

既設コンクリートの非破壊試験による 圧縮強度推定に関する研究

(株)熊谷組 ○三浦彰吾 (株)熊谷組 野中 英
日大生産工 湯浅 昇

1 はじめに

構造体コンクリートの圧縮強度は、コンクリート自身の品質のばらつきおよび打設後の乾燥や温度等の養生による影響により違いが生じる。通常圧縮強度の管理は、コンクリート打設時に採取した $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 管理用供試体を標準養生（ 20°C 水中）したもので行われるが、実構造物ではコンクリート自身のばらつき、養生の影響により、管理用供試体とは異なっていることから、実構造物での強度を推定することは重要である。そのため、構造体コンクリートの圧縮強度を原位置において非破壊で測定する方法が提案されている²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

構造体コンクリートの圧縮強度を非破壊で測定する方法としては、建築学会の「コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル」⁶⁾に示されている。建築学会のマニュアルでは、その刊行が1983年と古く、反発度および超音波法を用いた方法が示されているとともに、その強度の適用範囲も 600kgf/cm^2 （ 60N/mm^2 ）までである。

非破壊試験により構造体コンクリートの圧縮強度を推定するための試験装置は改良および新たな方法が提案されている。一方で、強度に関する様々な試験装置では、衝撃エネルギーが試験方法により違っていることから、その測定している範囲（深さ）は異なることが予測されるが、同一のコンクリートにより異なる試験

方法で試験を行い、その測定結果を比較した事例は少ない。

本研究では、屋外で長期間保存したコンクリートに対し、破壊試験としてコアによる圧縮強度および細孔構造を測定するとともに非破壊試験方法として5種類の非破壊試験による強度推定試験装置を用いて測定した結果を示すものである。

2 試験概要

2.1 実験の要因と水準

表1に、実験の要因と水準を示す。実験の要因および水準は、コンクリートの種類（24-8-20N、36-8-20N）、打設時期（標準期（10月）、夏期（7月））、脱型材齢（1日、7日）とした。

2.2 試験体

(1)試験体の概要

図1に、試験体図を、表2に試験体の概要を示す。試験体は、コンクリートを24-8-20N、36-8-20Nの2種類とし、24-8-20Nについては、

表1 要因と水準

要因	水準
コンクリートの種類	24-8-20N 36-8-20N
打設時期	標準期、夏期
脱型材齢	1日、7日

表2 試験体の概要

試験体 No.	寸法(mm) 縦×横 ×高さ	コンクリート の種類	打設 時期	脱型材齢	供試体 圧縮強度 (N/mm ²)		非破壊試験時 の中性化深さ (mm)		測定材齢
					材齢		脱型材齢		
					7 日	28 日	1 日	7 日	
24-St	600×600 ×1100	24-8-20N	標準期	南北面:1 日 東西面:7 日	23.5	30.9	8.5	7.7	2 年 1 月
36-St		36-8-20N			38.6	49.0	2.3	0.0	
24-Sm		24-8-20N	夏期	—	—	6.2	6.8	2 年 4 月	

Study on Compressive Strength of Existing Concrete Structure
by Non Destructive Test
Shogo MIURA, Akira NONAKA and Noboru YUASA

表3 非破壊試験の項目、方法、原理

試験項目		試験方法	原理	衝撃エネルギー
反発度法	NR型反発度	JIS A 1155	コンクリート表面を打撃し、跳ね返り量により求める。	2207N・mm
	P型反発度	文献2)		880N・mm
反発速度法	反発速度比	文献2)、3)	コンクリート表面を打撃する直前と直後の速度比から求める。	2207N・mm
	エコーチップ硬さ値	文献4)		11.5N・mm
引っかかり傷法	引っかかり傷幅	文献5)	所定の荷重でコンクリート表面を引っかかり、その時の傷幅から求める。	9.8N、 2cm/sec

コンクリートの打設時期を2015年10月（標準期）、2015年7月（夏期）とした。標準期に打設したコンクリートの供試体による圧縮強度は表2に示す通りであった。

(2)試験体の寸法および養生

試験体は、寸法を図1に示す600×600×1100mmとした。このとき、試験体の各面が東、西、南、北に向くように置き、それぞれの面を東面、西面、南面、北面と呼ぶこととした。養生は、南面、北面は材齢1日で、東面、西面は材齢7日で型枠を取り外し、その後は雨掛かりのある屋外に静置した。

2.3 測定方法

測定は、破壊試験として、コアによる圧縮強度および細孔構造の測定、非破壊試験として表3に示す反発度法2種類、反発速度法2種類、引っかかり傷法1種類を実施した。測定方法の詳細を以下に示す。

