

論文 黎明期コンクリート造建築物の構造体コンクリート強度に関する調査研究

中田 清史*1・野口 貴文*2・榊田 佳寛*3

要旨：本論では 1953 年以前をコンクリート造建築物の黎明期と位置づけ、この年代の構造体コンクリートの圧縮強度について調査研究を行った。分析の対象データは文献調査などにより収集し、これらについて部材別強度差、平均値・変動係数の年代推移、コア採取方法と変動係数、確率分布と推定誤差の検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。①床部材の強度が高い傾向が見られた。②平均強度は竣工年代に対して正の相関が見られた。③変動係数は同一階内、同一部材内でそれぞれ 0.10～0.30, 0.10～0.40 となった。④確率分布は対数正規分布に従う可能性が高い。⑤仮定する分布によっては推定値に 10%程度の誤差が生じる。

キーワード：大正・昭和初期、既存 RC 造建築物、構造体コンクリート、コア強度、圧縮強度分布

1. はじめに

近年、明治から昭和初期にかけて建設された建築物が近代化遺産として注目を集めており、その調査診断、維持管理手法が課題となっている。特にコンクリート造は近代化遺産の中でも主要な構造材料であり、現状の耐震性・耐久性を適切に把握することが求められる。¹⁾このような建築物の構造体コンクリート強度を推定する場合、躯体からコアを採取し測定された圧縮強度の平均値と標準偏差から構造体コンクリート強度の代表値を算出するという手順が想定される。しかし、明治から昭和初期にかけてはコンクリート技術の黎明期にあたる年代であり、使用材料、調合方法、施工方法において現代と異なる手法をとっていた可能性が高い。既に多くの文献で示されている通り²⁾、これらのコンクリート技術がその圧縮強度に与える影響は大きく、明治から昭和初期の構造体コンクリート強度は現代と異なる分布特性を持つと考えられる。このため、コア採取箇所・本数や仮定する確率分布が異なれば、調査対象が同じでも算出される推定値は異なることも考えられる。そこで本論では、黎明期コンクリート造建築物の構造体強度について年代特有の分布特性を明らかにすることを目的として、研究室および既往文献におけるコア強度測定データを用いて分析を行う。

2. コンクリート造建築物における「黎明期」

本論では、日本建築学会が刊行する JASS 5 が建設現場のコンクリート技術変遷において明確な規準になると考え、その初版が刊行された 1953 年以前をコンクリート造建築物の黎明期としてデータの収集を行った。また、市

街地建築物法施行規則や JASS 5 以前の標準仕様書、日本建築学会刊行の「建築雑誌」による文献調査の結果、黎明期の中でも表-1に示すような W/C 説の普及に伴うコンクリート調合手順の変化があったと考え、1929 年以前に竣工したものを「黎明期Ⅰ」、1930 年以降に竣工したものを「黎明期Ⅱ」と区分した。ここで、1929 年の「コンクリート及び鉄筋コンクリート工事標準仕様書」の発表によって直ちに建設現場での調合方法が変化したとは言いきれず、また市街地建築物法において W/C に関する規定がなされたのは 1932 年以降であることから、黎明期Ⅱの中にも黎明期Ⅰと同様の調合方法をとった建物が存在する可能性がある。しかし、それぞれの建物での調合に関する情報は入手困難であるため、本論では上記のような年代区分をすることとした。

3. コア強度データの収集と分析

3.1 コア強度データの収集

本論では、当研究室（所在地：東京都文京区本郷 7-3-1）で建物調査を行った際に測定したデータおよび既往文献に掲載されているデータを分析の対象とした。いずれのデータも黎明期の日本国内に竣工したコンクリート造建築物の躯体からコンクリートコアを採取し圧縮強度を測定したものであり、未加工の生データおよび平均値等の代表値を抽出した。文献調査に際しては、コア強度だけでなくこれに付随する建物情報（竣工年、所在地、構造、階）やコア自体に関する情報（採取箇所、寸法、試験条件）も収集した。また、文献中の記載等から分析の対象として明らかに不適当と判断されるもの（空襲、火災等を経験しているもの等）に関しては除外している。

