

報告 低品質再生骨材を置換したコンクリートの構造体強度補正值

道正 泰弘*

要旨: 再生骨材の利用促進のための基礎資料を得ることを目的に、低品質な再生骨材(おおむね再生骨材 L 程度)を用いて骨材置換法により製造したコンクリートの構造体強度補正值について実験的検討を行った。セメントは、普通ポルトランドセメント(フライアッシュ II 種を混和)、高炉セメント B 種、低熱ポルトランドセメントとした。その結果、2009 年版 JASS 5(JASS 5-2009)に示される値の適用が可能であることが判明した。これにより、調合強度についても JASS 5-2009 に準じて定めることとした。

キーワード: 再生骨材コンクリート, 低品質再生骨材, 骨材置換法, 構造体強度補正值, 簡易断熱養生

1. はじめに

骨材置換法は、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)を満足するコンクリートの品質を確保することを目的に、おおむね JIS A 5023(再生骨材 L を用いたコンクリート)に相当する低品質な再生骨材を、要求性能に応じて砕石・砕砂、砂利・砂などの一般骨材に一定の割合で置換し、材料設計(相対品質値法)により所定の品質を担保して再生骨材コンクリートを製造する方法である¹⁾。

この方法は、日本建築学会において 2014 年 10 月に刊行された「再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)」²⁾(以下、再生骨材コンクリート指針)のうち、「11 章 鉄筋コンクリート部材に用いる再生骨材コンクリート L」に具体的な適用方法が示された。

本報告は、再生骨材の利用促進のための基礎資料を得ることを目的に、低品質な再生骨材を用いて骨材置換法により製造したコンクリートについて、主要なセメントを用いた場合の構造体強度補正值(S 値)の適用性に関する実験的な検討を行った結果を示す。

2. 構造体強度補正值と調合強度

再生骨材コンクリート指針²⁾によると、再生骨材コンクリートの調合は、再生骨材 H および M を用いた場合は、一般コンクリートと同様に、2009 年版 JASS 5(JASS 5-2009)³⁾に基づき設計することとし、S 値も JASS 5-2009 の値を準用している²⁾。しかし、再生骨材 L を一般骨材に置換して用いるコンクリート(以下、再生骨材コンクリート L)の場合は、特殊配慮品の扱いとなり、適用に際しては、実験等による確認が必要となることが考えられる。

表-1 は、再生骨材コンクリート L において取得した国土交通大臣認定(MCON-2090, 2009 年 6 月 9 日)¹⁾の概要である。この国土交通大臣認定では、2009 年の JASS 5 の改訂に伴い、JASS 5-2009 に基づく S 値の設定が必要

表-1 国土交通大臣認定の概要¹⁾

適用条件	概要
対象	主申請者所有全建物間の利用
生コン工場	東京都: 9 工場, 千葉県: 2 工場, 神奈川県: 5 工場
置換率	再生粗骨材: ≤50% (再生細骨材併用時は ≤30%) 再生細骨材: ≤30%
強度 ^{※1}	N ^{※2} : Fc = 21 ~33, L: Fc = 21 ~30, BB(地中構造物等): Fc = 21 ~33

※1 Fc: 圧縮強度の基準値(設計基準強度) (N/mm²) セメント種類 N: 普通ポルトランドセメント, L: 低熱ポルトランドセメント, BB: 高炉セメント B 種

※2 アルカリシリカ反応抑制を目的に使用するフライアッシュ(FA)は、II 種以上で、N と FA の質量の合計に対して 2 割、かつ 80kg/m³以上とする。

表-2 要求性能に応じたセメント種類の選定²⁾

要求性能	種別			
	N	L	BB	N+FA
水和熱による温度ひび割れ対策	-	○	-	-
中性化による耐久性の性能	○	○	-	-
アルカリシリカ反応抑制対策	-	-	○	○

表-3 構造体強度補正值^{28S91}

セメントの種類	コンクリート打ち込みから 28 日までの期間の予想平均気温 θ の範囲(°C)		
	暑中期間	8 ≤ θ	0 ≤ θ < 8
N [※]	暑中期間	8 ≤ θ	0 ≤ θ < 8
BB	暑中期間	13 ≤ θ	0 ≤ θ < 13
L	暑中期間	14 ≤ θ	0 ≤ θ < 14
構造体強度補正值 ^{28S91} (N/mm ²)	6	3	6

