

コンクリート構造の鉄筋かぶり計測システムの開発

大内雅博・小窪幸恵・太田兵庫

要旨：RC 構造物の合理的劣化予測システム構築のために、鉄筋かぶりのばらつきをモデル化する必要がある。その構築のための、実際のかぶりデータを得るため、電磁誘導非破壊試験により鉄筋かぶり厚さを計測するシステムの開発のための研究を行った。実験室および実構造物での測定の結果、対象となる鉄筋以外にも鉄筋を検知した。これらの知見を基にして、計測およびかぶり分布予測モデル構築のための課題をまとめた。

1. はじめに

(1) コンクリート構造の劣化予測の必要性

近年、コンクリート構造物が増加し、建設後長期経過した構造物が増えるに伴い、構造物の維持管理に関する問題が顕在化している。特に劣化予測に対するニーズが高まっている。老朽化しつつある社会基盤を、限られた財源で維持管理を行っていくには、合理的な劣化予測システムが必要不可欠である。具体的には、費用のかかる構造物の点検作業を省略することが可能な、既存構造物の劣化予測システムの構築である。

本研究は鉄筋コンクリート構造物の劣化予測システム開発の一部として行うものである。

(2) 劣化予測におけるかぶりの必要性

鉄筋コンクリート道路橋の劣化予測において、コンクリート表面から鉄筋までの最小厚さであるかぶりは、重要なパラメータである。塩害や中性化のような、外部因子によって鉄筋の腐食に結びつく現象において、かぶりの厚さがパラメータとなる。特に塩害は鉄筋コンクリート構造物におけるガンとも言われる重大な劣化現象である。実際に深刻な塩害による劣化が報告されている。

2002年制定の土木学会コンクリート標準示方書施工編では耐久性照査法が示されており、鉄筋の腐食に関する照査においては、鉄筋のかぶりが

重要なパラメータとなっている。

(3) かぶりのばらつきを知る必要性

劣化予測における重要なパラメータであるかぶりは、一定ではないと考えられる。第一に、設計値が構造物ごとに異なる。橋梁の規模や建設年によって変わる。建設年代によってかぶりの捉え方が違う。近年、劣化の顕著化、劣化メカニズムの解明によってかぶりが重要視されるようになり、十分なかぶりが確保されるような傾向にあるが、塩害の観点からかぶりが規定されたのは1984年以降である¹⁾。

第二に、かぶりが一定でない要因としては施工誤差がある。耐久性の照査を行う場合、かぶりの期待値として一般に設計かぶりを用いることになるが、海岸付近の橋梁や、阪神大震災時に露出した鉄筋の配筋からもわかるように、かぶりの施工誤差は十分に考え得る。

(4) 研究の流れ

本研究では、電磁誘導法を用いたかぶりの測定手法の精度を検証した後、道路橋の梁に対してかぶりの測定を行った。

高知県沿岸にあるRC T桁橋、穴内橋の梁を参考として本研究を進めた。検証に用いるのも、穴内橋の梁における帯鉄筋のかぶりの測定データである。測定には電磁誘導法による非破壊試験機器を使用した。

2. 電磁誘導法による鉄筋探査機の適用

(1) 測定原理

本研究では、電磁誘導法により鉄筋かぶり厚さの測定を行った。電磁誘導法は、コイルを巻いた探触子に低い周波数の交流磁界を発生させ、鉄筋の存在により生じる磁束の変化を、電磁誘導現象により生じるコイル起電力の変化として捉え、鉄筋のかぶりを測定する方法である²⁾。

電磁誘導法による測定法は簡便であるが、探触子のつくる磁界の影響範囲内に測定対象以外の鉄筋が存在する場合、その影響により測定誤差が生じることが知られている³⁾。

電磁誘導法を用いてT桁橋の梁の帯鉄筋及び主鉄筋のかぶりを測定する場合、かぶりの厚さ、鉄筋の狭い間隔での配置、直交する鉄筋などが測定精度に影響をおよぼすと考えられる。

