

第6章 コンクリート躯体の劣化状態等の評価に基づいた 耐久性評価法の開発

1. はじめに

コンクリート躯体の劣化予測に関する研究は、従前より検討が重ねられているが、実建物のデータを用いて劣化状態等を分析したものは少ない。既存建築物の劣化予測や劣化対策の効果を適切に評価していくためには、立地環境等の異なる条件下で建設された実建物でのデータを用いて検討することが不可欠である。また、現在、長期優良住宅化リフォーム推進事業が進められ、RC造の劣化対策・中性化については、現実的に可能な範囲から得られたサンプル調査の結果で評価する方法となっているが、これらのデータのサンプル数や採取位置が劣化評価にあたって適切であるのか、さらに劣化予測に用いる鉄筋腐食確率の算定式中の係数についてもコンクリート躯体の劣化の実態にあった数値となっているかを検証できるバックデータを整備しておく必要がある。

そこで、耐震診断報告書や大規模修繕時の劣化調査報告書等の既存の資料から実建物の中性化深さや圧縮強度などのデータを収集し、新たにコア抜き等を行わずに収集したデータによって推定される劣化予測の適切性について、実建物での中性化の進行状況に関するデータを整備するとともに、劣化予測で使用する中性化データの調査方法（サンプリング数や建物規模とサンプリング位置との関係など）、評価方法の適切性について検討を行った。

2. コンクリート躯体の中性化速度に関する実建物でのデータ収集の概要

本研究では、耐震診断における調査診断報告書、既存共同住宅等の大規模修繕の既往の調査データから、コンクリート躯体表面から内部への中性化の進行速度を検討するために必要となる下記に示すの実データ等の情報を収集した。また、中性化深さデータを採取した部位についての情報があれば、それらも合わせて収集した。

- a)中性化深さ（mm）のデータ
- b)中性化深さを測定した部分の仕上げの有無（仕上げがある場合は、仕上げ材の種類）
- c)圧縮強度
- d)建設時期（年）
- e)建物の建設地（都道府県名および市町村名）
- f)建物用途・規模（例；共同住宅・7階建て）

収集した耐震診断報告書は、教育施設や事務所を中心とした68棟分である。既往の劣化調査等において収集したデータについては、公的共同住宅のリニューアル工事において収集したデータ（以降、公的住宅の類似データ）の数は約3700件、民間共同住

宅を対象とした大規模修繕時の調査データ（以降、民間住宅の類似データ）の数は158件である。中性化深さを測定した時期については、耐震診断報告書から抽出したデータは築30～40年のものが最多、公的住宅の類似データについては、築30～40年のものが最多、民間住宅の類似データについては築年数の浅い20年未満のもの多かった。図6.1～6.3に測定時の経過年数の分布を示す。

