

構造物表面のコンクリート品質と
耐久性能検証システム研究小委員会
(335委員会) 成果報告書
およびシンポジウム講演概要集

3.3.2 Torrent らの手法

本手法は、コンクリート表層部の透気性を非破壊で測定することで、施工等の影響を強く受けるかぶりコンクリートの品質を把握するものである。設計時に定められたコンクリートの品質について非破壊試験を用いて実測し、建設後のコンクリートの品質を評価しようとするものである。本手法を用いれば、圧縮強度を用いた品質管理や、製造・施工のプロセスによる品質管理・検査といった、言わば間接的な方法ではなく、耐久性に強く影響する物質移動抵抗性に関する指標（透気性）を用いて、コンクリートの表層品質に関する竣工後の検査が直接可能になる。RILEM における”Technical committee on Non-destructive Evaluation of the cover concrete”（RILEM TC 189-NEC, 2001）において、精力的に活動が進められてきた^{7),13)}。

構造物中のコンクリートの非破壊検査方法として、電気抵抗と透気特性の計測が提案されている（R. Torrent⁵⁾, C. Andrade⁸⁾）。かぶりコンクリートの透気性を測定する方法として、これまでに様々な方法が提案されている。なかでも、最も信頼性の高い測定技術の一つに、ダブルチャンバーに基づく非破壊透気試験法（トレント法、図 3.3.1）がある⁵⁾。

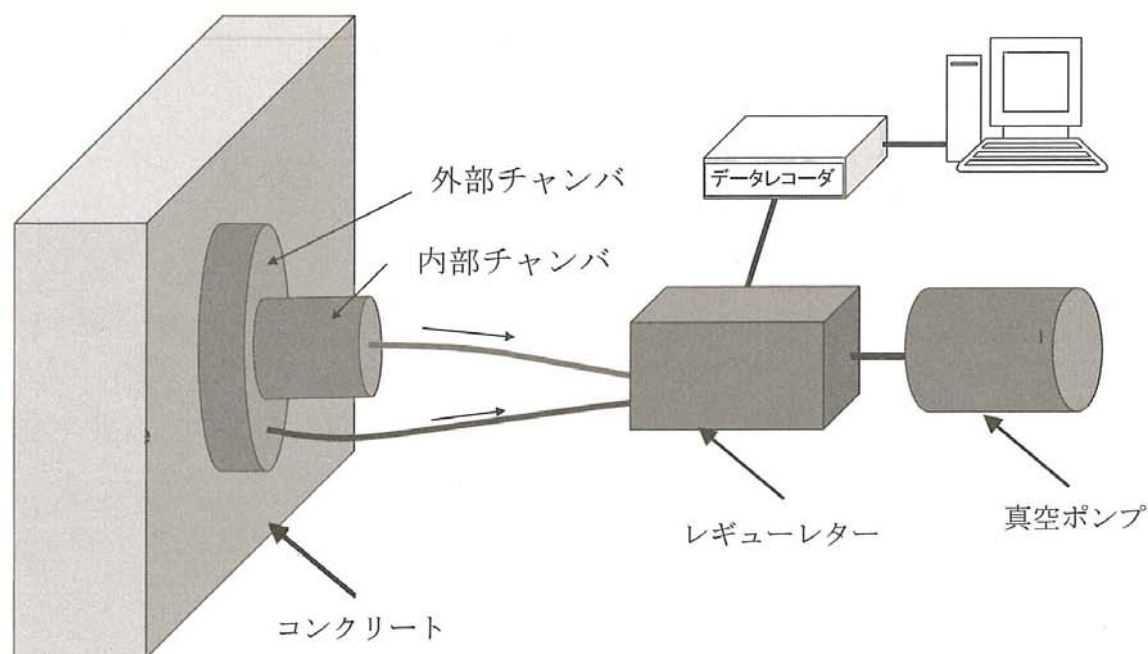


図 3.3.1 トレントのダブルチャンバー透気特性の計測装置

トレント法で得られる透気特性に基づき、かぶりコンクリートの品質クラスが、表 3.3.3 のように提案されている⁵⁾。構造物中のかぶりコンクリートの品質評価が非破壊で可能である。ただし現場計測を行う場合、コンクリートの含水状態の影響があるため、その点については留意が必要である。