測定日は、2016年11月とした。このときの材齢は、標準期が2年1ヶ月、夏期が2年4ヶ月であり、中性化深さは表2に示す通りであった。

(1)コアによる圧縮強度

コアによる圧縮強度は、JIS A 1107に準じ、図1に示す位置にて東西方向、南北方向に貫通するようにφ100mmのコアを採取し、JIS A 1108に準じて求めた。

(2)細孔構造

細孔構造は、文献1)に準じ、採取したコアを表面から0～10mm、20～30mm、45～55mm、95～105mm、295～305mmの位置で切断し、2.5～5.0mmに粒度調整した後、アセトン処理およびD-dry処理を行い作製した試料に対し、水銀圧入法および塩酸法による溶解率の測定により総有効細孔量として求めた。

(3)NR型反発度

NR型反発度は、JIS A 1155に準じ、圧縮強度10～60N/mm²のコンクリートに適用が可能とされるNR型シュミットハンマーを用いて、30mmの間隔をもった9点に対し測定を行い、

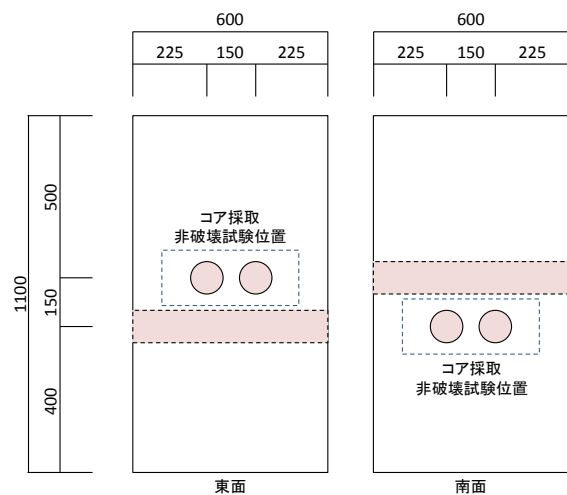


図1 試験体図

その平均値とした。

(4)P型反発度

P型反発度は、文献2)に準じ、圧縮強度5～30N/mm²のコンクリートに適用が可能とされるP型シュミットハンマーを用いて、30mmの間隔をもった5点に対し測定を行い、その平均値とした。

(5)反発速度比

反発速度比は、文献2)、文献3)に準じ、圧縮強度10～100N/mm²のコンクリートに適用が可能とされるシルバーシュミットハンマーを用いて、30mmの間隔をもった9点に対し測定を行い、その平均値とした。

(6)エコーチップ硬さ

エコーチップ硬さ値は、文献4)に準じ、エコーチップを用いて、3mm以上の間隔をもった25点に対し測定を行い、その平均値とした。

(7)引っかかり傷幅

引っかかり傷幅の測定は、文献5)に準じ、圧縮強度30N/mm²以下のコンクリートに適用が可能とされる引っかかり試験器を用いて約10cmで1回引っかかり、その傷幅に対しクラックスケールを用いて5点の測定を行い、その平均値とした。

3 実験結果および考察

3.1 各種試験結果

(1) $\phi 100\text{mm}$ コアによる圧縮強度

図2に、 $\phi 100\text{mm}$ コアによる圧縮強度を示す。 $\phi 100\text{mm}$ コアによる圧縮強度は、呼び強度が同じである24-Stおよび24-Suで 40N/mm^2 程度と同様であり、36-Stでは 60N/mm^2 程度であった。脱型材齢の影響は、いずれの試験体においても認められなかった。

(2) 総有効細孔量

図3に、総有効細孔量の表層からの分布を示す。総有効細孔量は、呼び強度の大きいものが小さくなる傾向となったが、脱型材齢、表面と内部の影響は認められなかった。

(3) NR型反発度

図4に、NR型の反発度を示す。NR型の反発度は、24-Stで41から42、36-Stで46から50、24-Suで42から45と呼び強度による違いは認められたが、24-Stで脱型材齢1日と比し脱型材齢7日が若干大きくなる傾向となったものの、36-Stおよび24-Suでは脱型材齢7日の方がNR型反発度は小さくなっており、脱型材齢の影響は明確ではなかった。

(4) P型反発度

図5に、P型反発度を示す。P型反発度は、24-Stで71から76、36-Stで79から93、24-Suで74から78とNR型反発度と同様に呼び強度の違いは認められたが、いずれの試験体においても脱型材齢7日が脱型材齢1日に比し同等か小さくなっており、脱型材齢の影響は明確ではなかった。なお、P型反発度では測定値のばらつきが大きかった。