*1 東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻（学生会員）

*2 東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻教授 工博（正会員）

*3 日本大学 理工学部 特任教授（名誉会員）

表 - 1 建築関連法規・標準仕様書とコンクリート調合の変遷

年	建築関連法規や標準仕様書	想定される調合の手順	
1920	「市街地建築物法施行規則」公布	1. セメントと骨材の調合比を決定 応力度 4.4N/mm ² (45kgf/cm ²) …C : S : G*=1:2:4 応力度 2.9N/mm ² (30kgf/cm ²) …C : S : G*=1:3:6 2. 施工性を考慮して水量決定 3. 容積計量, 現場/手・機械練り	黎 明 期 I
1923	「建築工事標準仕様書」発表		
1929	「コンクリート及び鉄筋コンクリート工事標準仕様書」発表		
1932	「市街地建築物法施行規則」改正	1. 所要強度と軟度（スランプ値）を決定 2. セメント強さと気温を基にW/Cを決定。 3. 骨材比と水量で軟度を調整 C : S : G*=1:m:n 4. 容積計量, 現場/機械練り *「C : S : G」はセメント, 細骨材, 粗骨材の容積比	黎 明 期 II
1933	「鉄筋コンクリート構造計算基準」発表		
1933	「コンクリート及び鉄筋コンクリート工事標準仕様書」改正		
1953	「JASS5」発表		

表 - 2 圧縮強度データの参照先と調査建物・コア強度の数量

参照した文献名/発行元	発表年	文献数 (編)	調査建物 (棟)	コア強度未加工データ (本)
学術講演梗概集/日本建築学会	1974-2009	16	48	453
研究報告支部大会/日本建築学会	2005-2011	2	2	0
コンクリート工学年次論文集/日本コンクリート工学会	2008	1	1	0
セメント・コンクリート/日本コンクリート工学会	1983	1	1	0
石膏と石灰/無機マテリアル学会	1990	1	1	0
シンポジウム等の報告書	2001-2014	3	7	167
他大学研究報告	1984-1990	10	8	71
当研究室データ (所在地: 東京都文京区本郷 7-3-1)	1990-2015	-	5	348
合計		34	73	1039

3.2 収集したコア強度データの概要

文献調査等によって得たコア強度のデータを表 - 2 に示す。データを参照した既往文献は学会誌やシンポジウムなどの報告書 34 編, また調査建物棟数は 73 棟, コア強度は 1039 本分のデータとなった。調査建物を年代別にみると, 黎明期 I が 40 棟, 黎明期 II が 32 棟, 詳細不明が 1 棟となっており, 年代に偏りのない調査結果となっている。また, コアの採取部材別にみると, 壁 649 本, 柱 253 本, 梁 47 本, 床 90 本となった。

3.3 分析方法

以上のようなコア強度データに関して大きく分けて以下の 5 つの分析を行う。①部材間強度差の傾向の把握, ②建物ごとの平均値・変動係数とその年推移, ③同一部材から複数本コアを採取する場合と同一階の複数の部材からコアを採取する場合に想定される変動係数, ④一つ建物からコアを採取した際に得られるコア強度の分布形状に関する適合度検定, ⑤仮定する確率分布に違いによって生じる推定値の誤差の検討である。

4. 結果と考察

4.1 壁平均を規準とした部材間強度差

黎明期コンクリート造建築物に関して, 部材別の強度レベルが異なるという報告がなされている。そこで本論では壁のコンクリート強度に対する柱, 梁, 床のコンクリート強度を比較し, 必要に応じて分析から除外するこ

ととした。まず, (1)式で建物ごとに各コア強度の壁平均との差を算出し採取された部材ごとに整理した。

$$\Delta X_i = X_i - \bar{X}_{\text{wall}} \quad (1)$$

ここに, X_i : コア強度 (壁部材以外から採取), ΔX_i : 壁部材を規準とした強度差, $\bar{X}_{\text{wall}}$: ある建物の壁部材から採取したコア強度の平均値。

