

- 4 モニタリングによる建築部材の維持管理に関する研究 Study on Maintenance of Building Members by Monitoring Method

(研究期間 平成 16～17 年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

鹿毛忠継
Tadatsugu Kage

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

森田高市
Kouichi Morita

In order to propose maintenance method of RC structure (member) by monitoring methods, it was performed that monitoring test by using some sensors. Effective electric potential values concerning about Moisture content, Placing conditions of concrete and Deterioration of Reinforcing bars was detected. As the results, it was confirmed that possibility of application to maintain RC structures by using some sensors. But also, Some imbalance, caused by characteristic of sensor and testing condition, was detected. Now, monitoring test is continued to get electric potential data of RC specimens during long-term period.

【研究目的及び経過】 建築物の RC 部材へセメント系新材料を使用する場合、建築基準法 37 条に適合している必要がある。その場合、通常、告示中の指定建築材料と同等以上の品質であることや使用実績等が求められ、それらが評価される。しかし、新材料は、当然、使用実績はなく、特に耐久性の観点から要求される長期性状に関するデータも少ない。また、短時間で様々な長期耐久性を的確に評価するための手法も無いのが現状である。

材料開発にインセンティブを与えるには、新材料を RC 部材へ積極的に使用していくための長期耐久性が確認できる促進試験法等の整備(劣化外力の特定、促進劣化試験とばくろ試験との相関)も重要であるが、一方で、維持管理等の付帯条件のもとで劣化モニタリングを実施しながら建築物を供用させるのも選択肢の一つであると考えられる。そのためには、有効なモニタリング手法の開発と評価が必要不可欠である。また、非破壊検査等に用いられる電気化学的手法を用いた RC 部材のかぶりコンクリートの品質評価や鉄筋腐食度評価に関する研究は多いが、これらは実構造物の劣化調査において補助的に使用されることが殆どであり、これらを用いた建物の維持管理計画の策定までには至っていない。一方、土木分野では橋梁等において劣化モニタリングを実施し、効率的な維持管理計画の策定に活用しはじめている。

本課題では、モニタリングを新築あるいは既存建築物に恒常的に応用しながら、効率的な維持管理計画を策定するために必要なコンクリートや鉄筋の健全度(電気的特性値)に関するデータを既往の研究といくつかの実験研究によってとりまとめ、評価基準を提案する。これにより、これまで定期検査や劣化が顕在化した後で調査

や補修を実施することが「維持管理」であったが、モニタリングによる特性値によって、建物の維持管理フロー(「状態監視」「警告」「是正措置」)の作成が可能になり、合理的かつ効率的な維持管理が可能になると考えられる。また、将来的には同時に測定された環境条件とモニタリング結果から新築/既存(補修を含む)RC造の耐久設計(性能設計)に不可欠な環境劣化外力の定量化のためのデータも同時に得ることができると考えられる。

【研究内容】 平成 16 年度は、コンクリートや鉄筋の健全度(電気的特性値)に関する既往データの収集と整理、既存のモニタリングにおけるセンサー類あるいは測定方法の整理、要素技術の抽出とコンクリート・鉄筋の状態検知のためのキャリブレーション、の 3 項目について検討を行った。検討対象とした各要素技術はそれぞれ下記とおりである。なお、当初コンクリートのひび割れ・ひずみの検知として利用可能ではないかと考えた「光ファイバー」は、測定条件等が煩雑であるとともに、コストの面から、現状での検討対象外とした。

(センサー類)・・・(考えられる用途)

充填感知センサー・・・コンクリートの充填状況の検知
鉄筋腐食センサー・・・鉄筋の腐食度の検知

含水率センサー・・・コンクリートの乾湿状態の検知
平成 17 年度は、抽出した要素技術を用い、部位・養生(環境条件)・かぶり厚さ等を要因とした RC(はり)

部材を想定した試験体とキャリブレーションも兼ねた小型試験体を作製し、モニタリング試験を実施した。コンクリートは、水セメント比(W/C)45,55,65%の 3 種類を使用し、RC はり試験体は、W/C55%(生コンク