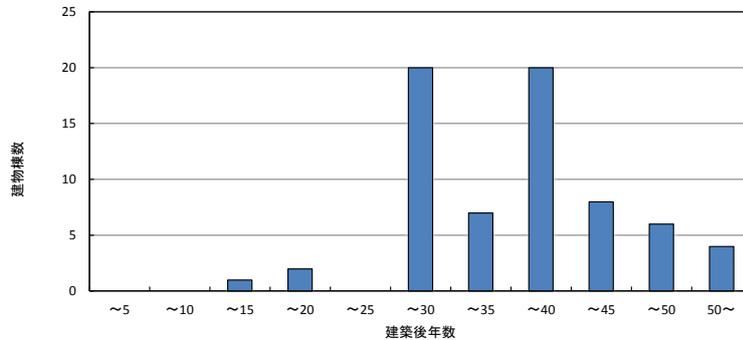


図 6.1 経過年数の分布（竣工年から調査実施年まで）
耐震診断等調査報告書による収集データ

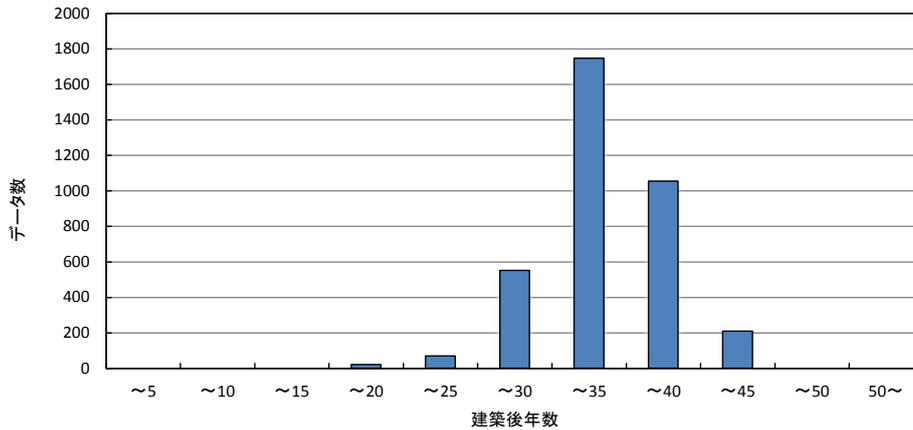


図 6.2 経過年数の分布（竣工年から調査実施年まで）
公的住宅の類似データ（リニューアル工事の際に収集したデータ）

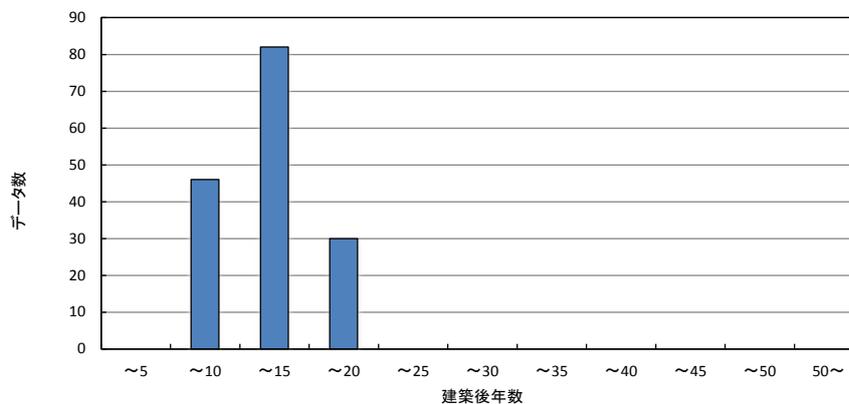


図 6.3 経過年数の分布（竣工年から調査実施年まで）
民間住宅の類似データ（大規模改修工事の際に収集したデータ）

3. コンクリート躯体の劣化進行予測に関する根拠データ整理

3. 1 収集データの分析方法

(1) 環境および仕上げ種類ごとの中性化速度係数の算出

収集したデータを環境条件（室内、屋外、居室、非居室等）と仕上げ種類別にグループ핑し、グループごとに中性化深さと経過年数から中性化速度係数 A を算出し、それぞれ平均、標本標準偏差と変動係数を求めた。中性化速度係数は(1)式によって求める。

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

ここに、

A : 中性化速度係数 (mm/year^{1/2})

C : 中性化深さ (mm)

t : コア採取までの建築後の経過年数 (year)

(2) 圧縮強度と中性化速度の関係

収集データおよび提供データについて、圧縮強度と中性化速度係数の関係式を求める。川西ら¹⁾は、岸谷式²⁾を変形した(2)式およびセメント水比と圧縮強度の関係式((3)式)を整理し、(4)式の関係式を示している。本分析でも(4)式を用いて、中性化速度係数を圧縮強度の分数関数として、同一コアの圧縮強度と中性化速度係数の値から最小二乗法により式中の定数を求めて導出した。

$$A = \frac{C}{t} = \frac{R(4.6 \cdot w/c - 1.76)}{\sqrt{7.2}} \quad (2)$$

$$F = x \cdot \frac{c}{w} + y \quad (3)$$

$$A' = \frac{a}{F} + b \quad (4)$$

ここに、

R : 中性化比率

w/c : 水セメント比

c/w : セメント水比

F : 圧縮強度 (N/mm²)

A' : 関係式によって得られる中性化速度係数

x, y, a, b : 式中の定数 (mm/year^{1/2})

(3) 建物ごとの中性化速度係数のばらつきの分析

耐震診断等調査報告書によるデータについて、建物 1 棟ごとの中性化速度係数の測

定結果のばらつきを分析する。1棟ごとにそれぞれ平均、標本標準偏差と変動係数を求め、環境条件や仕上げ等の影響も併せて検討する。

3. 2 収集データの分析結果

表 6.1～6.3 に収集したデータ群毎のデータの数と中性化速度係数の結果を示す。

表 6.1 耐震診断等調査報告書による収集データの中性化速度係数算出結果

場所	仕上げ種類	データ数	中性化速度係数(mm/year ^{1/2})			仕上げ材の中性化比率	圧縮強度平均(N/mm ²)
			A	標準偏差	変動係数		
屋外	全て	161	0.64	0.84	1.31	-	30.3
屋内	全て	753	2.17	2.81	1.29	-	25.6
屋内	全て(居室)	154	1.69	2.05	1.21	-	27.0
	全て(非居室)	599	2.29	2.96	1.29	-	25.3
	打放し(居室)	14	2.28	1.73	0.76	-	28.7
	打放し(非居室)	121	6.56	2.92	0.44	-	23.9
屋外	打放し	6	1.26	1.25	0.99	1.00	23.3
	モルタル	15	0.15	0.31	2.05	0.12	26.0
	モルタル 20mm 以上	13	0.16	0.34	2.07	0.13	25.3
	モルタル+薄付け(リシン含)	78	0.36	0.48	1.33	0.29	28.0
	薄付け(リシン含)	41	1.29	0.99	0.77	1.02	34.4
屋内	打放し	135	6.12	3.10	0.51	1.00	24.4
	モルタル	55	1.18	1.33	1.13	0.19	23.5
	モルタル 20mm 以上	33	0.62	0.58	0.94	0.10	21.2
	モルタル 30mm 以上	13	0.38	0.34	0.89	0.06	21.1
	モルタル+漆喰(フラスター含)	41	3.55	2.98	0.84	0.58	25.1
	モルタル 20mm 以上+漆喰(フラスター含)	19	2.91	1.88	0.65	0.48	23.0
	モルタル+薄付け(リシン含)	451	0.97	1.38	1.42	0.16	26.1
	モルタル+タイル	7	0.29	0.30	1.04	0.05	32.7
	クロス、ボード	5	2.49	2.38	0.96	0.41	28.9