※フライアッシュを混和材(II 種以上)利用した場合(N+FA)を含む。

となった。セメントの種類は、表-2 に示すように、普通ポルトランドセメント(N セメント)、地中構造物に限定して高炉セメント B 種(BB セメント)および低熱ポルトランドセメント(L セメント)の 3 種類である。なお、N セメントについては、アルカリシリカ反応抑制を目的に、

*名城大学 理工学部環境創造学科教授 博士(工学) (正会員)

フライアッシュⅡ種以上を混和材として利用することも含んでいる(N+FA)。これら3種類のセメントを用いた場合について、表-3に示すJASS 5-2009に基づく各種セメントを用いた場合のS値について検討を行った。なお、検討にあたっては、火力発電所本館(タービン建屋)基礎、ボイラ等の機械台基礎のようなマスコンクリートへの適用を考慮したため、暑中期間の評価を主体とした。

2.1 実験概要

(1)再生骨材

本検討において使用した再生骨材の品質を表-4に、外観の例(RG2)と断面のイメージを図-1に示す。

再生骨材は、原コンクリートの異なる再生粗骨材2種類(RG1, RG2), RG1と同時に製造された再生細骨材1種類(RS)を製造し、実験に供した。再生粗骨材については、RG1では、吸水率は6.60%、微粒分量は0.7%、RG2は、吸水率は6.22%、微粒分量は2.1%であり、いずれもJIS A 5023の再生骨材Lに相当する。不純物量は、全不純物量でみると、RG1で1.03wt%、RG2で0.03wt%であった。一方、RSは、付着モルタル分や付着ペースト分の影響で吸水率は15.0%であり、再生骨材Lの規定(13%以下)を満足しない。不純物量は総量で0.60wt%であった。

いずれの骨材もアルカリシリカ反応性を試験により確認し、無害の判定が得られている。

(2) 調合

本検討で用いたコンクリートの調合を表-5に示す。実験に供したコンクリートは、Nセメント、BBセメントおよびLセメントを用い、A工場およびB工場の2箇所のレディーミクストコンクリート工場で6種類の再生骨材コンクリートLおよび2種類の一般コンクリートを製造した。なお、Nセメントを用いたコンクリートには混和材としてフライアッシュⅡ種(FAⅡ)を用いた。

a)Nセメント：Nセメントを用いたコンクリートは、FAⅡについて、アルカリシリカ反応抑制を目的とした場合の条件⁹⁾に基づき、NとFAⅡの質量の合計に対して20%を混和した。水セメント比は40%および60%の2水準とし、再生骨材の置換率は、いずれも再生粗骨材を50%とし、A工場において2種類の再生骨材コンクリートLを製造した。なお、化学混和剤には高性能AE減水剤を用いた。目標スランプは18±2.5cmであるが、スランプロスを考慮して20±2.5cmとした。目標空気量は4.5±1.5%とした。

b)BBセメント：BBセメントを用いたコンクリートは、水セメント比を35%および55%の2水準とし、再生骨材の置換率は、いずれも再生粗骨材を30%および再生細骨材を30%とし、A工場において2種類の再生骨材コンクリートLを製造した。なお、化学混和剤にはAE減水剤(高性能タイプ)を用いた。目標スランプは18±2.5cmであ

るが、スランプロスを考慮して20±2.5cmとした。目標空気量は4.5±1.5%とした。

c)Lセメント：Lセメントを用いたコンクリートは、標準期の検討用として、B工場において、水セメント比を40%および50%の2水準とした2種類の一般コンクリートを製造した。また、暑中期間の検討用として、水セメント比を40%および60%の2水準、再生骨材の置換率は、いずれも再生粗骨材を50%とし、B工場において2種類の再生骨材コンクリートLを製造した。これらコンクリートの化学混和剤には、AE減水剤(高性能タイプ)を用いた。

