

コンクリート構造物の透気性に着目した品質検査手法の検討

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 大阪事務所/技術計画課駐在 正会員 ○山口 大樹
西日本高速道路(株) 湯浅 利幸

1. 研究の背景と目的

コンクリート構造物の耐久性能は、かぶりコンクリートの厚さと品質に大きく支配される。NEXCO 西日本では、かぶり厚さを鉄筋探査機(電磁波レーダ法、電磁誘導法)で検査し、かぶりコンクリートの品質は、主に圧縮強度試験(反発硬度)で検査している。しかし、劣化因子に対する耐久性の評価が行われてこなかった。

既往の研究によると、必ずしも「強度＝耐久性」ではないことが指摘されており、配合や施工方法等が異なれば、コンクリート構造物の耐久性は必ずしも一致しない。このため、コンクリート構造物の耐久性を定量的に確認することは重要である。

本研究では、コンクリート構造物表層部の物質移動抵抗性を評価する非破壊試験機として表層透気試験機に着目し、供試体試験と実構造物試験の相対比較を実施し、表層透気試験の有効性や測定結果について報告するものである。

2. 表層透気試験の概要

本研究では、コンクリート表層部の物質移動抵抗性を測定する試験機として、表層透気試験機(写真-1)について検討した。表層透気試験機は外部チャンバーを有したダブルチャンバー法と呼ばれるもので、施工現場で容易に測定できることから、コンクリート表層部の品質を評価するには適している方法である。測定結果は、透気係数(kT) $10^{-16}m^2$ で表示され、透気係数が小さければ表層部がより密実であることになる。



写真-1 表層透気試験機

3. 表層透気試験導入への検討

表層透気試験の品質管理への適用の検討フローを(図-1)に示す。測定値に影響するセメント種別・養生条件をパラメータとして供試体試験を行った。また、実構造物試験は、供試体を作成した同一配合(A1-3(BB))で施工された橋脚で実施し、供試体と実構造物の透気係数を比較した。

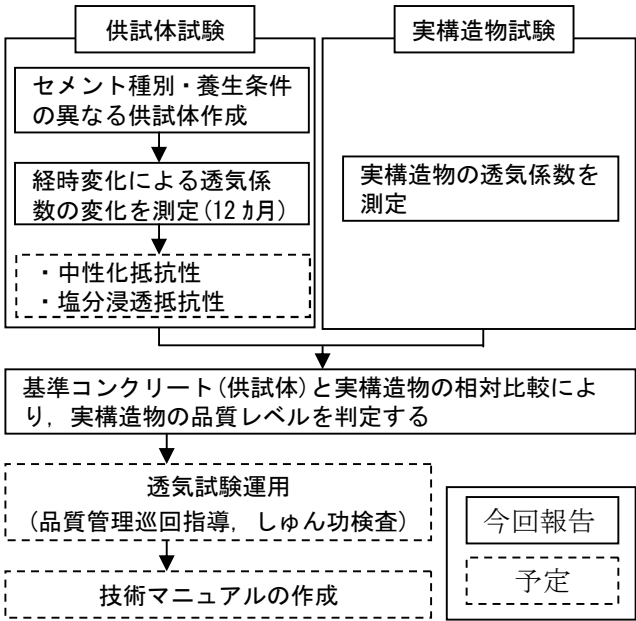


図-1 検討フロー

3.1 供試体作成による透気係数の測定

①コンクリート配合

供試体の配合および使用材料を、(表-1)に示す。

②供試体および養生条件

透気試験を実施する供試体は、JIS A 1132 に準拠した曲げ強度試験用型枠(150×150×530mm)を用いて作成し、所定の養生期間中は湿潤養生を行った。

A1-3(N) : 養生 1 日, 5 日, 28 日

A1-3(BB) : 養生 1 日, 7 日, 28 日

A1-3(L) : 養生 1 日, 14 日, 56 日

表-1 コンクリート配合

配合種別	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S1	S2	G	Ad
A1-3(N)	48.0	41.1	168	350	224	518	1067	2.80
A1-3(BB)	48.0	41.1	168	350	223	514	1058	2.54
A1-3(L)	48.0	41.1	168	350	226	519	1072	2.63

N:普通ポルトランドセメント	3.16g/cm ³
BB:高炉セメント B 種	3.02g/cm ³
L:低熱ポルトランドセメント	3.22g/cm ³
S1:石灰砕砂(大分県津久見産)	2.69 g/cm ³
S2:砕砂(大阪府高槻産)	2.66 g/cm ³
G:砕石(大阪府箕面産)	2.68 g/cm ³
Ad:AE 減水剤(高機能タイプ)	

※A1-3(BB)配合は、3.2に示す実構造物に使用された配合

キーワード 透気係数, Torrent 法, コンクリート構造物, 密実性, 物質移動抵抗性, 耐久性

連絡先 〒565-0805 大阪府吹田市清水 15-1 西日本高速道路(株) 関西支社 建設事業部 技術計画課 Tel 06-6876-3370

3.2 実構造物における透気係数の測定

実構造物(橋脚)は、7リフトで施工されており、1リフトあたり約5mである。2リフトから4リフトまでは高さ方向に3断面、1断面につき10点の測定を実施した。また、5リフトから7リフトまでは高さ方向に1断面(10点)の測定を実施した。