表 6.2 公的住宅に類似データ(リニューアル工事における収集データ)の中性化速度係数算出結果

場所	仕上げ種類	データ数	中性化速度係数(mm/year ^{1/2})			仕上げ材の中性化比率
			A	標準偏差	変動係数	
屋外	全て	156	2.42	1.55	0.64	-
	打放し	12	4.73	2.11	0.45	1.00
	複層塗材	99	2.11	1.06	0.50	0.45
	薄付け(リシン含)	27	3.43	1.61	0.47	0.73
	厚付け	14	1.30	0.90	0.69	0.27
	モルタル+厚付け(複層含む)	3	0.08	0.13	1.73	0.02

表 6.3 民間住宅の類似データ（大規模改修工事において
収集されたデータ）の中性化速度係数算出結果

場所	仕上げ種類	データ 数	中性化速度係数(mm/year ^{1/2})			仕上げ 材の中 性化比 率	圧縮強 度平均 (N/mm ²)
			A	標準 偏差	変動 係数		
屋外	全て	1723	2.77	2.13	0.77	-	27.5
屋内	全て	1748	5.47	3.23	0.59	-	27.5
屋外	打放し	72	2.66	2.00	0.75	1.00	27.9
	モルタル	162	1.92	1.91	0.99	0.72	24.7
	モルタル 20mm 以上	104	1.51	1.63	1.08	0.57	25.6
	モルタル+薄付け(リシ含)	831	1.92	1.78	0.93	0.72	24.9
	薄付け(リシ含)	447	4.07	1.98	0.49	1.53	31.5
	厚付け	219	3.93	1.88	0.48	1.48	31.2
屋内	打放し	188	6.35	3.01	0.47	1.00	28.6
	モルタル	185	4.43	3.24	0.73	0.70	25.6
	モルタル 20mm 以上	72	3.25	3.35	1.03	0.51	27.2
	モルタル+漆喰(フラスター含)	657	5.39	3.13	0.58	0.85	24.6
	モルタル 20mm 以上+漆喰(フラスター含)	105	3.18	2.38	0.75	0.50	24.2
	モルタル+薄付け(リシ含)	15	1.88	2.45	1.30	0.30	27.7
	モルタル+タイル	15	0.69	0.26	0.37	0.11	27.3
	クロス、ボード*	538	5.63	3.05	0.54	0.89	32.0

(1) 環境および仕上げ種類ごとの中性化速度係数の算出

表 6.1～6.3 より、環境および仕上げ種類ごとに整理した中性化速度係数を見ると、屋内の居室、非居室で比較した結果については、非居室に比べて居室の中性化速度係数が小さくなる傾向がみられ、打放しでは特に顕著であった。非居室に比べて、日常的に使用される居室のほうが二酸化炭素濃度は高くなると考えられ、居室の中性化速度係数が小さくなった原因は定かではない。温度、湿度、二酸化炭素濃度の影響よりも、コア採取位置（例えば、家具や棚の裏側）などその他の要因の影響に起因している可能性が考えられる。

仕上げ材の影響に関しては、屋外・屋内ともに打放しに比べて仕上げ材が施されているものは、中性化速度係数が小さくなり、仕上げ材の中性化抑制効果が確認された。仕上げ材の種類によって抑制効果は異なるが、特にモルタルの影響が顕著であり、モルタル厚さが厚いほど抑制効果が確認された。

(2) 収集したデータごとの比較

図 6.4 に耐震診断等調査報告書による収集データ、公的住宅および民間住宅の類似データの仕上げ種類ごとの中性化速度係数の比較を示す。耐震診断等調査報告書に

よる収集データと公的住宅の類似データを比較すると、全体の傾向は両データ共に同様だが、耐震診断等調査報告書による収集データが屋内打放しを除いて全体的に中性化速度係数が小さい結果となった。屋内打放しは両データとも同程度の中性化速度係数であった。

屋外打放しのデータについて、①耐震診断報告書による収集データ、②公的住宅の類似データ、③民間住宅の類似データの各データの比較を行ったところ、建物竣工年数としては最も新しい民間住宅の類似データ（大規模修繕時のデータ；築20年以下）の中性化速度係数が、耐震診断報告書のデータ（築30～40年）や公的住宅の類似データ（リニューアル工事のデータ；築30～40年）よりも大きくなるという結果となった（図6.1参照）。竣工年代を考えると大規模改修時のデータの建物の方がコンクリート強度は大きかったと予測されるがその理由は不明である。様々な目的において実施されたデータを分析する際には、コアを採取した箇所、採取後の試験方法なども明確にして整理する必要があることが考えられる。

