真珠岩系人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの フレッシュ性状に関する基礎的研究[†]

小林 孝一*

Characteristics of Self-Compacting Concrete in Fresh State with Artificial Light-Weight Aggregate

by

Koichi KOBAYASHI*

Recently, a new type of artificial light-weight aggregate has been developed. This aggregate has lower water absorption ratio than ordinary light-weight aggregate because of its tight surface structure, and can be used for concrete mixing without pre-wetting procedure. Another advantage of this aggregate is its spherical shape that is expected to increase the fluidity of concrete. In this study, this new light-weight aggregate was applied to self-compacting concrete, and the self-compactability of this concrete was investigated and discussed. The results show that self-compacting concrete with this aggregate has higher self-compactability than that with crushed stone, while the deformation rate of concrete is very small. Segregation between the aggregate and mortar, however, tends to be large because of larger difference of specific gravity between them than in the case of ordinary self-compacting concrete with crushed stone. Increase of unit mass of the light-weight aggregate does not affect so much on self-compactability of concrete. Also, a drop of self-compactability of self-compacting concrete with the light-weight aggregate with the lapse of time after mixing is less than that with crushed stone.

Key words : Artificial light-weight aggregate, Self-compacting concrete, Self-compactability, Fresh concrete, Slump flow, Shape of coarse aggregate

1 はじめに

従来の人工軽量骨材は、連続空隙を有するために吸水率が極めて大きく、練り上がったコンクリートのスランプの低下を防ぐため、あるいはポンプ圧送性を確保するために、プレウェッティング処理を施すことが一般的である。しかしその結果、打設後に骨材中の水がセメントマトリックス内に放出されることにより実質的に高水セメント比となるため、コンクリートを高強度とすることが困難となり、また凍結融解抵抗性などの硬化後の耐久性も低下するという面も有する。

そのため、コンクリート構造物の死荷重を軽減できる等のメリットがあるにもかかわらず、現在では人工軽量骨材を用いたコンクリートの製造量は非常に小さく、年間 80 万 m³ 程度であり、建築用の生コン、あるいはプレキャストパネル用にわずかに用いられるのみであるのが現状である。¹⁾

一方、近年真珠岩を原材料とし、造粒、焼成した新種の人工軽量骨材が開発されている。²⁾

この新しい人工軽量骨材は、焼成時の発泡による空隙は有するものの、表面は焼結によって緻密化されており、従来の人工軽量骨材と比較して吸水率が非常に小さい。したがってミキサ投入前に特別な処理を施さなくても、一般の碎石等を用いる場合と同様に取り扱うことが可能であるという特徴を有するため、上記の従来の人工軽量

骨材が有する短所は解消されるものと期待される。

また、粒形が球状であることもこの人工軽量骨材の大きな特徴の一つであり、この骨材を用いたフレッシュコンクリートは、流動、変形中における粗骨材同士の相互干渉、噛合いが減少するものと予想される。したがって、高流動コンクリート用材料として用いた場合、狭窄部における閉塞が起りにくく、自己充てん性が向上するものと考えられるが、これまでこの種の人工軽量骨材を高流動コンクリートに適用した研究例は少ないのが現状である。^{3), 4)}

そこで本研究では、この低吸水率、球状という特徴を有する新人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの自己充てん性について調査を行い、各配合要因が与える影響について検討し、この骨材の高流動コンクリートへの適用性について明らかにすることを目的とした。

2 実験概要

Table I に本研究で用いた材料の一覧を示す。

ここではセメントは普通ポルトランドセメントを用いたが、混和材としてフライアッシュを併用した。フライアッシュは粒子が球状であり、コンクリート用混和材として用いた場合にはワーカビリティが改善されるため、これを用いた。またフライアッシュはポルトランドセメントと比較して密度が小さいことから、軽量骨材とモルタルの密度差を減少させ、粗骨材の分離を低減すること

[†] 原稿受理 平成 12 年 8 月 23 日 Received Aug. 23, 2000

* 正 会 員 中部大学工学部土木工学科 〒487-8501 春日井市松本町, Dept. of Civil Eng., Chubu Univ., Matsumoto-cho, Kasugai, 487-8501

Table I. Materials.

