

現場で行うコンクリート透気試験と養生効果について

長崎県土木施工管理技士会
株式会社 吉川組
現場代理人
満尾裕也

1. はじめに

1.1 工事概要

本工事は、国道57号森山拡幅（交通混雑の緩和および交通環境の改善を目的とした事業）の一部として、橋梁下部工（場所打杭工 $\phi 1000 \times 8$ 本・ $\phi 1500 \times 4$ 本、橋台工2基、RC橋脚工1基、他1式）を行うものである。

- (1) 工事名：長崎57号下井牟田赤崎高架橋下部工 P15・ランプ A1 外工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：長崎県諫早市
- (4) 工期：平成30年2月17日～平成30年11月30日



図-1 完成写真

1.2 コンクリート現場透気試験の目的

コンクリート構造物の劣化（鉄筋腐食）は、コンクリート表面部の緻密性（透気性能）と関係があることから、かぶり厚とともにコンクリート表面部の品質確認は、耐久性能を考える上で特に重要であると考えられる。表面部が密実であれば劣化因子が表面から浸透しにくくなり、構造物の劣化（内部鉄筋の腐食）を防ぐ事ができる。

そこで、表面部の品質を決定する上で重要な項目の一つである『養生』に着目し、事前に幾つかの試験養生を行い、表面部の品質（緻密性）を透気試験を行い評価し、適切な養生方法を本施工に採用する事を目的とする。

2. 現場における問題点

前項の目的とは別に、以下に対する検討も同時に行う。

本工事にけるコンクリート温度応力解析の結果は、最小ひび割れ指数=1.0から1.53の範囲にある。型枠解体の時期は $\sigma 7$ 以降の脱枠となるが、コンクリートの乾燥収縮とコンクリート表面の冷却によるひび割れに対し、さらなる抑制効果を期待し別途対策を講じる。なお、型枠の残置期間を7日からそれ以上に変更すると最小ひび割れ指数は増加傾向にあり、ひび割れの発生確率は抑制される事は理解しているが、工程（工期）の都合により脱枠時期を7日に設定し検討する。

また養生方法およびその検討については、限られた工事予算内で行うことから、高コストに繋がる材料や工法等は予算を圧迫するため採用し難いのが実情である。

3. 工夫・改善点と適用結果

3.1 各養生パターンの供試体作成

本施工に先立ち、施工と同配合の生コンクリート（24-12-20BB+石灰石及び高性能 AE 減水剤）を用い、角300程度で図-2①～④で供試体を作成する。供試体のパターンは当現場で実現可能であり、費用対効果を考慮した上で高コストなものは除外している。

- ①温度応力解析に基づく一般養生
- ②側面部の保水養生テープによる養生
- ③保水養生テープによる養生に加え、コン中にハイパーネットを使用
- ④上面部に被膜養生、側面部に浸透型養生剤を使用

各供試体の共通事項とし、材令7日までは一般養生を行い、その後脱枠し材令28日まで各養生を行う。天端被膜養生については材令0日で行う。また本施工は主に構造体表面の乾燥防止対策として構造物外部をブルーシートで覆い直射等に晒さない事を前提としており、供試体も同条件とする。

コンクリート表面の緻密性については、上記の養生面に着目する以前に、打設や締固めを適切に



図-2 供試体作成（左より①②③④）

行わないと効果が薄いので留意する必要がある。詳細は割愛するが、本工事においてもコンクリート打設時の打ち込み高さ調整、打設時間の調整、バイブレータの振動間隔や深さ、再振動などの対策を行い施工方法を規定している。

3.2 現場透気試験（本施工前供試体）

表層透気試験の留意点として、コンクリート表面の含水率が計測結果に影響を与えることが分かっているため、国土交通省東北地方整備局のコンクリート構造物の品質確保の手引き（案）平成27年12月版を参考に、コンクリート表面の含水率の上限目安である5.5%以下であることを含水測定機（CMX 2）を使用し確認した上で透気試験を行う。透気試験はパーマツール（Torrent 法）【NETIS:QS-150029-A】を使用する。