いずれのコンクリートにおいても、目標スランプは15±2.5cmであるが、スランプロスを考慮して17±2.5cmとした。目標空気量は4.5±1.5%とした。

表-4 再生骨材の品質

品質項目	試験方法	再生粗骨材		再生細骨材 RS	
		G _{max} :20mm RG1	RG2		
絶乾密度 (g/cm ³)	JIS A 1109	2.26	2.30	1.90	
吸水率 (%)	JIS A 1110	6.60	6.22	15.0	
粗粒率 (F.M.)	JIS A 1102	6.56	6.52	3.63	
微粒分量 (%)	JIS A 1103	0.7	2.1	3.0	
粒形判定実積率 (%)	JIS A 5005	59.1	60.5	57.8	
すりへり減量 (%)	JIS A 1121	29.3	28.9		
安定性 (%)	JIS A 1122	19.8	36.0	8.5	
塩化物量 (%)	JIS A 5002	0.000	0.001	0.004	
アルカリシリカ 反応性	JIS A 1146	無害	無害	無害	
	JIS A 1804	無害	無害	無害	
	ZKT-206		無害		
不純物 [*] 量	A	JIS A 5021	0.660	0.007	0.401
	B		0.010	0.000	0.001
	C		0.000	0.003	0.008
	D		0.000	0.004	0.000
	E		0.145	0.005	0.119
	F		0.017	0.004	0.025
	その他		0.196	0.007	0.041
	合計		1.03	0.03	0.60

※A～Fの区分はJIS A 5021:2005による。

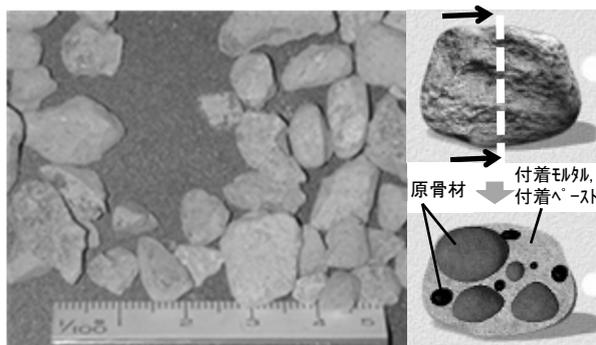


図-1 再生骨材の外観例(RG2)と断面のイメージ※

※参考文献4)のFig.4を加工して作成した。

表-5 コンクリートの調合

種類	調合条件 ^{※1}										単位量 (kg/m ³)										
	製造工場	セメント種類	混和材種類	再生骨材置換率(%)		目標スランブ ^{※3} (cm)	W/C (%)	s/a (%)	W	C	FA	細骨材 ^{※4}			粗骨材 ^{※5}				Ad ^{※6}	SP ^{※7}	
				RS	RG							S1	S2	RS	G1	G2	RG1	RG2			
																					RS
NFARG ₁ 50-40	A	N	FA II ^{※2}	0	50	20.0±2.5	40	38.0	175	438	110	587	344	149	442					3.50	
NFARG ₁ 50-60				0	50		60	45.6	175	292	73	778	336	144	427						1.90
BBRG ₁ 30RS30-35				BB	30		30	35	35.0	198	566		365	131	490	211	266				14.15
BBRG ₁ 30RS30-55					30		30	55	47.4	175	318		585	209	468	201	257				6.36
LG-40	B	L		0	0	17.0±2.5	40	42.2	167	418		429	297	1029					4.18		
LG-50				0	0		50	46.2	155	310		501	348	1023						3.10	
LRG ₂ 50-40				0	50		40	40.7	176	440		403	281	516			464	4.40			
LRG ₂ 50-60				0	50		60	47.3	158	263		522	364	510			459	2.63			

※1 目標空気量はいずれのコンクリートにおいても4.5±1.5%

※2 碧南産フライアッシュ II 種, 密度:2.24g/cm³, ブレーン:3400cm²/g, 強熱減量:1.4%, 湿分:0.5%

※3 スランブロス considering +2.0cm とした。

※4 A 工場 S1:千葉県君津産陸砂(表乾密度:2.58g/cm³, 吸水率:3.5%以下), S2:北海道上磯産砕砂(表乾密度:2.69g/cm³, 吸水率:3.0%以下)を質量比で S1:S2=7:3 で混合使用(表乾密度:2.61g/cm³, 吸水率:2.73%), B 工場 S1:千葉県市原市産山砂(表乾密度:2.57g/cm³, 吸水率:1.85%, F.M.:2.10), S2:高知県島形山産砕砂(表乾密度:2.68g/cm³, 吸水率:1.35%, F.M.:3.40)

