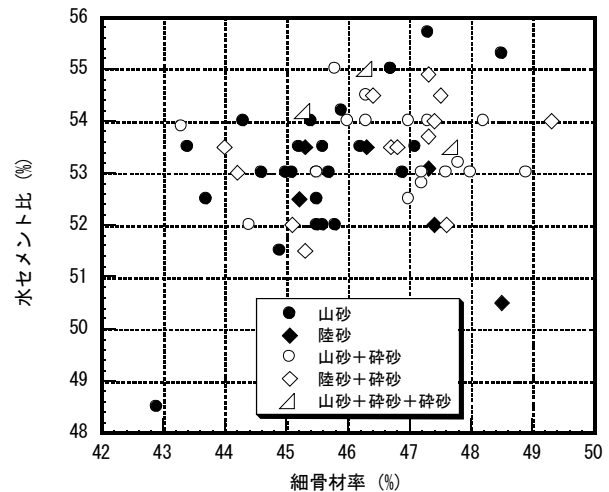


図-12 細骨材率と水セメント比の関係
(27-18-20N AE減水剤を使用)

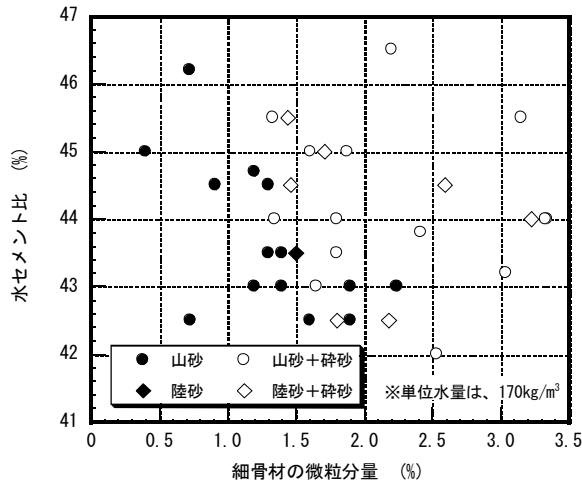


図-13 細骨材の微粒分量と水セメント比の関係
(36-18-20N)

減水剤を用いたコンクリートの単位水量は、約 80 %が試し練りにより求められていた。回答の中には、「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針」⁸⁾で単位水量の上限値が 175kg/m^3 と規定されていることから求めた生コン工場もあった。

(5) 粗骨材の実積率

呼び強度 27 のコンクリート(AE 減水剤を使用)における粗骨材の実積率と単位水量の関係を図-11に示す。単位水量は、骨材の種類にかかわらず、粗骨材の実積率が大きくなるほど減少する傾向にあった。また、石灰石を用いた場合には、実積率、単位水量ともに範囲が大きくなる傾向にあった。粗骨材として石灰石を使用する場合には、単位水量を安定させる観点から、実積率の管理に特に留意する必要があると考えられる。

(6) 細骨材率

呼び強度 27 のコンクリート(AE 減水剤を使用)における細骨材率と水セメント比の関係を図-12に示す。調査結果の範囲において、山砂のみを使用した調合では、細骨材率が増加すると水セメント比が大きくなる傾向にあるが、他の骨材では、そのような傾向はほとんどみられなかった。これは、細骨材率の増加に伴い単位水量が増大し、相対的にセメントペースト量が増加することが影響している可能性がある。

(7) 細骨材の微粒分量

呼び強度 36 のコンクリートにおける細骨材の微粒分量と水セメント比の関係を図-13に示す。山砂を使用した調合では、微粒分量が増加するほど水セメント比が小さくなる傾向がみられた。これは、山砂の微粒分は主に泥分からなり、量が多い場合にはコンクリートの圧縮強度に影響を及ぼす⁹⁾ためと推測される。天然砂と砕砂の混合砂は、天然砂の場合と比較して微粒分量が大きくなる傾向にあった。これは、砕砂(JIS A 5005)の微粒分量が砂(JIS A 5308)よりも大きく規定されていることが影響していると考えられる。しかし、砕砂に含まれる微粒分は、主に石粉であるため、量が増大すると単位水量を増大させるが、圧縮強度に与える影響は少なく⁹⁾、本調査の結果でも微粒分量と水セメント比の関係に明確な傾向はみられなかった。

