

新技術を活用した 施工管理の充実

独立行政法人土木研究所 総括主任研究員 **もりはま かずまさ**
森濱 和正

1. はじめに

1980年代前半、コンクリート構造物は塩害、アルカリ骨材反応による早期劣化が顕在化した。

1999年にはトンネル覆工コンクリートの剥落事故が発生し、これまでに蓄積してきた多くのコンクリート構造物の維持管理の重要性を思い知らされることとなった。

国土交通省は、トンネル覆工コンクリートの剥落事故を受け、99年8月30日に建設省、運輸省（ともに当時）、農林水産省は、新設構造物の耐久性向上、既存のコンクリート構造物の性能維持を目的に「土木コンクリート構造物耐久性検討委員会」（以下、委員会）を設置した。委員会では、コンクリートの製造・施工プロセス、既存コンクリート構造物の状態および維持管理について現状分析、今後の建設および維持管理のあり方について検討が行われ、2000年3月28日に「土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の提言について」（以下、提言）をとりまとめた¹⁾。

国土交通省では、提言に基づきさまざまな施策を打ち出している。本文では、それらの施策のうち非破壊試験を取り入れ、検査・管理の充実が図られている。その背景、概要などについて紹介する。

2. 委員会からの提言と 新たな検査・管理項目

委員会では、全国2,000以上の構造物について劣化状況とその原因を調査した。その結果、①古い構造物ほど劣化が進行し（図1）、②劣化原因は施工不良に伴うコンクリートの不良、配筋不良が多く、塩害、アルカリ骨材反応などによる劣化はわずかであること（図2）、などが明らかになった。これらの結果より、9点の提言を行っている¹⁾。

提言のうち検査・管理項目と、具体化された方

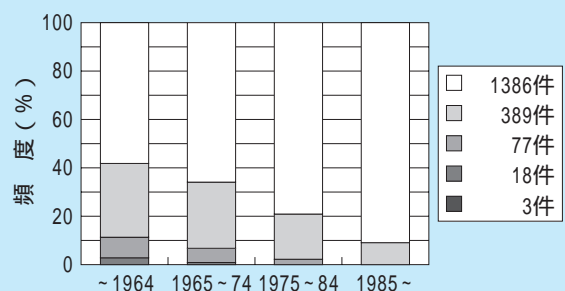


図1 竣工年代ごとの劣化度判定結果

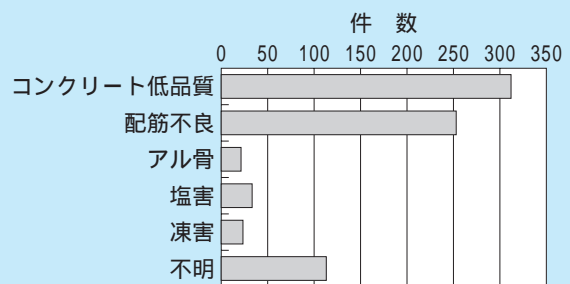


図2 劣化の種類ごとの件数

法は表 1 のようになっており、非破壊試験を用いるかぶり、強度試験について簡単に紹介する。

提言された 管理・検査項目	国土交通省の対応	
	通達年月	試験方法
変状把握	01.3	目視によるひび割れ状況調査
強度の確認		テストハンマーによる強度推定
単位水量確認	03.1	10種類の試験方法による単位水量測定
配筋状態・かぶりの確認	05.5	レーダ、電磁誘導による配筋、かぶり測定



写真 1 鉄筋腐食によるコンクリートの剥落

コンクリートを緻密にすることにより、炭酸ガス、塩分を入りにくくするという対策が考えられる。前者の対策に対して、かぶりが設計どおり確保できているかどうかを確認することが必要になる。後者の対策に対しては次節で緻密性の確認方法を紹介する。