Cement	Ordinary Portland cement; Specific gravity; 3.15g/cm ³ , Specific surface area by blaine; 3260cm ² /g
Fly ash	Specific gravity; 2.24g/cm ³ , Specific surface area by blaine; 3680cm ² /g
Fine aggregate	River sand, Specific gravity; 2.63g/cm ³ , Water absorption ratio; 1.63%, Fineness modulus; 2.94
Coarse aggregate (crushed stone)	Maximum size; 15mm, Specific gravity (saturated and surface-dried condition); 2.60g/cm ³ , Fineness modulus; 6.43, Percentage of solid volume; 63.9%
Coarse aggregate (light-weight aggregate)	Maximum size; 15mm, Specific gravity (absolutely dry condition); 1.15g/cm ³ , Fineness modulus; 6.43, Absorption ratio; 2.5%, Solid content; 67.0%
High-range water reducing agent	Polycarboxylic acid

も使用目的のひとつである。³⁾

またここで用いた人工軽量骨材と最大寸法が同一の碎石を粗骨材として用いた高流動コンクリートも練り混ぜ、人工軽量骨材を用いた場合との比較を行った。

碎石は表乾状態にして用いたが、人工軽量骨材は絶乾状態で用いた。本研究で用いた人工軽量骨材は、既に述べたように、従来の人工軽量骨材と比較して吸水量が小さいのが特徴ではあるが、本来はその含水量を把握し、練混ぜ時に投入する水量を調整して用いるのが望ましい。しかし、生コンプラント等でこの骨材を用いたコンクリートを製造する際に、別の貯蔵サイロを新たに準備することは困難であり、実際には気乾状態で用いられることが多いと考えられるため、ここでは絶乾状態にして骨材の含水量の調整を行わずに用いた。また本研究では配合表における人工軽量骨材の単位量は全て絶乾質量であり、碎石に関しては表乾質量を示した。

練混ぜは、水および高性能 AE 減水剤以外の材料をミキサに投入し 30 秒間の空練りを行なった後に、水および高性能 AE 減水剤を投入し、さらに 90 秒間練り混ぜた。その後 5 分間静置した後に 30 秒間練り混ぜ、コンクリートをミキサから排出した。また練混ぜは室温下の実験室にて行なった。

高流動コンクリートのスランプフロー試験、充てん装置を用いた間げき通過性試験を土木学会規準 (JSCE-F

511) に従って行った。スランプフロー試験時には、スランプフロー 500mm 到達時間の測定も行った。間げき通過性試験はボックス型充てん装置および R1 障害 (鉄筋間距離はすべて 35mm) を用いて自己充てん性の判定を行なった。

また、間げき通過性試験が終了し、試料の流動が静止してから 3 分程度静置した後に、試験器の試料投入側、流出側のそれぞれ最上部からコンクリートを 1.3 リットルずつ採取し (Fig. 1 参照)、5mm ふるいを用いたウェットスクリーニングにより、採取した試料から粗骨材のみを取り出した後、粗骨材を表乾状態にしてその質量を測定した。

さらに、各コンクリートのモルタル分と同一配合のモルタルを、別途モルタルミキサにて練り混ぜ、回転粘度計にてこれらモルタルの降伏値および塑性粘度の測定を行った。

3 結果および考察

3・1 配合の選定

まず、10 パッチ程度の試し練りにより配合をおおよそ決定した後に、Table II に示す範囲の配合のコンクリートを 20 配合程度練り混ぜた。

これら Table II に示した人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートにおける、スランプフローと間げき通過性試験による自己充てん高さの関係を Fig. 2 に示す。

ここでは単位水量が 144kg/m³ でスランプフローが 530mm 程度の配合以外は、いずれも自己充てん高さは 300mm 以上となった。間げき通過性試験装置の流動障

Fig. 1. Sampling of concrete from box apparatus.

Table II. Mixtures for trials.

