

コンクリート構造物の簡易診断BOXの開発

A TOOL BOX FOR ASSESSING AND DIAGNOSING DETERIORATION OF CONCRETE STRUCTURES

松山公年*・吉田典明*・藤原鉄朗*・金本康宏*

Kimitoshi MATSUYAMA, Noriaki YOSHIDA, Tetsuro FUJIWARA and Yasuhiro KANEMOTO

We developed a tool box for assessing the cause and degree of deterioration of concrete structures. The tool box is comprised of a compact, rechargeable, radar measuring system, a rechargeable concrete drill, digital vernier calipers, a kit for determining the depth of carbonated concrete, a chloride test kit, a repair kit, and a digital camera. An engineer equipped with the tool box can obtain data on the location of re-bar, the thickness of covering concrete, the depth of carbonated concrete and concentration of chloride. This paper describes the tool box and procedure for measuring the depth of carbonated concrete using radar and drilling. We also present a case application of the tool box indicating its effectiveness.

Key Words : tool box, concrete deterioration, assessment, diagnosis, radar, carbonated concrete, chloride concentration

1. はじめに

コンクリートの各種劣化が生じた構造物に対して調査・診断を行う場合、まず目視調査による外観変状の把握が行われる。目視調査でジャンカなどの初期欠陥やひび割れなどの変状が把握され、この結果と構造物の供用年数や供用環境などから対象構造物の主な劣化原因を推定し、劣化原因の確認や劣化程度を把握する目的で詳細調査が行われる。

詳細調査は現地調査と室内試験に大別されるが、劣化原因により実施項目が異なる^{1),2)}。対象構造物が鉄筋コンクリートである場合、鋼材の腐食に関わる調査が主に行われ、かぶりや鋼材位置などの配筋状態、中性化深さ、塩化物イオン量などが把握される。これらの項目を調査する場合、現地で非破壊試験を実施した後、はつり調査やコアを採取する必要があり、手間と費用を要する事が多いので、詳細調査を実施する構造物や箇所数が制限されることが多い。

また、はつり調査やコア採取による試験は信頼性が高いものの、小規模であるが破壊試験であるために、構造耐力上問題となる場合がある。また、これらの手法は構造物の所有者および管理者の心理的な抵抗や調査後の補修に手間と費用を要することもある。これに対して微破壊的な手法であるドリル削孔による試験方法が近年注目されている^{3),4),5)}。

このため構造物の劣化状態を把握・評価するために有益な情報を簡易に得ることを目的として、非破壊試験機器とドリルを組合せた簡易診断BOXを開発したので、その内容と実構造物への適用事例について紹介する。

2. 簡易診断BOXの特徴

簡易診断BOXの特徴を以下に述べる。

(1) 簡易診断BOXの構成

簡易診断BOXの外観を写真-1に示す。簡易診断BOXの構成を表-1に示す。

簡易診断BOXの寸法は縦56×横59×幅26cmで重量は19kgである。簡易診断BOXは、非破壊試験機器として充電式小型レーダおよびファイバースコープ、微破壊試験機器として充電式ハンマードリル、その他デジタルカメラやフェノールフタレイン溶液、塩分測定計、補修パテなどで構成される。



写真-1 簡易診断BOXの外観

* 社会環境エンジニアリング事業部 ライフサイクルマネジメント部

表-1 簡易診断BOXの構成

非破壊試験機器
①充電式小型レーダ
②ファイバースコープ
微破壊試験機器
③充電式ハンマードリル
その他
④塩分測定計
⑤デジタルカメラ
⑥フェノールフタレイン溶液
⑦デジタルノギス
⑧補修パテ

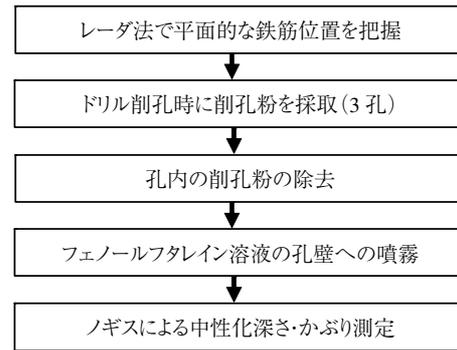


図-1 かぶり調査の手順

(2) 調査・試験項目

簡易診断BOXを用いて実施できる調査・試験項目と使用する機器の組合せを以下に列挙する。

- ・外観目視調査 (スケッチ、デジタルカメラ)
- ・配筋調査 (小型レーダ)
- ・かぶり測定 (小型レーダ+ドリル)
- ・中性化深さ測定 (ドリル+フェノール)
- ・塩化物イオン量 (ドリル+塩分計)

