

6. 材料施工**■ 2026年8月26日(水) 14:20 ~ 16:00 | 会場 第4会場(304教室)****[4-5] 材料・施工⑤：農業水利施設の性能評価⑤**

座長:兵頭 正浩(鳥取大学農学部)

14:20 ~ 14:35

[4-26] 熱収支を考慮したサロゲートモデルによる農業用コンクリートダム の 損傷検出

*柴野 一真¹、木村 匡臣²、大野 健太郎³、Ninel Alver⁴、鈴木 哲也⁵ (1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 近畿大学農学部、3. 東京都立大学大学院都市環境科学研究科、4. エーゲ大学工学部、5. 新潟大学自然科学系（農学部）)

14:35 ~ 14:50

[4-27] 滑雪による雪害対策ビニールハウス

*保坂 芳央¹ (1. 新潟工業短期大学)

14:50 ~ 15:05

[4-28] 長期供用された無機系補修材料の透気性に関する研究

*SAYFULLAEVA BARCHINOYHON¹、中村 愛里紗²、金平 修祐³、佐藤 周之⁴ (1. 愛媛大学大学院 連合農学研究科、2. 日本工営、3. 岩手県土地改良事業団体連合会、4. 高知大学 農林海洋科学部)

15:05 ~ 15:20

[4-29] 頭首工のマスコンクリート施工におけるひび割れ制御対策検討のための温度応力解析

*太田 有紀¹ (1. (株) 三祐コンサルタンツ)

15:20 ~ 15:35

[4-30] UAVを用いた建築施設外壁のひび割れ調査とひび割れ検出AIを用いた画像解析の事例

*武藤 啓悟¹ (1. (株) 三祐コンサルタンツ)

15:35 ~ 16:00

セッション総括

熱収支を考慮したサロゲートモデルによる農業用コンクリートダムへの損傷検出 Damage Detection of Agricultural Concrete Dam using Surrogate Model with Heat Balance

○柴野一真*, 木村匡臣**, 大野健太郎***, Ninel Alver ****, 鈴木哲也*****

○Kazuma SHIBANO*, Masaomi KIMURA**, Kentaro OHNO***,

Ninel Alver **** and Tetsuya SUZUKI*****

1. はじめに

赤外線サーモグラフィ法は、コンクリート表層の浮き・剥離損傷に起因する表面温度分布を非接触で可視化できるため、コンクリート構造物の非破壊検査手法として広く用いられている。既往の研究では、熱画像のコントラストに基づく深層学習や時間帯による検出可能性について調査した事例が報告されている。赤外線カメラにより検出される表面温度は気象条件、構造物の立地条件、遮蔽物、内部物性に影響される。損傷検出手法の開発には、表面温度に影響を与える要因を組み込んだモデルが求められる。

そこで本研究では、気象データ、三次元形状取得による構造物の立地条件および遮蔽物、内部物性の考慮を行った熱収支解析により表面温度を計算し、そのデータに基づいたサロゲートモデルの構築を試みる。構築されたサロゲートモデルにより表層損傷のパラメータ推定を行った。

2. 方法

2.1 対象構造物

対象構造物は1974年に建設された中空重力式コンクリートダムで、周囲の地形による影の影響が表面温度の日変化に大きく作用する。堤体下流面は方位角 225° (南西向き)・傾

斜角 60°の幾何学的条件を持ち、太陽位置の変化に伴って複雑な日射パターンが生じる。解析では、影のパターンと温度応答の空間的差異を捉えるために、無損傷と損傷部の2点を選定した (Fig. 1)。

2.2 熱収支解析

コンクリート表面の熱挙動を熱収支でモデル化した¹⁾。正味放射量は大気への顕熱輸送とコンクリート内部への地中伝導熱の和で表される。日射は直達・散乱・反射成分に分離し、Möller-Trumbre アルゴリズム²⁾による3次元レイトレーシングで影を検出、日影時は直達日射成分を0に設定した。地中伝導熱計算には1次元非定常熱伝導方程式を適用した。

2.3 サロゲートモデル

多条件の熱収支計算結果(浮き深さ・厚さ・

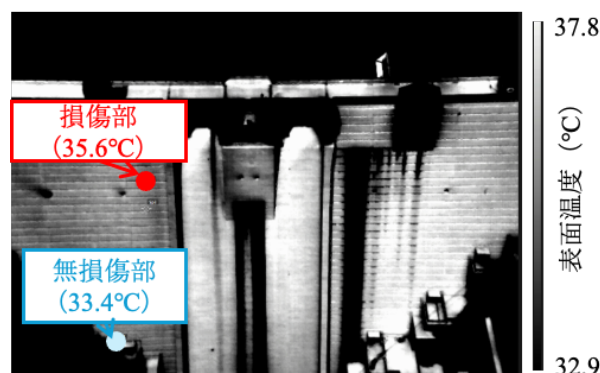


Fig. 1 対象構造物における損傷・無損傷部の熱画像 (午後2時台に撮影)

