

技術の焦点

28

清水建設（株）土木事業本部
技術第一部 課長
前田敏也

コンクリート構造物の調査

はじめに

構造物を適切に維持管理するためには、適宜調査を行って構造物の状況を把握し、その結果に基づいて健全度評価や対策の要否判定を行う必要がある。調査はその内容や頻度、目的によって初期点検、日常点検、定期点検、詳細調査、臨時点検、緊急点検等に分類される。このうち、詳細調査は、日常点検や定期点検における目視調査では不可能な、内部欠陥や劣化原因の把握および定量的な健全度評価のために行う。詳細調査では目視のみならず各種の機器を用いた調査を行うが、目的に応じて適切な項目、方法を選定する必要がある。今回は、コンクリート構造物の詳細調査手法についてその概要を示す。

コンクリート強度

コンクリート強度は構造物の耐力を評価する上で必要不可欠なデータである。新設構造物では、コンクリート強度が設計基準強度を下回ることはほとんど無いが、施工記録が残っていないような構造物や劣化が著しい構造物のコンクリート強度を把握するためには、実構造物に対する調査が必要である。代表的な調査手法として、 $\phi 50\sim100\text{mm}$ 程度のコアを採取して圧縮試験を行う方法と、非破壊試験で強度を推定する方法がある。当然のことながら、精度は圧縮試験のほうが高いが、サンプリング数が制限を受けるため、コア採取と非破壊試験を併用するのが現実的である。非破壊試験による推定には、シュミットハンマー（写真1）による反撃硬度法や超音波法およびこれらの複合法等があるが、コンクリートの表面状態や含水状態、材齢等の影響要因が多く、

写真1 シュミットハンマー



また、推定式も複数提案されており、今のところコンクリート強度を精度良く推定できる決定的な手法が存在しないのが実情である。

かぶり

鉄筋のかぶりは設計図書に明記されているが、図書が現存しない場合や現存しても配筋にばらつきや乱れがある場合には、実構造物においてかぶりを調査して鉄筋腐食に対する耐久性の照査を行う必要がある。かぶりの測定は、コンクリートをはつて鉄筋を露出させることにより直接測定できるが、ばらつきが大きい場合には複数箇所に対する調査が必要となる。このような場合には、非破壊試験との併用が現実的である。非破壊試験には、電磁誘導法、レーダー法、X線透過法等がある。電磁誘導法は、コンクリート中の金属に反応して鉄筋位置を推定する手法であり、比較的取扱いが簡易であることから、現場での鉄筋検査にも利用されている（写真2）。電磁誘導法やレーダー法は、鉄筋間隔が密な場合には鉄筋位置の判定が困難になる。また、X線透過法は、コンクリート内部の鋼材、欠陥等を画像解析により

写真2 電磁誘導法



直接目視で確認することができるが、X線の透過距離は600mm程度であり、放射線に対する安全性等の問題がある。

浮き、はく離、空隙

トンネル覆工コンクリートや高架橋コンクリートの落下は、施工時の不具合や施工後の鉄筋腐食に起因するコンクリートの浮き、はく離や空洞といった内部欠陥が原因である。これらの調査では、ハンマーによる打撃音の違いを調査技士が官能的に評価して劣化箇所を判定する打音調査が慣習的に取り入れられている。しかし、欠陥箇所が深い場合には打撃音に有意な差が生じないことや、判定結果が調査技士の勘や経験に左右される等の問題がある。このような状況から、コンクリート中の欠陥箇所をある程度の精度で効率良く客観的に調査する手法の開発が望

まれている。現在、赤外線やレーダー、超音波を用いた非破壊試験法が開発されており、一部では既に実用化されている。しかし、測定能力や精度、調査環境等の制約を受けることが多い等の課題がある。

鉄筋腐食

鉄筋腐食は構造物の耐力のみならず、耐久性を評価する上でも重要な要因である。鉄筋腐食はコンクリート表面に錆汁やひび割れといった形で顕在化するが、このような状態では腐食はかなり進んでいる場合が多い。したがって、初期の段階では非破壊試験による広い範囲を対象とした調査、また、非破壊試験により腐食が進行していると判定される場合や、顕在化した段階ではコンクリートをはつて直接鉄筋の腐食程度を確認するのが現実的である。非破壊試験には、自然電位法、分極抵抗法、交流インピーダンス法等の電気化学的な手法が用いられている。これらの中で、自然電位法による腐食評価は、表1に示すように、測定された電位によって腐食の有無を確率論的に判定している。ただし、電位の測定には、コンクリートのかぶり、含水状態、中性化や塩化物イオンの浸透等が誤差要因となることが指摘されており、評価の際にはこれらの影響を考慮する必要がある。