図 - 1 に部材間強度差を部材ごと・年代ごとに分けた累積密度分布を示す。ここでは参考のため戦後に竣工した建物 (1959-1974 年) についても同様の手順でデータ分析を行っている。図から戦後に対して黎明期 I, 黎明期 II では部材間強度差が広がっていることがうかがえる。特に黎明期における床部材の強度は壁平均に対して高い値をとる傾向を示しており, 既往の研究報告³⁾と同様の結果となった。床部材から採取したコアの強度が高くなる要因として, 水平部材に比較的堅練りのコンクリートが用いられたため, 当時の型枠は水が染み出しやすく下階の床が湿潤状態を保ちやすかったためなどの施工方法によるものが考えられる。また, 床から採取されるコアは一般的に短いものが多く試験体の高さ直径比に応じて強度補正されるが, この補正値が十分ではなかったという要因も無視できないと考えられる。いずれにしても, この年代の床部材から採取されたコアの圧縮強度は壁部材に対してやや高い値をとり, 壁部材とは異なる母集団に属している可能性が高いと考えられたため床部材のコア強度データは他の分析では除外した。

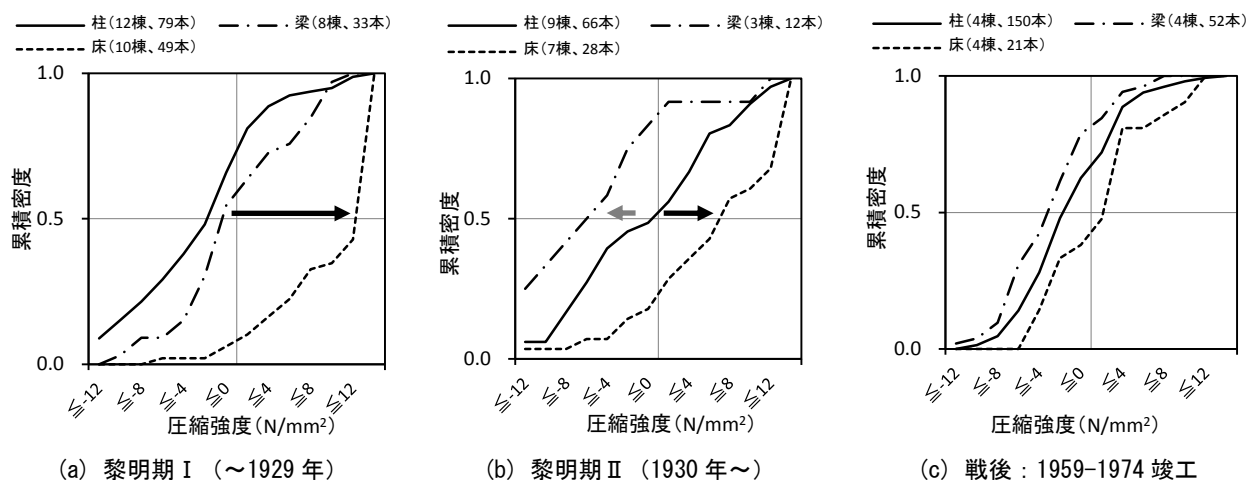


図 - 1 壁平均を規準とした部材間強度差とその年代推移

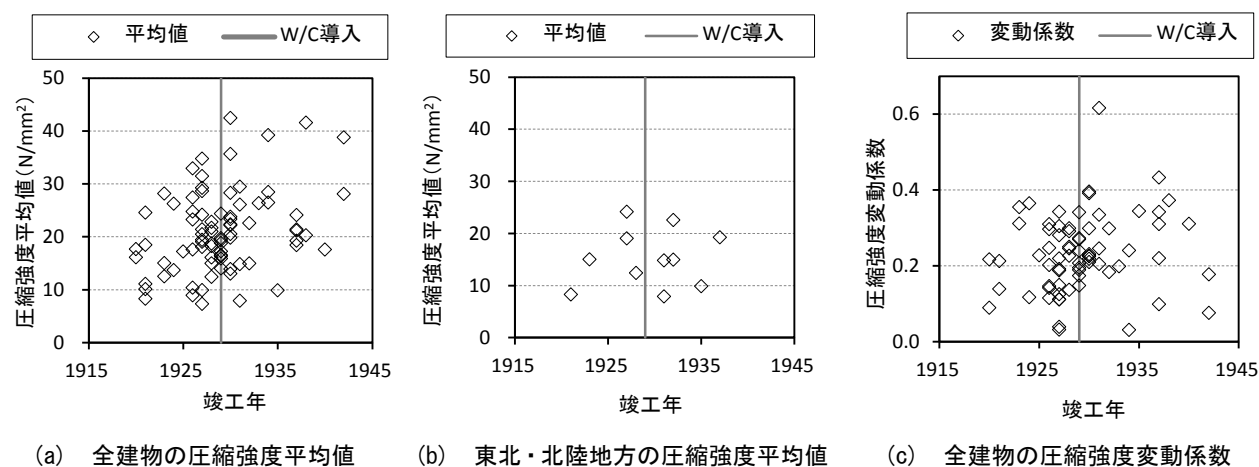


図 - 2 圧縮強度平均値・変動係数の年推移

次に梁のコンクリート強度に関しては、黎明期 I では壁コンクリート強度に対して高い側と低い側均等に分布している。一方黎明期 II では試料数が少ないものの、ほとんどが壁コンクリート強度よりも低い値をとる結果となった。上記の傾向の原因は不明であり採取本数が少ないために生じた誤差の可能性とも考えられるが、梁コンクリート強度は壁に比べ低い可能性があるため分析から除外した。

最後に壁部材のコンクリート強度を規準とした場合の柱部材のコア強度であるが、これに関しては床や梁での強度差に比べるとその差は小さく壁部材と同じ母集団として分析しても問題ないと判断し壁部材と同様の分析を行った。

4.2 建物ごとの平均値・変動係数

図 - 2 に建物ごとの平均値・変動係数の年推移を示す。ここで、平均値・変動係数の算出は(2)~(4)式で行った。また、算出に用いたデータは部材間強度差を考慮して柱・壁から採取したコア圧縮強度のみとした。

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2)$$