対象構造物の規模にもよるが、基本的には1日の作業で上記項目の調査・試験を実施するものとしている。

(3) 簡易診断BOXによる調査の特徴

1) かぶり調査

構造物のかぶりを測定する場合、レーダ法や電磁誘導法で平面的な鉄筋位置を把握する際にそれぞれの測定機器でかぶり厚さを測定する場合がある。レーダ法の場合、かぶり厚さの測定精度は「±(5mm+実かぶり厚さの0.1%)以内、または±5.0%以内のいずれか精度の低い方」とされており、精度のブレはかぶりコンクリートの含水状態などに影響を受けると言われている⁶⁾。

一方、電磁誘導法は鉄筋径が既知の場合、比較的精度良くかぶり厚さを測定することが可能であるといわれている⁷⁾。構造物の調査の場合、かぶり厚さ測定に加えて中性化深さや鉄筋の腐食状態を把握することが多く、レーダ法や電磁誘導法による平面的な鉄筋探査にはつり調査を組合せて調査を行うことが多い。

簡易診断BOXではレーダ法とドリル削孔を組合せることでかぶり厚さ測定を行うこととした。両者を組合せることにより、かぶり厚さを測定すると同時に中性化深さの測定と塩化物イオン量測定用試料を採取することが可能である。

2) かぶり調査の手順

かぶり厚さの測定、中性化深さ測定、塩化物イオン量測定試料の採取の手順を図-1に示す。

まず、レーダを用いて平面的な配筋状態を把握する。推定した鉄筋位置にチョークで印を付けておく。レーダ法による鉄筋探査状況を写真-2に示す。



写真-2 レーダによる鉄筋探査



写真-3 ドリル削孔および削孔粉採取

次に推定鉄筋位置でドリル削孔を行う。ドリル削孔は3孔を連続して削孔する。3孔は推定鉄筋の方向と直角に削孔する。ドリル削孔に使用するビット径はφ10mmで、削孔の際に削孔粉を採取する袋を写真-3のようにガムテープでコンクリート表面に固定して削孔時に発生する削孔粉を採取する。ドリル削孔はコンクリート中の鉄筋に当たるまで削孔する。ドリル削孔後、孔内をエアゾール式のプロアでエアを噴射し、孔壁に付着した削孔粉を除去する。

孔壁の削孔粉を除去した後、フェノールフタレイン溶液を孔壁に噴霧する(写真-4)。その後、コンクリート表面から孔壁の変色域までの深さをノギスで測定する(写真-5)。測定箇所は孔壁6箇所程度とする。また、孔内に確認できる鉄筋までの深さを測定し、かぶり厚さとする。



写真-4 孔壁へのフェノールフタレイン溶液噴霧



写真-5 ノギスによる中性化測定

ドリル削孔法を利用した試験方法は、NDIS 3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法」として制定されている⁵⁾。ドリル削孔粉を用いた中性化深さ測定方法の概要を図-2に示す。この手法は、振動式電気ドリルと1%フェノールフタレイン溶液を噴霧したろ紙を用いるもので、試験を実施するには写真-6に示すように2名の試験技術者の作業を必要とする。また、技術者1名で試験可能な紙回転装置付ドリルを用いた方法が提案されているが、水平面での試験や屋外で風が強い条件下では試験が困難な場合がある。