* 新潟大学大学院自然科学研究科, Graduate School of Science and Technology, Niigata University

** 近畿大学農学部 Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kindai University

*** 東京都立大学大学院都市環境科学研究科 Civil and Environmental Engineering, Tokyo Metropolitan University

**** エーゲ大学工学部, Department of Civil Engineering, Ege University

***** 新潟大学自然科学系(農学部), Institute of Agriculture, Niigata University

キーワード: パッシブ赤外線サーモグラフィ, 熱収支解析, サロゲートモデル, 逆推定

熱物性の組み合わせ)をナレッジベースとして蓄積し、それを学習データにガウス過程回帰 (GR) とニューラルネットワーク (NN) サロゲートモデルを構築した。実測温度との比較により RMSE が最小となる条件を Nelder-Mead 法で連続最適化し、浮き深さと厚さを mm 単位で推定した。

3. 結果および考察

3.1 三次元的な表面温度場の計算結果

熱収支解析による無損傷条件における三次元的な表面温度場の計算結果を Fig. 2 に示す。堤体面の大部分は日射を受けた高温域が広範に広がっている一方、下流堤体部右岸側では周囲地形・植生による影の影響で、表面温度が局所的に低下している領域が確認された。

3.2 サロゲートモデルによる表層損傷パラメータの推定

LOO-CV 検証は、1 点を除いた残りのデータでモデルを再学習し未学習点の予測精度を評価する手法である。予測決定係数 Q^2 は以下のように定義される。

$$Q^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)^2} \quad (1)$$

ここで、 $\hat{y}_i$ は LOO-CV によるサロゲートモデルの予測値、 y_i は熱収支解析による計算値、 $\bar{y}$ は計算値の平均、 n はサンプル数である。GP ($Q^2=0.964$) および NN ($Q^2=0.971$) とともにサロゲートモデルによる RMSE 予測値とシミュレーション RMSE 値がほぼ一致し、高い汎化性能が確認された。GP では浮き深さ 35.0mm・厚さ 0.0mm, NN では浮き深さ 33.9mm・厚さ 7.2mm と推定された。

