

論文 余剰ペースト理論に基づく粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度に関する一考察

藤下 大知*1・中田 善久*2・大塚 秀三*3・宮田 敦典*4

要旨:本研究は、構成割合を一定としたコンクリートにおいてJIS A 5005の範囲内の粗骨材の粒度がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響を明らかにするために、余剰ペースト理論に基づき、混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係について検討した。その結果、粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度は、いずれの骨材もJIS A 5005の範囲内において中心値>上限値>下限値の順に小さくなる傾向を示した。また、粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度は修正混合実積率から求めた余剰ペースト量に密接な関係があることを示した。

キーワード:コンクリート, 粗骨材, 粒度分布, 余剰ペースト理論, 圧縮強度, 混合実積率

1. はじめに

コンクリートの圧縮強度とヤング係数に密接な関係があることは言うまでもない。わが国において、このヤング係数は、野口ら¹⁾が経験則に基づいてコンクリートの圧縮強度、単位容積質量、粗骨材および混和剤の種類の関係から導き出したものがNew-RC式として用いられている。一方、Hashin-Hansen²⁾モデルは、コンクリートのヤング係数をモルタル母材と骨材の2相複合体として複合則理論により求めるものである。これは、コンクリートのヤング係数を粗骨材とこれを包むモルタルの各々のヤング係数とその割合と関係づけたものである。しかし、この複合則理論によるHashin-Hansen式は、コンクリートのヤング係数が粗骨材とこれを包むモルタルの各々のヤング係数とその割合から求められるため、母材モルタルに用いられる細骨材および粗骨材の寸法および粒度がコンクリートの圧縮強度やヤング係数にどのような影響を及ぼすかは不明な点とされている。この問題を明らかにするために、川上英男博士³⁾はガラス玉を用いたコンクリートにおいて単一粒度および混在粒度がコンクリートの圧縮強度とヤング係数に及ぼす影響について調べ、単一粒度および混在粒度ともに粒径が大きいものが増えると圧縮強度は低下することを報告している。その他にも、単一粒度におけるコンクリートのヤング係数の実測値とHashin-Hansenモデル式の理論値との比較を行っており、粒径が大きくなるほど理論値との差異が過大になる点をあげている⁴⁾。

他方、骨材の粒度がフレッシュコンクリートの性状に大きな影響を及ぼすことから例えば寺西ら⁵⁾や陣内ら⁶⁾が細骨材の粒度を変化させたフレッシュコンクリートのフレッシュ性状について検討を行い、この中で細骨材の粗粒率が

小さくなるほど圧縮強度が高くなる傾向を示し、さらに、水セメント比(以下、本論文ではW/Cという。)が大きくなるほど細骨材の粒度が圧縮強度に及ぼす影響が顕著に見られると報告している。この他に、粗骨材の粒度が圧縮強度に及ぼす影響として、畑中ら⁷⁾は粗骨材のJIS A 5005(2009)の標準粒度に対して下限粒度、中央粒度および上限粒度と変えて粒径が大きいほど圧縮強度が低下していると報告している。また、星野ら⁸⁾も同様に上限粒度の方が下限粒度よりも強度が僅かに大きいことを見出したことを報告している(この文献中では、粒度の呼び方が異なっている)。しかしながら、粗骨材の種類が圧縮強度に及ぼす影響⁹⁾は、多くの研究があるものの、粗骨材の粒度が圧縮強度に及ぼす影響は極めて少なく、そのメカニズムも不明な点が多い。

そこで、本研究は、構成割合を一定としたコンクリートにおいてJIS A 5005の範囲内の粗骨材の粒度がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響を明らかにするために行ったものである。ここでは、粗骨材の粒度分布を4種類と変えたコンクリートの圧縮強度について調べ、その傾向を示すとともに、この原因を明らかにするために、C.T.Kennedy¹⁰⁾が提唱する余剰ペースト理論に基づき、コンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度から粗骨材の粒度がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響について検討した。

2. 粗骨材の粒径および粒度に関する既往の研究と本研究の関係

本研究における用語の定義を表-1に示す。粗骨材の粒径および粒度に関する既往の研究を表-2に示す。川上³⁾や大岸¹²⁾の研究では、単一粒度を用いたコンクリートの

*1 日本大学大学院 理工学研究科建築学専攻 (学生会員)

*2 日本大学 理工学部建築学科 教授 博士(工学) (正会員)