W/B (%)	s/a (%)	Gvol. (m ³ /m ³)	Unit mass (kg/m ³)			B× (%)
			W	C	Fa*	
28.2~29.1	44.3~50.2	0.308~0.342	144~148.5	265	245	1.5~1.8

Fa*: Fly ash

Fig. 2. Relationship between slump flow and filling height in box apparatus.

害は、条件の厳しい R1 障害を用いているが、ここで検討した人工軽量骨材は最大寸法が 15mm であり、一般の場合と比較して若干小さい。したがって骨材の最大寸法に対する流動障害の鉄筋間隔の比率が大きいと、その影響に関しては別途検討する必要があるものと考えられるが、少なくとも通常の間げき通過性試験装置を用いた場合には、ほとんどの配合が良好な自己充てん性を有すると判定される結果となった。

しかし、なかにはスランプフローが 800mm 以上となり、一般的に高流動コンクリートが良好な自己充てん性を有する目安として考えられているスランプフロー 600～700mm を大幅に逸脱しているものもあった。また、このような配合はスランプフロー試験時に、流動先端付近において目視により分離が認められた。

逆にスランプフローが 600mm 以下でも、自己充てん高さが 300mm 以上と、良好な自己充てん性を示す配合もあった。この場合には、通常の高流動コンクリートと比較して見掛けの流動性が小さいに関わらず、粗骨材の形状が球形に近いため、鉄筋間を透過する際の粗骨材同士の噛み合わせが減少し、優れた自己充てん性を有して

いるものと考えられる。また後述するように、コンクリートの密度が小さいために、同程度の軟度を有する一般の高流動コンクリートと比較して、スランプフローが小さくなることも原因として考えられる。⁵⁾

3・2 間げき通過性試験後の粗骨材濃度による評価

前項で述べたように、スランプフロー試験時に流動先端付近で分離が観察されたコンクリートの場合においても、自己充てん高さが 300mm 以上となる例が観察された。

一般の碎石を用いた高流動コンクリートの場合には、分離が生じることにより粗骨材が沈降し、間げき通過性試験装置内の鉄筋間で閉塞が生じるため、このようなコンクリートは充てん高さが低くなり、自己充てん性が低いと判定される結果となる。

一方、軽量骨材を用いた場合には、粗骨材とモルタルとの間に分離が生じると、両者の密度差により粗骨材は浮上するため、粗骨材濃度が低いコンクリートが間げき通過性試験装置の鉄筋障害間を透過することになり、分離が生じた場合の方が自己充てん高さが大きくなることも考えられる。したがって、間げき通過性試験における自己充てん高さのみからではコンクリートの分離を正確に判定することができないと考えられる。

そこで、2 章で述べたような方法で、間げき通過性試験実施後に試験器の試料投入側および流出側の粗骨材量を測定し、コンクリート中に占める粗骨材の体積濃度を算出して評価を行った。

軽量骨材を用いた高流動コンクリートのスランプフロー、あるいはスランプフロー 500mm 到達時間と間げき通過性試験後の試料投入側 (Room A)、流出側 (Room B) における粗骨材体積濃度との関係を Fig. 3 に示す。なお図中で直線で結ばれたデータは、同一のコンクリートにて得られたデータであることを示し、さらにここでの平均濃度は、示方配合から算出した表乾状態における理論上の粗骨材体積濃度である。

Fig. 3. Relationship between aggregate volume in concrete sampled from box apparatus and slump flow or time to 500mm flow.

またここではスランブフローが 530mm 程度の 1 配合を除いて、いずれも間げき通過性試験による自己充てん高さは 300mm 以上である。

軽量骨材を用いたコンクリートは、自己充てん高さが 300mm 以上であっても分離が生じ、モルタルよりも密度が小さい人工軽量骨材の浮上が著しい場合があり、粗骨材の平均濃度が 30% 強程度であるのに対し、間げき通過性試験後に試験器上部から採取した試料の粗骨材体積濃度が 50% をこえるものもあった。

一方ここでは図示していないが、後述する碎石を用いた高流動コンクリートで自己充てん高さが 300mm 以上となる配合の場合には、理論上の平均濃度が 30.77% であるのに対し、試料投入側、流出側ともに粗骨材濃度は 25.7 ~ 29.5% と理論値より小さかった。モルタルよりも密度の大きな碎石は沈降するため、また試験器上部における骨材濃度と平均濃度との差は人工軽量骨材を用いた場合と比較して小さくなった。