※5 A 工場 G1:山口県秋芳町産石灰岩砕石 2005, 表乾密度:2.69g/cm³, 吸水率:0.63%, G2:東京都青梅産硬質砂岩砕石 2005(表乾密度:2.71g/cm³, 吸水率:0.39%), B 工場 G1:高知県島形山産石灰岩砕石 2005(表乾密度:2.70g/cm³, 吸水率:0.34%, 実積率:61.0%)

※6 A 工場:ヒドロキシ系複合体・リグニン誘導体 AE 減水剤, B 工場:リグニンスルホン酸塩 AE 減水剤

※7 A 工場:ポリカルボン酸コポリマー高性能 AE 減水剤, B 工場:ポリカルボン酸系化合物・ポリアルキレングリコール系誘導体高性能 AE 減水剤

表-6 Lセメントにおける標準期 S 値の算定結果

種類	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	塩化物含有量 (kg/m ³)	打込み温度(°C)	最高温度(°C)	標準養生供試体圧縮強度(N/mm ²):f _m		コア圧縮強度(N/mm ²):f _n		mS _n (N/mm ²)	
							28 日	91 日	28 日	91 日	m=28, n=28	m=28, n=91
LG-40	17.5	5.2	2334	0.020	21.4	43.9	43.1	68.1	45.9	53.7	-2.8	-10.6
LG-50	17.5	5.3	2327		24.1	35.6	32.6	47.9	33.2	43.1	-0.6	-10.5

2.2 標準期の S 値

2003 年版 JASS 5 (JASS 5-2003)⁶⁾3.4 項では, 本検討で対象としたセメントのうち, Lセメントを除き, 構造体コンクリート強度と標準養生供試体強度との差を考慮した割増し(ΔF)として, ΔF=3N/mm²を定めている。

表-2 に示したように, 再生骨材コンクリート L に Lセメントを使用する目的の一つは, マスコンクリートの範疇となる構造物に使用する場合に温度応力低減効果を図るためである。なお, ΔF は, 温度履歴を受けないような部材を対象としたものであり, 温度履歴を受けるようなケースでは, ΔF について別途検討が必要となる。

マスコンクリートに適用する場合, 構造体コンクリートは温度履歴を受けることになる。そこで, Lセメントを用いた一般コンクリートについて, 実験的検討に基づき ΔF の数値として定められている 3N/mm² の妥当性について確認を行った。

Lセメントを使用した 2 種類の一般コンクリートのフレッシュ性状, 同時に製造した標準養生供試体とブロック供試体(寸法:1.0m×1.0m×1.0m)から採取したコアの圧縮強度を表-6 に示す。また, ブロック供試体中心部

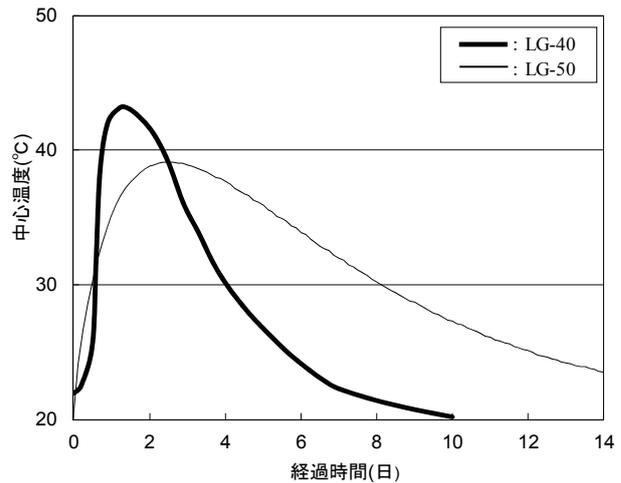


図-2 ブロック供試体中心部の温度履歴

の温度履歴を図-2 に示す。S 値の考え方は, mS_n<0 の場合には mS_n=0 とする。したがって, 表-6 より, Lセメントの場合における標準養生供試体強度の管理材齢を 28 日とし, 構造体コンクリートの管理材齢を 91 日とする場合には, ₂₈S₉₁ はいずれも負となったことから, ₂₈S₉₁=0 N/mm²(ΔF=0N/mm²)と算定される。一方, 構造体コンク

