

V-369

逆解析手法を用いたコンクリートの養生条件の違いによる熱伝達係数と日射吸収率の評価

中部電力 正会員 佐藤正俊・上田 稔
清水建設 正会員 新美勝之・鈴木 誠

1. はじめに

コンクリート構造物の温度応力解析において、境界特性値である熱伝達係数、日射吸収率は解析結果に大きな影響を与える。これらの値はコンクリート表面の養生方法により異なるため、試験や現場計測結果に基づき評価されているが、その計測結果は周辺の環境条件や養生面の状態が逐次変化する中での計測結果である。このため逆解析手法を用いて逐次変化する熱伝達係数、日射吸収率を推定し、養生方法による違いを比較する研究が行われつつある¹⁾²⁾。その中で著者らは、コンクリート内部の温度分布などの計測結果から、養生面での熱伝達係数と日射吸収率を同時に精度良く推定する方法を提案してきた³⁾⁴⁾。本研究では、この推定解析手法を用いて、ダム施工時の代表的な養生方法を用いた場合の熱伝達係数、日射吸収率を、屋外に設置したコンクリート試験体の計測結果に基づき逐次推定し、養生方法の違いによる熱伝達係数、日射吸収率の変化について考察した。

2. 解析条件

解析に用いたデータは、図-1に示す屋外に設置した試験体の内部温度と気温、全天日射量、風速等、計測値である（詳細については参考文献4)を参照）。養生面の養生方法は、表-1に示すとおり、無養生の場合(CASE-1)と、ダム施工時の打設期間にリフト面を用いる湛水養生(CASE-2)、越冬期間に用いる養生方法(CASE-3,4)の4ケースとした。解析対象時間は、各養生条件での計測期間の中で、気温の変化が標準的な日変動をしており、日射量が大きく、風が弱く、降雨がないという、気温、日射以外の変化が小さい日を選んで設定した。解析対象時間は2.5日で、積分時間間隔は10分間である。

3. 推定解析結果

推定解析により求めた熱伝達係数と日射吸収率の推定値の経時変化を、それぞれ図-2と図-3に示す。

無養生(CASE-1)では、熱伝達係数の推定値は12～30W/m²℃であり、他の養生方法に比べて値が大きく、かつ変動も大きい。日射吸収率の推定値は0.5程度である。

湛水養生(CASE-2)では、熱伝達係数の推定値はほぼ5.0から15.0W/m²℃までの範囲で、昼頃が最も低く午後6時頃が最も高いという日周期的な変動を示している。これは、養生水の影響により表面温度と大気温度の変化に

時間的なずれが発生しているためと考えられる。日射吸収率の推定値は0.1程度で、無養生の場合に比べ5分の1程度と小さくなっている。

越冬期間に用いる養生方法(CASE-3)では、熱伝達係数の推定値は3.0W/m²℃程度で安定しており、無養生や湛水養生の場合と比較するとかなり小さくなっていることがわかる。また、湛水養生の場合と同様に、温度の位相差に伴うと考えられる日周期的な変動が、わずかながら認められる。湛水養生やマット養生をした際に、養生水や養生材との間の空気などに熱が蓄えられるために、非定常状態では養生面での伝達熱量と養生面と大気との温度差の間の比例関係は成立しなくなる。しかし、本研究のモデル化では、養生水や養生材などをそれぞれモデル化せずに、まとめて熱伝達境界として扱ったために、比例定数である熱伝達係数にその影響が押しつけられて、推定値が日周期的な変動を示したと考えられる。日射吸収率の推定値は0.01程度と非常に小さく、日射の影響をほとんど受けないことが想像できる。

表-1 養生条件

CASE-1	無養生
CASE-2	湛水養生(湛水深さ10cm)
CASE-3	コンマット(10mm)+ミラマット(10mm)+ブルーシート
CASE-4	PPムシロ(10mm程度)+ブルーシート