リート使用)のみとした。コンクリートの調合は、単位水量(W)を使用した生コンクリート($W=178\text{kg/m}^3$)と同一になるように決定した。コンクリート試験体の種類・数は、RC はり試験体($B200 \times D250 \times L2,400\text{mm} \times 6$ 体:かぶり厚さ 5 種類(10,20,30,40,50mm))、 $15 \times 30\text{cm}$ 試験体、 $10 \times 20\text{cm}$ 試験体、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 試験体であり、小型試験体も RC はり試験体と同様なかぶり厚さの試験体とし、それぞれにセンサー類(充填感知センサー、鉄筋腐食センサー、含水率センサー)を適宜配置した。腐食状況をモニタリングするための鉄筋は、通常の RC 構造物に適用することを想定して、丸鋼ではなく異形鉄筋 D13(黒皮付き)を使用するとともに、コンクリートには腐食促進のための塩化物等は混入させなかった。これは、塩害の劣化は中性化等の劣化と異なり、ある部分に集中した激しい鉄筋腐食が生じるためであり、このような劣化状況は本研究の対象外とした。また、センサー類のキャリブレーションのために、コンクリートをウェットスクリーニングしたモルタルを使用した $5 \times 10\text{cm}$ 試験体(鉄筋なし)も作製し、同様にセンサー類を配置した。試験体の養生は、1~2 週間程度まで型枠内で湿布養生を行い、脱型後もコンクリート打設後 4 週間までは湿布養生・標準水中養生とし、その後、気中養生としている。なお、各センサー類の電気的特性値については、コンクリート打設直後から連続的にモニタリングしている。写真 1~3 にセンサー類の設置状況例と RC はり試験体の概要を示す。



写真 1 鉄筋腐食センサー



写真 2 充填感知および含水率センサー



写真 3 RC はり試験体センサー類設置と保管状況

【研究結果】1)選定した各種センサー類の特性について
本研究で選定したセンサー類は、埋設箇所の電気的特性値(具体的には電位)を測定するものであり、原理的には同じものである。充填センサー¹⁾については、コンクリート打設前および打設後の電位を計測することで、コンクリートの充填の有り・無しの把握は可能であると考えられる。また、充填感知センサーによってもコンクリートの乾湿の状態はある程度把握できると考えられる。ただし、本研究では空洞やジャンカがある場合の適用性や部材上面(打設面)におけるブリーディング水の影響については検討していないため、それらのクライテリアの策定は今後の課題である。含水率センサー¹⁾については、センサーの取り扱いが少々煩雑であり、測定方法においても課題があると考えられる。本センサーの適用範囲がセンサーの周りに十分に水分が供給されている状況(例えば、コンクリート打設直後)を前提としたものであるため、コンクリートの含水率 4~5%程度の低電位について、測定は可能ではあるが、試験体の個体差や試験状況の影響のため、バラツキも大きくなり、キャリブレーションの方法についてさらなる検討が必要であると考えられる。腐食センサーについては、適宜電位の計測を実施しているが、特段の変化はまだ見られない。
2)既存/新規建物への適用方法の検討とモニタリングによる維持管理手法の提案について

既往の研究を整理し、コンクリートや鉄筋の健全度(電気的特性値)に関する資料・データをとりまとめた。

しかし、類似の研究は多いが、使用されるセンサーや測定方法が異なるために、それらの方法・結果を直接比較はできず、提案されている評価基準も「評価の目安」の範疇であると考えられる。また、モニタリングを前提とした維持管理手法(フロー)についても同時に検討したが、その中で使用していくつかの手法の有効性が確認されることが前提であるため、今後、時間をかけたモニタリングと実構造物での検証も実施する必要があると考える。そのため、本研究でのモニタリングは長期にわたって継続し、データの集積を行う予定としている。

【参考文献】

1)水分センサ(KZW-1A)技術資料、(株)東京測器研究所