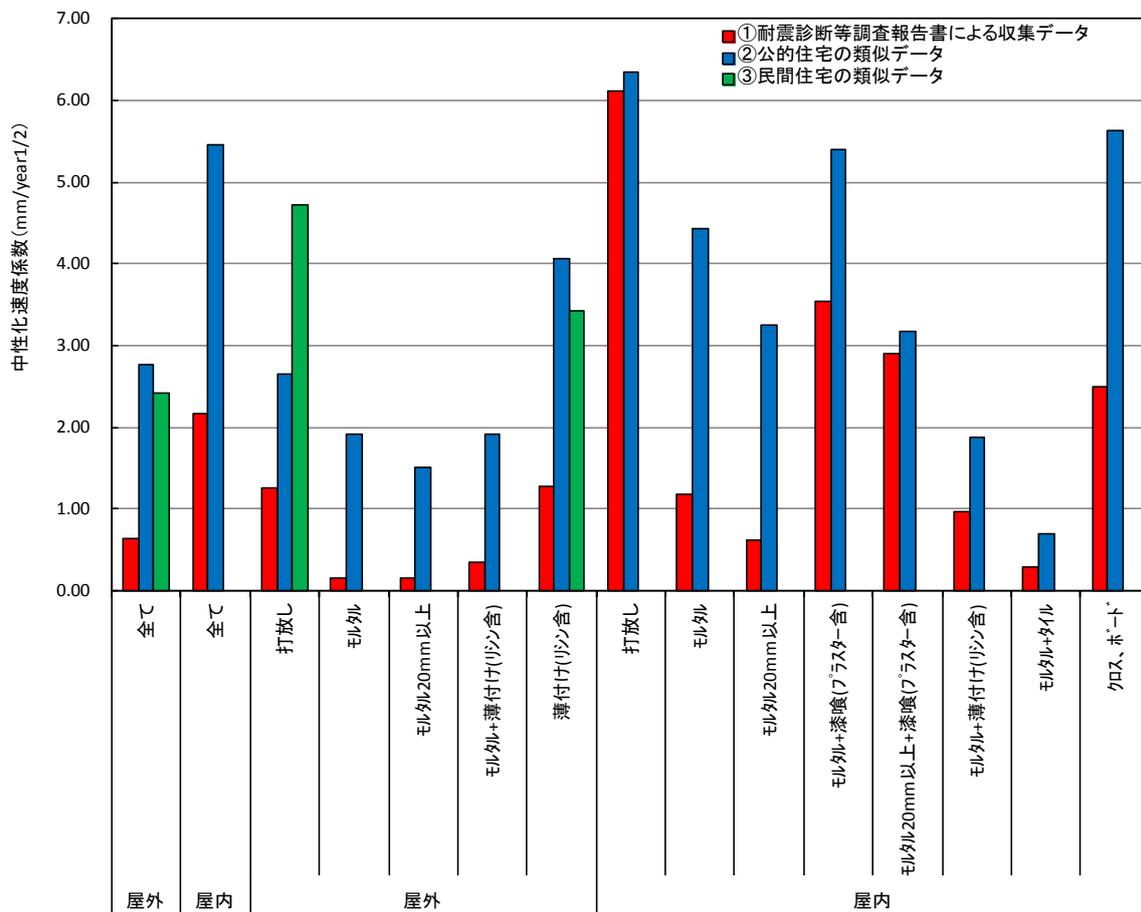


図 6.4 仕上り種類ごとの中性化速度係数の算出結果

4. 既存住宅等の性能評価基準の根拠データの整理

4. 1 既存住宅等の性能評価基準の考え方

国総研でこれまでに検討されている既存 RC 住宅の耐久性の評価は、中性化の進行とかぶり厚さの関係から、評価時点での劣化度合いの進行とその速度（劣化のしやすさ、すなわち耐久性）を評価することを想定している。

つまり、既存住宅等の中性化による躯体評価は、サンプル調査により検査時点における中性化の程度を明らかにし、今後どの程度の使用に耐え得るかを評価することとなる。しかしながら、前項までに示したように、サンプル調査による中性化深さの測定は、同一建物であっても材料の品質や環境条件の違い、施工精度などの要因から、一定のばらつきが存在するため、ばらつきを考慮しない場合には、平均値のみの評価となり、材料や施工の品質を適切な評価ができない可能性がある。特に材料や施工のばらつきが大きい場合には、危険側の判断をすることが懸念される。また、かぶり厚さも同様に施工精度などの要因から一定のばらつきが存在する。