$$s^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3)$$

$$v = s/\bar{X} \quad (4)$$

ここに、 n : 建物ごとのコア採取本数、 $\bar{X}$: 平均値、 s : 標準偏差、 v : 変動係数

まず、平均値についてはばらつきが大きいものの竣工年に対して正の相関が見られた。また、調査建物数が最も多かった関東地方について(5)式で算出される耐震診断時の推定強度⁴⁾をそれぞれの建物で算出した結果、 13.5N/mm^2 を下回る割合は黎明期 I で 21%、黎明期 II で 7%となりコンクリート強度水準の向上が確認された。いずれの結果も 1929 年以降の W/C 説の普及により建設現場におけるコンクリート調合方法が変化したことを示していると考えられる。しかし、図 - 2 (b)のように東北・北陸地方の調査結果に関しては平均値が比較的低く、年推移による変化は確認できなかった。このことから地方によっては W/C 説の普及による上記の傾向に当てはまらない可能性もあると考えられる。また、1932 年以降は市街地建築物法施行規則においてコンクリート強度の下限値が約 9N/mm^2 (90kgf/cm^2) と定められており⁵⁾、1932

年以降に竣工した建物から採取したコア強度は概ねこれを満たす結果となっている。一方でそれ以前に竣工した建物に関してはこれを下回るデータも見られるため注意が必要であると考えられる。

$$\sigma_B = \bar{X} - \frac{1}{2}s \quad (5)$$

ここに、 σ_B ：推定コンクリート強度。

変動係数についてはいずれの年代においても広い範囲に分布しているが概ね 0.40 以下の値となった。1965 年以降に竣工した建物の変動係数は 0.10～0.25 程度とされており⁶⁾、これに比べると黎明期の建物の変動係数は比較的大きい値をとっていると考えられる。また、既往の研究ではレディーミクストコンクリートの普及に伴って変動係数が低下するという報告がなされている。⁶⁾⁷⁾ 本論が対象とする年代においては、黎明期 I と II で調査方法が異なると考えられればつきの程度も異なると推測されたが図 - 2 (c) を見る限り明確な傾向は見られなかった。ここで、黎明期 II では変動係数の分布がやや上昇し 0.2～0.4 の範囲に集中しており竣工年代による推移が生じている可能性もあるが、変動係数などの分布のばらつきを表す指標はコアの採取箇所や本数によって算出結果が異なると考えられるため次節でより詳細な検討を行う。