碎石を用いた通常の高流動コンクリートの場合にもスランブフローが 700mm 以上となると、一般に分離が生じ、自己充てん性が低下することが知られているが、人工軽量骨材の場合にもスランブフローが 700mm 以上の場合には、試験後に採取した試料中の粗骨材体積濃度が非常に大きくなる傾向にあった。

一方、人工軽量骨材を用いても、スランブフローが 700mm 程度以下の場合には、充てん装置の流出側においては粗骨材体積濃度はほぼ理論値に等しくなった。その場合にも、充てん装置の試料投入側における粗骨材体積濃度は、本研究で検討した最も小さなスランブフローの配合においても完全に理論値と一致させることは困難で、理論値よりも 3 ~ 8% 程度大きくなっているが、一応スランブフロー 700mm 程度以下を分離が小さくなる目安とすることができると考えられる。

柳井らは、絶乾密度が $0.94\text{g}/\text{cm}^3$ と本研究のものよりも若干小さな真珠岩系人工軽量骨材を用いた場合、同一水結合材比で粗骨材濃度が $0.270 \sim 0.400\text{m}^3/\text{m}^3$ の範囲の高流動コンクリートの圧縮強度はほぼ同一で、ヤング率と粗骨材濃度の間にも明確な関係は見られなかったことを報告している。⁶⁾したがって、ここで示したスランブフロー 700mm 以下の範囲においては、硬化コンクリートの性状はそれほど相違しないものと考えられる。

また、モルタル部の密度が $2.2 \sim 2.3\text{g}/\text{cm}^3$ であるのに対し、碎石の密度は $2.60\text{g}/\text{cm}^3$ 、人工軽量骨材の密度は $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ で、人工軽量骨材はモルタルとの密度差が非常に大きいため、これを用いた場合には分離が大きくな

ったと考えられる。したがって粗骨材の分離、上昇を小さくするためには、モルタルの降伏値を所定の流動性、自己充てん性が得られる範囲で、できるだけ大きくする必要のあるものと考えられる。

以上の検討結果から、良好な自己充てん性を有し、また比較的粗骨材の分離が少ない配合を選定し、基本配合とすることとした (Table III)。

また本節の結果より、これ以降用いる高流動コンクリートのスランブフローは、すべて 700mm 以下とした。その結果、間げき通過性試験終了後に試験器の試料投入側から採取したコンクリートの粗骨材濃度と示方配合から算出した理論値との差は 7% 以下、流出側から採取したコンクリートの粗骨材濃度と理論値との差は 5% 以下であったため、いずれも材料分離は許容範囲以下であると判断した。

3・3 碎石を用いた場合との比較

Table III に示した人工軽量骨材高流動コンクリート、およびこの配合と単位セメント量、単位混和材量、単位混和剤量、および単位粗骨材体積が同一の、碎石を用いた高流動コンクリートを練り混ぜ、比較を行った。

人工軽量骨材を用いた場合と同一の単位水量とすると、碎石を用いた場合にはスランブフロー、流動速度が小さく、自己充てん高さも 300mm 以下となったため、Fig. 4 に示すように単位水量を $147\text{kg}/\text{m}^3$ から $150\text{kg}/\text{m}^3$ まで $1\text{kg}/\text{m}^3$ 刻みで増し、水の増量分は同体積の細骨材を減じて配合を調整した。

その結果、碎石を粗骨材として用いた場合には、単位水量を $1 \sim 2\text{kg}/\text{m}^3$ 程度増量することによって、人工軽量骨材を用いた場合と同程度の流動性、自己充てん性が得られるようになった。

小門らによれば、コンクリートの降伏値はスランブフローの 5 乗に逆比例し、コンクリートの密度に比例する。⁵⁾したがって、コンクリートのスランブフローがその自重による変形であることを考えれば、密度のみが碎石と異なり、粒径、粒形等、他の品質は全く同一の軽量骨材を用いると仮定すると、スランブフローは碎石を用いたものより小さな値になるものと考えられる。