今回提案した手法において、試験技術者は1名で測定することが可能であり、水平面での試験や野外で強風の場合でも測定が可能である。さらに、中性化深さ測定を孔壁に対

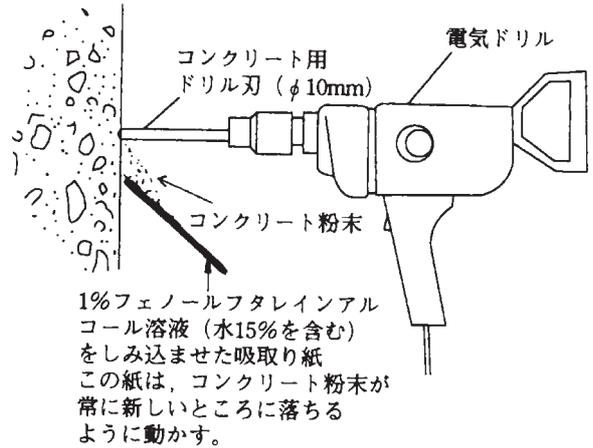


図-2 ろ紙を用いた中性化深さ測定⁵⁾



写真-6 試験員2名による中性化深さ測定⁵⁾

して直接実施することが可能であるので、測定結果を写真で記録することも可能であり、より確実な方法であるといえる。

3. 実構造物への適用例

(1) 対象構造物の概要

鉄筋コンクリート建築物基礎部に対して簡易診断BOXによる簡易診断を適用した。対象構造物は、築後30年が経過したマンションで、簡易診断BOXによる調査を建築物基礎の柱状4箇所で行った。調査対象の基礎柱部は表面被覆を施してある部分があるが、表面被覆の材料と実施した時期の詳細は不明である。

(2) 調査項目および状況

簡易診断BOXによる調査項目は、2.(2)調査・試験項目に示した項目および内容について実施した。写真-7にドリル削孔状況を示す。写真-8に中性化深さの測定状況を示す。今回の調査では、4箇所のかぶり調査を1日で実施することができた。



写真-7 ドリル削孔状況



写真-8 中性化深さ測定状況

(3) 調査・試験結果

1) 配筋調査結果

レーダ法による配筋調査結果を表-2に示す。配筋調査結果から縦筋、横筋ともに20~25cmピッチの範囲で配筋されており、ほぼ図面通りの配筋状態であることを確認した。

表-2 配筋間隔調査結果

	(単位cm)			
	No.1	No.2	No.3	No.4
縦筋	23	25	20	25
横筋	25	25	20	20

2) かぶり厚さ測定結果

ドリル削孔によるかぶり厚さ測定結果を表-3に示す。測定を実施した柱によってかぶり厚さが異なり、43~102mmのばらつきが認められた。

表-3 かぶり厚さ測定結果

	(単位mm)			
	No.1	No.2	No.3	No.4
かぶり	68	102	82	43

3) 中性化深さ測定結果

ドリル削孔およびノギス測定による中性化深さの測定結果を表-4に示す。中性化深さは孔壁6箇所で測定した。ドリルで削孔した孔壁で測定した中性化深さは、No.2およびNo.3でばらつきが認められた。これは孔壁の骨材分布が測定値に影響を与えたと考えられる。

表-4 中性化深さ測定結果

	(単位mm)			
	No.1	No.2	No.3	No.4
測定値	11.7	15.0	8.8	17.7
	11.4	9.3	15.1	17.5
	13.3	7.8	6.2	18.0
	12.3	3.5	11.2	19.7
	10.9	16.2	6.1	16.4
	13.5	9.5	5.1	16.4
平均値	12.2	10.2	8.8	17.6

4) 塩化物イオン量測定結果

かぶりコンクリートのドリル削孔粉を用いて塩化物イオン量を測定した。測定方法は、「コンクリート構造物の鉄筋腐食診断技術に関する共同研究報告書-実構造物に対する適用結果-」の第Ⅱ部5章「ドリル試料を用いた塩分量測定方法」を参考に実施した。

ドリル削孔粉は、コンクリート表面から鉄筋位置までの試料を採取した。また、測定用の試験紙はフレッシュコンクリート中の塩分測定計を使用した。この測定計は、塩分分析のモール法に基づいてフレッシュコンクリート中の塩分量を測定する試験紙で、塩化物イオン量に対応して茶褐色の試薬が白色に変色することを利用している。

かぶりコンクリートの塩化物イオン量測定結果を表-5に整理する。測定の結果、いずれも発錆限界塩化物イオン量1.2kg/m³を超えるものは認められなかった。

表-5 ドリル削孔粉による塩化物イオン量測定結果

名称	塩分計の読み	塩素イオン濃度(%)	平均値	コンクリートの単位容積質量(kg/m ³)	塩化物イオン量(kg/m ³)
No.1	2.8	0.0094	0.0094	2400	0.23
	2.8	0.0094			
	2.8	0.0094			
No.2	1.9	0.0057	0.0056	2400	0.13
	1.8	0.0053			
	1.9	0.0057			
No.3	2.3	0.0074	0.0075	2400	0.18
	2.4	0.0078			
	2.3	0.0074			
No.4	3.3	0.0115	0.0116	2400	0.28
	3.4	0.0119			
	3.3	0.0115			

