

調 査 報 告

既設 30 年以上のコンクリート建築物の劣化調査

Deterioration of a Concrete Building after 30 years of use

宮 本 一 成*・高 羅 信 彦**・林 田 博 明***・西 村 次 男****・魚 本 健 人*****

Kazunari MIYAMOTO, Nobuhiko TAKARA, Hiroaki HAYASHIDA, Tsugio NISHIMURA and Taketo UOMOTO

1. は じ め に

近年、コンクリート構造物の維持管理の重要性が高まっている。コンクリート構造物の点検は主に目視で行われているが、供用中でも構造物を破壊せずに簡便に検査できる非破壊検査が注目されている。コンクリート構造物に対する非破壊検査はシュミットハンマー法や赤外線法など提案

されているが、多数のデータによる信頼性の高い検査法の確立が急務となっている。

コンクリート構造物の品質等は、昭和 47 年に建築基準が改定され、構造安全性や耐久性が大幅に改善された。そのため、昭和 47 年を境とした築 30 年前後の年代の違いによるコンクリート構造物の比較、評価のためのデータ蓄積は、信頼性の高い検査法の確立に欠かせないものである。

そこで本研究では、築 30 年以上経過した元東京大学物性研究所（六本木）所内の研究棟（写真 1）を調査対象とし、非破壊検査によるコンクリート強度の推定等の健全度調査を行った。なお、調査対象である物性研究所は、現在跡地利用が計画されており、正しく調査の機会であり、研究の一環としてその貴重なデータを得ることを目的とした。



写真 1 元東京大学物性研究所 A 実験研究棟

2. 調 査 概 要

調査対象の構造物は、東京都港区六本木にある元東京大学物性研究所内の A 実験研究棟とした。調査箇所および調査項目を表 1、図 1 に示す。

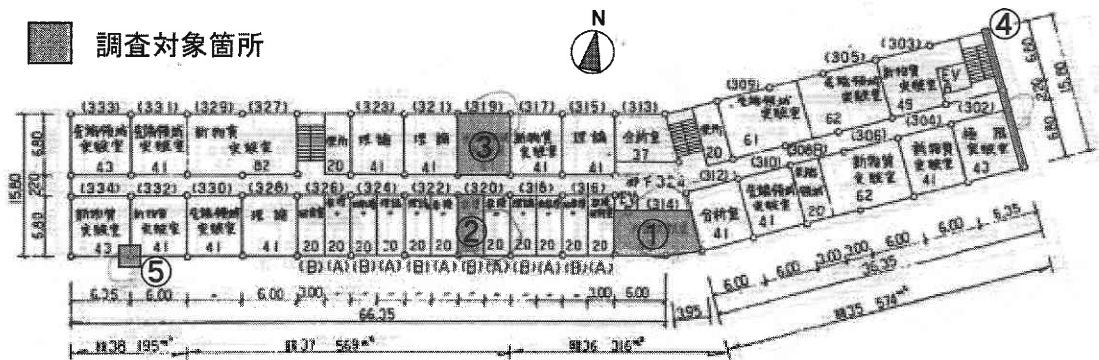


図 1 元東京大学物性研究所 A 実験研究棟 3F 平面図および調査箇所

* 芝浦工業大学
** 千葉工業大学
*** ㈱奥村組 技術本部 技術開発部
**** 東京大学生産技術研究所 物質・生命部門
***** 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

表1 測定箇所の一覧および調査項目

調査箇所の名称	建築年	調査項目
① 314教室	S.36	コンクリート強度
② 320B教室	S.37	コンクリート強度
③ 319教室	S.37	コンクリート強度
④ 端壁	S.35	浮き・剥離
⑤ タイル張りの柱(1F)	S.38	浮き・剥離

調査箇所①, ②, ③では, 各部屋の柱, 梁, 床部分よりコンクリートコアを採取してコンクリート強度の調査を行った。また, 柱部についてはコンクリートコアによる実際の強度と非破壊検査法での推定強度の比較・検討を行うために, シュミットハンマー法, 超音波法での測定もあわせて行った。これらコンクリート強度を調査項目とした調査箇所では, 表に示すように建築年が異なっており, 調査箇所①の建設年は昭和36年, ②, ③の建築年は昭和37年となっている。

調査箇所④および⑤においては, 赤外線サーモグラフィを用いて建物東側の端壁, タイル張りされた柱を撮影し, 表面の化粧やタイルの浮き・剥離の有無を調査した。

3. 調査結果

3.1 コンクリート強度

表2に調査箇所①, ②, ③で採取したコンクリートコアの圧縮強度試験結果を示す。表より, 各柱のコンクリート強度は多少のバラツキはあるものの, ほぼ同程度の強度を有していることがわかる。しかし, 梁と床のコンクリート強度に関しては, 建築年が異なる調査箇所①と②, ③の強度差が明確に現れており, 差が大きいものでは, 半分程度の強度となっている事がわかる。