4. おわりに

本研究では、気象データ・三次元形状モデル・熱物性を組み込んだ熱収支解析に基づくサロゲートモデルを構築し、コンクリートダム表層損傷の浮き深さ・厚さの推定を試みた。

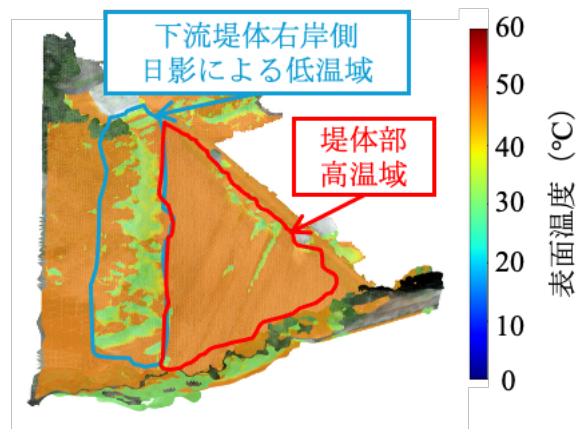


Fig. 2 無損傷条件における表面温度計算結果

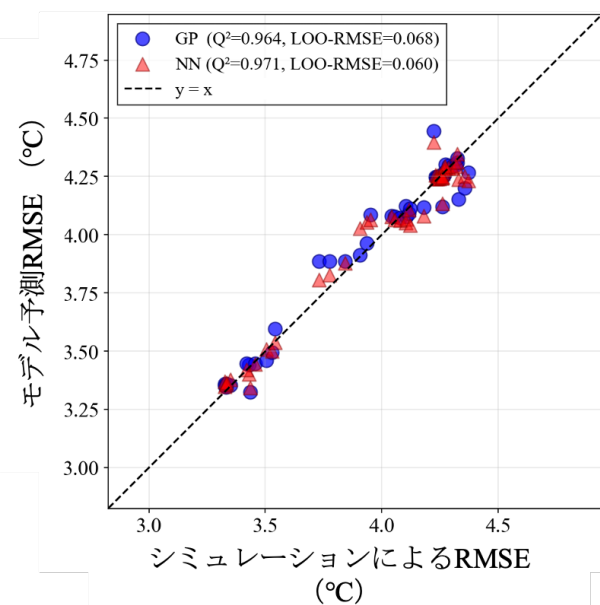


Fig. 3 熱収支シミュレーションによる RMSE とサロゲートモデルによる予測 RMSE の関係

LOO-CV 検証により GPR・NN とともに高い汎化性能 ($Q^2>0.96$) が確認された。

引用文献

- 1) Shibano, K., Kimura, M., Ohno, K., Alver, N., and Suzuki, T. (2026): Computational thermal analysis for health monitoring of concrete dam structures using shadow modeling and deep learning. In G. Meschke, B. Pichler, & J. G. Rots (Eds.), *Computational modelling of concrete and concrete structures*. CRC Press, pp. 622–630.
- 2) Möller, T. and Trumbore, B.: Fast, minimum storage ray/triangle intersection, *ACM SIGGRAPH 2005 Courses*, 2005.

滑雪による雪害対策ビニールハウス

Measures against snow damage caused by snow sliding Vinyl greenhouse

保坂 芳央*

HOSAKA Yoshihisa

1. はじめに

ビニールハウスは外界とハウス内の農地環境を、穏やかにすることができ、全国的に増加している。しかし、近年、地球の環境変化により、降雪が稀な地域も含め、全国で降雪が観測され、ビニールハウスの倒壊被害が報告されている。雪の結晶は、それ自体ビニールハウスを倒壊させる程の重みはないが、積もって密度を増すと倒壊してしまう。そこで、降雪した雪を、やねから滑り降ろしてやれば、倒壊を防ぐことができる。

本報告は、ビニールハウスの屋根の傾斜を30度以上にすることにより、屋根の雪を自然落下させ、倒壊を防止するものである。

2. 実験方法

(1) ビニール斜面における水滴付着実験

斜面に水滴を散布して、水滴の斜面への付着状況について実験観測した。

2枚組のキッチンペーパーの二つ折りの10cm×10cmの大きさにふき取り、水滴の量を、事前の重さと、ふき取った後の重さの比較から、水滴の付着量を求めた。



図1 水滴噴霧 図2 観測斜面と測定シート

Fig 1 Spraying method Fig 2 Observation Slope Measurement sheet

(2) 実験結果

気温21.5度、湿度68%の風呂場でおこなった。各斜面での3回の測定値の平均を図3のグラフで示す。

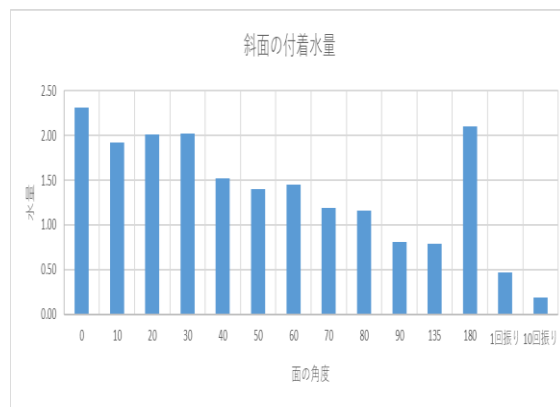


図3 各斜面に付着する水滴量

Fig 3 Amount of water droplets adhering to each slope

角度が30度までは、ある程度水滴が付着している。そして、斜面が30度を越えるところから、付着している水滴が流れはじめた。付着している水滴は徐々に減ってきて、垂直(90度)のところで、最低になった。