5) 中性化進行予測結果

簡易診断BOXによるかぶり厚さ測定結果と中性化深さ測

定結果を用いて中性化進行を予測した。中性化進行予測は \sqrt{t} 則に基づいて行った⁸⁾。

$$C = A\sqrt{t} \quad (1)$$

ただし、C：中性化深さ(mm)、A：中性化速度係数、t：経過年数(年)

中性化進行予測結果を図-3に示す。

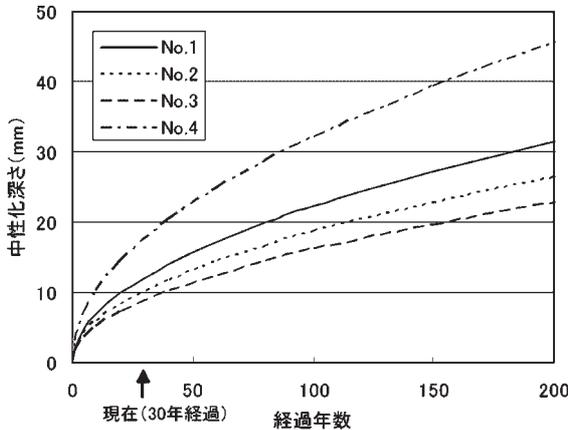


図-3 中性化進行予測結果

中性化進行予測の結果、No.4に比較的中性化が進行する速度の大きい傾向が見られるが、測定したかぶり厚さを考慮すると、中性化が鉄筋位置に達するまでに150年以上要することから中性化に対する耐久性は良好であると判断した。

このように簡易診断BOXを使用することにより構造物に対し簡易にかぶり厚さや中性化深さ、塩化物イオン量などの情報を得ることが可能である。

4. まとめ

本報告で簡易診断BOXの概要と特徴について説明するとともに実構造物へ適用した結果について示した。以下に結論を列記する。

- (1) 簡易診断BOXは充電式小型レーダおよび充電式ハンマードリル、その他試験機器から構成され、配筋調査をはじめかぶり厚さ測定、中性化深さ測定、塩化物イオン量測定などの情報を得ることが可能である。
- (2) レーダ法とドリル削孔を組合せたかぶり調査方法を提

案した。提案した方法は、試験技術者1名で現地作業が可能であり、水平面や野外で強風の場合でも測定作業が可能である。また、本手法は中性化深さをドリル削孔の孔壁で測定するので、ろ紙を用いた方法に比べて確実な方法である。

- (3) 簡易診断BOXを鉄筋コンクリート造マンション基礎に適用した結果、配筋状態およびかぶり厚さ、中性化深さ、かぶりコンクリートの塩化物イオン量を把握した。また、中性化進行予測を行い、対象構造物の耐久性を評価した。
- (4) 簡易診断BOXは、目視調査結果に加えて構造物の劣化評価に必要な情報を容易に得ることが可能である。

今後の課題として、ドリル削孔粉を用いた塩化物イオン量測定データを蓄積するとともに、測定方法の精度と適用性について検討したい。

参考文献

- 1) 土木学会：劣化機構に基づく点検方法の選択基準、コンクリート標準示方書 [維持管理編]、pp. 41-48, 2001. 1
- 2) 建設省土木研究所：推定された損傷形態に基づく詳細試験調査項目一覧、コンクリート構造物の健全度診断技術に関する共同研究報告書-コンクリート構造物の健全度診断マニュアル(案)-、pp. 38-49, 1998. 3
- 3) コンクリート工学協会：4.8.2中性化深さ (ドリル法)、コンクリート診断技術'01 [基礎編]、pp. 148-150, 2001. 3
- 4) 建築研究所：4.4中性化深さの調査、既存マンション躯体の劣化調査・診断技術マニュアル(案)、pp. 58-67, 2001. 7
- 5) 日本非破壊検査協会：NDIS3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法」、1999. 3
- 6) コンクリート工学協会：4.5.2電磁波レーダ、コンクリート診断技術'01 [基礎編]、pp. 120-122, 2001. 3
- 7) コンクリート工学協会：4.電磁誘導法、コンクリート構造物の診断のための非破壊試験方法研究委員会報告書、pp. 143-152, 2001. 3
- 8) コンクリート工学協会：5.2中性化、コンクリート診断技術'01 [基礎編]、pp. 178-180, 2001. 3