リートの管理材齢を 28 日とする場合、 mS_n の最大値は $-6N/mm^2$ である。そこで、本検討においては、安全側の評価として Lセメントの $_{28}S_{28}$ は、JASS 5-2003 に示された $3N/mm^2$ ($\angle F=3N/mm^2$) と考えた。JASS 5-2009 の標準期の $_{28}S_{91}$ は $3N/mm^2$ であることから、この値が安全側の評価として採用できる。

Nセメント(FA II を混和した場合を含む)および BBセメントの標準期の S 値は、材齢 28 日までの平均気温と構造体強度補正值 $_{28}S_{91}$ の関係を示した JASS 5-2009 解説図 5.3³⁾ に基づき設定した。すなわち、材齢 28 日における標準養生供試体と材齢 91 日における構造体コンクリート強度の差の実測値に対しては、Nセメント、フライアッシュセメント B 種、BBセメントにおいて $3N/mm^2$ がほぼ上限を示す値となることから、いずれも $_{28}S_{91}$ は $3N/mm^2$ を採用した。

2.3 暑中期間の S 値

暑中期間における打込み時の構造体温度養生として、図-3 に示す簡易断熱養生を実施し、標準養生供試体強度と温度履歴を受ける簡易断熱供試体強度との差より S 値を求めた。実験に供した各種コンクリートのフレッシュ性状を表-7 に、簡易断熱養生の結果を表-8 に示す。また、セメント種類別の各試験体の温度履歴を図-4 に示す。打込み時の目標温度は $35^{\circ}C$ とし、 $25^{\circ}C$ 設定の室内で実施した。

(1) S 値の算定方法

S 値は、JASS 5-2009 に基づき標準養生供試体と簡易断熱供試体の所定材齢の圧縮強度から式(1)により算定した。

$${}_m S_n = f_m - f_n \quad (1)$$

ここに、 f_m : 標準養生した供試体の材齢 m 日における圧縮強度(N/mm^2)

f_n : 簡易断熱養生した供試体の材齢 n 日における圧縮強度(N/mm^2)

(2) S 値の算定結果

a) Nセメント: Nセメントに FA II を混和し、再生粗骨材を置換率 50% で用いたコンクリートの標準養生供試体の圧縮強度は、水セメント比 40% の NFARG₁50-40 におい

ては、材齢 28 日で $44.8N/mm^2$ 、91 日で $49.7N/mm^2$ 、60% の NFARG₁50-60 においては、材齢 28 日で $28.2N/mm^2$ 、91 日で $34.2N/mm^2$ となり、 $5\sim 6N/mm^2$ 程度の強度発現であった。簡易断熱養生試験体については、打込み温度が $33^{\circ}C$ 程度、最高温度は NFARG₁50-40 で $73.2^{\circ}C$ 、圧縮強度は材齢 28 日で $36.3N/mm^2$ 、材齢 91 日で $40.5N/mm^2$ であり、28 日以降の強度の増進は $4N/mm^2$ 程度であった。 mS_n は、 $_{28}S_{28}$ では $8.5N/mm^2$ となり、 $6N/mm^2$ を超えるが、 $_{28}S_{81}$ で $5.5N/mm^2$ と下回り、 $_{28}S_{91}$ では $4.3N/mm^2$ となった。一方、NFARG₁50-60 においては、最高温度は $59.5^{\circ}C$ であり、圧縮強度は材齢 28 日で $24.5N/mm^2$ 、材齢 91 日で $27.2N/mm^2$ であり、28 日以降の強度の増進は $3N/mm^2$ 程度であった。 mS_n は、 $_{28}S_{28}$ では $3.7N/mm^2$ と $6N/mm^2$ を下回り、 $_{28}S_{91}$ では、 $1.0N/mm^2$ となった。