*3 ものつくり大学 技能工芸学部建設学科 教授 博士(工学) (正会員)

*4 日本大学 理工学部建築学科 助手 修士(工学) (正会員)

圧縮強度は、粒径が大きくなるほど、骨材界面にコンクリートの脆弱部分であるマイクロクラックが生じやすくなるため、圧縮強度が低下する傾向があり、このマイクロクラックが、複合則理論により求めたヤング係数よりも低い結果になる要因であると報告している。また、粗骨材の粒径がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響は、W/Cが小さくなるほど顕著になる。混在粒度も同様に、粗骨材の下限値における粒度ほど圧縮強度が低下する結果でもある

表-1 本研究における用語の定義

用語	定義
標準粒度	JIS A 5005「コンクリート用砕石及び砕砂」における砕石2005の粒度の範囲
上限値	標準粒度の上限値を示すものであるため、比較的、粒径の小さいものが多く構成されている粗骨材の粒度のことであり、本論文において粗粒率は6.30である。
中心値	標準粒度の中心値を示すものであるため、比較的、バランスのとれた粒径で構成されている粗骨材の粒度のことであり、本論文において粗粒率は6.60である。
下限値	標準粒度の下限値を示すものであるため、比較的、粒径の大きいものが多く構成されている粗骨材の粒度のことであり、本論文において粗粒率は6.90である。
標準粒度外	標準粒度の上部側に外したものであるため、上限値より粒径の小さいものが多く構成されている粗骨材の粒度のことであり、本論文において粗粒率は6.25である。
単一粒度	単一粒度のみで構成された粗骨材の粒度
混在粒度	異なる粒度で構成された粗骨材の粒度
混合骨材	細骨材と粗骨材をある割合で混合させた骨材
混合実積率	混合骨材の実積率
修正s/a	調査における粗骨材の5mm以下を細骨材として求めた細骨材率
修正混合実積率	修正s/aから求めた混合実積率
最適s/a ¹⁾	各粒度における、コンクリートのスランブが最大となる細骨材率

の、単一粒度のように明確に現れにくいと報告している。また、六車の研究¹³⁾では、単一粒度の粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線と粗骨材の各粒径の容積に基づいて合成した応力-ひずみ曲線は、混在粒度のコンクリートの応力-ひずみ曲線とよく一致し、混在粒度のコンクリートの圧縮強度および最大応力時の圧縮ひずみは、単一粒度のコンクリートを基にして、混在粒度の粗骨材の各粒径における容積比から推定することができることを報告している。この他に、粗骨材の粒度が圧縮強度に及ぼす研究として、畑中ら⁷⁾は粗骨材のJIS A 5005の標準粒度に対して下限値、中央値および上限値と変えて粒径が大きいほど圧縮強度が低下していると報告している。また、星野ら⁸⁾も同様に上限値の方が下限値よりも強度が僅かに大きいことを見出したことを報告している。このように、JIS A 5005の標準粒度の範囲内における粗骨材が圧縮強度に及ぼす影響は極めて少なく、そのメカニズムも不明確な点が多い。

そのため、本研究は、既往の研究で検討されていないコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係から、粗骨材の粒度がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響および要因について考察したものである。

3. 粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度に関する実験概要

3.1 本実験における粗骨材の粒度

本実験における粗骨材の粒度を図-1に示す。本実験における粗骨材のふるい分けは、JIS A 1102(2014)「骨材のふるい分け試験方法」に準拠し、ふるいの呼び寸法が20mm