一方、スランブフローがほぼ同じである人工軽量骨材を用いた $W = 147\text{kg}/\text{m}^3$ の配合と、碎石を用いた $W = 148 \sim 150\text{kg}/\text{m}^3$ の配合を比較すると、前者の方が単位水量が小さいためにモルタルの降伏値が大きく、流動性、変形性能は小さいと考えられるのにもかかわらず、使用した骨材の密度差を考慮すると、コンクリートの降伏値は小さいことになる。

Table III. Standard mixture in this study with light-weight aggregate.

W/B (%)	s/a (%)	Unit mass (kg/m ³)					B× (%)
		W	C	Fa*	S	G	
28.8	50.0	147	265	245	811	354	1.6

Fa*: Fly ash

Fig. 4. Comparison of characteristics of fresh concrete with light-weight aggregate and with crushed stone.

従来、川砂利の使用によってコンクリートの流動性が向上することが知られている。⁷⁾本研究で用いた人工軽量骨材は形状が球に近いので、フレッシュコンクリート中の骨材同士の相互干渉と云った観点から考えれば、碎石よりも川砂利に近い挙動を示すものと考えられる。そのため、より少ない単位水量でもフレッシュコンクリートの流動性が大きくなったものと考えられる。

また、コンクリートのスランプフロー 500mm 到達時間と、別途練り混ぜたモルタルの塑性粘度との関係を Fig. 5 に示す。ただし、ここでは間げき通過性試験による自己充てん高さが 300mm 以上で、かつ前節において比較的分離が小さいと判断された配合のみを対象としているが、コンクリートのスランプフローの範囲が大きいため、スランプフローを 500mm で除した値を 2 乗し、スランプフロー 500mm 到達時間に乗ずることによって補正した値を用いている。

Fig. 4 の単位水量とスランプフロー 500mm 到達時間の関係によれば、スランプフロー、自己充てん高さの場合と比較して、粗骨材の相違による流動速度の差は比較的小さい。また、Fig. 5 のように、スランプフローの大小によるスランプフロー 500mm 到達時間の補正を行えば、むしろ人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの方が流動速度は小さくなる。

また Fig. 5 によれば、コンクリートの流動速度とモルタルの塑性粘度の間には明確な関係は見られないものの、モルタルの塑性粘度が同程度であっても、人工軽量骨材を用いたものは流動速度が小さく、コンクリートの見掛けの塑性粘度が大きいことがわかる。これは人工軽量骨材コンクリートの密度が小さいために、スランプフロー流動時に自重の作用が小さくなり、変形速度も小さくなるためであると考えられる。

前述の降伏値と同様に、川砂利を用いたコンクリートは碎石を用いたコンクリートよりも塑性粘度が小さく、スランプフロー速度も大きくなることが報告されている。^{8), 9)}したがって、ここで用いた人工軽量骨材のように粒型が球状であることは高流動コンクリートの見掛けの塑性粘度を小さくする方向に作用すると考えられるが、実際には川砂利と異なり密度が小さいことによる影響が卓越し、

Fig. 5. Relationship between 500mm flow time of concrete and plastic viscosity of mortar.

Fig. 5 に示すような結果が得られたものと考えられる。

また、ここでは人工軽量骨材は絶乾状態で用いているため、表乾状態で用いた場合には、同程度の流動性、自己充てん性を得るために必要な単位水量の、碎石を用いた場合と人工軽量骨材を用いた場合の相違は、さらに大きくなるものと考えられる。

3・4 粗骨材量の影響

ここまでの検討結果から、粗骨材の形状の違いが高流動コンクリートの流動性、自己充てん性に大きく影響を与えていることが推察された。一般に、高流動コンクリートの配合設計を行う場合、コンクリート中の粗骨材体積濃度を粗骨材の実績率の 1/2 以下にしなければ、鉄筋障害間通過の際に閉塞が生じるとされており、¹⁰⁾また高流動コンクリート施工指針¹¹⁾によれば、自己充てんランク 1 の高流動コンクリートの場合には、さらに粗骨材量を減じる必要があるとされている。

そこで、単位粗骨材量あるいは粗骨材体積濃度がフレッシュコンクリートの性状に与える影響について検討することとした。

ここで検討を行ったのは、Table III に示した人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートの基本配合をもとにし、細骨材量を減じて、粗骨材量を 354kg/m³ から 424kg/m³ まで増加させた配合であり (Table IV)、コンクリート

Table IV. Mixtures for investigation for effect of unit mass of light-weight aggregate.