呼び強度 36 のコンクリートにおける細骨材の微粒分量と高性能 AE 減水剤の使用量の関係を図-14に示す。砕砂の混入に伴い微粒分量が増大すると、高性能 AE 減水剤の使用量の範囲が大きくなっている。これは、一般に微粒分量が増加すると単位水量も増加する傾向にあるが、高性能 AE 減水剤を用いた調合の場合には、その使用量を調整し所定のスランプを確保することが多いためと考えられる。このような場合には、コンクリートの塑性粘度が増大する傾向にあり、前述のような問題が生ずる可能性がある。

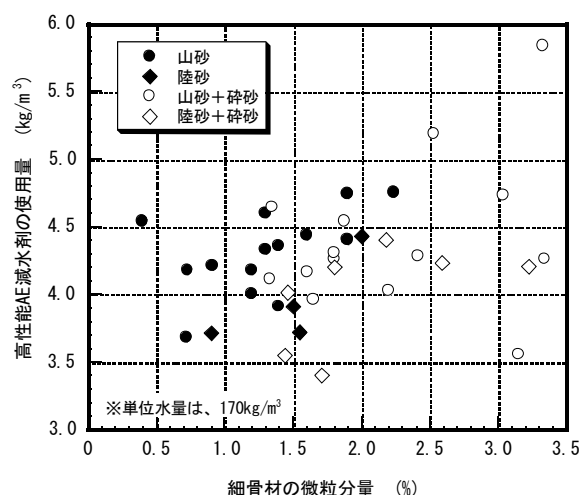


図-14 細骨材の微粒分量と高性能AE減水剤の使用量の関係 (36-18-20N)

4. まとめ

関東地区(東京, 埼玉, 神奈川および千葉)の生コン工場を対象に、生コンの輸送、骨材の品質、コンクリートの調合などに関して、アンケート調査を行った。調査の結果、次のことを明らかにした。

- (1) ほとんどの生コン工場では、生コンの輸送時間が道路事情により大きく変動するにもかかわらず、調合に対するスランプロスの見込み量を、1.0～2.0cmで一定としていた。
- (2) 高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの単位水量は、呼び強度が変わっても、約 60 %の生コン工場が 170kg/m³ で一定としていた。

これより、粘性の小さなコンクリートを指定されたスランプで荷卸しするために、輸送時間に連動してスランプロスの見込み量を設定する、高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの調合の検討をするなどの現状の見直しを行っていく必要があると考えられる。

今後は、本調査結果を踏まえ、ポンパビリティーおよびワーカビリティーを考慮した粘性が小さいコンクリートの調合について検討を行っていく予定である。

謝辞

アンケート調査を行うに当たり、回答して頂いた生コン工場の方々には、多大なるご協力をいただきました。また、調査のとりまとめにあたり、ものづくり大学の大塚秀三氏、鈴木大介

氏ならびに辻村純一氏の協力を得ました。ここに付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 日本建築学会, 1997.1
- 2) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 日本建築学会, 1996
- 3) 高性能 AE 減水剤コンクリートの調合・製造および施工指針・同解説, 日本建築学会, 1999
- 4) 栗田守朗: コンクリート工事の施工管理の現状と課題(土木), コンクリート工学, Vol.39, No.5, pp.31～34, 2001.5
- 5) 小山田英弘ほか: 中流動コンクリートの調合法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.2, pp.463～468, 2000
- 6) 社団法人セメント協会: コンクリート専門委員会報告 F-28 粗骨材の品質調査報告, 1976.12
- 7) 中田善久, 毛見虎雄: 高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートのポンプ圧送における現状と今後の課題, コンクリートテクノ, Vol.21, No.4, pp.36～41, 2002.4
- 8) 高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説, 日本建築学会, 1991.7
- 9) コンクリート標準示方書〔施工編〕, 土木学会, 2002