当該橋脚の養生に関して、コンクリート打設後(5～10日程度)の型枠内での養生に加え、型枠脱型後に「気泡入り緩衝材」を橋脚に巻き付け養生期間を長く取っている。

4. 測定結果および考察

(図-2)に、3.1で作成した供試体の透気係数と材齢の関係を示す。なお、材齢についてはコンクリート打設時を起点としている。

透気係数は、時間の経過とともに増加している。従って、透気試験を若材齢で行うほど見かけ上小さな透気係数が得られやすいことを示しており、実際の品質を過大に評価してしまう可能性がある。

同一セメント種別において、透気係数を相対比較すると、養生条件が悪い(養生日数が短い)と大きくなることが分かる。また、この傾向は水和反応の遅い低熱ポルトランドセメントを用いた場合に顕著にあらわれる。これは、ごく早期に養生を打ち切った場合、コンクリート表層部から水分逸散が生じ水和反応を十分に引出すことができず、表層組織の緻密化を図ることができなかったことを示唆している。

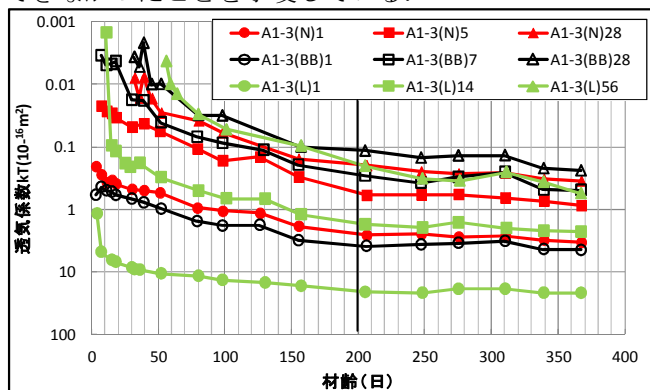


図-2 透気係数と材齢の関係(供試体)

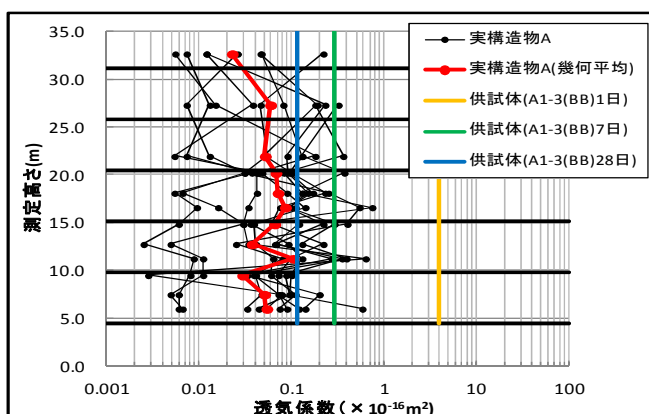


図-3 透気係数(実構造物)

(図-3)に、3.2で測定した実構造物の透気係数と測定高さの関係(折線)を示す。また、この図の3本の直線は実構造物と同一配合の供試体の透気係数を示すものである。なお、実構造物の測定時期は概ね材齢200日であり、各供試体における透気係数の基準値も概ね材齢200日の値を記載している。

- ①同一高さでの透気係数のバラつきが大きい。
- ②同一リフトにおける各高さ方向の透気係数(幾何平均値)は概ね同様の傾向である。
- ③実構造物の透気係数(幾何平均値)は供試体の透気係数(養生1日)より小さい値であり、その差は大きい。

5. PC 上部工工事における透気係数の測定

(図-4)に、PC 上部工(現場打ちコンクリート)における透気係数の測定結果を示す。なお、比較対象として3.2で測定した実構造物(橋脚)の測定結果も記載する。

A・B(PC 上部工)工事は材齢3日で、C(PC 上部工)工事は材齢2日で型枠を脱型し緊張作業を実施している。特に、C(PC 上部工)工事で用いられているコンクリート(W/C=42～43%)は、実構造物(橋脚)で用いられているコンクリート(W/C=48%)と比較して、水セメント比が相当低いにもかかわらず、透気係数の測定結果が大きい。

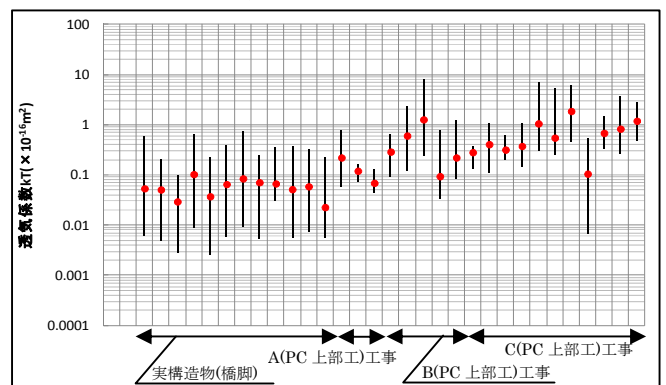


図-4 PC 上部工工事における透気係数の測定結果

6. まとめ

本研究では、セメント種別、養生条件の違いがコンクリート表層部の透気係数に及ぼす影響について試験を実施するとともに、実構造物の透気係数を測定し供試体との相対比較を実施した。今回得られた知見を以下に示す。

- ①養生条件(養生日数)の差を透気係数で評価できる。
- ②水和反応が遅いセメントは、特に湿潤養生に留意する必要がある。
- ③実構造物(橋脚)の透気係数は、養生不足(養生日数1日)の供試体に比べ小さな値を示し、その差は大きい。
- ④弱材齢での型枠脱型は、コンクリート表層部の緻密化を図れていない可能性がある。

以上より、透気係数を用いた品質検査を導入し活用することで、コンクリート構造物の耐久性向上の一翼を担うことができると考える。