表-2 粗骨材の粒径および粒度に関する既往の研究

研究者名	研究内容・目的	対象のコンクリート	結果・特徴
川上英男 ^{3),4)}	単一粒度および混在粒度を用いたコンクリートの粒径と量がコンクリート強度に及ぼす影響 単一粒度の粗骨材を用いたコンクリートのヤング係数をHashin-Hansenモデル式と比較	粗骨材にガラス玉を使用 ・W/C=50% ・粗骨材の容積比0.32 粗骨材に川砂利を使用 ・W/C=45% ・粗骨材の容積比0.43	単一粒度においては、粒径が大きくなるほど圧縮強度およびヤング係数が低下する。また、W/Cが小さいほど、粒径による圧縮強度への影響が過大となる。同様に混在粒度においても、粒径が大きいものが多くなるほど圧縮強度が低下する。
大岸佐吉 ¹²⁾	単一粒度および混在粒度の粗骨材を用いたコンクリート強度	岩種不明 ・W/C=47.6% ・粗骨材の容積比0.50	骨材粒度分布曲線は材料内部欠陥の空間的分布や欠陥の程度の分布等を変えるので強度も変化する。また、混在粒度は、単一粒度骨材ほど粒度効果が鮮明に現れにくい。
六車 照 ¹³⁾	高強度コンクリートにおいて、単一粒度の粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度を基本とし、混在粒度を用いたコンクリートの圧縮強度の推定	粗骨材に石灰石を使用 ・W/C=30~45% ・粗骨材の容積比0.33~0.45	ヤング係数は、同一配合のコンクリートであれば、粗骨材の粒径の影響をほとんど受けない。単一粒度の粗骨材を用いたコンクリートの応力-ひずみ曲線と、混在粒度における各粒径の容積の割合から求めた混在粒度のコンクリートの圧縮強度と実測値は極めてよく一致する。
畑中重光 ⁷⁾	粗骨材の粒形と粒度分布が高強度コンクリートの流動性および強度に及ぼす影響	粗骨材に砕石を使用 標準粒度の上限値、中心値および下限値の検討 ・W/C=25% ・粗骨材の容積比0.40	粗骨材の粒度分布がJIS規格の範囲内であれば、フレッシュコンクリートの性状の変化は比較的小さい。また、標準粒度の下限値に近づくほど、粒径が大きいものが多くなるため、骨材とモルタル界面に遷移帯や空隙によるマイクロクラックが生じやすくなり圧縮強度が低下する。
星野政幸 ⁸⁾	粗骨材の標準粒度の範囲が適正であるか検討。粗骨材の標準粒度の上限値および下限値を用いたコンクリートがフレッシュ性状および圧縮強度に及ぼす影響	粗骨材に川砂利と砕石を使用 標準粒度の上限値および下限値の検討 ・W/C=50% ・粗骨材の容積比0.40	コンクリートのフレッシュ性状は、通常言われている細骨材の微粒分の差と違い粗骨材の粒径による大きな差はみられない。 標準粒度の上限値と下限値の粗骨材を用いたコンクリートでは、養生方法によって圧縮強度はわずかに上限値のほうが大きい。