したがって、かぶりの実態調査を実施するにあたり、精度の検証を行い、信頼できる測定値が得られるように、また測定誤差の把握をすることとした。

(2) 測定精度検証試験

a) 試験方法

鉄筋のかぶり及びあきが、測定精度に及ぼす影響を検証するために試験を行った。試験方法は、木版をかぶりに角材をあきに見立て、3本の鉄筋を、間に角材を置いて並べ、その上に木版を置き、角材の幅と木版の厚さを変えて測定を実施した。図-1 に試験の概況を示す。実際の構造物はコンクリートに囲まれているが、コンクリート自体は導電率が低く、透磁率も問題になるほどの大きさではないため、木版に置き換えても問題ないものと考えられる²⁾。試験で設定した角材の幅は0, 20, 30, 40, 50, 100, 150mm、木版の厚さは9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72, 81, 90, 99, 108mmであった。

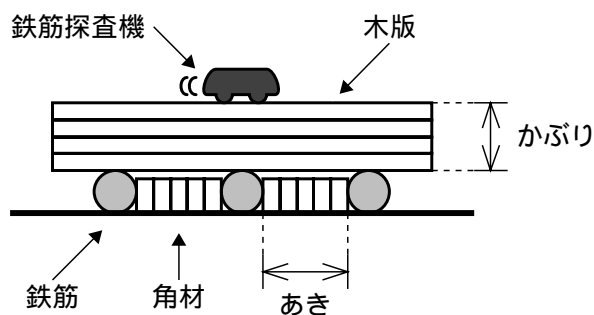


図-1 測定精度検証試験

b) 試験結果

図-2 に、測定対象鉄筋のかぶりが測定精度に及ぼす影響として、木版の厚さであるかぶり真値と、電磁誘導法によるかぶり測定値と木版の厚さの差である測定誤差との関係を示す。

誤差の大きさは、設定かぶり厚さの10%以内に収まっていることが確認できた。

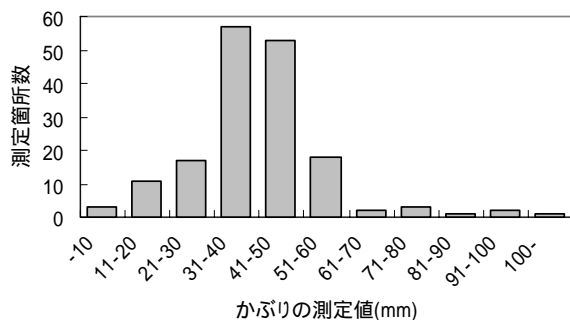
ただし、設定した鉄筋とは無関係なものを感知したものが認められた。これらについては、対象鉄筋よりも奥の金属を感知したものと思われる。

3. 実構造物の調査

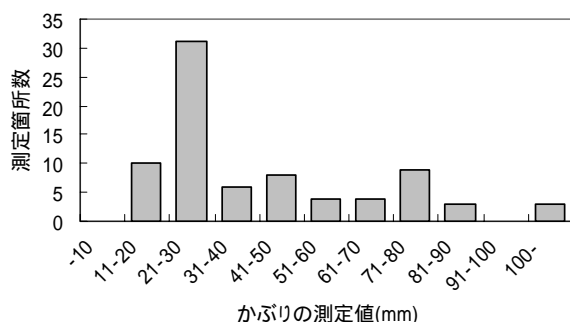
実験室内で得られた知見をもとに、実際の鉄筋コンクリート構造物を対象に、かぶりを計測した。

(1) 測定対象

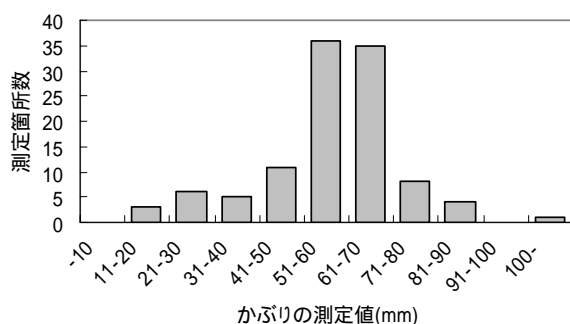
調査は、1968年に建設された穴内橋（高知県）を対象として行った。場所は太平洋沿岸である。構造形式はRC T桁である。この構造形式は、道路橋で一般的に用いられている形式である。また、国道にかかる構造物である。T形桁の主桁の軸方向鉄筋（直交鉄筋）には、下面でD32の鉄筋が使用されていた。測定部材は梁。測定対象の鉄筋は、最外縁に配置された帯鉄筋、および主筋である。



