コンクリートの熱特性を活用した既設構造物の品質評価に関する基礎的研究

芝浦工業大学大学院	学生会員	小根澤淳志
東京大学生産技術研究所	正会員	加藤佳孝
芝浦工業大学土木工学科	正会員	矢島哲司
東京大学生産技術研究所	F 会員	魚本健人

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理が困難である要因に,部材内で生じる材料分布の不均一性や,選定された配合 通りに施工されているか否かの判断を定量的に行うことができないことがあげられる.そこで著者らは,コンク リート中の熱移動に着目し,赤外線法により,施工後のコンクリートの品質を把握する手法の開発を行ってきた. そして,放熱時間比-放熱温度比¹⁾の関係を用いる事によって,粗骨材量が同等であればコンクリートのW/Cを推 定できる事を明らかとした.本研究では,放熱時間比-放熱温度比の予測曲線を解析的に求めるために必要な熱物 性値の予測手法の検討を行い,材料分離の影響を検出できるかどうかを解析により検討した.

2. 配合および供試体概要

熱物性値を予測するために, W/C=50%のモルタル, W/C=40%および W/C=50%コンクリートを作成した.また, W/C=50%のコンクリートに関しては, 粗骨材量を標準のものより体積割合で 10%増減したもの(以下 V_G-10%, V_G+10% と表記)を作成した.空気量の違いによる熱物性値の違いを避けるために, モルタルはコンクリートあたりに換算した時に 4±0.5%になるように 6±0.5%とした.またコンクリートは 4±0.5%とした.配合は表-1,

表-2 に示すとおりである.供試体は図-1 に示す寸法とし,内部に熱電対を配置した.

3. 熱物性値の測定結果と予測

熱物性値の測定結果は表-3 に示すとおりである.測定方法は既往の文献¹⁾に基づいて行った.本手法では,放熱時間比-放熱温度比¹⁾の予測曲線を解析によりあらかじめ求めておく必要がある.そこで,熱物性値を予測する手法が必要となってくる.本研究では,骨材の熱物性値=コンクリートの熱物性値-モルタルの熱物性値,ペーストの熱物性値=コンクリートの熱物性値と仮定して考えた.実測結果よりペースト,骨材の熱物性値を算出する.一例として式(1)に骨材の熱伝導率の算出方法を示す.



1249

air(%)

6.1

モルタル配合

568

-1

$$V_a \kappa_a = \kappa - V_m \kappa_m \tag{1}$$

ここに, V_a: 骨材の体積の体積割合, V_m: モルタルの体積割合, κ_a: 骨材の熱伝導率(W/mk), κ_m: モルタルの熱伝導率(W/mk), κ: コンク リートの熱伝導率(W/mk)

実験結果から算出した骨材の熱伝導率は 2.49(W/mk),比熱は809.29(J/kg)と一般的 な値²⁾に合致している.W/C=50%のペースト の熱伝導率は 0.87(W/mk),比熱は

915.37(J/kg)であった.今後,骨材自体の熱物性値を測定し,算出した値と一致するかを検討する必要があるが,ここでは加算則が成り立つとして図-2よりW/C=45%

☆~2 コンジリートの配合								
	W/C(%)	s/a(%)	S/C	W	С	G	S	air(%)
V _G -10%	50	49.0	2.2	190	380	896	837	4.3
V _G +0%	50	44.9	2.2	179	359	995	789	4.3
V _G +10%	50	40.9	2.2	168	336	1094	739	4.5
V _G +0%	40	44.9	2.2	162	406	995	892	4.3

2 2

	W/C	熱伝導率	熱拡散率	比熱	密度	熱伝達率(吸熱)	熱伝達率(放熱)
	(%)	(W∕m•k)	(m²/h)	(J∕kg°C)	(kg/m³)	(W/(m ² •k))	(W/(m²·k))
V _G +0%	40	1.99	0.0034	883.60	2408.6	68.5	7.6
V _G -10%	50	1.90	0.0034	858.14	2380.3	50.0	8.0
V _G +0%	50	1.92	0.0034	845.74	2388.2	29.5	5.8
V _G +10%	50	1.95	0.0051	581.30	2394.5	19.8	1.8
S/C=2.2	50	1.60	0.0031	867.01	2155.4	-	_

のペーストの熱物性値を予測し, W/C=45%と W/C=45%で粗骨材量が標準のものより体積割合で 10%増加したコンクリートの熱物性値を算出した.