そのため、建物の耐久性の評価として、中性化とかぶり厚さの関係において、それぞれのばらつきを考慮した評価を行うことができること、また、かぶり厚さの基準値やばらつきの設定の根拠として、評価住宅等におけるかぶり厚さの設定値や一定以上の施工品質の確保が担保されたとする蓋然性の高さなどを考慮した設定があり得ることなどから、鉄筋腐食確率によって評価することが検討されている。

図 6.5 に鉄筋の腐食確率の考え方を示す。かぶり厚さにはばらつきがあり、これは経年によって変化しないばらつきであり、正規分布として仮定される。また、中性化深さにも環境条件や材料のばらつきはあり、中性化深さによってばらつきの大きさは異なり変動係数で表される。

一般的に、鉄筋の腐食は中性化が鉄筋の位置に到達した時点で始まると仮定されており、これを適用すると、両者の分布（ばらつき）の範囲が重なった部分の割合が鉄筋腐食確率となる。

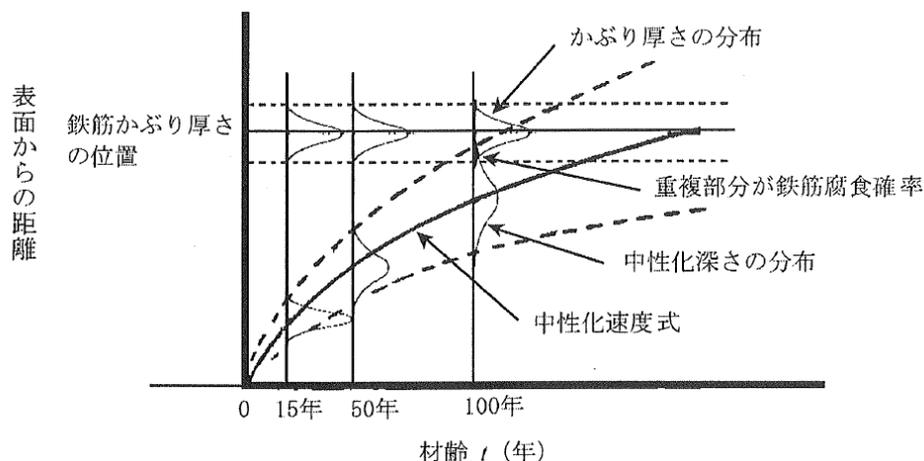


図 6.5 鉄筋腐食確率の考え方³⁾

4. 2 鉄筋腐食確率の算定方法

既存住宅等の性能評価中の建物の耐久性の評価において検討されている鉄筋腐食確率の算定方法を以下に示す。

(1) 打放し仕上げ、塗料・仕上塗材の場合

中性化深さの進行は、時間の平方根に比例すると仮定し、調査時点の中性化深さ(C)、調査時の築年数(t)から中性化速度係数(A)を(1)式によって求める。

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

ここに、

A：中性化速度係数 (mm/year^{1/2})

C：中性化深さ (mm)

t：コア採取までの建築後の経過年数 (year)

かぶり厚さの基準値 D および標準偏差 σ 、中性化の変動係数 v を設定する。D は原則として、建築基準法施行令第 79 条で定められるかぶり厚さ (最小かぶり) とするが、長期優良住宅もしくは劣化対策等級 2、3 を取得した評価住宅のうち、耐久性確保のために最小かぶり厚さを割り増したことが確認される場合にあっては、その割り増したかぶり厚さとする。

標準偏差 σ は、一般的な RC 造建築物の場合には 10~15mm 程度といわれている。そこで、建設性能評価等を受けることにより一定の品質管理がなされていると推定できる建物については標準偏差を 10mm、その他については 15mm と設定する。中性化の変動係数 v については、一般的に 0.3~0.5 の値になると言われていることから、この範囲で適当な値を設定する。

以上から築年数 i 年における中性化残り (かぶり厚さ - 中性化深さ) の分布を表すと、平均値は、 $D - C_i = D - A\sqrt{i}$ 、標準偏差は、 $\sqrt{C_i^2 \cdot v^2 + \sigma^2} = \sqrt{A^2 \cdot i \cdot v^2 + \sigma^2}$ の正規分布として表される。

i 年における腐食確率 P は、正規分布 $N\left(D - C_i, \sqrt{C_i^2 \cdot v^2 + \sigma^2}\right)$ における、 i 年における中性化残りまでの累積の確率密度 (積分値) となる。なお、平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布の確率分布関数は、 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$ で表される。腐食確率を容易に求める方法として、MS-Excel の NORMDIST 関数を利用し、 $P = \text{NORMDIST}(x, \text{平均}, \text{標準偏差}, \text{関数形式}=1)$ として P を求める。

ここで、屋内の場合は中性化がかぶり位置よりも 20mm 進んだ時点で開始すると仮定し (耐久性総プロでの仮定) し、-20mm の位置となる確率を求める。したがって、腐食確率の計算は

屋外： $P = \text{NORMDIST}(0, \text{平均}, \text{標準偏差}, 1)$

屋内：P=NORMDIST(-20,平均,標準偏差,1)