3. 考察

(1) ビニールハウスの屋根の斜面

軒間口が5.4mで、棟高と軒高の差が、1.4mのビニールハウスの屋根を考える。屋根の斜面を2次曲線で近似して計算した。

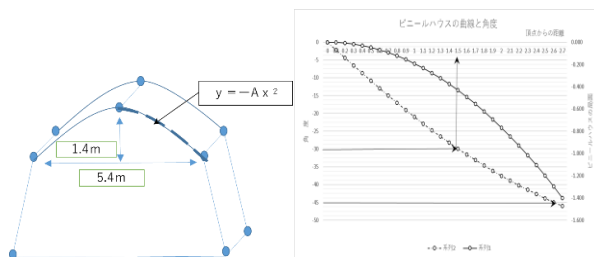


図4 屋根の斜面 図5 斜面の近似曲線と接線角度

Fig 4 Roof slope Fig 5 Approximate curve and tangent angle of a slope

*新潟工業短期大学

Niigata College of Technology

キーワード: ビニールハウス、積雪、斜面角度

中央からの斜面の2次曲線近似の式は、
 $y = -Ax^2$ ($A = 0.1920439$)。
 各接点の傾きは $y' = -2Ax$ になる。

各接点の傾きの角度 θ は、

$$\theta = \tan^{-1}(y')$$

図5は、屋根の2字近似曲線と各点の接線の角度を示す。

中央から1.5mのところを超えるまでは、斜面の角度は30度を超えていない。

(2) 屋根の積雪

ビニールハウスの屋根の屋根の半分程度のところまで、積雪することになる。

降り積もったばかりの雪の密度は0.03～0.15 g/cm³で、0.1 g/cm³で計算する。

下図のように、斜面の角度が30度以下の屋根の長さは1.5m×2=3.0mになる。単位長さ(1m)の幅の積雪面積は3×1=3 m²になる。

10cmの積雪があると雪の重みをMとすると、

$$\begin{aligned} M &= 3 \times 100 \times 100 \times 10 \times 0.1 \\ &= 30000 \text{ g} \\ &= 30 \text{ kg} \end{aligned}$$

になる。

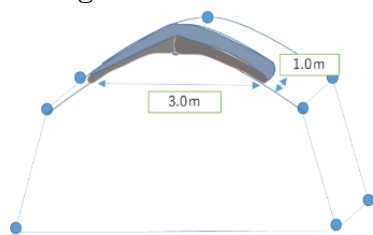


図6 屋根の積雪

Fig 6 Snow on the roof

これが2～3日降り続いて積雪し、こしまり雪になると、密度は0.15～0.25 g/cm³になり、さらに数日たったしまり雪になると、密度は0.2～0.5 g/cm³ですので、しまり雪になった10cmの積雪では密度を0.3 g/cm³とすると。30×3=90 kgにもなる。

(3) 滑雪屋根

実験で測定したビニールで覆ったポリスチレン板の積雪の様子を図7に示す。



Fig. 7 斜面の滑雪 Fig. 8 雪国の屋根

Snow on the slope Snow country roof

中央部分で雪が滑り落ちていることがわかる。

30度以上の斜面があると、雪が滑り落ちる。雪国の屋根も角度を付けた屋根で、落雪させている。

4. 斜面の力

斜面での物質に働く力は、下図のようになる。

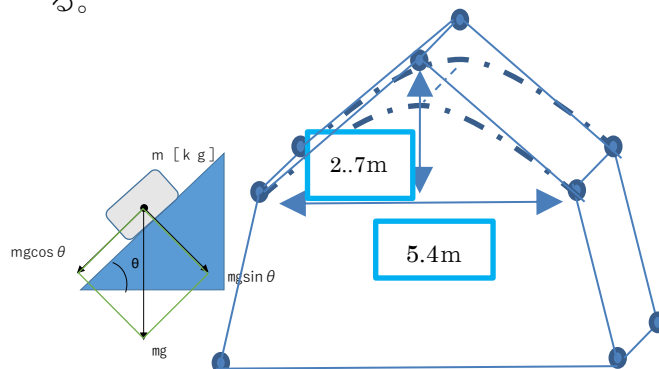


図9 斜面に働く物体の力と三角形屋根

Fig 9 Forces acting on an inclined surface and a triangular roof

斜面にm kgの物質がある時の、斜面に平行な力(落ちようとする力)はmg cos thetaになる。斜面に垂直な力(斜面を押す力)はmg sin thetaになる。角度が45度の時は、水平と垂直の力が同じになる。ビニールハウスの屋根も45度の斜度を持たせた図9のような三角形の屋根にすると、滑雪し、ビニールの屋根を保護することが期待できる。

5. まとめ

本研究で、ビニールの斜面における水滴の付着状況を調べた。斜面の角度が30度を超えたところから、水滴が滑り落ち始めた。屋根の傾きを30度以上の斜度をもたすことにより、滑雪が期待できる。そこで、45度の三角屋根にすることにより滑雪が期待でき、積雪による倒壊を防止することができる。

参考文献>

- 1) 斎藤博英：雪の密度 水利科学 96号 p.35-48 1974
- 2) 石川県農林水産部：雪害対策マニュアル
- 3) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構：北海道における農業用温室を対象とした施設内環境解析及び構造形式に関する研究
- 4) 高橋和也：園芸用パイプハウスの風荷重による崩壊過程と補強効果の三次元解析による検討

長期供用された無機系補修材料の透気性に関する研究

Basic study on air permeability of repair methods for agricultural reinforced concrete open channels