4.3 コア採取本数と変動係数

式 (3)、(4) で算出される標準偏差や変動係数は、コア本数が 3 本程度では真値よりも小さい値が算出される可能性が高いことが知られており、川西らの研究⁹⁾によれば標準偏差の算出には採取コアを 6 本程度とすることが望ましいとされている。本節では黎明期 RC 造建築物のからコアを採取し圧縮強度の測定を行う際に想定すべきばらつきの大きさを明らかにすることを目的として、変動係数の分析を行う。取得したコア強度データのうち同一部材から複数本コア採取しているデータ、同一階の複数の部材からコアを採取しているデータを抽出し、採取本数ごとに整理し分析を試みた。採取箇所の判断についてはコアの情報や文献に掲載されている採取箇所の図面等から行った。

図 - 3 に同一部材からコア採取した場合の変動係数、図 - 4 に同一階の複数の部材からコア採取した場合の変動係数をそれぞれ示す。どちらのグラフもコア採取本数の増加に従って分布の幅が狭まる傾向があり、採取本数 6 本以上になると 0～0.1 の範囲の変動係数はほぼ見られなくなる。これは試料数の増加によって変動係数の推定精度が向上しているためと考えられ、仮に 6 本以上コア採取をすれば十分な精度の変動係数が算出されているとすると、図から部材内での変動係数は 0.1～0.3 程度、同一階内での変動係数は 0.1～0.4 程度に収まると考えられ

る。同一部材内の変動係数に対して同一階内での変動係数がやや大きい範囲に分布しているのは、同一部材から採取されたコアはほぼ同一の調査・養生条件と考えられるのに対し、同一階内の複数部材から採取されたコアは必ずしも同じ調査・養生条件ではないためと考えられる。実構造物のコンクリート強度を推定する際は階ごとにコア採取を行うことが一般的であるが、黎明期 RC 造建築物を対象とする場合は変動係数 0.3 あるいは 0.4 という高い値をとる可能性があると考えられる。ここで、図 - 3 の n=9 の分布のみ他と比べ広い範囲に分布している。これはすべて同一の建物において意図的に採取コアの距離を設定した調査結果である。非常に高い値を示しているものもあるが、概ね 0.1～0.3 の間に収まっていることが確認された。

また、図 - 3、図 - 4 では黎明期 I と II で変動係数の比較を行うため年代を分けて示している。この図での比較は図 - 2 (c) に比べ採取本数による変動係数の違いを取り除いた比較と考えられるが、試料数が少ないこともあり両者に明確な違いは見られなかった。