また, 表3には柱部分に関して行ったシュミットハンマー法と超音波法の2種類の非破壊検査による測定値を示している。シュミットハンマー法は, コア採取前に建物の内側と外側でそれぞれ反発度の測定を行っており, 表中の値は計測で得られた値の最大値と最小値を除いたものを平均した値である。超音波法に関しては, コア採取後に建物内側部分と外側部分に切り分け, 超音波伝播時間を計測することにより音速値を算出している。これら2種類の検査方法の測定値を各調査箇所と比較すると, 調査箇所②の反発度が他の調査箇所と比べて大きな値を示しているが, 大きな差は見られない。

今回採用した非破壊検査法における強度推定方法は, 実験データより導かれた強度推定式が用いられている。今回の調査においては, 計測点が6点と少なく, 計測結果から強度推定式を導くことは難しいことが考えられるため, 表4に示す既往のコンクリート強度推定式との対応から計測

表2 コンクリートコアによる圧縮強度

測定箇所	圧縮強度 (N/mm ²)	測定箇所	圧縮強度 (N/mm ²)	測定箇所	圧縮強度 (N/mm ²)	
柱	① 314	梁	① 314	床	① 314	
						40.7
	34.2	38.8				
	② 320B	② 320B	37.8			19.3
			35.3			16.5
	③ 319	③ 319	35.0			19.5
28.0			22.8			
					② 320B	18.1
					③ 319	19.6

表3 各調査箇所における柱部のシュミットハンマー法および超音波法による測定値

	① 314教室		② 320B教室		③ 319教室	
	内	外	内	外	内	外
反発度	34.200	38.714	44.143	45.000	37.000	37.200
伝播速度 (km/sec)	3.940	4.160	3.880	4.070	4.100	3.900
圧縮強度 (N/mm ²)	40.7	34.2	37.8	35.3	35.0	28.0

結果の評価を行うこととした。

シュミットハンマー法による強度推定は, 一般に材令の経過と共に反発度が上がる傾向にあるので, 今回のような築30年以上という長期材令の構造物については経年による補正を行うことになっており, 補正値はおおむね0.6程度となっている。今回は佐治らにより提案され, 広く知られている補正値0.63を用いて評価を行った。図2では, 今回の調査における計測データの反発度と圧縮強度の関係と各強度推定式が示す直線をあわせて示している。図より, 今回の調査結果では既往の研究で提案されている知見とは異なり, 材令を考慮した補正係数を用いない推定式に近い値を示す結果となった。

一方, 超音波法では一般的な水セメント比数種類について得られた日本建築学会実験回帰式を強度推定式として用いた。これは, 一般に水セメント比, 含水率, 骨材量が同程度のものであれば超音波伝播速度(以下音速と記す)と圧縮強度との間に比較的良好な相関が得られると言われているが, 今回の調査では長期材令のコンクリートであり, これらの確認が出来なかったためである。図3は, 音速と圧縮強度の関係および建築学会強度推定式の直線を示す。図より, 今回の結果では推定式に比べて高い値となっている。これは, 推定式に経年による影響を考慮していないことが一因であると思われる。この対処法の1つとして, 経年により補正値を設けることが考えられるが, 経年以外の因子の影響も音速に大きく影響することから, 補正は有意ではないと考えられる。

このように音速のみで圧縮強度を推定する場合, 他因子の影響が大きいことから, 音速とその他の因子を組み合わせ

表4 各非破壊検査法および複合法によるコンクリート強度推定式

強度推定法	推定式	出展
反発度法 (シュミットハンマー法)	$F_c = 0.72R + 9.8$	日本建築学会
	$F_c = 1.28R - 18.2$	日本材料学会
	長期材令による補正係数0.63	佐治
音速法(超音波法)	$F_c = 21.2V_p - 61.2$	日本建築学会
複合法 (反発度法+音速法)	$F_c = 0.81R + 34V_p - 108$	日本建築学会
	$F_c = 10.2(kR) + 223V_p - 960$ (材令1年以上:k=0.9)	谷川等

F_c : 圧縮強度 (N/mm²) R: 反発度 V_p : 音速 (km/sec)