表 3.3.3 透気係数に基づく品質クラス分け（透気試験方法：トレント法）

| 透気係数 (10^{-16}m^2) | 品質指数 | 品質クラス |
|--------------------------------|------|-------|
| 0.001～0.01 | 1 | 優 |
| 0.01 ～ 0.1 | 2 | 良 |
| 0.1 ～ 1 | 3 | 一般 |
| 1 ～ 10 | 4 | 劣 |
| 10 ～ 100 | 5 | 極劣 |

この他、Torrent らは、電気抵抗を DIIs として利用する検討も行っている（図 3.3.2）。電気抵抗の計測については、従来、コンクリートの含水状況を評価するための手法であったが、コンクリートを飽和状態に保ったまま計測することにより、耐久性を支配する連続空隙のネットワークの情報が得られるため、耐久性能評価に供されている⁸⁾。この場合、DIIs はかぶり厚さと電気抵抗である。

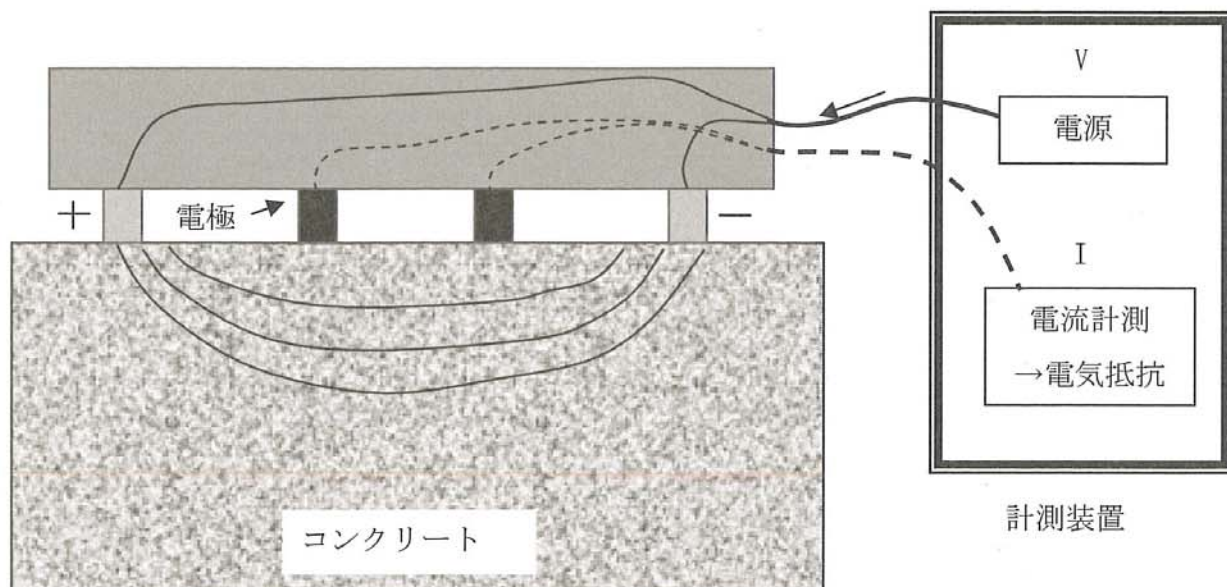


図 3.3.2 4 極電気抵抗の測定装置

Torrent は、実構造物において測定される表層コンクリートの透気係数およびかぶり厚さを DIIs に用いた、設計段階から考慮可能な手法を提案している。図 3.3.3 および下記においてその概要を示す、詳細は参考文献⁷⁾を参照されたい。