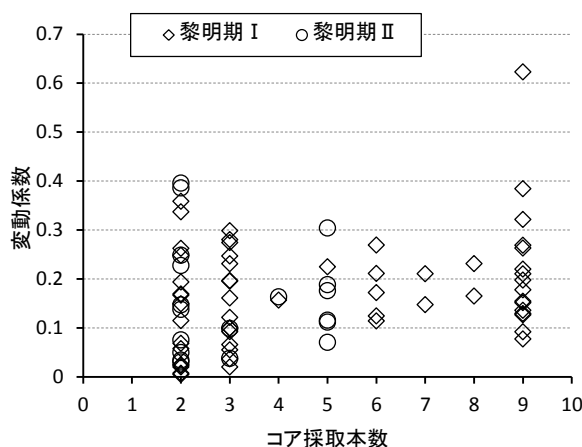


図 - 3 同一部材からコア採取した場合の変動係数

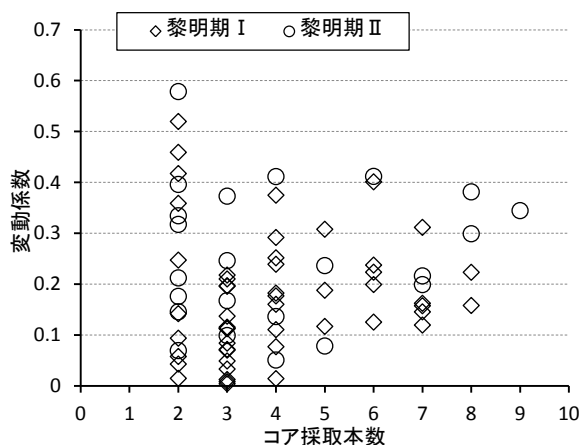


図 - 4 同一階の複数部材からコア採取した場合の変動係数

4.4 コア強度の確率分布

周らの研究⁹⁾によれば既存 RC 造建築物から採取したコアの圧縮強度は対数正規分布に従うとされている。本論では分析データのうちの建物から 15 本以上コア採取している調査 15 件について、コア強度の確率分布に関する適合度検定を行った。仮定する分布は正規分布と対数正規分布とし、適合度検定はカイ二乗検定、KS 検定、AD 検定をそれぞれ有意水準 5%で行った。図 - 5 は当研究室で調査を行った建物のコア強度ヒストグラムである。表 - 3 および表 - 4 に建物ごとの検定結果と採択の割合を示す。カイ二乗検定と KS 検定の結果を見ると、正規分布と対数正規分布との間には明確な違いは見られなかった。一方でカイ二乗検定において仮定する確率分布と実際の確率分布との残差を式 (6) で算出しその大きさを比較した場合、正規分布に適合すると判定された調査結果は 6 件、対数正規分布に適合すると判定された調査結果は 9 件となり、対数正規分布を示す調査結果のほうがやや多いといえる。

(カイ二乗値) = \sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - e_i)^2}{e_i} (6)

ここに、k：度数分布の階級数、Y_i：i 番目の階級における観測された度数、e_i：i 番目の階級における仮定した分布の理論度数。

次に AD 検定の結果について考察する。AD 検定はカイ二乗検定や KS 検定に比べ分布の裾野の検定結果への影響度が大きく、対象とする分布の裾野が重要な場合に有効とされている。本論の検定結果では、正規分布を仮定して棄却されなかった調査結果は 10 件、対数正規分布を仮定して棄却されなかった調査結果は 13 件となり、対数正規分布のほうがやや多い結果となった。

以上から黎明期コンクリート造建築物におけるコア強度の確率分布は、対数正規分布となる可能性が高いと考えられる。対数正規分布は正規分布に比べ最頻値が左側（強度が低い側）にシフトした形状をしている。黎明期コンクリート造建築物のコア強度がこのような分布形状を示す要因として、コンクリートを打ち込む際に軟練りコンクリートが好んで用いられたためや同じ調査でも締め固め不十分な部分が多かったために、採取したコアの圧縮強度が十分に出なかったという原因が考えられる。しかし、本論の範囲ではこの要因を特定することは難しく、今後の研究でさらに黎明期コンクリート造建築物のコア強度分布を調査していくとともに、その他の年代のコア強度分布と比較することで黎明期コンクリート造建築物のコア強度分布が対数正規分布となる要因を検討していく必要があるものと考えられる。