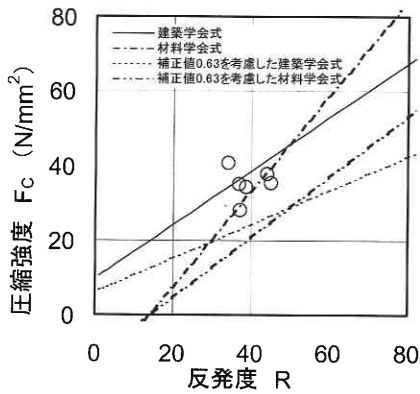


図2 反発度と圧縮強度の関係

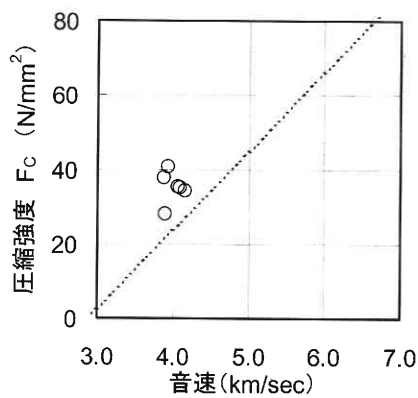


図3 超音波伝播速度(音速)と圧縮強度の関係

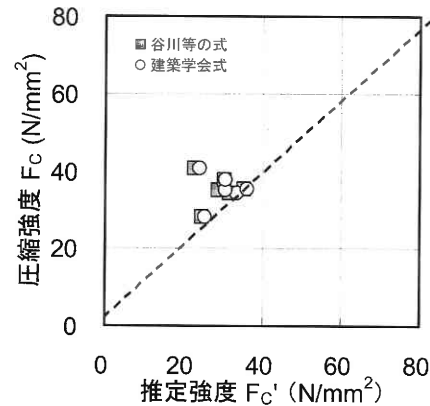


図4 超音波法とシュミットハンマー法の複合法による推定強度と圧縮強度の関係

せて複合することで強度推定することが行われている。既往の研究では、今回の調査で使用した反発度と音速の組み合わせにより、圧縮強度との相関が高くなることが言われている。そこで今回は、日本建築学会による複合推定式と谷川等による経年を考慮した推定式による評価を行った。図4は、2種の推定式により求めた推定強度と実際の圧縮強度との関係を示したものである。図より、両者の推定結果にほとんど差は見られず、実際の圧縮強度に比べて低めに強度を推定する結果となった。

3.2 赤外線サーモグラフィによる浮き検出

調査箇所④の調査結果を以下にまとめる。端壁の表面は吹付けモルタルによって2mm程度の厚さで仕上げられている。また目視検査より既設約30年ということもあり数箇所において吹付けモルタルが剥離していることが認められた。調査方法は熱源として太陽光を利用し、晴天下の午前9時における熱画像より判定した。図5に端壁のデジタルカメラによる画像および熱画像より欠陥部として判定した部分を重ね合わせた画像を示した。なお、欠陥部の判定は一画像内で相対的に約1°C程度温度の高い部分とした。その結果、図を見ると分かるが大断面において吹付けモルタルの浮き部分が検出された。また熱画像内に局所的に低