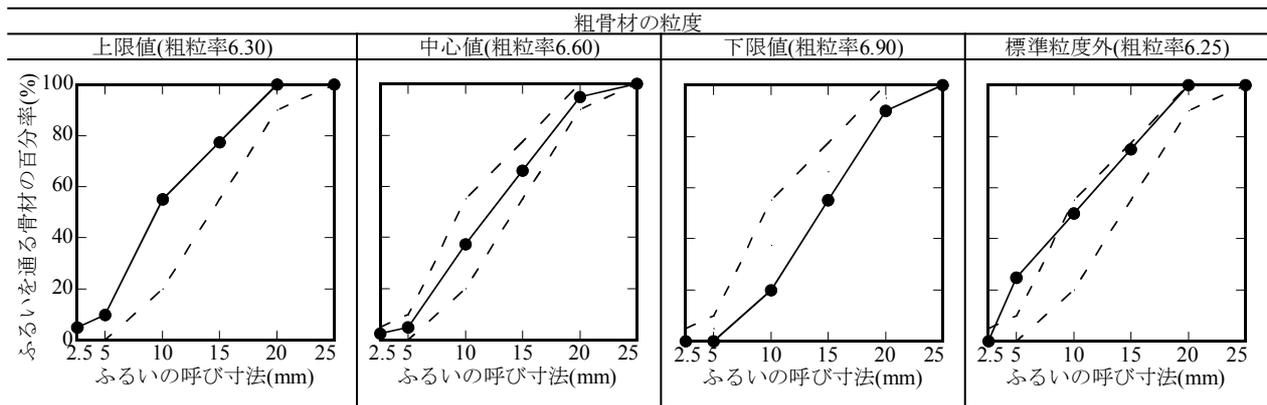


図-1 本実験における粗骨材の粒度

表-3 粗骨材の粒度を変化させたコンクリートの調査条件およびフレッシュ性状

W/C (%)	s/a (%)	修正 s/a (%)	粗骨材		単位量(kg/m ³)				絶対容積(L/m ³)							化学混和剤 (C×%)	コンクリートのフレッシュ性状		ブリーディング率(%)		
			種類	粒度	W	C	S	G	V _c	V _s	V _G							スランブ (cm)		空気量 (%)	
											20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm		2.5 mm以下				計
50.0	47.5	52.8	石灰石 碎石	上限値	175	351	830	948	111	318	0	79	79	158	18	18	351	1.45	21.5	5.1	0.96
				中心値	175	351	830	948	111	318	18	101	101	114	9	9	351		21.0	4.5	1.08
				下限値	175	351	830	948	111	318	35	123	123	70	0	0	351		21.0	4.0	1.78
				標準粒度外	175	351	830	948	111	318	0	88	88	88	88	0	351		21.5	5.9	1.49
		52.8	硬質 砂岩 碎石	上限値	175	351	830	941	111	318	0	79	79	158	18	18	351	1.65	20.0	5.4	2.48
				中心値	175	351	830	941	111	318	18	101	101	114	9	9	351		21.0	3.8	1.34
				下限値	175	351	830	941	111	318	35	123	123	70	0	0	351		21.0	3.5	2.56
				標準粒度外	175	351	830	941	111	318	0	88	88	88	88	0	351		20.0	4.3	2.52

表-4 使用材料

種類	概要
セメント	普通ポルトランドセメント (比表面積:3,290cm ² /g,表乾密度:3.16g/cm ³)
水	上水道水
細骨材	陸砂(表乾密度:2.61g/cm ³ , 吸水率:2.30%,粗粒率:2.75)
粗骨材	詳細は表-5を参照。
混和剤	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)

表-5 粒度調整を行う前の粗骨材の物理的性質

試験項目	試験方法	石灰石碎石	硬質砂岩碎石
表乾密度(g/cm ³)	JIS A 1110(2006)	2.70	2.69
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1110(2006)	2.69	2.67
吸水率(%)	JIS A 1110(2006)	0.32	0.60
粒形判定実積率(%)	JIS A 5005(2009)	60.3	59.9

15mm, 10mm, 5mmおよび2.5mmのものを使用し, これらのふるいにとどまる試料と2.5mmのふるいを通過する試料の6種類の粒径とした。そのため, 上限値の粒度ほど粗骨材の粒径が小さいものが多く含まれており, 下限値の粒度ほど粗骨材の粒径が大きいものが多く含まれている。また, 標準粒度内の範囲だけでなく標準粒度外の検討も行った。この標準粒度外の粗骨材の粒度はふるいの呼び寸法が2.5, 5, 10, 15mmにとどまった粗骨材の粒径をそれぞれ25%ずつ含んだものとした。

3.2 使用材料および調査条件

粗骨材の粒度を変化させたコンクリートの調査条件およびフレッシュ性状を表-3に示し, 使用材料を表-4に示し, 粒度調整を行う前の粗骨材の物理的性質を表-5に示す。粗骨材の物性は, それぞれ表-5中に示す試験方法に準拠して試験を行った。本研究はコンクリートの調査を同一とし, 粗骨材の粒度は前述したように, 標準粒度の上限値, 中心値, 下限値および標準粒度の上部側に外したも

の4水準とし, 粗骨材の種類は, 石灰石碎石(以下, 本論文の文中では石灰石という。)および硬質砂岩碎石(以下, 本論文の文中では硬質砂岩という。)の2水準とし, 計8調査のコンクリートについて検討した。また, 各粗骨材の粒度が異なるコンクリートにおけるセメント量に対する化学混和剤の使用量は, 粗骨材の粒度の中心値に用いたものと同一とした。粗骨材の粒度の中心値における目標スランブは21cm, 目標空気量は4.5%とした。コンクリートのスランブおよび空気量の試験はJIS A 1101(2014), JIS A 1118(2011)に準拠し, ブリーディング試験はJIS A 1123(2012)に準拠した。粗骨材の粒度を変えたコンクリートの供試体はJIS A 1132(2014)に準拠して作製し, φ100×H200mmの寸法とし, 養生方法はプラスチック製型枠にコンクリートの打ち込み後, 相対湿度60±5%および温度20±2℃の恒温恒湿室に静置し, 48時間後に脱型した。型枠の脱型後, 研磨した後, 水中20℃で標準養生を行い, 比較的長期的な傾向を検討するため材齢28日, 56日および91日においてJIS A 1108(2018)に準拠して圧縮強度試験を行った。