b) BBセメント: BBセメントを用いた再生粗骨材および

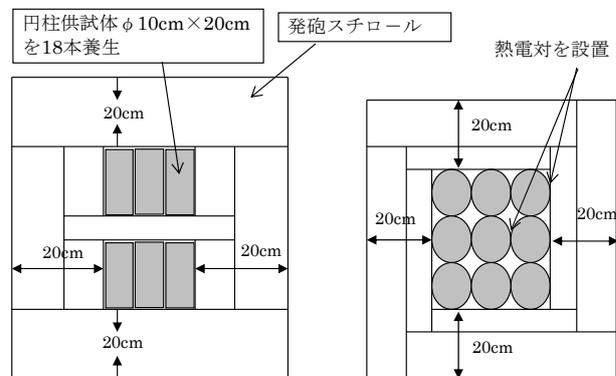


図-3 簡易断熱養生の状況

表-7 各種コンクリートのフレッシュ性状

種類	スランブ	空気量	単位容積質	塩化物含有
	(cm)	(%) [*]	量 (kg/m ³)	量 (kg/m ³)
	JIS A 1101	JIS A 1128	JIS A 1116	JIS A 5308
NFARG ₁ 50-40	21.5	4.2	2264	
NFARG ₁ 50-60	22.5	5.6	2219	
BBRG ₁ 30RS30-35	18.0	3.4	2271	
BBRG ₁ 30RS30-55	20.5	5.6	2193	
LRG ₂ 50-40	17.5	4.2	2290	0.025
LRG ₂ 50-60	18.0	4.8	2266	

表-8 簡易断熱養生の結果

種類	打込み温度 (°C)	最高温度 (°C)	標準養生供試体		簡易断熱供試体			mS_n		
			圧縮強度(N/mm^2): f_m		圧縮強度(N/mm^2): f_n			(N/mm ²)		
			28 日	91 日	28 日	81 日	91 日	m=28, n=28	m=28, n=81	m=28, n=91
NFARG ₁ 50-40	33.3	73.2	44.8	49.7	36.3	39.3	40.5	8.5	5.5	4.3
NFARG ₁ 50-60	33.4	59.5	28.2	34.2	24.5	26.8	27.2	3.7	1.4	1.0
BBRG ₁ 30RS30-35	32.5	76.5	47.5	57.8	39.5	43.6	44.8	8.0	3.9	2.7
BBRG ₁ 30RS30-55	32.0	55.9	29.9	37.0	26.2	29.9	29.4	3.7	0	0.5
LRG ₂ 50-40	33.4	54.1	35.3	49.1	32.8	40.9	41.6	2.5	-5.6	-6.3
LRG ₂ 50-60	33.2	45.5	22.1	36.3	22.7	29.4	30.1	-0.6	-7.3	-8.0

再生細骨材をそれぞれ30%置換したコンクリートの標準養生供試体の圧縮強度は、水セメント比35%のBBRG₁30RS30-35においては、材齢28日で47.5N/mm²、91日で57.8N/mm²、55%のBBRG₁30RS30-55は、材齢28日で29.9N/mm²、91日で37.0N/mm²となり、7~10N/mm²程度の強度発現であった。簡易断熱養生試験体については、打込み温度が32℃程度、最高温度はBBRG₁30RS30-35で76.5℃、圧縮強度は材齢28日で39.5N/mm²、材齢91日で44.8N/mm²であり、28日以降の強度の増進は5N/mm²程度であった。mS_nは、₂₈S₂₈では8.0N/mm²となり、6N/mm²を超えるが、₂₈S₈₁で3.9N/mm²と下回り、₂₈S₉₁では2.7N/mm²となった。一方、BBRG₁30RS30-55は、最高温度は55.9℃であり、圧縮強度は材齢28日で26.2N/mm²、材齢91日で29.4N/mm²であり、28日以降の強度の増進は35%の場合と同様、3N/mm²程度であった。mS_nは、₂₈S₂₈では3.7N/mm²と6N/mm²を下回り、₂₈S₉₁では、0.5N/mm²となった。