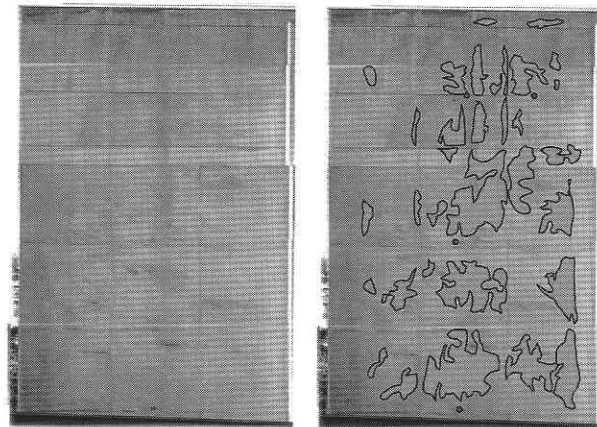
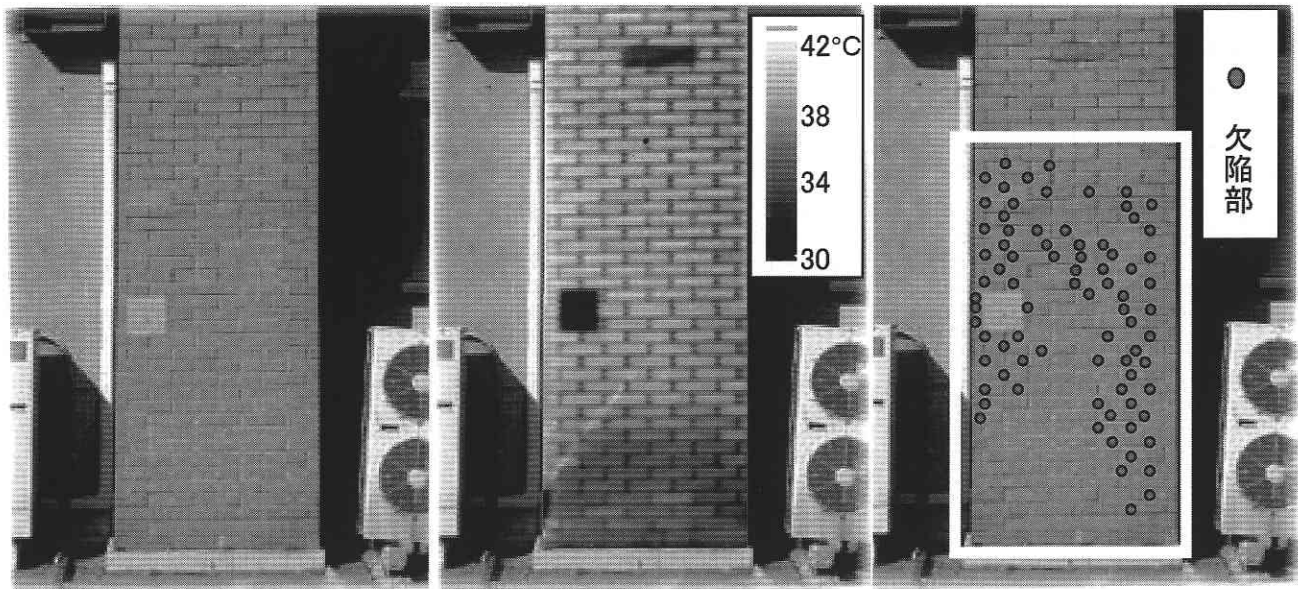


図5 赤外線カメラによる端壁の診断結果

温をしめした箇所があり、目視したところ鉄筋の露出が少なくとも数箇所にわたり認められた。

調査箇所⑤の調査結果を以下にまとめる。調査方法は熱源として太陽光を利用し、晴天下の午前15時における熱画像より判定した。なお太陽光は柱の左側より入射している。図6に左からタイルのデジタルカメラの画像、赤外線カメラの熱画像、打音による診断結果を示した。図の熱画



デジタルカメラによる画像

熱画像による診断結果

打音による診断結果

図6 柱のタイルの剥離診断結果

像の結果について検討する。図の熱画像の分布より柱の下部は低温をしめしており、また中央部から上部にかけては相対的に高温な分布を示していることが分かる。これより柱の中央部から上部にかけてタイルが浮いているということが考えられる。次にタイルの打音による測定結果について検討する。なお足場の関係から打音は白枠で囲んだ領域のみの検査とした。図より異常部を●で示しており、多少のバラツキはあるものの打音においても赤外線カメラによる結果と同等の傾向を得ることができた。以上のことから柱の中央部から上部にかけて殆どのタイルが浮いているということが分かった。

4. ま と め

本報告は、既設30年以上のコンクリート構造物として、元東京大学物性研究所内の実験棟の劣化調査を非破壊検査により行い、その結果をまとめたものである。

1. 建築年の異なる調査箇所①（昭和36年）と調査箇所②，③（昭和37年）のコンクリートコアによる圧縮試験結果は、強度差が明確に現れ、①の強度（約 38 N/mm^2 ）に比べて②，③の強度は半分程度の 18 N/mm^2 であった。

2. 反発度法の強度推定においては、経年による補正值0.63を用いた推定式に比べて、補正を行わない推定式の方が実際の圧縮強度に近い値を示し、既往の知見と異なる結果となった。
3. 超音波法による強度推定値は、実際の圧縮強度値に比べて低い値となった。
4. 音速と反発度を複合して強度を推定することにより、単独での推定強度に比べて相関関係が良好になったが、実際の強度に比べて低く強度を推定する結果となった。
5. 端壁表面の吹付けモルタルは、大断面において浮き部分が検出された。また、目視より鉄筋の露出および吹付けモルタルの欠損が確認された。
6. サーモグラフィー法および打音法により、柱の中央部から上部にかけて殆どのタイルが浮きを確認できた。

謝 辞

本報告における調査は、(株)奥村組との共同研究によるものであり、ここに記し感謝の意を表します。また調査にあたり、技術的なご助言・ご協力を頂きました(株)三協 佐藤登氏には紙面を借りて深甚なる感謝の意を表します。

(2002年3月6日受理)