透気試験の原理及び評価は、新技術概要説明情報より抜粋し、それぞれ図-3及び表-1に示す。

透気試験は各供試体の側面4カ所を計測し評価を行う。天端面の評価は各供試体の上面を計測する。計測状況を図-4に示す。

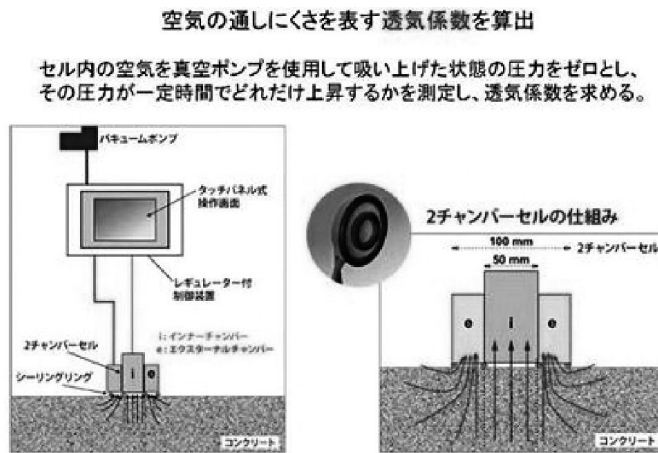


図-3 原理（ダブルチャンバー法）

表-1 一般的な透気係数（KT 値）の評価

クラス	透気係数 (KT値)	評価レベル	コンクリートの品質
PK1	0.01未満	非常に透過しにくい	◎（非常によい）
PK2	0.01以上～0.1未満	透過しにくい	○（よい）
PK3	0.1以上～1.0未満	一般的な透過性能	○（普通）
PK4	1.0以上～10未満	透過しやすい	×（悪い）
PK5	10以上	非常に透過しやすい	×（非常に悪い）



図-4 透気試験状況

3.3 現場透気試験測定結果

各供試体1箇所のみでの測定だと、計測結果にバラツキが生じる可能性が過去の経験から予見されるため、1供試体4カ所の結果を見て判断を行う。

計測結果を下表(表-2)に示す。

実施工と同様に供試体もブルーシート養生(σ28まで)を行っている影響もあり、一般養生、保水養生テープ、浸透型養生剤による養生結果(透気係数)は、平均でKT値=0.315から0.283の間に納まっており表-1の品質評価では一般的な透過性能となっている。

次にハイパーネット+保水養生テープの結果に

表-2 測定結果一覧

供試体名	測定場所	透気係数(KT値)	含水比	品質評価
一般養生	①	0.12	5.20%	○ 普通
	②	0.33		○ 普通
	③	0.56		○ 普通
	④	0.25		○ 普通
	平均値	0.315		-
保水養生テープ	①	0.12	5.40%	○ 普通
	②	0.5		○ 普通
	③	0.25		○ 普通
	④	0.33		○ 普通
	平均値	0.300		-
ハイパーネット + 保水養生テープ	①	0.052	5.40%	○ 良い
	②	0.12		○ 普通
	③	0.093		○ 良い
	④	0.13		○ 普通
	平均値	0.099		-
浸透型養生材(側面)	①	0.35	5.20%	○ 普通
	②	0.48		○ 普通
	③	0.15		○ 普通
	④	0.15		○ 普通
	平均値	0.283		-
被膜養生材(天端)	①(一般養生)	0.0032	5.20%	◎ 非常に良い
	②(一般養生)	0.0062		◎ 非常に良い
	③(一般養生)	0.018		○ 良い
	④(被膜養生)	0.084		○ 良い

ついて、まずハイパーネットはコンクリートの内部拘束に起因するひび割れや、乾燥収縮等によるコンクリート表面より発生するひび割れに対して有効であるとされているため、その効果に期待して利用する。結果一覧の①と③の値はそのハイパーネットに平行した面であり、そのKT値は、0.05と0.09となっている。②④の値と比較すると僅かではあるが優れた値となった。明確な根拠を示す事は目的がそれではないのでできないが、ハイパーネットの収縮抵抗がコンクリート表面に作用し密度を保っていると考察する。何れにせよ、KT値の平均は、0.1を下回っており、透過しにくいという評価になっている。