3. かぶりの測定

(1) なぜかぶりを測定するのか

鉄筋コンクリート構造物の耐久性確保にとって最も重要なことは、鉄筋を腐食から防ぐことである。コンクリートはアルカリであり、防食性能を有している。しかし、空気中の炭酸ガスによってコンクリートはしだいに中性化する。また、海岸近くにある構造物は、塩分がコンクリート中に浸透し、しだいにコンクリートの防食性能は低下し鉄筋がさびやすくなる(図 3)。

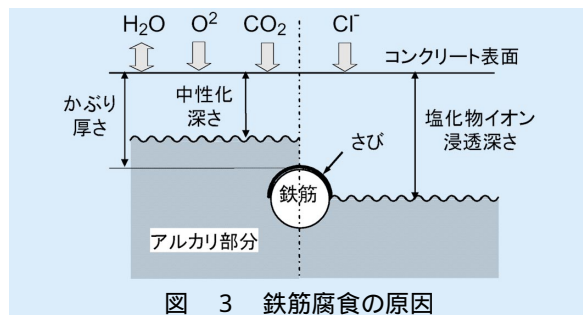


図 3 鉄筋腐食の原因

中性化や塩分が鉄筋に達すると、鉄筋が腐食して体積が膨張するため、コンクリートにひび割れを生じる。ひび割れから塩分が入りやすくなり腐食が加速し、コンクリートは剥落、鉄筋の断面積が小さくなり、耐荷力が低下するなど構造物に致命的なダメージを与える(写真 1)。

鉄筋を腐食から防ぐためには、鉄筋を塗装するなど特殊な対策によらない場合、図 3 からわかるとおりかぶりを確保することにより、中性化や塩分が鉄筋に到達する時間を長くすること、コン

(2) かぶりの測定方法

かぶりの測定に関しては、2005年5月に通知された。代表的なかぶり測定方法にはレーダ法と電磁誘導法がある。

レーダ法は、電波をコンクリート内に入れ鉄筋から反射して戻ってくるまでの時間を測定する。この時間と、コンクリート内を伝わる電波の速度から、かぶりを求める。具体的には、図 4 のようにレーダ装置を、測定したい鉄筋に直角に走らせる。そうすると、鉄筋位置で反射して図 5 のように傘のような波形が得られる。鉄筋位置までの時間(または機種によっては距離)を読みとり、かぶりが求められる。

ただし、電波は水分の影響で速度が大きく異なる。そのため、測定結果を補正する必要がある。その方法を以下の土木研究所のホームページに公開している。

[電磁波レーダ法による比誘電率分布(鉄筋径を用いる方法)およびかぶりの求め方: http://www.pwri.go.jp/jpn/tech_inf/kaburi/kaburi.pdf
解析プログラム: http://www.pwri.go.jp/jpn/tech_inf/kaburi/kaburi.xls]

電磁誘導法は、磁石を鉄に近づけると引きつけられる力が強くなり、離れると弱くなる、これと同じような原理を用いてかぶりを求める方法であり、この方法は鉄筋径も求めることができる。鉄