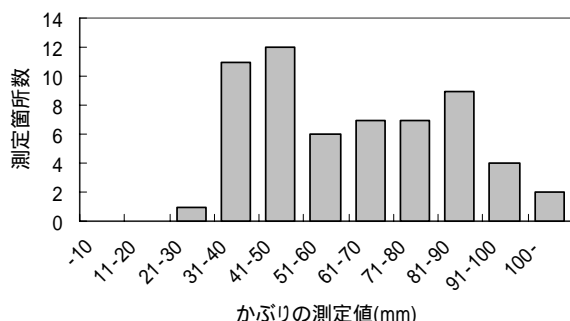
(a)側面帯筋(設計値21 mm)



(b)底面帯筋(設計値21 mm)



(c)側面主筋(設計値34 mm)



(d)底面主筋(設計値34 mm)

図-3 測定結果

(2)測定結果

図-3 (a) ~ (d) に、測定結果を度数分布で示す。平均値はすべて設計値よりも大きなかぶり厚さとなっているが、一部に設計値を下回るものも観察された。

また、10 mm以下のかぶり厚さは全く観察されなかったが、これは、本計測機械およびデータ処理ソフトウェア上では感知されない範囲だからであると考えられる。

一方、かぶりの値があまりにも大きいものも計測されている。これは、本来意図したものとは別の鉄筋(奥側)を検知した結果であると思われる。

4.鉄筋かぶり計測にもとづくかぶり予測システムの構築

以上の計測結果をもとに、非破壊検査によるかぶり厚さ計測自体が万能でないことに鑑み、

測定方法自体の工夫

測定結果からかぶり厚さを推定する方法

の二点から、来年度以降の課題を述べる。

4.1 測定方法自体の工夫

機器では認識されない10 mm以下のかぶりを測定するため、探査表面に10 mm程度の厚さの板を置いて測定する。

これにより、鉄筋の腐食に対して厳しい条件がより明確に検知可能となる。

4.2 測定結果からかぶり厚さを推定する方法の構築

コンクリート構造物の内部を直に見ることが出来ない以上、ある程度の課程を設けて測定結果を処理するのが合理的であると言える。

かぶりのばらつきの原因のほとんどが施工誤差であることに鑑みれば、適切な分布形を仮定す

ることが適切であると言える。

かぶりの施工誤差についての既往の研究によれば、施工誤差は、一例として、梁の底面においては、標準偏差 $\sigma=12.8\text{mm}$ 、平均値 $\mu=7.9\text{mm}$ の正規分布。側面においては、標準偏差 $\sigma=9.3\text{mm}$ 、平均値 $\mu=10.3\text{mm}$ の正規分布であった。とした。この施工誤差は、2000～2001年に建設されたT桁橋の実態調査により求められたものである。

そこでこの研究成果を、今回の穴内橋での測定結果に当てはめて分布を比較してみた(図-4)。

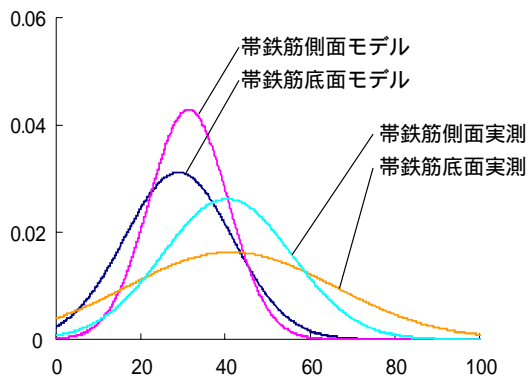


図-4 かぶりのばらつきモデルと実測データ

実測データの方が、かぶり厚さが大きめのほうに多く分布していることがわかる。先に述べたように、対象としている鉄筋よりも奥側のものを拾っている可能性が高いものと思われる。

5. まとめ

以上の結果から、コンクリート構造の鉄筋かぶり計測システムの開発のため、以下の課題を設定した。

- (1)かぶり厚さの分布自体は正規分布となることの理論的裏づけと確認
- (2)実測データにおける最頻値が実際のかぶりの値の最頻値となるかどうか、または何らかの関係性を有しているかについての理論的構築および実証