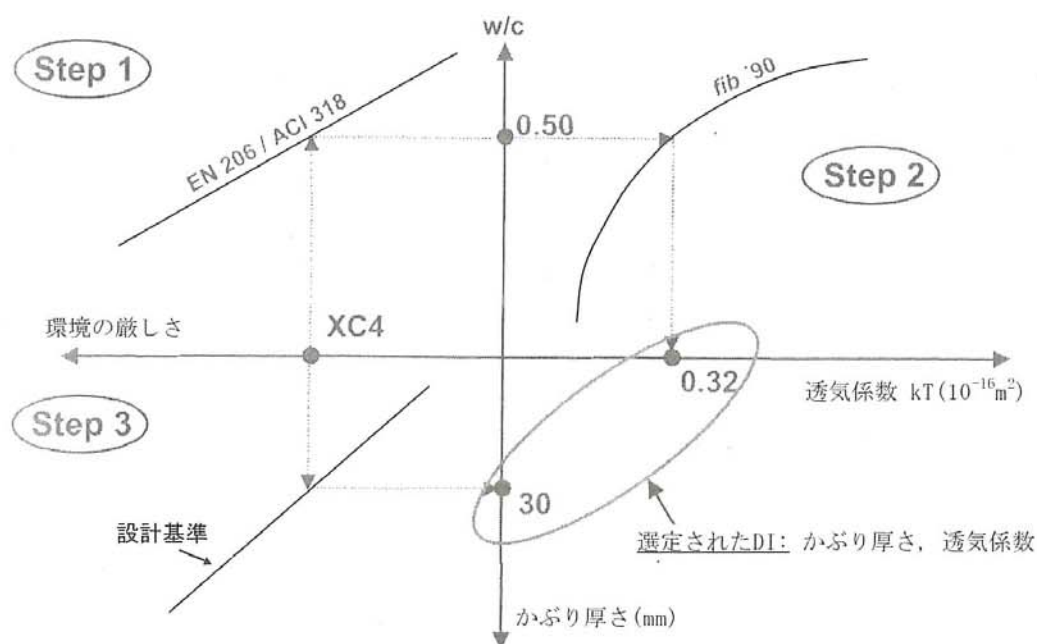


図 3.3.3 透気特性に基づく性能設計案⁷⁾

鉄筋腐食に着目すると、かぶり厚さおよび物質移動抵抗性を表す透気係数が DI_s となる。必要かぶり厚さおよび透気係数は図 3.3.3 に示す 3 ステップで決定する。

ステップ 1： 環境の厳しさから最大水セメント比を決定する^{9)~11)}。たとえば、表 3.3.4 に EN206⁹⁾ の基準を示す。図 3.3.3 に示す例では、XC4 に対応して、最大水セメント比 0.5 が決定される。

ステップ 2： ステップ 1 で決定したセメント比から透気係数(kT)に変換する¹²⁾

$$\log kT = -(19.5 \times W/C)$$

ここに、kT：トレントダブルチャンバー法による計測結果

図 3.3.3 に示す例では、 $kT=0.32 \times 10^{-16} \text{m}^2$ が計算される。

ステップ 3： 環境の厳しさから最小かぶり厚さを決定する。

図 3.3.3 に示す例では、EN206-1 により、最小かぶり厚さが 30mm となる。

表 3.3.4 各環境条件におけるコンクリートの最大水セメント比と目標透気係数⁹⁾

| 環境条件 | 記述 | 最大 W/C | 透気係数の目標(kT) (10 ⁻¹⁶ m ²) |
|------------|--------------|--------|---|
| X0 | 腐食リスクがない | -- | -- |
| 中性化による鉄筋腐食 | | | |
| XC1 | 乾燥, あるいは常時湿潤 | 0.65 | 1.78 |
| XC2 | 湿潤 | 0.60 | 1.00 |
| XC3 | 中程度の湿度 | 0.55 | 0.56 |
| XC4 | 繰り返し乾燥・湿潤 | 0.50 | 0.32 |
| 海水による鉄筋腐食 | | | |
| XS1 | 飛来塩分 | 0.50 | 0.32 |
| XS2 | 海水中 | 0.45 | 0.18 |
| XS3 | 干満帯, 飛沫帯 | 0.45 | 0.18 |

3.4 DI_s による第一大戸川橋梁の調査結果に基づいた品質クラス

表 3.3.3 に示すかぶりの透気係数（トレント法）に基づく品質クラス分けを用いて、各場所の計測結果を評価した結果、品質クラスは場所によって異なるが、特に、標準桁や実桁では非常に高い品質を示した（表 3.4.1）。

表 3.4.1 かぶりの透気係数に基づく品質クラス分け

| 計測場所 | 透気係数（平均） (10 ⁻¹⁶ m ²) | 品質指数 | 品質クラス |
|-------|--|------|-------|
| 標準桁 A | 0.005 | 1 | 優 |
| 標準桁 B | 0.002 | 1 | 優 |
| 実桁 | 0.005 | 1 | 優 |
| 橋台 | 0.135 | 3 | 一般 |

3.5 まとめ

本章では、欧州におけるコンクリート構造物の耐久性能を保証するための新たな手法として、Durability indicators（耐久性指標、DI_s）および DI_s を用いた設計手法について概要を紹介した。コンクリート構造物の表層品質は、かぶり厚さのみならず配合や養生条件等に支配される物質移動抵抗性などに支配されるものであり、構造物の設計耐用年数や環境条件に応じて DI_s の要求レベルを決定するプロセスが提案されており、実務への適用も進められている。今後の動向に注目したい。