(2) モルタル系仕上げの場合

モルタル系仕上げが施されている場合の腐食確率の算定は、(1)の場合の計算方法に、かぶり厚さに対してモルタル厚さに一定の係数を掛けた等価かぶり厚さを加える。ここで、換算する係数は既往の研究¹⁾から0.8倍とした(0.5~1の範囲で適度に設定するとよい)。

中性化速度係数は、測定された中性化深さに加えて、等価かぶり厚さ分の中性化が進んだとして、見かけの中性化速度係数(A')を算定する。

$$A' = \frac{C + \alpha \cdot D_m}{\sqrt{t}}$$

ここに、

α : 等価かぶり厚さに換算する係数

D_m :モルタル厚さ

その他の計算は、打放し仕上げと同様に計算する。

4. 3 既存住宅等の性能評価基準の設定値との比較

本節では、収集データおよび提供データの分析結果から、鉄筋腐食確率を算定する際に必要となる中性化のばらつきについて分析し、鉄筋腐食確率算定時の設定値として示されている変動係数0.3~0.5との比較を行った。

また、サンプル調査について、評価基準では1棟の3階層ごとに3箇所サンプル採取が基本となっているが、1棟ごとのサンプル数と中性化のばらつきとの関係について検討する。

さらに、かぶり厚さの標準偏差 σ の設定値10~15mmについて、実構造物におけるかぶり厚さの実態に関する文献調査の結果から比較検討を行った。

(1) 建物毎のばらつきの分析

耐震診断等調査報告書による収集データから得られた1棟ごとの中性化速度係数の平均値と標準偏差の関係を整理した。同一建物においても、中性化速度係数には環境条件や材料等による一定のばらつきがあり、中性化速度係数が大きいほど標準偏差が大きくなることから、変動係数を用いることにより建物ごとの中性化のばらつきを評価できるものと考えられる。

近似曲線の傾きから得られた変動係数は、仕上げや環境条件ごとに異なり0.32~0.82の範囲となった。最も変動係数が小さいのは、屋内打放しで0.32(図6.6(b))で、最も大きいのは屋内居室で0.82であった(図省略)。

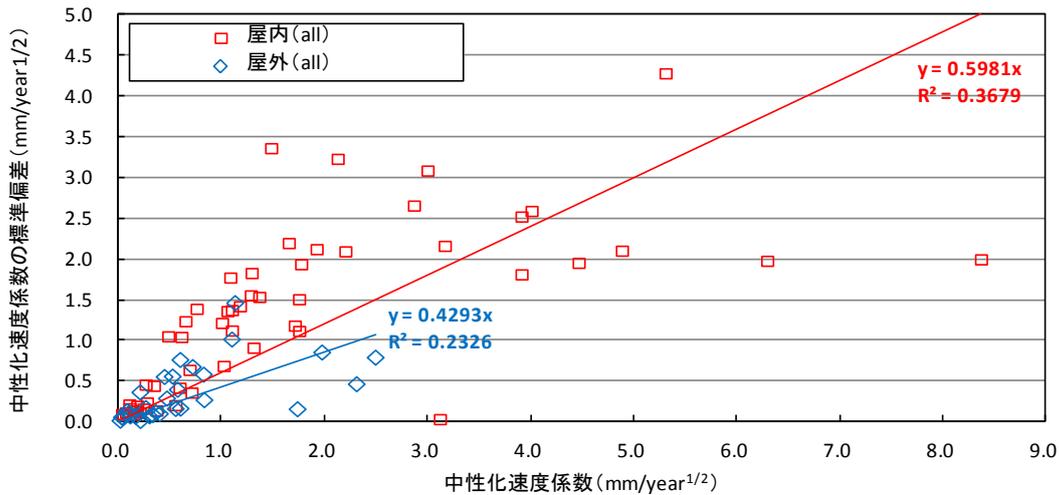
仕上げや環境条件で分類せずに中性化速度係数の平均値と標準偏差を整理すると、屋外で変動係数0.43、屋内で変動係数0.60となり、RC造の劣化対策・中性化(性能向上・長期リフォーム基準案)の鉄筋腐食の算定で用いられている変動係数0.3~0.5よりも若干大きい値となった。さらに決定係数がそれぞれ0.23と0.37と相関が高く