c) Lセメント：Lセメントを用いた場合の標準養生供試体の圧縮強度は、水セメント比40%のLRG₂50-40においては、材齢28日で35.3N/mm²、91日で49.1N/mm²、60%のLRG₂50-60においては、材齢28日で22.1N/mm²、91日で36.3N/mm²となり、14N/mm²程度の強度発現であった。簡易断熱養生試験体については、打込み温度が33℃程度、最高温度はLRG₂50-40で54.1℃、圧縮強度は材齢28日で32.8N/mm²、材齢91日で41.6N/mm²であり、28日以降の強度の増進は9.0N/mm²程度であった。mS_nは、₂₈S₂₈では2.5N/mm²と6N/mm²を下回り、₂₈S₉₁では-6.3N/mm²と負になった。一方、LRG₂50-60においては、最高温度は45.5℃であり、圧縮強度は材齢28日で22.7N/mm²、材齢91日で30.1N/mm²であり、28日以降の強度の増進は7N/mm²程度であった。mS_nは、₂₈S₂₈では-0.6N/mm²となり、₂₈S₉₁では、-8.0N/mm²となった。

これらの結果より、いずれのコンクリートにおいてもS値は、m=28、n=91では、JASS 5-2009に示される暑中期間における6N/mm²以内にあることから、₂₈S₉₁の6N/mm²を採用した。なお、冬期の₂₈S₉₁においても6N/mm²を採用した。

2.4 調合強度

調合強度は、JASS 5-2009に基づき、式(2)および式(3)により算定することとした。なお、Lセメントについては実際の構造物に適用した。適用した構造物の概要を表-9に、調合強度の例を表-10に示す。

$$F \geq F_m + 1.73\sigma [= F \geq F_c + m S_n + 1.73\sigma] \quad (2)$$

$$F \geq 0.85F_m + 3\sigma [= F \geq 0.85(F_c + m S_n) + 3\sigma] \quad (3)$$

ここに、F：コンクリートの調合強度(N/mm²)

F_m：コンクリートの調合管理強度(N/mm²)

F_c：コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

mS_n：標準養生した供試体の材齢m日における圧縮強度と構造体コンクリートの材齢n日における圧縮強度の差による構造体強度補正值(N/mm²)、m=28、n=91
σ：圧縮強度の標準偏差(N/mm²)