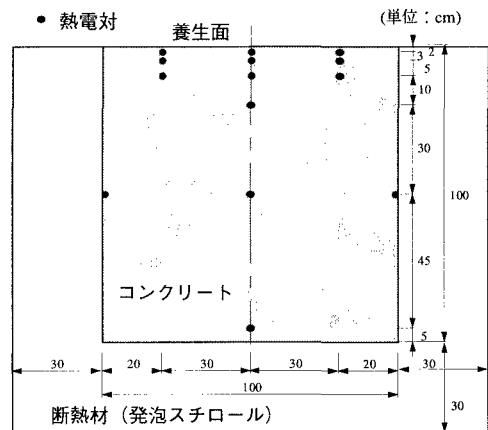


図-1 試験体

キーワード：拡張カルマンフィルタ、逆解析、熱伝達係数、日射吸収率

〒459-8522 名古屋市長区大高町字北山閣 20番地の1 TEL.052(624)9184 FAX.052(623)5117

〒100-0011 千代田区内幸町 2-2-2 富国生命ビル TEL.03(3508)8101 FAX.03(3508)2196

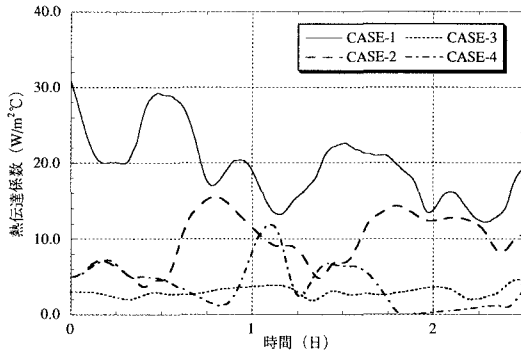


図-2 熱伝達係数推定値

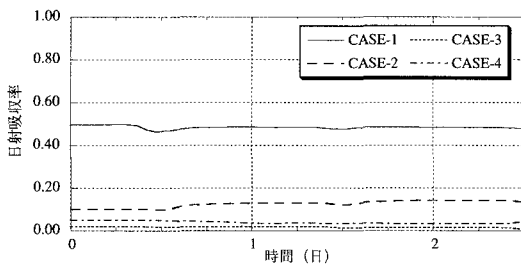


図-3 日射吸収率推定値

越冬期間に用いる養生方法(CASE-4)では、熱伝達係数の推定値は $4.0\text{W/m}^2\text{°C}$ を中心に変動しているが、CASE-2,3のような周期的な変動は明確には認められない。日射吸収率は、0.04程度と小さい。

推定結果を、既往の研究結果と比較して表-2に示す。本推定結果の熱伝達係数の平均値を()に示す。無養生(CASE-1)での熱伝達係数は、風速の影響を大きく受けるため⁴⁾、風速0,1,2m/sごとの値を示した。風速ごとの熱伝達係数は、既往の研究結果と概ね一致した値が得られている。また、マットやシートで養生面を覆うCASE-3,4の値も既往の研究結果とはほぼ一致している。湛水養生(CASE-2)では、近久らの求めた値との差は大きいものの、コンクリート示方書に示されている値とはほぼ一致している。本推定手法によりいずれの養生方法でも、妥当な値が推定できていると考える。日射吸収率については、既往の研究結果に比べ、無養生(CASE-1)の値は小さく、越冬期間に用いる養生方法(CASE-4)の値は非常に小さい。これは、日射吸収率はコンクリート表面の状態や養生材の特性によって異なることを示していると考えられる。

4. おわりに

屋外に設置したコンクリート試験体の計測結果に基づき、先に提案した推定手法を用いて、実際にダムの施工で用いる養生方法での熱伝達係数と日射吸収率の推定を行った。気象条件の比較的安定している場合での結果で

表-2 本推定結果と既往の研究結果との比較

養生方法			熱伝達係数 [$\text{W/m}^2\text{°C}$]	日射吸収率
本研究	CASE-1 無養生	風速 0m/sec	12~16(14程度)	0.50
		1m/sec	18~22(20程度)	
		2m/sec	26~30(28程度)	
	CASE-2 湛水養生(湛水深さ10cm)		5~16 (10程度)	0.12
	CASE-3 コンマット(10mm)+ミラマット (10mm)+ブルーシート		2~5 (3程度)	0.01
	CASE-4 PPムシロ(10mm程度)+ブルー シート		0~11 (4程度)	0.04
	既往研究 無養生	風速 0m/sec	14 ²⁾ 12~14 ⁵⁾	0.58 ²⁾ 0.65~0.80 ⁶⁾
		1m/sec	20 ²⁾	
		2m/sec	26 ²⁾	
既往研究	湛水養生(湛水深さ10cm)		22 ¹⁾ 8 ³⁾	
	養生マット(7.5mm×3枚)		2 ¹⁾	
	養生マット(7.5mm)		4 ¹⁾ 4 ²⁾ 5 ³⁾	0.12 ²⁾

()内は平均値

はあるが、養生方法の差を定量的に評価できることがなかった。

これまで、設計において一定値としていた熱伝達係数、日射吸収率ともに養生方法や風速、降雨などの環境条件によっても大きく変化するため⁴⁾、施工に先立って現地で本研究と同様の計測試験を行い得た結果に基づき、時刻歴で推定した結果を設計・施工計画に反映させることで、現地の状況に合った合理的な設計・施工が可能になると考える。

参考文献

- 1) 近久博志ほか：逆解析手法によるマスコンクリートの熱伝達係数の評価，土木学会論文集，No.451/V-17, pp.39-47, 1992.
- 2) 中原博隆ほか：コンクリート構造物の養生面における日射の吸収率の評価，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15, No.1, 1993.
- 3) 新美勝之ほか：拡張カルマンフィルタを用いた熱伝導問題の境界条件の逆解析一定式化と適用例一，土木学会第52回年次学術講演会，I-A, pp.206-207, 1997.
- 4) 新美勝之ほか：拡張カルマンフィルタを用いた熱伝導問題の境界条件の逆解析一実測結果に基づく推定一，土木学会第53回年次学術講演会，1998.
- 5) コンクリート標準示方書[施工編]土木学会，1996.
- 6) 斎藤平蔵：建築気候，共立出版，1974.