

[問題4] 品質管理に関する次の設問1、設問2に答えなさい。

【設問1】 コンクリート構造物の品質管理の一環として用いられる非破壊検査に関する次の文章の [] に当てはまる適切な語句を解答欄に記入しなさい。

- (1) 反発度法は、コンクリートの [(イ)] を推定するために用いられる。
(2) 赤外線法は、表面温度の分布状況から、コンクリートの [(ロ)] などの箇所を非接触で調べる方法である。
(3) [(ハ)] 法は、コンクリート中を透過した [(ハ)] の強度の分布状態から、コンクリート中の鉄筋位置、径、かぶり、空隙などの検出を行うもので、比較的精度のよい方法であるが、透過厚さに限界がある。
(4) 電磁誘導法における鉄筋径やかぶりの測定では、 [(ニ)] が密になると測定が困難になる場合がある。
(5) 自然電位法は、電位の卑(低い)又は貴(高い)の傾向を把握することで鋼材の [(ホ)] の進行を判断するものである。

(23年1級)

解答

(イ) 強度 (ロ) ひび割れ (ハ) 放射能・X線 (ニ) 鉄筋 (ホ) 腐食

(1) 反発度法は、コンクリートの [(イ) 強度] を推定するためにテストハンマーなどを用いて検査する。

(2) 赤外線法は、表面温度の分布状況から、コンクリートの [(ロ) ひび割れ] などの箇所を非接触で調べる方法である。

(3) [(ハ) X線] 法は、コンクリート中を透過した [(ハ) X線] の強度の分布状態から、コンクリート中の鉄筋位置、径、かぶり、空隙などの検出を行うもので、比較的精度のよい方法であるが、透過厚さの限界、検査時の安全性の確保などの問題点もある。

(4) 電磁誘導法における鉄筋径やかぶりの測定では、 [(ニ) 鉄筋] が密になると測定が困難になる場合がある。

(5) 電気科学的方法の1つの自然電位法は、電位の卑(低い)又は貴(高い)の傾向を把握することで鋼材の [(ホ) 腐食] の進行を判断するものである。

非破壊試験機器を用いた試験

・目視観察及び打音法による試験のみでは十分な試験情報が得られない場合、非破壊試験器を用いた試験を行う。

■光ファイバースコープによる方法

光ファイバースコープをひび割れなどを通して、コンクリート内部の状況を観察する。

■反発硬度を利用する方法

テストハンマーなどを用いて、反発硬度を測定することにより強度を推定する。

■電気・磁気を利用する方法（電磁誘導法）

鉄筋探査計＝コイルに交流電流を流すことによりコイル周辺に磁界を発生させ、これによりコンクリート中に渦電流を誘起する。この渦電流は鉄筋のような磁性体が存在すると乱されるという性質を持っており、この変化をコイルのインピーダンスの変化として検知する。この変化によりコンクリート中の鉄筋の位置、径、かぶり、コンクリート中の含水量に関する情報を得ることが出来る。

■電磁波を利用する方法（X線法・レーダー法・赤外線法）

コンクリートを透過する電磁波を利用し、コンクリート中の鉄筋の位置、径、かぶり、空隙、ひび割れ、剥離などの情報を得る。利用する電磁波によりX線法・レーダー法・赤外線法などに分類される。

X線法＝X線法は、コンクリート中を透過したX線の強度の分布状態から、コンクリート中の鉄筋位置、径、かぶり、空隙などの検出を行うもので、比較的精度のよい方法であるが、透過厚さの限界、検査時の安全性の確保などの問題点もある

レーダー法＝コンクリート中の比誘電率異なる物質の境界において電磁波（マイクロ波）の反射が生じることを利用したものでコンクリートの表面に水分が多く存在する場合は、表面における反射が著しくなり内部探査が困難となる。また、鉄筋が密な構造の場合、鉄筋からの反射が卓越して測定精度が落ちるなどの問題点もある。

赤外線法＝構造物表面から放射される赤外線を放射温度計を用いて検知し、そのエネルギーの強さの分布映像化する方法で、ひび割れ、剥離、空隙などがあるとその部分において熱伝導率が異なることを利用してこれらの検知を行う。表面のよごれ、漏水、日照の程度により影響を受けるので注意をする。

■電気科学的方法

- ・電気科学的方法とは、鋼材の腐食現象が電気化学的現象であることを利用したもので、自然電位、分極抵抗、分極曲線などの計測方法がある。
- ・電気科学的方法によりコンクリート中の**鉄筋の腐食傾向、腐食速度**、電気的方法によりコンクリートの**比抵抗**がある。
- ・自然電位とは、コンクリート内部の鋼材とその周辺の平衡電位であると解釈でき、アノード部のアノード分極曲線とカソード部のカソード分極曲線の交点であると説明されているが、電位の卑（低い）の場合は腐食が進行している、あるいはその可能性が高い。電位の貴（高い）の場合は腐食が進行していない、あるいは進行していない可能性が高いと判断される。

参 考

局所的に破壊する試験および調査の方法

■局所的に破壊する試験とは、構造物のごく一部を破壊し、コンクリートの物性や劣化の状況を調査する試験である。

■目視観察および打音法による試験、あるいは非破壊検査機器を用いる試験で十分な情報が得られない場合、あるいはさらに精度の高い情報が必要とされる場合は構造物の一部を局所的に破壊する試験を行う。

■局所的に破壊する試験として、主として**コア抜き試験**および**はつり試験**がある。

■目的を大別すれば、**コンクリートの劣化の状況および程度を把握する試験**、および**鉄筋の劣化の状況および程度を把握する試験**に大別される。

I コンクリートの劣化状況および程度を把握するための試験方法.