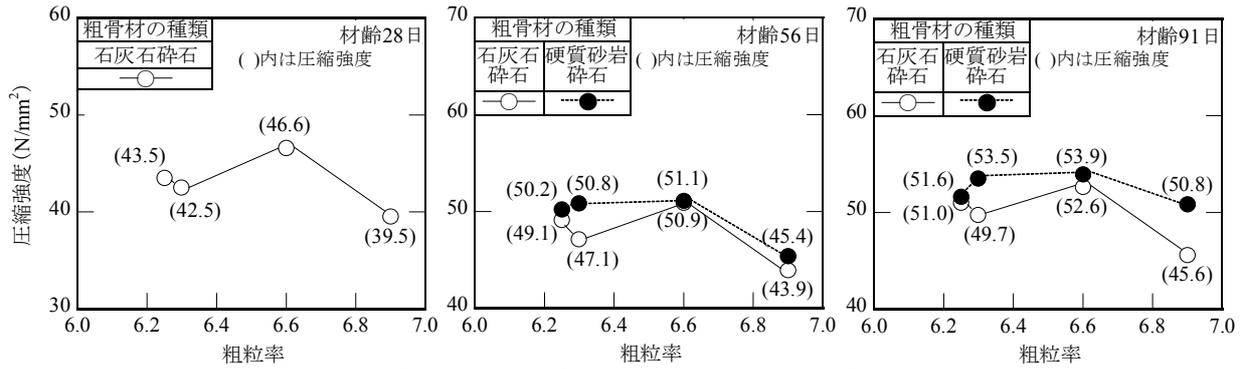


図-2 粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度

表-6 材齢における各粒度の圧縮強度/中心値の圧縮強度

粗骨材の粒度	上限値			下限値			標準粒度外		
	28	56	91	28	56	91	28	56	91
石灰石	0.91	0.93	0.94	0.85	0.86	0.87	0.93	0.97	0.97
硬質砂岩	-	0.99	0.99	-	0.89	0.94	-	0.98	0.96

4. 実験結果および考察

4.1 粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度

粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度を図-2に示す。なお、材齢28日の硬質砂岩を使用したコンクリートは、圧縮機械の不具合のために試験結果が明らかに異常値であったため本論文において削除した。粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度は、JIS A 5005の範囲内において、石灰石では、いずれの材齢でも中心値>上限値>下限値の順に小さくなる傾向を示した。また、硬質砂岩において、2つの材齢の結果ではあるものの、石灰石と同様にコンクリートの圧縮強度は、中心値>上限値>下限値の順に小さくなる傾向を示した。これは、畑中ら⁷⁾が行った研究のように、粗骨材の粒径が大きいものが多く含まれると圧縮強度が低下する傾向とは異なる傾向となったが、上限値と下限値の大小関係は星野ら⁸⁾の研究と同様に上限値の方が下限値よりも圧縮強度が大きくなる傾向となった。この傾向もいずれの研究とも比較的早期な材齢28日の圧縮強度について検討しているため、その差が僅かであることなどが影響していると思われる。

標準粒度外の圧縮強度は、石灰石において、いずれの材齢でも上限値と下限値より大きくなり、中心値より小さくなる傾向を示した。しかし、標準粒度外の圧縮強度は、硬質砂岩において、いずれの材齢でも下限値より大きくなり、中心値と上限値より小さくなる傾向を示した。これは、本実験における標準粒度外の粗骨材は、5mmおよび2.5mmのふるいを通るものの割合を著しく大きくしたことにより微粒分が増えたため、石灰石を用いたコンクリートの圧縮強度が増大¹⁴⁾し、硬質砂岩の傾向と差が生じたと考えられる。

材齢における各粒度の圧縮強度/中心値の圧縮強度を表-6に示す。石灰石は、材齢によってばらつきがあるも

表-7 粒度が異なる粗骨材の実積率および混合実積率

粗骨材		実積率(%)	混合実積率(%)	修正混合実積率(%)
種類	粒度			
石灰石	上限値	63.9	76.1	76.5
	中心値	63.8	76.8	76.9
	下限値	61.5	76.3	76.1
	標準粒度外	64.9	75.2	75.4
硬質砂岩	上限値	61.1	76.9	77.8
	中心値	61.0	77.2	77.7
	下限値	60.0	77.1	77.1
	標準粒度外	61.8	75.6	77.7

