

V-115

コンクリートの耐熱性改善に関する実験的研究

川崎製鉄(株) 正会員 塩 田 啓 介
川崎製鉄(株) 正会員 和 田 啓
川崎製鉄(株) 正会員 堀之内 義 夫
(株)大林組 佐 藤 哲 司

1. まえがき

高温下のコンクリート物性については、過去多くの研究がなされており、強度や弾性係数等、諸物性値の変化や劣化機構について種々の知見が得られている。しかしながら、耐熱性改善に関する研究は未だ充分とは言えず、特に500°C近傍に関しては、その成果も限定されたものにとどまっている。しかもこれら研究事例は、その多くが使用骨材を対象としており、施工性、経済性に難を有している。

製鉄所では、種々の対策を講じて、コンクリートの熱劣化を防いでいるが、機能上、断熱的な防護策を施せない場合もあり、受熱温度300°C~500°Cの部材に劣化事例が多くなっている。本研究はこれらの事由を踏まえて、コンクリートの物性変化の主因の一つと考えられるコンクリート中の水分量を従来より大幅に少なくすることで、500°Cの加熱を受けるコンクリートの耐熱性改善を試みたものである。単位水量削減には流動化剤を用い、スランブは12cmとした。

2. 実験概要

実験は、単位水量、単位セメント量、微粉末セメントによる高強度化の影響を調べる予備実験と、高炉スラグ砕石粗骨材を主に用いる本実験に分けて実施した。実験に用いた材料を表-1に、配合仕様、試験項目と方法を表-2,3に示す。

加熱温度は、300°C, 500°Cの2条件とし、予備実験ではマッフル炉、本実験では遠赤外線炉を用いた。炉内昇温速度は毎分10°C~6°Cで所定温度到達後24時間加熱した。加熱終了後、炉内で2日間徐冷し各試験を行った。供試体は付着強度を除いてφ10×20円柱供試体を用い、4週標準水中養生の後、2日気中養生し加熱した。同時に作成した比較用非加熱供試体も同様に水中養生を行い、加熱供試体試験時まで、気中養生した。

3. 実験結果

3-1 予備実験

実験結果を図-1,2に示す。圧縮強度残存率は、単位水量の減少に伴って大きくなり、水量の最も少ない予-3配合で500°C加熱時86%を示した。水量は等しいがセメント量の少ない予-4配合では、その改善効果は小さく

表-1 使用材料

(予備実験)		
材料名	品 種	品 質
セメント	N P	比量3.16 3種等量混合（大日本、不二、ユニオン）
	F C (N P, 微粉末)	普通（比量3.15）、水時普通（比量3.15 （フルン量10.000） 2.5:7.5
粗骨材	鹿島、関王 産 砕 石	T: 3, 比量2.62, F M 2.72, 吸水率 1.5%
粗骨材	秩父産砕石	硬質砕石、比量2.70, F M 6.66, 吸水率 0.9%, M S 20mm
混和剤	A E減水剤: S社製	流動化剤: S社製
水	東松山市水道水	
(本実験)		
材料名	品 種	品 質
セメント	N P	比量3.16 3種等量混合（大日本、不二、ユニオン）
粗骨材	岩手産山砂	比量2.57, F M 2.22, 吸水率4.52%
粗骨材	高炉スラグ 砕 石	比量2.54, F M 6.60, 吸水率2.62%, M S 20mm 玄武岩質 比量2.67, F M 6.67, 吸水率3.91%, M S 20mm
混和剤	A E減水剤: P社製	流動化剤: D社製
水	東京都水道水	

表-2 配合仕様

No	セメント種別	粗骨材種別	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)		水セメント 比 (%)	備 考
					セメント	水		
予-1	N P	砂 砕 石	12	4	350	175	50	基本配合
予-2	"	"	12	4	350	140	40	
予-3	"	"	12	4	350	110	31	
予-4	"	"	—	—	220	110	50	
予-5	F C	"	12	4	567	170	30	
1-1	N P	高炉スラグ	12	4	440	176	40	基本配合
1-2	"	"	12	4	440	145	33	
1-3	"	"	12	4	440	110	25	
1-4	"	玄武岩質砕石	12	4	440	110	25	

表-3 試験項目と方法

項 目	試 験 方 法	備 考
フ レ ッ シ ャ ン グ テ ス ト	ス ラ ン ブ	JIS A 1101 (コンクリートのスランブ試験法)
	空 気 量	JIS A 1128 (まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験法)
	コンクリート温度	棒状温度計
	ブリーディング率	JIS A 1123 (コンクリートのブリーディング試験方法)
物 性 試 験	圧 縮 強 度	JIS A 1108 φ100×200
	引 張 強 度	JIS A 1113 φ100×200
	付 着 強 度	JIS 原案 D25
	弾 性 係 数	JIS 原案 (コンプレッションゲージ法)
断 熱 性 試 験	水銀圧入式ボロメータ	細孔率は75Å~75000Å

なっている。弾性係数も同様の傾向にあるが、圧縮強度に較べて残存率は小さく水量の影響も小さなものとなっている。高強度化を試みた予-5配合は、その効果が認められず、水量のはほぼ等しい予-1配合と、強度、弾性係数共に同等の残存率となっている。