筋位置を画像化し、かぶりと鉄筋径を求めた結果の一例を図 6 に示す。

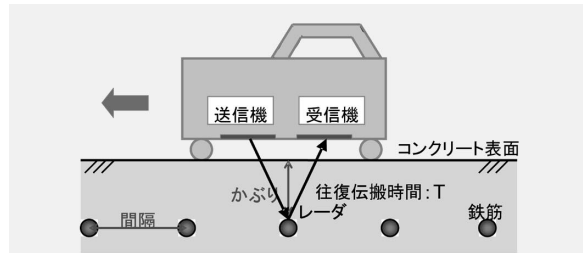


図 4 レーダによるかぶりの測定

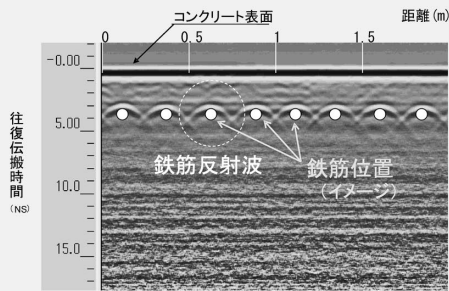
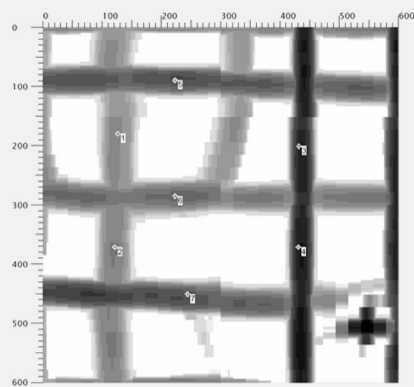


図 5 かぶり測定結果



Point:	x: [mm]	y: [mm]	Cov.: [mm]	Bar:	Orientation:	Usage:
1	127	181	49	D19	Vertical	Measurement
2	123	374	47	D19	Vertical	Measurement
3	435	203	29	D19	Vertical	Measurement
4	434	374	27	D19	Vertical	Measurement
5	224	90	34	D19	Horizontal	Measurement
6	224	287	41	D19	Horizontal	Measurement
7	246	454	35	D19	Horizontal	Measurement

図 6 電磁誘導法によるかぶり，径の測定結果

4. 非破壊・微破壊試験による強度，耐久性の推定

コンクリート構造物の強度を直接確認する方法として、すでにテストハンマーによる施工管理が2001年より実施されている。

ここでは、新しい方法として、強度に加え耐久性も評価できる方法を紹介する。耐久性を評価できることから、維持管理にも役立つ方法である。非破壊試験では超音波および衝撃弾性波、微破壊試験では小径コアおよびボス供試体を紹介する。

(1) 非破壊試験（超音波および衝撃弾性波）

超音波および衝撃弾性波は、コンクリートを振動させることによって振動が伝わる速さ（弾性波速度）を測定する。弾性波速度はコンクリート強度と高い相関関係があることから、強度を求めることができる。

耐久性に関しては、3 (2)で説明したとおりかぶり（表層）コンクリートが緻密であることが重要である。コンクリート内部の弾性波速度を求めるなどして、コンクリート表層の緻密性を評価する方法が開発されている。

(2) 小径コア

小径コアは、文字通り径の小さいコアを用いた強度試験であり、イメージしやすいであろう（写真 2）。これまで、構造物の強度を求める方法は、事実上直径100mm、長さ200mm程度のコアを採取して強度試験を行う方法しかなかった。しかし、最近では多量の鉄筋が入っており、鉄筋を切断することなく直径100mmのコアを採取できることはまれである。そこで、直径30mm程度以下のコア（小径コア）を採取して強度試験を行う方法が実用化されている。

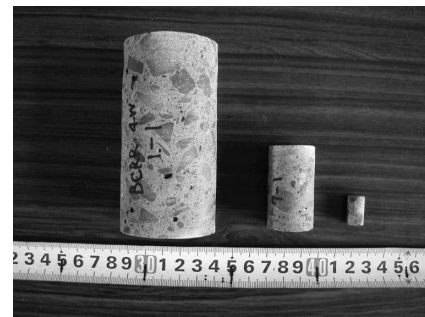


写真 2 小径コア（中：25mm，右：10mm）

小径コアは、中性化深さ、塩分量の測定にも適用可能である。新設時に耐久性を有しているかどうかを確認することにも応用できる。例えば、新設構造物から小径コアを採取し、促進中性化試験を行うことによって、中性化抵抗性を評価することができる。