のの上限値で0.91~0.94, 下限値で0.85~0.87および標準粒度外で0.93~0.97となった。また、硬質砂岩は、上限値で0.99, 下限値で0.89~0.94および標準粒度外で0.96~0.98となった。この傾向と割合は、試験結果のばらつきも含まれているものの、粗骨材の種類や粒度によってコンクリート中の最適s/a¹¹⁾が圧縮強度に影響している可能性もあると思われる。この点は、今後の検討とする点といえる。

4.2 粗骨材の粒度が異なるコンクリートにおける余剰ペー

スト量と圧縮強度

(1) 粒度が異なる粗骨材の実積率および混合実積率

前述した粗骨材の粗粒率と圧縮強度の関係が明確に見られなかったため、C.T.Kennedy¹⁰⁾の混合実積率の関係を調べた。粒度が異なる粗骨材の実積率および混合実積率を表-7に示し、s/aと粗骨材の実積率および混合実積率の関係を図-3に示す。なお、図-3に示される回帰曲線は、s/aが0, 20, 40, 47.5, 50, 55, 65, 80および100%の実積率および混合実積率を用いて三次式により回帰させた回帰式を求めた。混合実積率および修正混合実積率は、それぞれ図-3に示される回帰式にs/aおよび修正s/aを代入して求めた。粗骨材の実積率は、粗骨材の標準粒度における上限値ほど粒度が細くなるため大きくなり、下限値ほど粒度が粗くなるため小さくなる。一方で、混合実積率は、実積率とは異なり、いずれの骨材でも粗骨材の標準粒度における下限値が最も大きく、上限値が最も小さい結果となった。

(2) 粗骨材の粒度が異なるコンクリートの余剰ペースト量

と圧縮強度

粗骨材の各粒度におけるコンクリートの余剰ペースト量は式(1)¹⁰⁾より求めた。

$$\begin{aligned}
 V_e &= (C+W+A) - G_{bv} \times \left(1 - \frac{G}{100}\right) \\
 &= (10^6 - V_a) - \frac{V_a}{G} \times 100 \left(1 - \frac{G}{100}\right) \\
 &= 10^6 - \frac{V_a}{G} \times 100 \quad \dots(1)
 \end{aligned}$$

ここに、
 V_e : 余剰ペースト量(cm^3/m^3)
 C, W, A : セメント, 水, 空気の容積(cm^3/m^3)
 G_{bv} : 混合骨材のかさ容積(cm^3/m^3)
 V_a : 混合骨材の絶対容積(cm^3/m^3)
 G : 混合骨材の実積率(%)

混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係を図-4に示す。なお、図中の回帰直線は標準粒度外を除いた上限値, 中心値および下限値の数値

により求めた。石灰石は, JIS A 5005 の範囲内において, 混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量が大きくなると圧縮強度が大きくなる傾向を示し, 両者の相関関係も密接な関係を示したが相関係数は必ずしも高いとは言えない結果となった。一方, 硬質砂岩は, JIS A 5005 の範囲内において両者には密接な関係が見られず, 負の相関関係を示した。また, 標準粒度外の結果は, JIS A 5005 の範囲内と著しく異なる値となった。これは, 混合実積率を求めるときに5mmおよび2.5mmのふるいを通るものの百分率が含まれていることが両者の関係に影響していると考えられる。そこで, 粗骨材の5mm以下を細骨材とした修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係について検討することにした。