○SAYFULLAEVA

BARCHINOYHON*

SAYFULLAEVA Barchinoyhon

中村 愛里紗**

NAKAMURA Arisa

金平 修祐***

KANEHIRA Syusuke

佐藤 周之****

SATOU Shushi

1. はじめに

農業用 RC 開水路の補修工法に求められる耐用年数は、無機系補修材料を用いた表面被覆工法の場合、基本的に 20 年と設定される。しかし、実際に補修後の性能評価を追跡評価した事例は少なく、補修工法の長期耐久性が十分に明らかになったとは言えない。本研究では、無機系補修工法に採用されるポリマーセメントモルタル（以下 PCM と記す）を対象とした。密な補修材料の表層の組織構造が粗に変化する状態が経時的に生じるとすると、結果として物質透過性が大きくなり、劣化因子の侵入が容易になる。つまり、PCM の表層透気係数は変状評価指標のひとつになる可能性がある。本研究では、施工から 20 年が経過した農業用 RC 水路に施工された 15 工法を対象に、シリンダー法による簡易透気試験を適用した結果を整理・報告する。

2. 対象とした無機系補修工法と調査方法の概要

(1) 無機系補修工法

無機系表面被覆工法および複合工法を対象として試験を実施した。複合工法のうち 1 区画は、無機系表面被覆材とシラン系表面含浸材の複合工法であった。本研究では、複合工法を無機系表面被覆材とけい酸塩系表面含材を組み合わせた工法と定義するため、含浸工法の一つである当該区画も対象に含めた。工法の特徴および、透気試験により得られた結果を Table1 に示す。

(2) 調査方法

施工後 20 年が経過した無機系表面被覆工法および複合工法が適用された補修面において、簡易透気試験を適用し、空気流入量の計測を行った。簡易透気試験機には透気シリンダー「ACROS」（マルイ製）を用いた。本研究では、表面粗度が大きい補修面において調査を行ったため、密着性の高い低硬度ガスを装着した。簡易透気試験の結果は、渡辺らが示した透気性のグレードのイメージを基に設定した基準に則り、評価した。

*愛媛大学大学院 連合農学研究科 (The United Graduate School of Agricultural Science, Ehime University)

**日本工営 (Nippon Koei Co., Ltd)

***岩手県土地改良事業団体連合会 (Iwate prefecture Land Improvement Association)

****高知大学 農林海洋科学部 (Kochi University Faculty of Agriculture and Marine Science)

表 1 施工概要および簡易透気試験の結果

Table 1 Summary of Construction and Results of Simple Air Permeability Test

区画	工法	表面被覆材	補助材料	空気流入量	評価
A	無機系表面被覆工法	FRCC	—	—	—
B	複合法	PCM	アルカリ性付与	25.7	劣
C	複合法	表面被覆PCM	けい酸塩系含浸材	29	劣
D	複合法	断面修復PCM+表面被覆PCM	けい酸塩系含浸材	47	極劣
E	複合法	表面被覆PCM（無収縮）	けい酸塩系含浸材	10	一般
F	無機系表面被覆工法	PCM（耐久性ポリマーセメントモルタル）	—	—	—
G	無機系表面被覆工法	PCM	シラン系含浸材	54.7	極劣
H	無機系表面被覆工法	PCM	耐アルカリガラス補強ネット	—	—
I	無機系表面被覆工法	高耐久性モルタル	—	—	—
J	無機系表面被覆工法	PCM	浸透性表面強化剤	—	—
K	無機系表面被覆工法	PCM（耐アルカリガラス繊維ネット入り）	—	—	—
L	複合法	PCM（アラミド短繊維入）	けい酸塩系含浸材	—	—
M	無機系表面被覆工法	PCM	—	—	—
N	複合法	PCM	けい酸塩系含浸材	17	劣
O	無機系表面被覆工法	無機系補修材（完全）	—	47.3	極劣

3. 結果と考察

簡易透気試験機から得られた空気流流量が Table1 の右端に示されている。簡易透気試験機は、試験面の粗度が大きい場合、試験機と試験面の間に隙間が生じることで密着性が低下、負圧が維持できず測定不可となる。本研究で対象とした 15 区画のうち、簡易透気試験の計測が可能であったのは 7 区画のみであった。試験が不可能である面は、表面粗度が大きく、劣化が著しく進んでいた。

無機系表面被覆工法は 9 区画のうち、1 区画のみで結果が得られた。一方、複合法は 6 区画のうち 5 区画にて結果が得られた。今回対象とした複合法はけい酸塩系含浸材を用いたものが多い。けい酸塩系含浸材は、コンクリートの水酸化カルシウムと反応して C-S-H ゲルを生成し、ゲルの固化により微細な空隙が充填される工法である。この性質により、使用する PCM の特徴に関わらず、コンクリートの表層の緻密性が保たれやすいことが示唆された。