(5) 反発速度比

図6に、反発速度比を示す。反発速度比は、24-Stで53から58、36-Stで61から65、24-Suで53から56と他の試験と同様に呼び強度の影響は認められたが、脱型材齢の影響は明確ではなかった。

(6) エコーチップ硬さ

図7に、エコーチップ硬さ値を示す。エコーチップ硬さ値は、24-Stで379から433、36-Stで444から534、24-Suで420から455と他の試験と同様に呼び強度の影響は認められたが、脱型材齢の影響は明確ではなかった。

(7) ひっかき傷幅

図8に、ひっかき傷幅を示す。ひっかき傷幅は、圧縮強度の高い硬質なもの程小さい値となる。結果は、24-Stで 0.31mm から 0.42mm 、36-Stで 0.16mm から 0.21mm 、24-Suで 0.26mm から 0.29mm と呼び強度が24と36では差は認められたが、同一の呼び強度24では

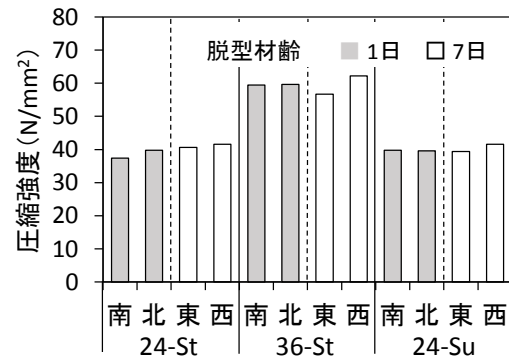


図2 $\phi 100\text{mm}$ コアによる圧縮強度

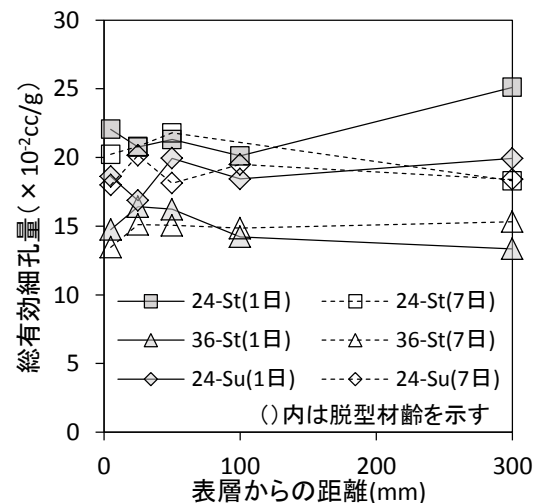


図3 総有効細孔量

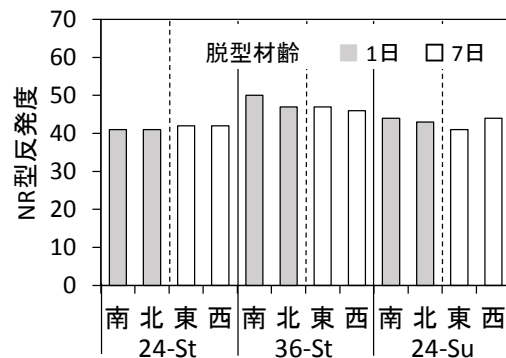


図4 NR型反発度

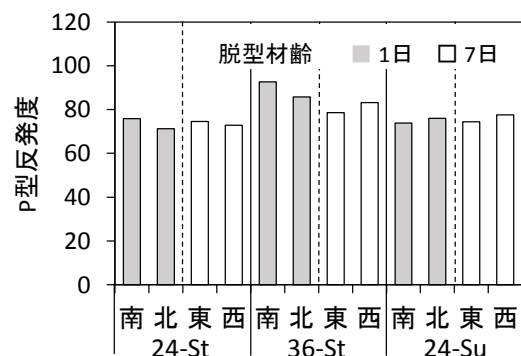


図5 P型反発度

コアによる圧縮強度が同様、総有効細孔量にも大きな違いが認められていないにも関わらず平均で0.05mm程度の違いが認められた。

3.2 非破壊強度試験に関する考察

本実験では、NR型反発度、P型反発度、反発速度比、エコーチップ硬さ値、ひっかき傷幅により材齢が2年程度経過した初期養生の異なる既設コンクリートの強度推定のための測定値について検討した。