修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係を図-5に示す。なお、図中の回帰

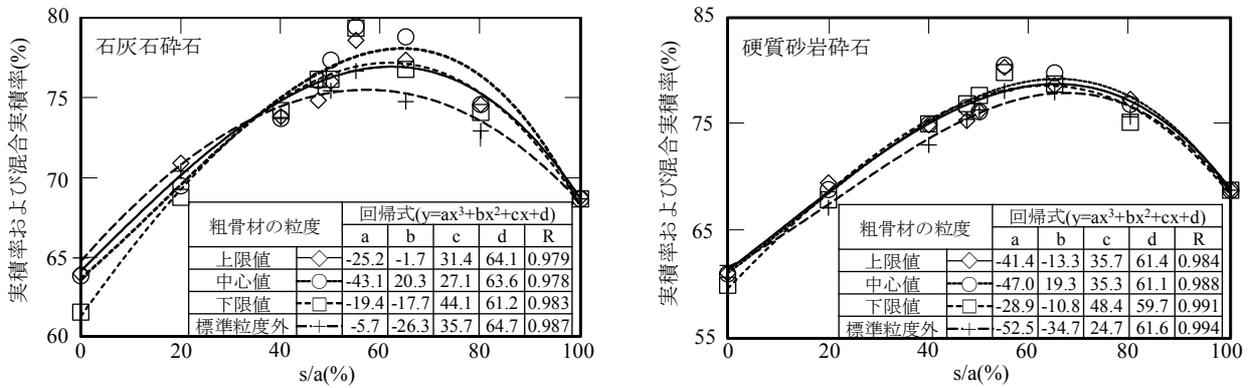


図-3 s/aと粗骨材の実積率および混合実積率の関係

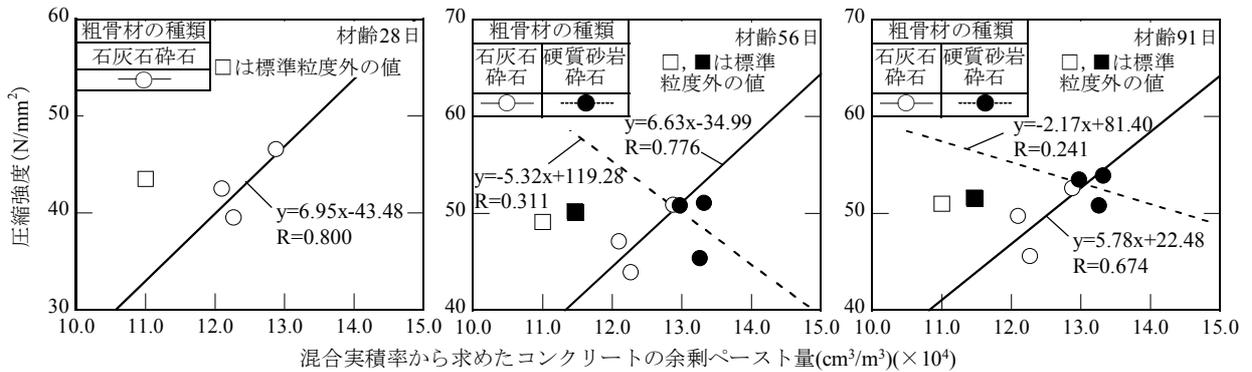


図-4 混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係

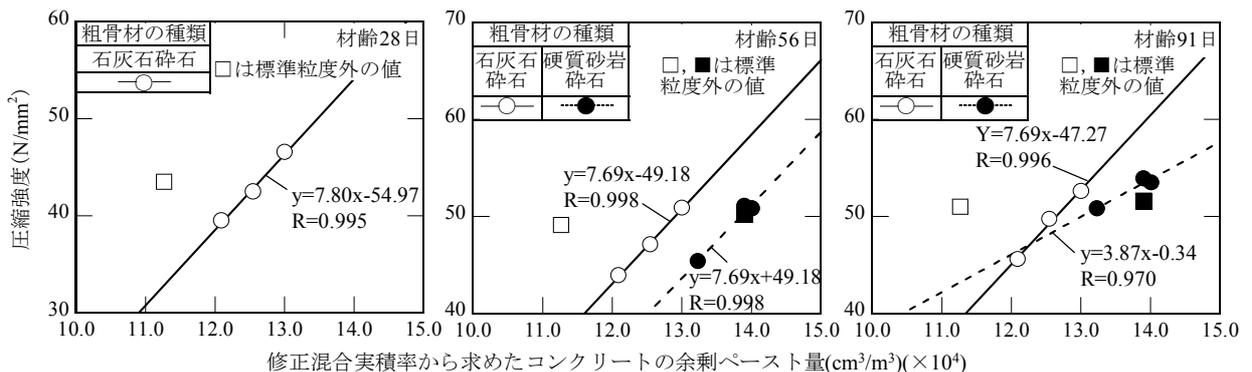


図-5 修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度の関係

直線は標準粒度外を除いた上限値, 中心値および下限値の数値により求めた。いずれの骨材も修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量が大きくなると圧縮強度が大きくなる傾向を示し, その両者の関係はJIS A 5005の範囲内において高い相関関係を示した。これは, コンクリートに用いられる粗骨材と細骨材を連続粒度として捉えた場合, 骨材の寸法を厳密に取り扱うことによりJIS A 5005の範囲内において両者の関係が明確になったと考えられる。このように, 粗骨材の過小粒の取扱いは重要と言える。