W/B (%)	s/a (%)	Gvol. (m ³ /m ³)	Unit mass (kg/m ³)					B× (%)
			W	C	Fa*	S	G	
28.8	40.1~50.0	0.308~0.369	147	265	245	649~811	354~424	1.6

Fa*: Fly ash

中の粗骨材濃度が30.8～36.9%の場合に相当する。

人工軽量骨材を用いた場合に単位粗骨材量がコンクリートのフレッシュ性状に与える影響について Fig. 6 に示す。

単位粗骨材量の増加によって、スランプフロー 500mm 到達時間については 25 秒から 40 秒の範囲で大幅に変化した。スランプフロー、自己充てん高さにはほとんど変化が見られなかった。

ここで検討した粗骨材濃度の最大値は 36.9% であり、人工軽量骨材の実積率 67.0% の 1/2 を大きく上回っているにもかかわらず、良好な自己充てん性が得られている。これは既に述べたように、骨材の形状が球形に近いために、コンクリートの流動中における粗骨材同士の相互干渉が低減されているためであると考えられる。

また、粗骨材の相互干渉はモルタルの粘性を大きくすることによって低減されることも報告されている。¹⁰⁾しかし、人工軽量骨材を用いた場合には、コンクリートの流動速度が小さく、コンクリートの見掛けの粘度は大きいものの、Fig. 5 より碎石を用いた配合と人工軽量骨材を用いた配合でモルタル部の塑性粘度に大差ないことは明らかである。したがって、両骨材を用いたコンクリートの自己充てん性が異なるのは、粘性の相違によるものと考えにくく、粒形の相違が大きな影響を与えているものと考えられる。

一方、ここでは間げき通過性試験時に条件のより厳しい R1 障害を用いているが、人工軽量骨材の最大寸法が 15mm と、通常の場合よりも小さく、また細骨材量の減少させていることよりモルタル性状も変化していると考えられるため、これらの影響も今後検討する必要があるものと考えられる。

3・5 練混ぜ後の経過時間が与える影響

本研究で用いた人工軽量骨材は、従来の人工軽量骨材と比較して吸水率が小さく、プレウェッティングの必要がないことが大きな特徴の一つであり、また実施工に用いる場合には、プラントの設備の関係もあり、この特徴を生かして、気乾状態で用いられることが多いものと予想される。しかし、高流動コンクリート用材料として用いた場合には、粗骨材の吸水により流動性等のフレッシュ時の品質が低下することが懸念される。

そこで、Table III に配合を示した単位水量 147kg/m³ の人工軽量骨材を用いた高流動コンクリート、および前節の検討結果から、Table IV の碎石を用いた高流動コンクリートのうち単位水量を 150kg/m³ とした配合を練り混ぜ、スランプフロー、スランプフロー 500mm 到達時間、自己充てん高さの経時変化を測定し、Fig. 7 に示す。

いずれの粗骨材を用いても、スランプフローは時間の経過とともに低下し、使用粗骨材による差はそれほど大きくない。

それに対し、スランプフロー 500mm 到達時間は、人工軽量骨材を用いたものの方が大きく、また使用骨材の違いによる差も時間の経過とともに大きくなっている。特に練り混ぜ後 90 分経過した後は、人工軽量骨材を用いた配合のスランプフロー 500mm 到達時間は、60 秒以上にもなっている。にもかかわらず、人工軽量骨材を用いた配合は、練り混ぜ後 120 分までは間げき通過性試験装置による自己充てん高さが 300mm 以上となっている。

ここでは碎石は表乾状態で、人工軽量骨材は絶乾状態にて用いているため、人工軽量骨材を用いた配合は粗骨材の吸水により流動性および自己充てん性の低下が大き

Fig. 6. Effects of unit mass of light-weight aggregate on characteristics of fresh concrete.