以上のことを、実験室における供試体作成および計測を含めて行う。

なお、本研究の最終的な目的は、実構造物の計測無しにかぶり厚さの分布を推定するシステムの開発である。この目的達成のために、

構造形式、設計年代(かぶり厚さの基準値)、施工年代、施工者 かぶりのばらつき推定

を可能とするモデルの構築を行う。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針(案)・同解説，1984.
- 2) 小井戸 純司：鉄筋位置測定のための非破壊試験 - 電磁誘導法 - ，非破壊試験，Vol. 47，No. 10，pp.712-716，1998.
- 3) 東川 孝治，曾我部 正道，井上 裕司，谷村 幸裕：鉄筋探査機の鉄道構造物への適用に関する研究，鉄道総研報告，Vol.16，No.9，2002.
- 4) 川村 力，谷村 幸裕，曾我部 正道，佐藤 勉，長谷川 雅志：実態調査に基づく道路橋におけるかぶりの施工誤差に関する研究，土木学会論文集，No.767，V-64，pp.253-266，2004.8.

Graph-1 全測定値の設定かぶりに対する測定誤差

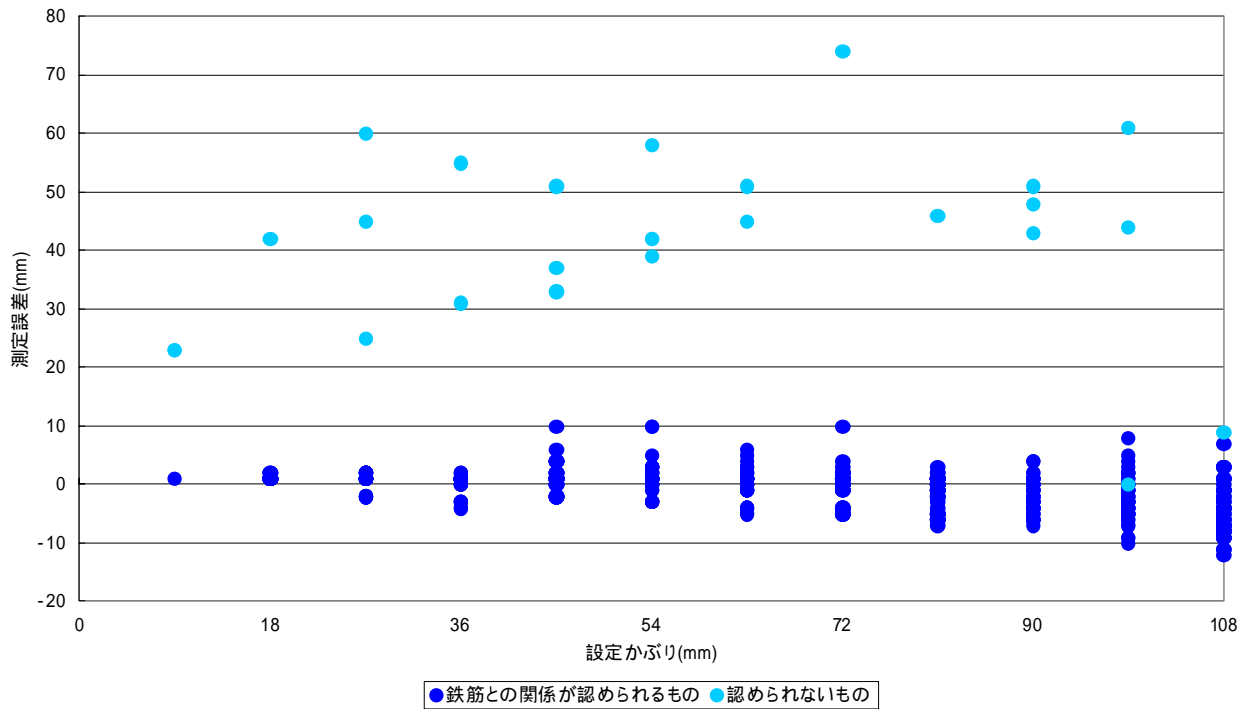


図-2 実験室における設定かぶり厚さと探査機の測定誤差との関係

MEASURING SYSTEM FOR COVER OF REINFORCING BARS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

This paper presents an approach to the modeling of the cover depth of RC structures. The distribution of cover is an important parameter for prediction of deterioration of RC bridge structures that are subjected to the damaging effects of chlorides from marine environment. In this study, electromagnetic method was employed to measure the cover of the reinforcing bar and the problems to be solved were clarified.