ないため、安全をみてさらに大きな値を設定する必要があると考えられる。

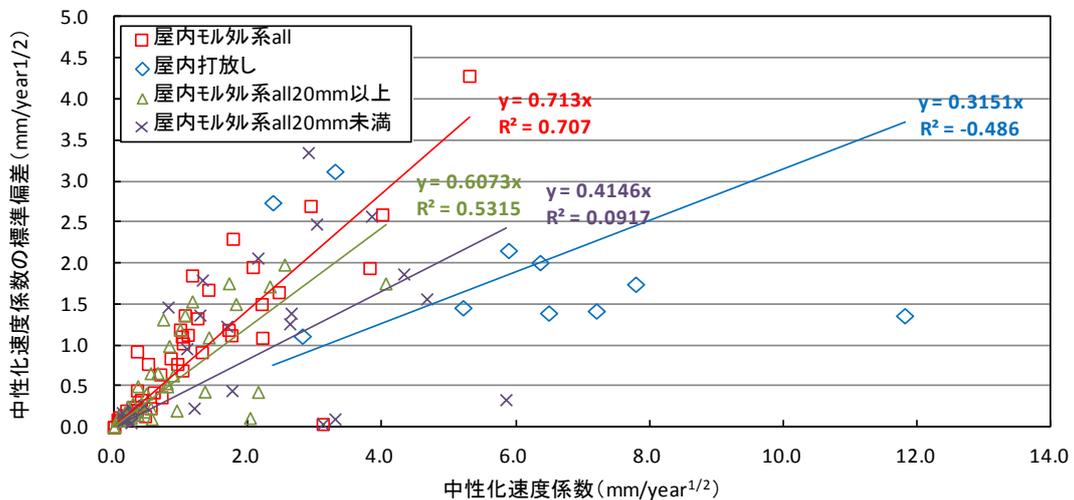
(2) サンプル数と中性化のばらつきの関係

全体的な傾向としては、棟ごとのサンプル数と中性化速度係数の変動係数に明確な傾向は認められず、サンプル数すなわちコア採取箇所を増やすことによる優位性は確認されなかった。

屋内打放し（図 6.7(b)参照）においては、サンプル数が多いほど変動係数が小さくなる傾向がみられるが、その傾向は顕著ではなく、例えば 10 サンプル以内であればほとんど優位性は確認されないような結果であった。



(a) 屋内・屋外別



(b) 屋内・仕上げ種類別

図 6-6 中性化速度係数と標準偏差の関係

(3) かぶり厚さのばらつきに関する調査

コンクリート構造物のかぶり厚さは、施工段階において一定のばらつきが生じることが知られており、実際の建築物についての実測データからかぶり厚さの分布やばら

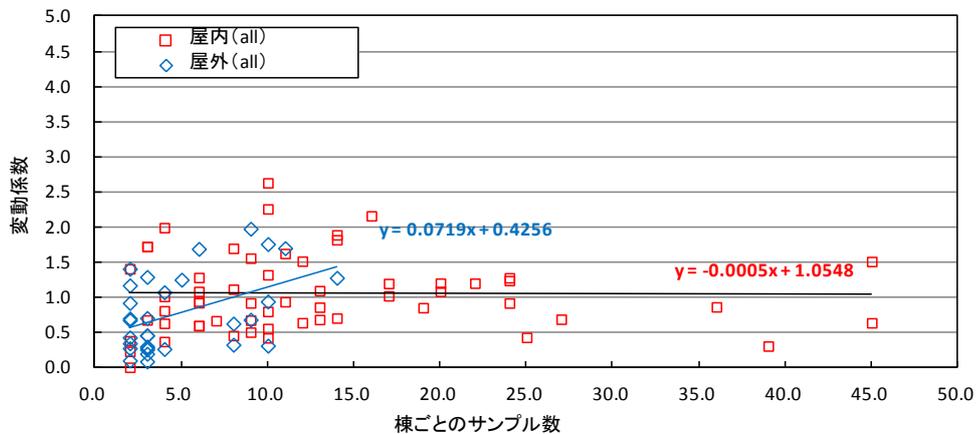
つきの分析が行われてきた。性能評価基準の検討における鉄筋腐食確率算定時の設定値として示されているかぶり厚さの標準偏差 σ も10~15mmとされている。

ここでは、かぶり厚さに関する既往の文献調査⁴⁾、⁵⁾、⁶⁾により、かぶり厚さのばらつきの実態を整理した。

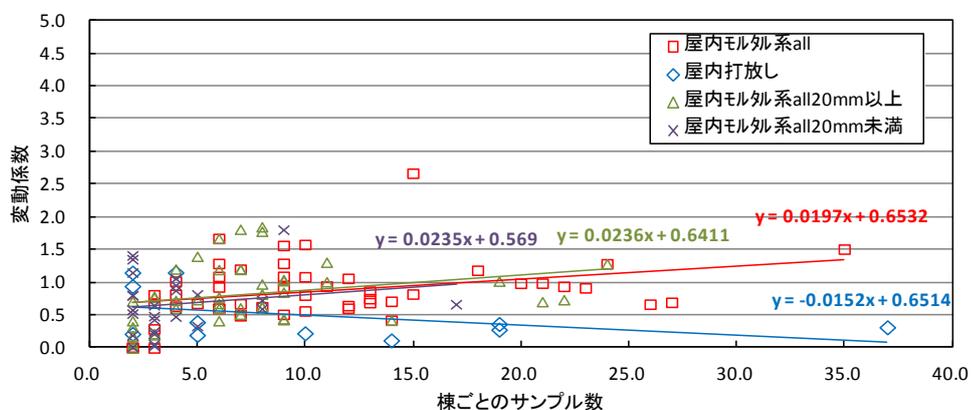
梶田らの報告⁴⁾では、1924年~1974年に竣工された40棟の建物について、かぶり厚さの実測調査により、建物別平均値によるかぶり厚さの分布を分析した結果、標準偏差は9~11mm程度であることが示されている。