3-2 本実験

実験結果を図-3~7に示す。水量削減による耐熱性改善効果は全試験値で明らかである。予備実験に較べて圧縮強度改善効果はやや小さくなっているが、スラグ粗骨材を用いた配合は、弾性係数残存率が著しく大きな値となっている。全実験を通じて最も耐熱的であると考えられる1-3配合の各試験値と残存率を表-4に示す。スラグ粗骨材を用いた配合は、加熱温度の増加に比例して細孔量が増加するが、玄武岩質粗骨材を用いた配合では、300℃までの細孔増加が多くなっている。

常温では細孔量と圧縮強度に高い相関が認められているが、加熱された場合も、各加熱温度での細孔量と

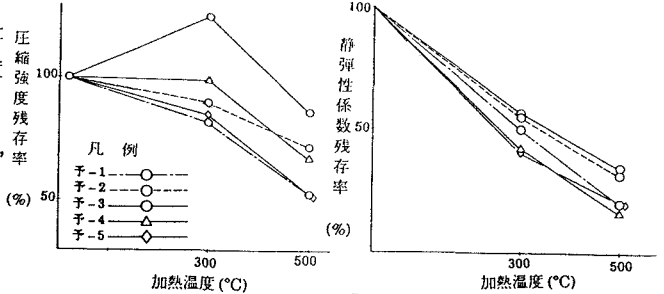


図-1 加熱温度と圧縮強度(予備実験)

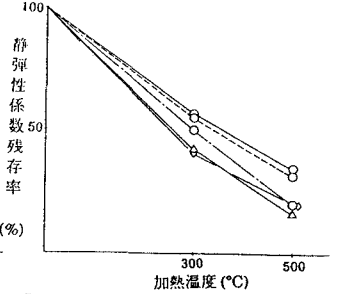


図-2 加熱温度と静弾性係数(予備実験)

※ 残存率(%) = (加熱供試体試験値 / 非加熱供試体試験値) × 100

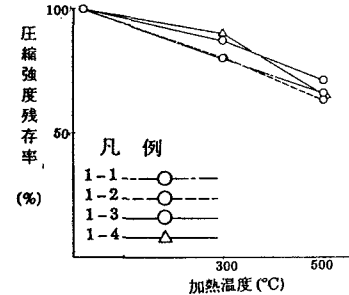


図-3 加熱温度と圧縮強度(本実験)

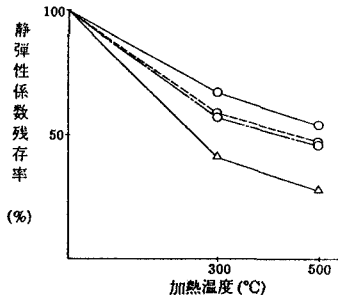


図-4 加熱温度と静弾性係数(本実験)

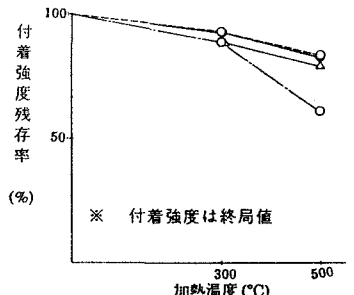


図-5 加熱温度と付着強度

※ 細孔増加率 = 加熱供試体細孔量 / 非加熱供試体細孔量

圧縮強度に同様の関係が認められる。図-8にその関係を示した。図-9に500℃加熱でのセメント量と圧縮強度、弾性係数残存率の関係を整理した。実験条件の相異はあるものの、残存率の最大値を示す水セメント比の存在がうかがえる。

4. まとめ

実験範囲での耐熱性改善効果についてとりまとめると、①単位水量を削減することでコンクリートの耐熱性は大きく向上する。②弾性係数の耐熱性改善には、スラグ粗骨材を使用する効果が大きく、500℃加熱でその残存率は50%を越えた。コンクリートの耐熱性評価は実部材で行うのが本来であり、今後、機会をみて実施して行きたい。

表-4、1-3 配合試験値と残存率(500℃)

	強度			弾性係数
	圧縮	引張	付着	
残存率(%)	71	81	83	54
試験値(kg/cm ²)	612	38	170	2.15 × 10 ⁵

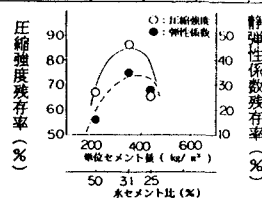


図-9 単位セメント量と圧縮強度 残存率, 静弾性係数残存率

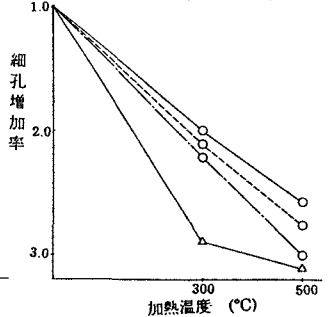


図-6 加熱温度と引張強度(本実験)

図-7 加熱温度と細孔増加率

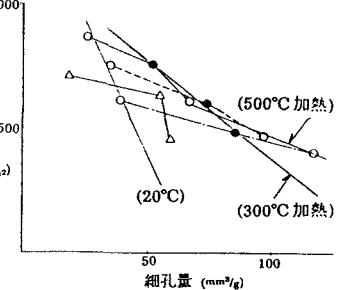


図-8 圧縮強度と細孔量