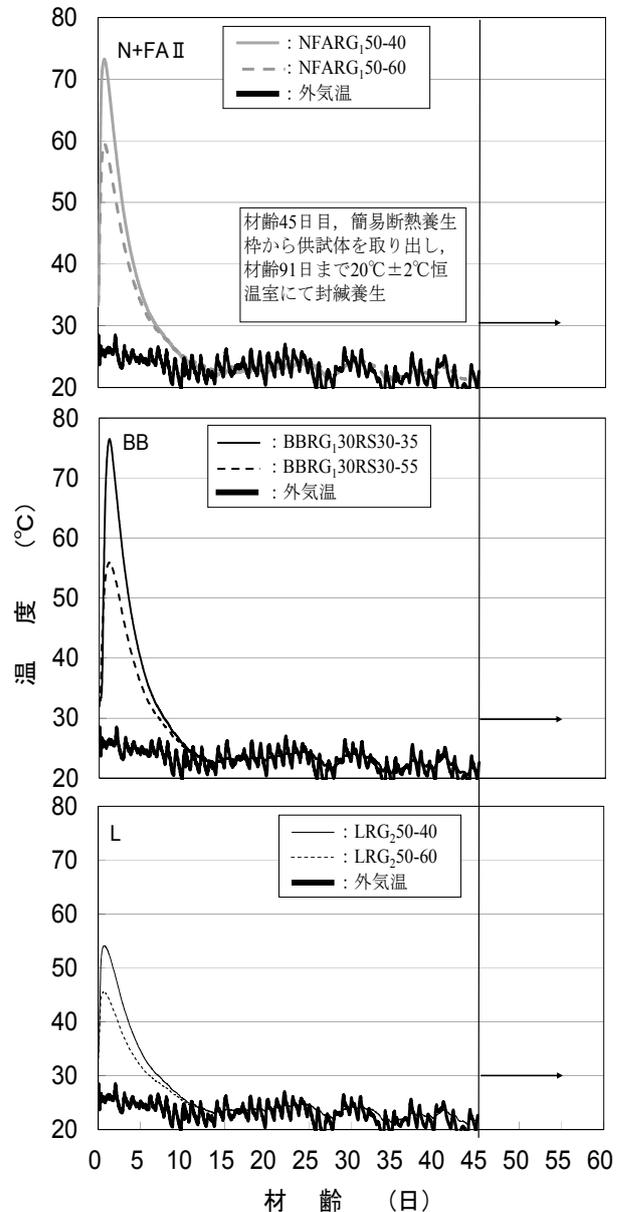


図-4 簡易断熱養生供試体の温度履歴

表-9 適用構造物の概要¹⁾

項目	概要	
用途	火力発電所本館(タービン建屋)基礎	火力発電所機械台基礎*
構造	RC造(上部S造)	RC造
建設場所	神奈川県, 海岸隣接地域	
設計基準強度:F _c	21N/mm ²	
再生骨材 コンク リート	物量	約 8,000m ³ / 約 3,000m ³
	仕様	マスコンクリート
	セメント	L
	置換率	再生粗骨材：50%

*HRSG(ガスタービン用排熱回収ボイラ),変圧器,吸気室の基礎

表-10 適用した調合強度の例¹⁾

セメント 種類	θの範囲※ (°C)	F _c (N/mm ²)	28S ₉₁ (N/mm ²)	F _m =F _c +28S ₉₁ (N/mm ²)	標準偏差 σ (N/mm ²)				調合強度 F (N/mm ²)		
					①工場	②工場	③工場	設定値	式(2)	式(3)	設定値
L	14 ≤ θ	21	3	24	2.0	2.5	2.0	3.0	F ≥ 29.2	F ≥ 29.4	29.4
	0 ≤ θ < 14		6	27	2.2	3.0	2.5		F ≥ 32.2	F ≥ 32.0	32.2

※打込み日 0 ≤ θ < 14: 12月24日～3月27日, 14 ≤ θ: 3月30日～5月18日

3. まとめ

低品質再生骨材(おおむね L 程度)を用いたコンクリートの構造体強度補正值について、一定の再生骨材置換率の範囲で検討を行った。その結果、大要以下のようなことがいえる。

- (1) 構造体コンクリートと標準養生供試体強度の差から、水セメント比 40%および 50%の L セメントの 28S₂₈ は、JASS 5-2003 に示された 3N/mm²($\Delta F = 3\text{N/mm}^2$)と考えることができる。したがって、JASS 5-2009 の標準期の 28S₉₁ は 3N/mm²であることから、この値が安全側の評価として採用できる。なお、N セメント(FA II を N と FA II の質量の合計に対して 20%混和)、BB セメントの標準期の 28S₉₁ においても 3N/mm²を採用した。
- (2) N セメント(FA II を混和した場合を含む)、BB セメント、L セメントを用いた水セメント比 35～60%の再生骨材コンクリート L における暑中間期の S 値は、m=28, n=91 では、JASS 5-2009 に示される 6N/mm²以内にあることから、28S₉₁ は 6N/mm²を採用した。
- (3) 低品質再生骨材を用いたコンクリートにおいても、JASS 5-2009 に示される構造体強度補正值の適用が可能であり、L セメントについては実際のマスコンクリート仕様の構造物に適用した。

以上のことから、本検討の範囲においては、再生骨材コンクリート L の調合強度は、JASS 5-2009 に準じた S 値、すなわち、現行の 2015 年版 JASS 5⁷⁾に準じた構造体強度補正值を用いて定めることが可能である。

謝辞

本検討の実施において、東電設計(株) 村 雄一氏、住友大阪セメント(株)、東京パワーテクノロジー(株)ならびに東京電力(株)関係各位の多大なるご協力を頂きました。ここにそのことを記し、厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 道正 泰弘, 村 雄一: 再生骨材コンクリートの大規模適用への調合設計と品質管理—建築構造物の解体に伴い発生するコンクリート塊のリサイクルシステム, 日本建築学会技術報告集, 第 20 巻第 44 号, pp.19-24, 2014.2
- 2) 日本建築学会: 再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針 (案), 2014
- 3) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2009
- 4) Yasuhiro Dosho: Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System -Application of Recycled Aggregate Concrete Produced by Aggregate Replacing Method- Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 5, No. 1, pp. 27-42, February 2007
- 5) 溝口 信夫, 館 秀基, 金子 雄一, 道正 泰弘: 再生骨材コンクリートのアルカリシリカ反応に対するフライアッシュによる抑制効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1553-1558, 2011
- 6) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2003
- 7) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2015