最近の建築物のかぶり厚さのばらつきについても、西村らの調査結果⁵⁾や濱崎らの調査結果⁶⁾が報告されており、部材の種別および建物別に見た場合の標準偏差は、部材によっては10~20mmとなっている。但し、ここでのばらつきには、設計段階でのかぶり厚さの割り増しや施工段階でのかぶり厚さの打ち増しによる影響が含まれているため、施工における誤差を表す指標として同一測定面における部材内の標準偏差を考えた場合には、部材ごとに差はあるが3~8mm程度となっている。

以上より、既存の構造物のかぶり厚さのばらつきの実態調査結果から、鉄筋腐食確率算定時のかぶり厚さの標準偏差 σ の設定値の範囲10~15mmは一定の根拠を有すると考えられ、さらにJASS5 2009において、鉄筋コンクリート造建築物のかぶり厚さの目標とする標準偏差を10mmと明記されており、一定の品質管理がなされている建物において標準偏差 σ の設定値を10mmとすることは適切と判断される。



(a) 屋内・屋外別



(b) 屋内・仕上げ種類別

図 6.7 棟ごとのサンプル数と変動係数の関係

5. まとめ

耐震診断等調査報告書から収集したデータならびに公的住宅の類似のデータおよび民間住宅の類似データについて、中性化深さ一測定時の築年数、及び中性化速度係数一測定時の圧縮強度との関係を整理して一覧表を作成するとともに、グラフを作成し、環境条件、仕上げ材の有無による分類を行い、傾向を分析・整理した。

また、学識経験者からの意見を参考に、棟ごとのばらつきやかぶり厚さの実態調査を行い、既存住宅等の性能評価基準との比較を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 耐震診断等調査報告書によるデータについて、建物 1 棟ごとの中性化速度係数の測定結果のばらつきを把握するため、各条件における標準偏差および変動係数を算出した。その結果、同一建物においても、中性化速度係数には環境条件や材料等による一定のばらつきがあり、中性化速度係数が大きいほど標準偏差が大きくなることから、変動係数を用いることにより建物ごとの中性化のばらつきを評価できるものと考えられる。
- 2) 耐震診断等調査報告書による収集データから得られた 1 棟ごとの中性化速度係数の平均値と標準偏差の関係を整理することにより、環境条件や仕上げ種類ごとの中性化のばらつきを評価した。その結果、仕上げや環境条件で分類をしない場合では、屋外で変動係数 0.43、屋内で変動係数 0.60 となり、鉄筋腐食の算定で用いられている 0.3~0.5 より、若干大きい値となったが、例えば屋内打放しのようにサンプル調査のコア採取箇所の仕上げや環境条件を限定することで、妥当な範囲となることが示唆された。
- 3) サンプル数と中性化のばらつきの関係について把握するため、耐震診断等調査報告書による収集データから得られた 1 棟ごとのサンプル数と中性化速度係数の標準偏差の関係を整理した。その結果、棟ごとのサンプル数と中性化速度係数の変動係数に明確な傾向は認められず、サンプル数すなわちコア採取箇所を増やすことによる優位性は確認されなかった。
- 4) 既存の構造物のかぶり厚さのばらつきの実態調査結果から、鉄筋腐食確率算定時のかぶり厚さの標準偏差 σ の設定値の範囲 10~15mm は一定の根拠を有すると考えられる。

参考文献

- 1) 川西 泰一郎、濱崎 仁、榊田 佳寛：実建物調査に基づくコンクリートの中性化進行に関する分析、日本建築学会構造系論文集、No.608 号、pp.9-14、2006.10
- 2) 岸谷孝一：鉄筋コンクリートの耐久性、鹿島出版会、1963
- 3) 日本建築学会、鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針（案）・同解説、2004
- 4) 榊田佳寛、友沢史紀、矢島義麿：実際の鉄筋コンクリート造建築物における鉄筋のかぶり厚さの実態、第 7 回コンクリート工学年次講演会論文集、pp.45~48、1985
- 5) 西村進、榊田佳寛、松崎育弘、園部泰寿：実際の鉄筋コンクリート造建築物におけるかぶり厚さの分布に関する調査と分析、日本建築学会構造系論文集、第 75 巻、第 649 号、pp.491-497、2010.3
- 6) 濱崎仁、加納嘉、神代泰道、吉岡昌洋、住学、土屋芳弘、三枝輝昭、山岸直樹、閑田徹志、安田正雪：RC 建築物のかぶり厚さ確保に関するアンケートおよび実測調査結果 その 2 かぶり厚さの分布に関する調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp.635-636、2012.9