空気流入量が得られた区画を、評価基準に基づいて性能を評価したところ、「劣」「極劣」が主であった。供用後 20 年が経過したことを考えると、再補修の時期が来ていたと判断もでき、妥当な結果と考えられた。

4. 結果と考察

以上より、供用後 20 年が経過した農業水利施設において、要求性能が維持されているのは、表面被覆材に無収縮の表面被覆 PCM を用い、補助材料にけい酸塩系含浸を使用している複合法（区画 E）であることが確認された。また、簡易透気試験機は、基本的に 20 年と設定されている補修面において適用が不可能な面が多く存在することが確認され、測定可能であるところは限定的であった。

簡易透気試験機はトレント法に比べ、外部電源を必要とせず、簡便性が高いことより、現場における利便性に注目されているため、密着性に影響を与える要素を洗い出し、測定可能面が増加するよう、改良していくことが必要だと考えられる。

頭首工のマスコンクリート施工における ひび割れ制御対策検討のための温度応力解析 Thermal Stress Analysis for Consideration of Cracking Control Measures in Mass Concrete Construction of Headworks

太田 有紀

Ota Yuki

1. はじめに

マスコンクリートの施工においては、セメントの水和熱や自己収縮に伴う体積変化に起因する温度ひび割れの発生が懸念されるため、構造物の要求性能を確保するうえで、適切なひび割れ制御対策の検討が重要となる。本報では、新設頭首工の堰柱を対象に、設計段階における温度応力解析に基づくひび割れ制御対策の検討事例を報告する。

2. 検討条件

対象構造物は、マスコンクリートの対象となるスラブ（厚さ80～100cm以上）と下端が拘束された壁（厚さ50cm以上）を有する中間堰柱とした（Fig.1）。

ひび割れ発生に対する照査方法は、対策レベルを「ひび割れの発生を防止したい場合」とし、最小ひび割れ指数1.45以上を目標値とした。また、初期ひび割れ幅の照査は、防水性の面で補修を必要とするひび割れ幅より、最大ひび割れ幅0.2mm未満を目標値とした。

温度応力解析の各種条件は、施工計画に基づく養生方法・期間や気温等の気象条件、地盤条件等を設定し、使用材料である早強コンクリートの配合、物性値及び力学特性等を入力条件とした。

3. 温度応力解析

解析モデルは、コンクリート構造物（床版、堰柱、橋台）や地盤はソリッド要素、基礎杭はビーム要素でモデル化した（Fig.2）。

解析の結果、部材中心部の温度が高く、ひび割れ指数も部材中心部での低下が大きくなり、全ての断面・リフトにおいて、最小ひび割れ指数及び最大ひび割れ幅は目標値を満足しなかった（Fig.3）。

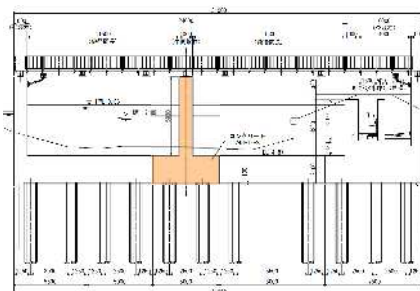


Fig.1 断面図
Sectional view

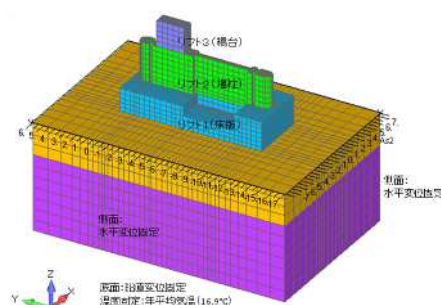


Fig.2 解析モデル
Analytical model

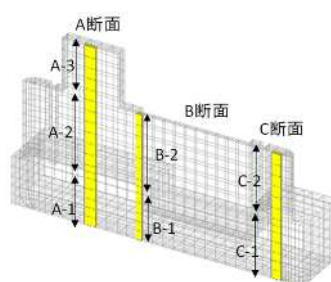


Fig.3 解析結果 1
Analysis Results 1

【最小ひび割れ指数】			
リフトNo.	A断面	B断面	C断面
1	1.02	1.08	0.81
2	0.83	1.13	1.16
3	1.17	—	—
【最大ひび割れ幅 (mm)】			
リフトNo.	A断面	B断面	C断面
1	0.66	0.58	0.92
2	0.67	0.38	0.36
3	0.33	—	—