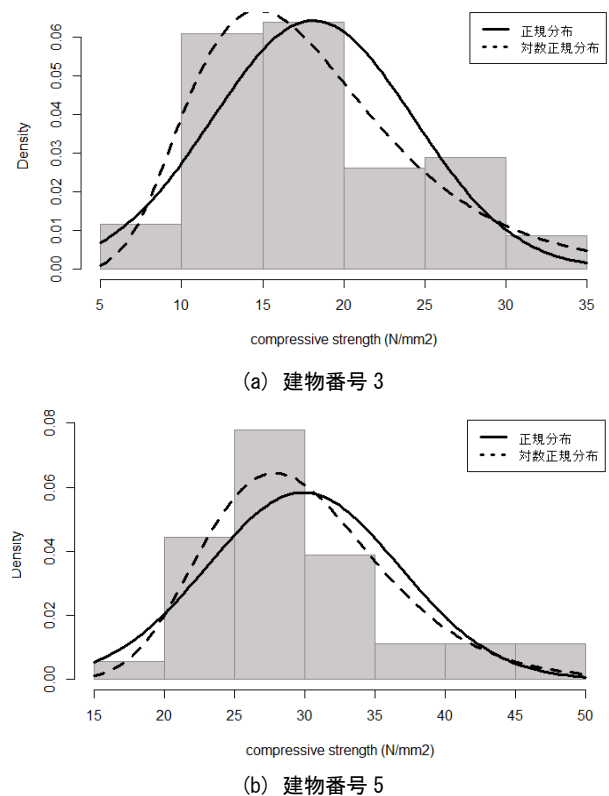


図 - 5 コア強度のヒストグラム

表 - 3 適合度検定（有意水準 5%）の結果

建物 番号	竣工 年	コア 本数	カイ二乗検定		KS 検定		AD 検定	
			正規	対数	正規	対数	正規	対数
1	1926	20	採択	採択	採択	採択	採択	採択
2	1926	17	採択	採択	採択	採択	採択	採択
3	1927	69	棄却	採択	採択	採択	棄却	棄却
4	1928	20	採択	採択	採択	採択	採択	採択
5	1928	36	棄却	採択	採択	採択	棄却	採択
6	1928	15	採択	採択	採択	採択	棄却	採択
7	1929	39	採択	採択	採択	採択	採択	採択
8	1929	38	採択	採択	採択	採択	採択	採択
9	1929	20	採択	採択	採択	採択	採択	採択
10	1930	24	採択	採択	採択	採択	採択	採択
11	1930	19	採択	採択	採択	採択	棄却	採択
12	1931	50	採択	棄却	採択	棄却	棄却	棄却
13	1934	24	採択	採択	採択	採択	採択	採択
14	1937	20	採択	採択	採択	採択	採択	採択
15	1940	23	採択	採択	採択	採択	棄却	採択
「採択」の割合			0.87	0.93	1.00	0.93	0.60	0.87

表 - 4 カイ二乗値と確率分布の判定

建物 番号	カイ二乗値 正規分布	カイ二乗値 対数正規	判定
1	5.32	7.28	正規分布
2	4.08	2.72	対数正規分布
3	9.59	4.22	対数正規分布
4	1.86	1.83	対数正規分布
5	8.75	5.49	対数正規分布
6	6.28	3.84	対数正規分布
7	4.67	4.51	対数正規分布
8	0.52	4.40	正規分布
9	5.20	7.38	正規分布
10	4.07	4.99	正規分布
11	2.91	2.75	対数正規分布
12	6.83	14.32	正規分布
13	6.06	5.75	対数正規分布
14	3.64	4.77	正規分布
15	2.71	1.62	対数正規分布

4.5 確率分布による推定誤差

Torrent らの研究⁹⁾によれば、正規分布を仮定する場合と対数正規分布を仮定する場合とで推定値に誤差が生じ、その大きさは変動係数と不良率によって異なるとされている。変動係数 40%程度・信頼率 5%ではその誤差は 1 割を超えるとされており、図 - 2(c) のような状況を考えて黎明期コンクリート造建築物においてコンクリート強度の分布形状を検討することは重要であると考えられる。表 - 5 に実際の調査結果と仮定する確率分布による推定値と誤差を示す。推定値などの算出には(7)～(9)式を用いた。この表からいずれの誤差も 10%前後となっており、変動係数が比較的大きい建物 3 のほうが誤差が大きくなっていることが確認された。また、階ごとにコンクリート強度を推定する場合、変動係数は 0.20～0.30 が想定されるため仮定する確率分布と信頼率によって誤差が 1 割程度生じる可能性がある。