(3) ボス供試体

ボス供試体を知っておられる方は少ないと思われるので、少し詳しく説明する。

ボス供試体のボス（BOSS）とは、Broken Off

Specimens by Splitting を意味する。

ボス供試体は、写真 3 の角型の型枠（ボス型枠）を構造体型枠に取り付けておくことにより、コンクリート打込み時に構造体と同時にボス型枠にも開口部からコンクリートが充填され、凸型の供試体（ボス供試体）ができる。コンクリート硬化後に図 7 のようにボス供試体を割り取り、強度試験を行うことによって構造体コンクリートの強度を求めることができる。

「ボス供試体の作製方法及び強度試験方法」については、社団法人日本非破壊検査協会規格 NDIS3424：2005 が制定されている。

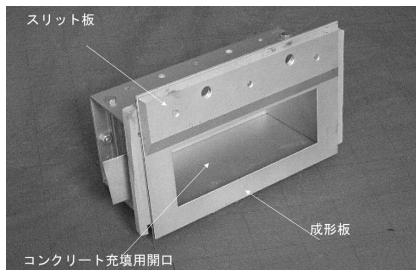


写真 3 ボス型枠

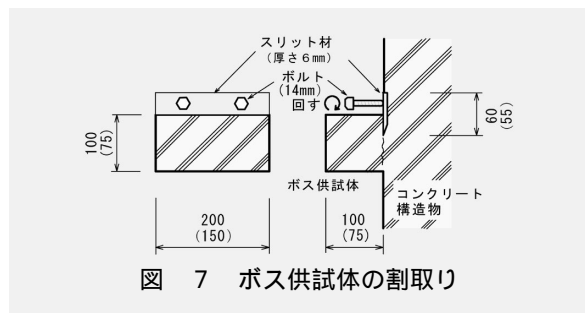


図 7 ボス供試体の割取り

ボス供試体も中性化深さ、塩分量の測定に使うことができる。これらの測定は、従来、コアやドリルを用いるしかなく、コンクリート内部の損傷が避けられなかったが、ボス供試体を用いることによりコンクリート内部を損傷することなく測定することができる。

また、ボス供試体でも促進中性化を行うことにより新設構造物の中性化抵抗性の評価を行うこともできる。さらには、ボス供試体を割り取らず構造体と一体にして残しておくことにより、構造体と同じ環境で中性化や塩分がコンクリート中に入る深さなどを、コアを採取することなく求めることができることから、これらのモニタリングにも適用可能である。

5. おわりに

鉄筋コンクリート構造物は多くの問題を抱えており、品質確保のために新しい方法による検査・管理方法についてその概要を紹介した。これらの方法は、これまでの間接的な方法とは異なり、構造物を直接検査・管理する方法である。

筆者らは、上記方法を検査・管理に使用できるように、実物を模擬した大型の供試体や、実構造物による多くの実験を行っている。しかし、検査・管理を増やすことが本意ではない。実態を把握し、施工方法の改善などが図られ、このような検査・管理を行わなくても良質な構造物が建設できるようになることを願っている。

例えば、かぶりについて、すでに取り壊されている古い構造物を調査したとき、鉄筋の片側はかぶり 0 mm、反対側は 200 mm 以上という極端な偏りもあった。最近ではスペース量が規定されるなど、さすがにそのような極端な例はないと思われるが、設計上余裕があっても許容値ギリギリの場合もあり、さらなる施工の改善が必要ではないかと思っている。

構造物を直接検査・管理することを増やすことは本意ではないといったが、やらなくていいということではない。最近、維持管理のために点検調査が盛んに行われているが、これまで新設時にどの程度の性能を有していたのかは把握されていない。そのため、何年でどの程度劣化したのか、などは正確にはわからない。これでは適切な対策を講じることは難しいであろう。新設時に性能を把握しておき、その後定期的に点検することにより、適切な維持管理が行われるのではないかと考えている。このような方向を目指しており、紹介したこれらの方法が役立つのではないかと考えている。

【参考文献】

- 1) 建設省、運輸省、農林水産省：土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の提言，2000 3