①コア採取によるひび割れ深さの実測

コンクリート表面にひび割れがある場合に、ひび割れを含む範囲のコアを採取することにより、ひび割れの深さを実測することが可能である。ただし、アルカリ骨材反応などのようにコンクリートの深い部分までひび割れが発生する場合は、かなりの深さまでコアを採取する必要がある。コンクリートからのコアの採取は、JISA 1107 「コンクリートからのコア及びはりの切り取り方法並びに強度試験方法」に準拠する。

②採取したコアの載荷試験

採取したコアの**載荷試験**を行うことにより、圧縮強度、引張強度、弾性係数などの実測値を得ることができる。圧縮強度試験は、JISA1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、引張強度試験は、JISA1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」、静弾性試験は、JSCE-G 502 「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準拠する。

③コンクリートの中性化深さ試験

採取したコアの表面あるいは採取穴の断面、もしくは、はつり面に**フェノールフタレイン溶液**を噴霧することにより、**中性化深さ**を実測することができる。

④コンクリートの分析試験

採取したコアもしくははつり取ったコンクリート片を用いて、化学分析試験、蛍光x線分析試験、X線回折試験、熱分析試験、EPMA試験、光学顕微鏡試験、偏光顕微鏡試験、走査型電子顕微鏡試験などを行うことができる。これらの試験により、コンクリートの化学成分あるいは鉱物組成などに関する情報を得ることができる。

⑤塩化物含有量試験

採取したコアもしくは、はつり取ったコンクリート片を用いて、コンクリート中の塩化物含有量試験を実施することができる。**塩化物含有量**のコンクリート表面からの**深さ方向**の分布状況を把握できるとともに、見掛けの**拡散係数**を算出することができる。計測する塩化物含有量として、全塩化物含有量と可溶性塩化物含有量の2種類がある。全塩化物含有量は溶出液として硝酸を使用する

のに対し、可溶性塩化物含有量は溶出液として水を使用する。塩化物含有量の定量試験は、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準拠するとよい。

⑥配合分析試験

採取したコアあるいは、はつり取ったコンクリート片を用いて配合分析試験を行うことができる。精度的には必ずしも高いとは言えないが、コンクリートの配合を大まかに推定することが可能である。

⑦コンクリートの解放膨張量試験および残存膨張量試験

コアの採取直後を初期値とし、その後安定するまでの膨張量が解放膨張量である。その後、コアの促進膨張量試験を行うことにより、アルカリ骨材反応などによるコンクリートの残存膨張量を測定することが可能である。促進膨張の試験条件に画一的な方法はないが、高温条件下で試験を行う方法が最も一般的である。

⑧コンクリートの透気性、透水性試験

採取したコアを用いることにより、コンクリートの透気性および透水性の試験を実施することができる。採取したコアを深さ方向に段階的に試験することにより、深さ方向の分布も把握することが可能である。

⑨細孔径分布試験

採取したコアあるいははつり取ったコンクリート片のモルタル部分を試料として、モルタル部分の細孔径分布試験を行うことができる。水銀圧入式の細孔径分布試験装置が最も一般的に用いられている。コンクリートの劣化の進行に大きく影響する各種の物質透過性は、細孔径分布の影響を強く受けることから、細孔径分布試験によりコンクリートの耐久性に関する重要な情報を得ることができる。

⑩コンクリートの気泡分布試験

採取したコアの切断、研磨面において、気泡分布測定を行うことができる。測定方法については、リニヤトラバース法や修正ポイントカウント法が一般的であるが、測定の省力化を図るために画像処理法も行われるようになってきている。コンクリート中の気泡分布（例えば、気泡間隔係数）は、コンクリートの耐凍害性に大きく影響するため、凍害を検討する際には極めて重要な試験項目となる。

2 鉄筋の劣化度を把握するための試験方法

①はつり出しによる腐食状況調査

かぶりコンクリートを一部はつり落とし内部の鉄筋を露出させる。露出させた鉄筋の状況を目視で観察するとともに、残存径の実測を行う。これにより、これまでの腐食速度を推定することが可能となるとともに、残存引張強度の推定を行うことができる。また、重要な点検項目として、孔食の有無の確認がある。孔食が発生している場合、その部分だけ鉄筋の断面減少が著しく大きくなっていることもあり得る。このような状態は、構造的に極めて危険な状態にあるため、鉄筋の表面を観察する場合には孔食の存在を見落とさないようにすることが重要である。

②引張試験

はつり出した鉄筋の一部を切り出し、実際に引張試験を実施する。ただし、鉄筋の切り出しに際しては、構造上の影響を十分評価し問題がないことを確認するとともに、切り出した後は新たに補強筋を設けることを原則とする。