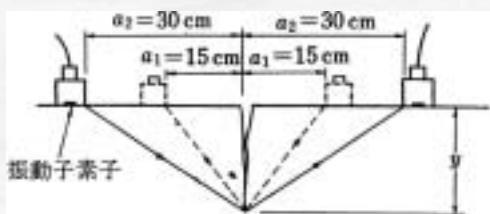
ひび割れ深さ、幅

コンクリート構造物の代表的な劣化現象であるひ

表1 自然電位による腐食判定 (ASTM)

自然電位 E	腐食の判定
$-200\text{mV} < E$	90%以上の確率で腐食が生じていない
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	不確定
$E \leq -350\text{mV}$	90%以上の確率で腐食が生じている

図1 ひび割れ深さの測定

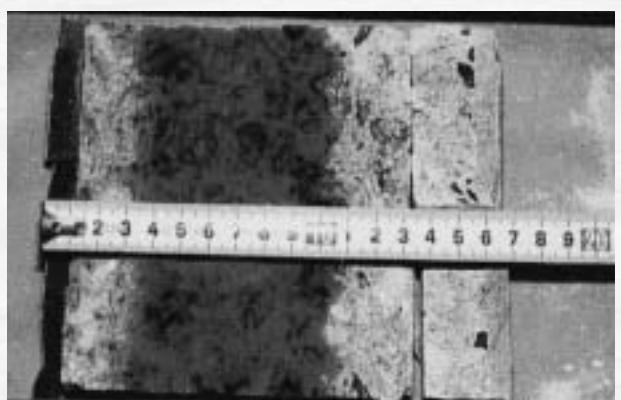


ひび割れは、その幅や長さ、密度を外観上の指標として評価できる。ひび割れ幅については、クラックスケールによる測定が最も簡易で一般的であるが、経時変化を調査するためには、ひび割れを挟んで標点を設置し、その標点間をマイクロメータ等で測定する。また、最近では画像処理技術を応用してデジタルカメラで撮影した画像から、ひび割れ幅や長さを効率的に処理する技術も開発されている。ひび割れ深さの測定は、ひび割れを含んだ状態でコア採取を行い、コアの側面のひび割れ深さを実測する方法がある。この際、予めひび割れに着色した樹脂を注入しておくと測定しやすくなる。また、非破壊試験では従来から超音波法が広く用いられており、ひび割れを挟んで発振・受振子を設置して測定を行い、超音波がひび割れ先端を回折して伝播する時間からひび割れ深さを算定している（図1）。ただし、ひび割れが途中で枝別れしている場合、ひび割れ両側のコンクリートが途中で接触している場合、ひび割れの途中に鉄筋等の異物が存在する場合には、誤差が大きくなる。

劣化深さ

劣化因子がコンクリート中に存在すると、コンクリートの組成が化学的に変化することを利用して劣化因子の存在や浸透深さを調査することができる。中性化深さは、フェノールフタレインがアルカリ性に対して赤く呈色することから、非呈色部分の深さ

写真3 中性化深さの測定



から中性化深さを測定できる（写真3）。また、塩化物イオンの浸透は、コアやドリルによって採取した試料を用いて化学分析を行い、コンクリート中に含まれる塩化物イオン量を測定する。この際、試料採取を深さ方向に行うことによって分布が明らかとなり、以後の浸透予測に有効なデータとなる。一方、アルカリ骨材反応における反応性骨材や化学的腐食の原因となる物質の有無は、偏光顕微鏡やX線、熱分析により、物質の成分レベルでの調査が必要である。

おわりに

詳細調査で用いる非破壊試験は精度面で課題を残してはいるが、使用する目的や要求精度によっては有効な手法である。例えば、相対的な品質の比較を行う場合や、コアボーリングやはつりといった直接的な調査方法と組合せることによって、より多くの情報を得ることが可能となる。調査計画を作成する際には、各調査手法の特徴を最大限活かせるように考慮することが重要である。

【参考文献】

ASTM C876-77 : Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete, 1985