4. 温度ひび割れ制御対策

温度ひび割れを制御する対策は、解析結果、工程制約及び施工実績等を踏まえ、体積変化を抑制する方法のうち、収縮ひずみを低減する「膨張材添加」と温度上昇を抑制する「パイプクーリング」を選定し、対策による効果を温度応力解析にて検証した。

5. 膨張材添加による対策

膨張材による対策は、コンクリート打設時に膨張材を添加するものであるため、解析モデルは当初の解析モデルと同様とし、コンクリートの膨張ひずみの算定式を使用して解析を行った。

解析の結果、第1リフトでは内部拘束がひび割れ指数低下の主要因であるため、膨張材添加の効果が見られず、目標値を満足できなかった。一方、第2リフトでは床版の外部拘束による影響が緩和し、ひび割れ指数に改善が見られたが、一部の断面を除き、目標値を満足できなかった(Fig. 4)。

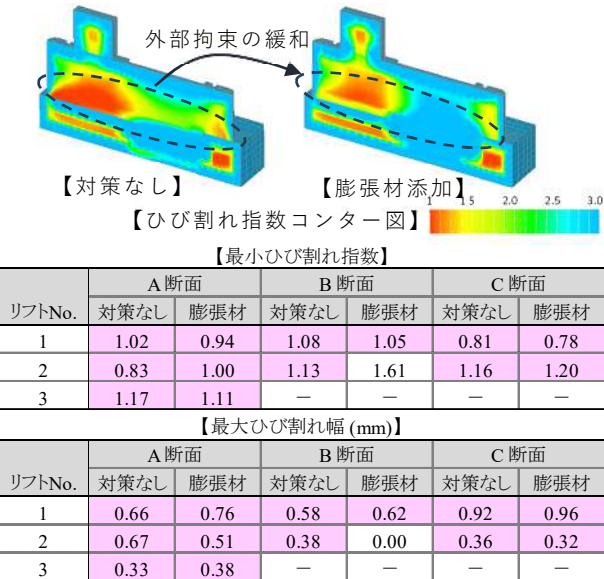


Fig. 4 解析結果 2 (膨張材添加)
Analysis Results 2 (Expansive-agent Addition)

6. パイプクーリングによる対策

パイプの設置は、床版中心高さや堰柱と橋台の中心断面に概ね50cm間隔で水平に設置するものとし、当初の解析モデルに埋込要素として追加した。

解析の結果、対策なしの場合と比較してピーク温度が約5℃～20℃低下しており、全ての断面・リフトにおいてひび割れ指数が目標値を満足する結果となり、パイプクーリングの効果が確認された(Fig. 5)。

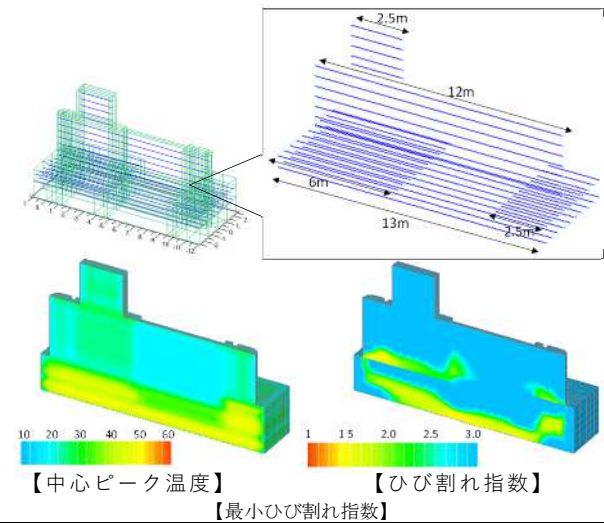


Fig. 5 解析結果 3 (パイプクーリング)
Analysis Results 3 (Pipe Cooling)

7. おわりに

本報では、温度ひび割れ制御対策としてパイプクーリングによる効果が確認された。但し、実施工においては、外気温やリフト割り等の条件が異なるものと想定されるため、実際の現場条件に基づく詳細検討が必要である。また、対象施設は今後施工される予定であるため、施工段階での解析及び対策内容を確認し、今後の設計段階の解析に活かしていくことが重要である。

UAV を用いた建築施設外壁のひび割れ調査と ひび割れ検出 AI を用いた画像解析の事例 A Case Study on UAV-Based Crack Investigation and Image Analysis Using AI-Based Crack Detection