4. 材料分布評価の解析的検討

連絡先:〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 03-5452-6098ext.58090

先に求めた熱物性値を用いて,材量分離の影響を検出可能性についてを解析により検討した.図-3 に示すように, W/C=40%およびW/C=45%の後にW/C=50%のコンクリートが打込まれた場合と,図-4,図-5 に示すように,W/C=50%の

コンクリートで粗骨材量が異なった場合,既往の文献³⁾より材料分離により図-6 に示すような材料分布になった場合について,評価できるかを検討した.図-6 , が同時に打込まれたものとし,その前後で打継ぎがあった場合を では、 想定した 加熱は既往の研究¹⁾で用いたホットプレートを使用することを想定し , 加熱による応力低下や爆裂を避けるため既往の文献4)より,加熱時間は1時間と し, 60 にて加熱する状態を再現した.解析により,表面を1時間加熱後1時 間放熱する過程の表面温度変化を算出した.評価は,放熱時間比-放熱温度比¹⁾ の関係を用いて行った,表面温度の解析結果の一例を図-6 に,放熱時間比-放熱 温度比¹⁾の関係を図-7~図-10に示す.図-6の結果より,熱伝導率,比熱が高い

W/C=40%は W/C=50%に比べて最 高温度が低くなっている.これは, 熱が奥まで伝導しているためであ ると考えられる.W/C=50%では逆 に,熱が奥まで伝導していないため に,表層付近に蓄熱され,その結果 高い表面温度を示しているものと 考えられる 図-3 に示すような配合 の異なったコンクリートが打込ま れた場合については,いずれの場合 もW/C=50%が高い放熱温度比を示



ο⁵⁰ 50 度 40

20

0.8

出 0.6

「 型 見 0.4

赵 0.2

0 0

0.8

崧 0.2

0

0.6 궈

0.2

0

0

闿展 0.4

极熟

Λ

0

1800

3600

時間(sec)

0.5 放熱時間比

05 放熱時間比

図-8 W/C=50% VG-10% vs W/C=50% VG+0%

図-7 W/C=40%vsW/C=50% W/C=45%vsW/C=50%

図-6 表面温度の変化

5400

W/C=40%

W/C=45%

W/C=50%

W/C=50% VG-10% W/C=50% VG+0%

W/C=50% VG+0%

W/C=50% VG+109

し,W/Cの違いを評価できていると考えられる.図-4,図-5のように粗骨材量が違う 場合は,熱物性値が大きく密度の大きいものが低い放熱温度比を示すことがわかり. W/C が同一であれば粗骨材量の違いを識別できるものと考えられる.図-6 に示すよう な材料分離を生じた分布になった場合に関しては,粗骨材量が低下した W/C=50% Vg-10%とW/C=50% Vg+0%では,僅かではあるがW/C=50% Vg-10%の方が高い放熱 温度比を示している.しかし,既往の研究¹⁾から識別は可能であるといえる.また, W/C=45% V₆+10%は低い放熱温度比を示している.これは,図-7~図-9の結果より, 粗骨材量の増加および W/C の低下とともに熱物性値が増加したことで , 低い放熱温度 比をとるようになったためと考えられる.このことより,W/Cおよび粗骨材の分布に関 しては、実際の構造物に近い複雑な状態になっても判定ができると考えられる、以上よ り,本研究の手法を用いることで,コンクリート構造物が材料分離を起こし,同一部材 内で品質が異なっている可能性があるかどうかを判定できることがわかる.

4. まとめ

- 本手法を用いることで,粗骨材量が同様であればW/C=5%程度の違いを判定でき 1) るものと考えられる.
- 2) 本手法では,粗骨材量の10%程度の違いは判定できるものと考えられる。
- 本手法を用いることで,コンクリート構造物が材料分離を起こし,同一部材内で品 3) 質が異なっている可能性があるかどうかは判定できると考えられる.

謝辞

本研究は東京大学生産技術研究所魚本研究室で行ったものであり ,ここに記して感謝の意を表し ます.

参考文献

- 小根澤・加藤ら:赤外線法を用いたコンクリート部材内の材料分布評価に関する基礎的研究, 1) コンクリート工学年次論文集, vol.25, No1, pp.1751-1756, 2003
- 川口徹・桝田佳寛:コンクリートの熱伝導率,熱拡散率,比熱の測定方法とその応用,マスコ 2) ンクリートの温度応力発生メカニズムに関するコロキウム論文集 , 日本コンクリート工学協 会, pp.11-14, 1982.9
- 神田衛・吉田八郎:コンクリート打ち込み後の柱断面における水セメント比の分布性状,セ 3) メント・コンクリート No.342, 1975.8
- 森田武:トンネル火災におけるコンクリートの耐火性について,コンクリート工学 Vol.38, 4) No.11, pp.61-64, 2000.11



1500

W/C=50%

7200