被膜養生剤を用いた養生(供試体の天端面)では、一般養生(湿潤)が3供試体と被膜養生剤が1供試体での比較となるため、参考値となるが共にKT値=0.1未満となっており、透過しにくいという評価であり、特に湿潤養生では非常に透過しにくい結果となった。

3.4 現場養生方法の採用と結果

前項の結果から、透気係数(KT値)の平均値が最小であるものを採用し、本施工時の養生方法をハイパーネット+保水養生テープに決定する。打継目処理後の養生は、基本的に一般養生とし、常時湿潤状態となるようタイマー式の簡易散水設備を設けている。天端面においては長期的な養生効果を得るため被膜養生を行う。

前述したが、コンクリート構造物の密実性や緻密性は養生効果だけでは得られないため、コンクリート打設時の締固めや所定のかぶり厚確保など適正な施工が成された上での付加的な対策(追加養生)であることを再度申し上げておく。

本施工時の現場透気試験(図-5)はRC橋脚工の柱部で4カ所、供試体確認時と同じ材令(30日)で行った。材令28日経過後、試験箇所の保水養生テープを角30cm程度に切り取り、直後は保水効果を保っており表面含水比が高め(5.5%以上)であるため2日程度乾燥させた後、透気試験



図-5 透気試験（本施工時）

を行う。

本施工時の透気試験結果は以下の通り（表-3）となり検討時の供試体と比較すると、より良好な結果となった。これは比較する部材の厚さによる保水性の違い、施工方法（良好な転圧）、また供試体の作成から試験は7月から8月、本施工は9月に打設し10月に試験を行っており平均外気温がコンクリート養生に有利に働いたと考察される。

以上のことから、一般養生の緻密性よりも優れた結果となり、コンクリート構造物の初期の耐久性向上としては評価できるものとする。

表-3 測定結果（本施工時）

試験箇所	測定場所	透気係数 (KT値)	含水比	品質評価
RC橋脚工 (P15・柱部)	起点側	0.0046	4.3	◎ 非常に良い
	左側	0.012	4.8	○ 良い
	終点側	0.014	4.7	○ 良い
	右側	0.001	4.4	◎ 非常に良い
	平均値	0.008	-	◎ 非常に良い

4. おわりに

コンクリートひび割れ抑制対策としてのコンクリート養生や材料、施工方法については、さまざまな文献や実例を基に現場で工夫など行っているが「コンクリート表層の緻密性」に着目し養生方法の検討から透気試験を行ったのは今回が初めて

である。その緻密性をより向上させるため、本文中で述べたような対策を行っているが、一般的なコンクリートの透気係数の値は1.0未満であり、そこを目標とした場合、表-2の一般養生の測定結果を見てもKT値は0.12から0.56の範囲であることや、供試体との材令が異なるため参考値であるが、本施工の際に興味本位で測定した通常養生面（フーチング部）での結果は、KT値=0.019から0.48の範囲であった。このことから適切な施工を行い適切な養生を行えば、一般的な透気係数を下回る（1未満にする）のはそう難しくはないと考えている。

コンクリート構造物が十分な耐久性を発揮するために必要な、初期品質としての表層コンクリートの緻密性は明らかになっていない。共用後はその構造物の使用環境等から受ける影響が大きいとされているからである。しかし環境作用の影響を受けたとしても十分な耐久性を発揮させるには、現状、ひび割れ抑制対策とコンクリート表層の緻密性の初期値をより向上させることが努めだと思っている。

最後に、現場透気試験は外注して行った事は何度かあるが、これは単純に、特に対策を行っていない通常施工の供試体と、ある対策を施した供試体の2パターンのみで結果を比較する程度であった。今回初めて本施工前に養生パターンの検証を行い、施工現場で直接的に「見える効果（数値）」として確認し自信をもって本施工に採用できた事に意義を感じる。

これまで感覚や経験、またメーカー仕様の数値に頼ってきた事を、現場で数値として見える化できたことは、土木技術者として有意義に感じ事が出来たので、今後のさらなる技術力向上に繋げていきたいと思う。