○武藤 啓悟*

MUTOU Keigo

1. はじめに

人口減少社会の進行に伴い、農村の振興および農業の成長産業化を図る上で、農業水利施設の戦略的な保全管理は重要な課題である。これらの施設の長寿命化およびライフサイクルコストの低減を実現するためには、新技術を活用した効率的かつ安全な点検・補修手法の導入が求められる。本報では、建築施設外壁補修の実施設設計において、省力化および安全確保を目的として実施した UAV（無人航空機）による外壁ひび割れ調査と、ひび割れ検出 AI を用いた画像解析の適用事例について報告する。

2. 対象施設とひび割れ調査・解析概要

ひび割れ調査の対象施設は、日光川河口排水機場（愛知県海部郡飛島村梅之郷地内、建築面積 1,795 m²）および尾西排水機場（愛知県一宮市明地地内、建築面積 937 m²）である。両施設はいずれも施設規模が大きく、外壁全体を対象としたひび割れ調査には多大な労力を要する。本調査では、省力化を目的として、UAV による外壁撮影と AI を用いた画像解析を組み合わせた調査手法を適用した。調査対象とするひび割れは、補修対象となる幅 0.2mm 以上のものとし、その幅および長さの計測は、社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」（富士フィルム株式会社）を用いた AI 画像解析により行った。解析に用いる画像は UAV により撮影したものである。

3. 画像解析原理

解析は、はじめに解析範囲を撮影した複数の画像から、AI がひび割れ、傷、へこみ、汚れ、埃、目地などの特徴をもとに、パズルのように 1 枚の合成画像を生成する。次に、この合成画像について、画像のピクセルサイズに基づき、AI がひび割れとして認識した線形の幅および長さを算出する。なお、解析精度を確保するために、解析に用いる画像は所定のピクセルサイズ、オーバーラップ率、ISO 感度、F 値などの撮影条件を満足している必要がある。

4. UAV を用いた建築施設外壁のひび割れ調査

(1) 撮影に使用する UAV の選定

撮影に使用する UAV は、対象における近接構造物の有無と撮影範囲を考慮して選定した。近接構造物がなく、広い平滑面を一度に撮影可能な場合には、汎用機として画素数が高く広範囲の撮影が可能で、風の影響を受けにくい Matrice350RTK(搭載カメラ：ZENMUSE P1、機体総重量 9.2kg、4,500 万画素)を使用した。

一方、近接構造物周辺部や、凹凸部など狭い範囲を撮影する必要がある場合は、小型

* (株)三祐コンサルタンツ Sanyu Consultants Inc

キーワード：UAV、AI 画像解析、ひび割れ調査、建築施設

(2) 飛行計画の立案

※1) 色塗部は近接目視調査部
 ※2) 外壁面を17の小ブロック(B1～17)に分割
 ※3) B7は小型機を使用それ以外は汎用機を使用
 ※4) 灰色部は近接構造物の影壁で近接目視調査を実施

拡大

水平変位 2.07mm
垂直変位 0.82mm

写真 1 解析結果例
Photo1 Example of Analysis Results

本解析で使用した AI は、コンクリート構造物のひび割れ検出を目的として開発されたものであるが、建築施設外壁の吹付タイル仕上げ面(青色および白色)に対しても、近接目視調査に相当するひび割れ検出性能を有することが確認された。一方で、日向部で撮影した画像では、近接目視調査結果と比較してひび割れ幅が過大に検出される傾向が確認された。このため、設計図面の作成は、日陰条件で撮影した画像を用いた解析結果を採用した。また、所定のピクセルサイズを確保した場合、小型機および汎用機の間で、ひび割れ検出性能に顕著な差異は認められなかった。さらに、塗装割れや壁面の汚れなどがひび割れとして誤認識されるケースも確認されたことから、解析結果については設計者による確認および判断が必要となった(写真 1)。

本業務では、UAV による外壁撮影と AI を用いた画像解析を組み合わせることで、足場の設置や、近接目視調査を必要とせずに外壁のひび割れ調査を実施することが可能となり、調査外業の大幅な省力化と安全性の向上が実現できた。一方で、調査対象が建築施設の吹付タイル仕上げ面であったことから、AI による解析結果については、塗装割れや壁面の汚れの誤認識を含む可能性があり、最終的には設計者による確認と判断が必要となった。そのため、調査内業における作業ボリュームは従来の近接目視調査を上回る結果となった。今後は、建築施設特有の窓部、開口部、底部などの凹凸部を含む画像合成精度の向上や、塗装面に対するひび割れ認識性能の向上により、内業負担の低減とともに、さらなる省力化及び実用性の向上が期待される。