各々の試験では、試験体に与えるエネルギーが異なるため、圧縮強度の適用範囲、試験深さ（影響深さ）が異なることが考えられ、調合、養生による差が認められると考えていたが、いずれの試験でも呼び強度24（試験時のコアによる圧縮強度が40N/mm²程度）、呼び強度36（試験時のコアによる圧縮強度が60N/mm²）での違いが認められたが、養生条件では、測定範囲が浅いエコーチップ硬さ値およびひっかき傷幅などでは違いが認められると推測していたにも関わらず、違いが認められなかった。これは、コンクリート打設後材齢が経過していること、養生条件が屋外の水の影響がある場所であったこと、中性化が進行したことによる影響と考えられる。

今後は、養生条件の違いが明確なコンクリートを用いて各種試験を実施し、その適用範囲などの違いを明らかにしていく予定である。

4 まとめ

材齢2年程度のコンクリートについて各種非破壊装置を用いた強度推定試験を測定した結果、以下の知見が得られた。

- (1) φ100mmコアによる圧縮強度は、呼び強度が21では40N/mm²程度、36では60N/mm²程度であった。
- (2) 総有効細孔量は、呼び強度の差は認められたが、脱型材齢および表層と内部の影響は認められなかった。
- (3) 各種非破壊による強度推定試験結果では、呼び強度の影響は認められたが、脱型材齢の影響は認められなかった。
- (4) 非破壊試験による品質の違いが認められなかった要因として、養生期間、降雨、中性化などの影響が考えられる。

「参考文献」

- 1) 湯浅昇, 笠井芳夫, 松井勇: 乾燥を受けたコンクリートの表層から内部にわたる含水率、細孔構造の不均質性, 日本建築学会構造系論文集, 第509号(1998)p.9-16.
- 2) 湯浅昇: リバウンドハンマーによる強度推定に関する話題提供—各種リバウンドハンマーの相互比較、

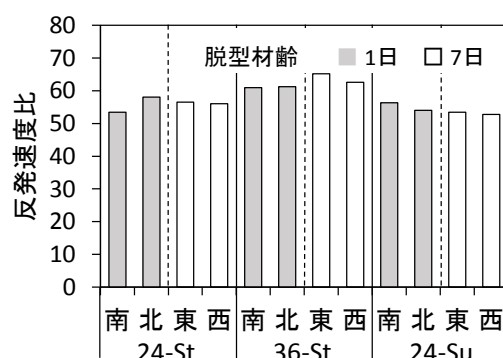


図6 反発速度比

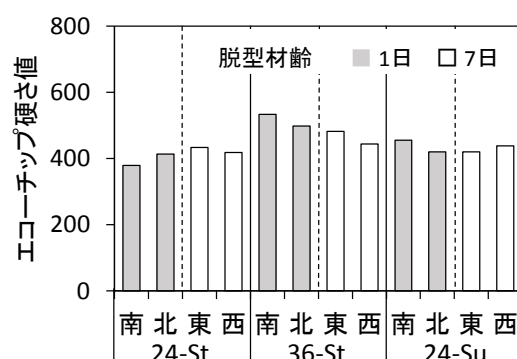


図7 エコーチップ硬さ

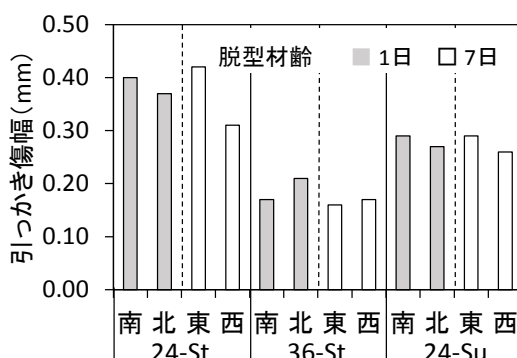


図8 ひっかき傷幅

リバウンドハンマーの反発度と圧縮強度との関係を求める方法の提案一, コンクリート工学, Vol.48(2010)p.23-30.

- 3) 濱崎仁, 本橋健司, 相田吉幸, 藤原貴央: 反発速度比式リバウンドハンマーによるコンクリート強度の推定, コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集, Vol.5(2015)p.363-368
- 4) 野中英, 湯浅昇, 三谷和裕, 金森誠治: エコーチップを用いたコンクリートの圧縮強度推定試験方法の提案, 日本建築学会技術報告集, Vol.23(2017)p.397-402.
- 5) 湯浅昇, 笠井芳夫, 松井勇, 篠崎幸代: ひっかき傷によるコンクリートの強度試験方法の提案, シンポジウム「コンクリート構造物の非破壊検査への期待」論文集, Vol.32(2003)p.115-122
- 6) 日本建築学会: コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル 1983