$$X_a^N = \bar{X} + z_\alpha \sigma \quad (7)$$

$$X_a^{LN} = \exp(a + z_\alpha b) \quad (8)$$

$$(\text{誤差}) = \frac{X_a^{LN}}{X_a^N} - 1 \quad (9)$$

ここに、 a : 信頼率、 X_a^N : 正規分布を仮定した場合の信頼率 5%点、 X_a^{LN} : 対数正規分布を仮定した場合の信頼率 5%点、 $\bar{X}, \sigma$: 正規分布のパラメータ (平均, 標準偏差), a, b : 対数正規分布のパラメータ (平均, 標準偏差), z_α : 標準正規分布における累積密度 α 点。

表 - 5 コア強度実測値を用いた推定誤差の検討

建物 番号	パラメータ					信頼率 5%点		誤差 (%)
	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}$	a	b	X_a^N	X_a^{LN}	
3	18.1	6.54	0.36	2.83	0.40	7.39	8.80	19
5	29.9	6.84	0.23	3.37	0.22	18.6	20.4	9.5

5. まとめ

黎明期コンクリート造建築物から採取しコア強度の文献調査およびデータ分析の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 建物ごとの平均値は黎明期 I に対して黎明期 II のほうがやや上昇し、低強度コンクリートと判断される建物は減少した。ただしこの傾向は建物の所在地によっては当てはまらない場合がある。
- (2) 建物全体の変動係数は黎明期 I と II で明確な違いは見られず、概ね 0.40 以下の値をとった。
- (3) 部材間の強度差は戦後の建物に比べ黎明期の建物では大きい傾向があり、特に床から採取されたコア強度は他部材に比べ高いという傾向を示した。

(4) コア強度変動係数はコア採取本数が多くなるに従い大きくなる傾向がある。同一部材から複数本コアを採取した場合、同一階の複数の部材から採取した場合でコア強度変動係数はそれぞれ 0.10～0.30, 0.10～0.40 程度に収まると考えられる。

(5) 一つの建物から採取されたコアの圧縮強度分布は対数正規分布に従う可能性が高い。

(6) 階ごとに信頼率 5%でコンクリート強度推定を行う場合、仮定する確率分布によっては 10%程度の誤差が生じる可能性がある。

参考文献

- 1) 谷川 恭雄ほか：歴史的建造物の診断、修復研究委員会の活動と成果の概要、コンクリート工学年次論文集 Vol.29, No.1, p.9-18, 2007 年 7 月 30 日
- 2) 日本建築学会：構造体コンクリートの品質に関する研究の動向と問題点, 2008
- 3) 日本住宅リフォームセンター：建設省総合技術開発プロジェクト 長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発 ストック長寿命化技術の開発 平成 11 年度報告書, P.99-101, 2000 年 3 月
- 4) 日本建築防災協会、既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準, 2011
- 5) 菱田 厚介：市街地建築物法施行規則の改正に就て、建築雑誌, vol. 46, No. 555, p.267-276, 1932 年 3 月 25 日
- 6) 周 建東, 広沢 雅也, 清水 泰, 既存 RC 造建築物のコンクリート強度に関する調査研究, セメント・コンクリート論文集, No. 52, 1998, p. 1018-1023, 1998 年 12 月
- 7) 梶田 佳寛, 友沢 史紀, 矢島 義麿：実際の RC 造建築物におけるコンクリート品質：その 1 主として建物別圧縮強度について、日本建築学会論文報告集, Vol. 311, p.153-162, 1982 年 1 月 30 日
- 8) 川西 泰一郎：梶田 佳寛, 濱崎 仁, 構造体コンクリートの強度評価におけるコア本数と信頼性, 日本建築学会構造系論文集 Vol. 75, No. 649, p. 469-474, 2010
- 9) R. J. Torrent : The log-normal distribution: A better fitness for the results of mechanical testing of materials, Matériaux et Construction, Volume 11, Issue 4, pp 235-245, July 1978
- 10) Alphredo H-S. Ang ほか：土木・建築のための確率・統計の基礎, 丸善出版, p.355-368, 2007