Fig. 7. Effects of time after mixing on characteristics of fresh concrete.

いことが予想され、実際にスランプフロー 500mm 到達時間の低下は人工軽量骨材を用いた配合の方が大きかった。にもかかわらず高流動コンクリートにとって最も重要な品質である自己充てん性の低下は、人工軽量骨材を用いた配合の方が小さいという結果となった。

碎石を用いた高流動コンクリートは、骨材の噛み合わせが生じやすい状況にあるために、閉塞を生じないためには粗骨材がある程度以上の運動エネルギー、すなわち変形速度を有する必要があるため、スランプフローの低下で表現される降伏値の増大による自己充てん性の経時変化が大きいものと考えられる。逆に人工軽量骨材を用いたコンクリートは、粗骨材が球状であるため、流動性が低下して粗骨材の運動エネルギーが小さくなくても、自己充てん性が保持されるものと考えられる。

しかし、ここでの人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートのように、極めて変形速度の小さなコンクリートは、施工速度が著しく劣り、ポンプ圧送も困難であるものと考えられる。したがって、施工時には練混ぜから打設までの時間に応じて軽量骨材の含水率を考慮して単位水量を調整する、あるいはパケット打ちを採用する等の対策を行なうことが必要であると考えられる。

4 結 論

本研究では、新たに開発された真珠岩系の人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートのフレッシュ性状に関して、基本的な検討を行った。

その結果、人工軽量骨材を用いた高流動コンクリートに関して、以下のような結果が得られた。

- (1) 広い範囲のスランプフローに対して良好な自己充てん性を有する。
- (2) ただし間げき通過性試験の結果が良好であっても粗骨材の分離、浮上が生じている場合がある。
- (3) 同一の単位水量で碎石を用いた配合と比較して、自己充てん性は大きい。
- (4) 単位粗骨材量が増加しても自己充てん性の低下に与える影響は小さい。

(5) 練混ぜ後の時間経過にともなう自己充てん性の低下は小さい。

今後の課題としては、フロー速度が小さいことから、ポンプ圧送性などの施工性に関する検討を行う必要があると思われる。

人工軽量骨材は太平洋セメント(株)、混和剤は(株)エヌエムビーからご提供いただいた。また実験の遂行には奥村幸生、古崎高行、澤井淳の各氏(当時、小林研卒研究生)の協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 岡本享久, 早野博幸, 柴田辰正, コンクリート工学, **36**-1, 48 (1998).
- 2) 岡本享久, 石川雄康, 榎木 隆, 笹嶋昌男, コンクリート工学, **37**-4, 12 (1999).
- 3) 柳井修司, 坂田 昇, 渡邊賢三, 信田佳延, コンクリート工学年次論文報告集, **21**-2, 337 (1999).
- 4) 野上良浩, 柳井修司, 坂田 昇, 岡本享久, 丸山久一, 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集, **V**, 294 (1999).
- 5) 小門 武, 宮川豊章, 土木学会論文集, **634/V**-45, 113 (1999).
- 6) 柳井修司, 坂田 昇, 信田佳延, 岡本享久, 土木学会論文集, **648/V**-47, 23 (2000).
- 7) 高野 肇, 和美廣喜, 炭村栄一, 矢内雅之, 湯浅 昇, 笠井芳夫, 日本建築学会大会学術講演梗概集, **A**, 941 (1992).
- 8) 塩見伊津夫, 梶田佳寛, 阿部道彦, 安田正雪, 松本雅之, 日本建築学会大会学術講演梗概集, **A**, 797 (1991).
- 9) 北村昌彦, 田中 勲, 鈴木信雄, セメント・コンクリート論文集, **45**, 172 (1991).
- 10) 岡村 甫, 前川宏一, 小澤一雅, “ハイパフォーマンスコンクリート”, p.7 (1993) 技報堂出版.
- 11) 土木学会, 高流動コンクリート施工指針 (1998).