一方, 標準粒度外の両者の関係について, 石灰石は大きく異なる値となり, 硬質砂岩は密接な関係に近い値となった。これは, 前述したように, 石灰石は, 微粒分が圧縮強度に寄与する¹⁴⁾が, 硬質砂岩においては微粒分が圧縮強度に寄与しないと考えられるため, 微粒分の影響が過大となる標準粒度外の傾向が異なると考えられる。硬質砂岩の微粒分が圧縮強度に及ぼす影響は今後の課題といえる。また, これまでのJIS A 5005の範囲内における両者の関係は, 修正s/aが47.5~52.8%の範囲となり, 標準粒度外はs/aがJIS A 5005の範囲内よりも著しく大きな60.7%となった。いずれの骨材も標準粒度外は, 図-3におけるs/aと粗骨材の実積率および混合実積率の関係が上に凸となっている付近のため, JIS A 5005の範囲内と異なる関係を示したと考えられる。

以上のことから, JIS A 5005の範囲内において粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度は, 修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と密接な関係を示すものと考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1)粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度は, 石灰石および硬質砂岩ともにJIS A 5005の範囲内において, いずれの材齢でも中心値>上限値>下限値の順に小さくなる傾向を示した。
- (2)修正混合実積率から求めたコンクリートの余剰ペースト量と圧縮強度は, JIS A 5005の範囲内において密接な関係を示した。

今後は, 粗骨材の容積比やW/Cなどを変化させて, 粗骨材の粒度がコンクリートの圧縮強度および余剰ペースト量に及ぼす影響を明らかにしていきたい。また, 最適s/aの違いが粗骨材の粒度が異なるコンクリートの圧縮強度に及ぼす要因を明らかにしていきたい。

謝辞

本実験を行うにあたり, 日本大学理工学部中田研究室およびものづくり大学技能工芸学部大塚研究室の学生の

皆様より多大なるご協力を頂きました。深い感謝の念を表して謝辞と致します。

参考文献

- 1) 野口貴文, 友澤史紀:高強度コンクリートの圧縮強度とヤング係数との関係, 日本建築学会構造系論文集, No.474, pp. 1-10, 1995.8
- 2) Torben C. Hansen : Influence of Aggregate and Voids on Modulus of Elasticity of Concrete, Cement Mortar, and Cement Paste, Journal of the American Concrete Institute, Vol.62, No.2, pp.193-216, 1965.2.
- 3) 川上英男:コンクリートの弾性係数に及ぼす粗骨材の粒径と量の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001.9
- 4) 川上英男:粗骨材粒径とコンクリート強度, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1968.10
- 5) 寺西浩司, 谷川恭雄:骨材の粒度分布の変動がフレッシュコンクリートの性質に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, No.664, pp.1043-1050, 2011.6
- 6) 陣内浩ほか:細骨材の粒度と細骨材率がコンクリートの物性に与える影響 その6圧縮強度試験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013.8
- 7) 前川明弘ほか:碎石の粒形と粒度分布が高強度コンクリートの流動性及び強度に及ぼす影響, 日本建築学会東海支部研究報告集, 1999.2
- 8) 宮崎健介, 星野政幸:粗骨材粒度がコンクリート強度その他の性状に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2006.9
- 9) 久保田昌吾ほか:RC超高層建物用コンクリートに関する研究(その7,高強度化のための要因), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989.10
- 10) Kennedy,C.T.: The Design of Concrete Mixtures, Proceeding of ACI, 36, pp.373-400, 1940
- 11) 三宅淳一:コンクリートの配合設計と品質管理「性能」「品質」「経済性」を決定する配合の論理, 松下博通監修, セメントジャーナル社, 2013
- 12) 大岸佐吉ほか:コンクリート強度の確率論的考察(1)一強度分布に及ぼす単一粒径骨材と供試体寸法の影響一, (2)一強度分布に及ぼす連続粒径骨材と供試体寸法の影響一, 日本建築学会東海支部研究報告, 1986.2
- 13) 六車照, 鄭日栄, 芦田公伸:高強度コンクリートの強度と応力ひずみ曲線に対する粗骨材粒径の影響:日本建築学会近畿支部研究報告集, 1982.6
- 14) 長塩靖祐ほか:石灰石骨材の微粉分量がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, 2008