

非破壊法による高強度コンクリートの圧縮強度推定に関する研究

1915048 平出 竣斗

指導教員：太田 達見

非破壊法 高強度コンクリート 反発度法
反発速度比法 ポリプロピレン短繊維 載荷応力

1. はじめに

従来からの反発度法と近年登場した反発速度比法は、普通強度のコンクリートに多用されているが、高強度コンクリートに対しては、適用可能範囲が明確とはいえない。また、設計基準強度が70ないし80N/mm²以上の高強度コンクリートには、火災時の爆裂防止策としてポリプロピレン (PP) 短繊維を混入するが、この短繊維が反発度法や反発速度比法といったコンクリート表層を打撃する非破壊法に及ぼす影響は未解明である。また、上階からの応力が反発速度比法や反発度法に及ぼす影響も未解明である。高強度コンクリートが採用される高層集合住宅等では高密度配筋の部材が多く、そのためコアを採取して圧縮強度を測定するのが困難である。そのため、非破壊法による圧縮強度の推定は多くの利点をもたらすと考えられる。

上記背景から、本研究では、反発速度比 Q および反発度 R の適用範囲（上限）を明らかにするとともに、新たな圧縮強度推定式の構築あるいは既往の強度推定式を修正するなど、圧縮強度の推定精度の向上に資することを目的とする。

2. 実験概要

本実験で対象とする高強度コンクリートの設計基準強度 (Fc) は、60、90 および 120N/mm² とし、W/C はそれぞれ 27.4、25.0 および 15.9 とした。また、120N/mm² のコンクリートのみ PP 短繊維を混入したものも対象とした。

角型試験体に打ち込んだコンクリートの標準養生供試体強度（各材齢における平均値）とヤング係数を表 1 に示す。

表 1 標準養生供試体強度とヤング係数

試験体No.	標準養生強度	ヤング係数	試験体No.	標準養生強度	ヤング係数
60-28	95.8	38.9	120-28	162.7	45.5
60-56	101.8	40.4	120-56	175.4	46.3
60-91	107.4	41.5	120-91	180.9	47.8
90-28	115.9	40.7	120PP-28	158.8	44.4
90-56	130.4	42.2	120PP-56	174.1	46.6
90-91	136.3	43.7	120PP-91	174.1	47.3

実験では、高強度コンクリートによる角型試験体（200×200×H180mm）を作製し、材齢 28、56 および 91 日にてリバウンドハンマーで角型試験体を打撃し、反発度 R および反発速度比 Q を求めた後、その角型試験体からφ100mmのコアを採取し、圧縮強度（コア強度）およびヤング係数を求め

た。各材齢で得た結果に基づき、反発度 R または反発速度比 Q とコア強度との関係の評価し、高強度コンクリートに対する圧縮強度推定式を構築した。

なお、両非破壊法による角型試験体への打撃は、実際の部材を想定し、軸力を作用させた状態で行った。角型試験体への軸力はアムスラー試験機にて導入し、作用させる軸力は 2.5 N/mm²、1/12×Fc および 1/6×Fc の 3 通りとし、載荷応力度比が反発速度比 Q と反発度 R に及ぼす影響について評価することとした。

3. 実験結果

反発速度比 Q および反発度 R とコア強度 σ_c との関係を図 1 および図 2 に示す。なお、以下の図の点の形は載荷応力を、色は設計基準強度を、枠線のみは PP 短繊維が混入していることを示す。

また、図 1 に示す実線はメーカーの技術資料に記載される推定式 (式 1) を、一方、図 2 に示す実線は日本建築学会式 (式 2) を表し、一点鎖線は材料学会式 (式 3) を表している。

$$\sigma_c = 1.8943 \times \exp^{(0.0064 \times Q)} \quad \text{式 1}$$

$$\sigma_c = (7.3 \times R + 100) \times 0.098 \quad \text{式 2}$$

$$\sigma_c = (13.0 \times R - 184) \times 0.098 \quad \text{式 3}$$

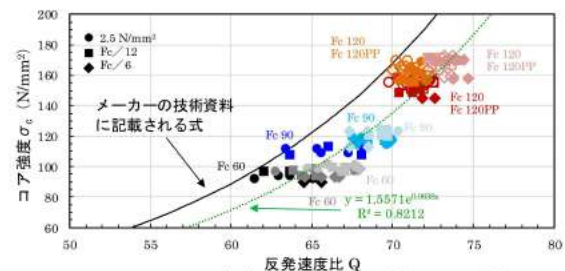


図 1 反発速度比 Q とコア強度 σ_c の関係

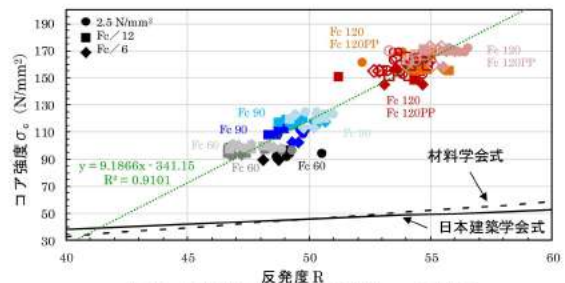


図 2 反発度 R とコア強度 σ_c の関係

ここで、 σ_c : 推定強度(N/mm²) Q: 反発速度比 R: 反発度
 図1および図2を見ると、反発速度比 Q および反発度 R はコア強度 170N/mm²までの高強度領域まで圧縮強度の増大に伴ってそれぞれの値が拡大していることがわかる。

両非破壊法を角型試験体に適用した際の載荷応力度比と反発速度比 Q および反発度 R の関係を、図3および図4に示す。なお、ここでいう載荷応力度比は、アムスラー試験機によって作用させた載荷応力度をコア強度で除した値である。また、図3および図4中における点線は、載荷応力度比と材齢ごとの反発速度比 Q または反発度 R の関係を一次関数で近似したものである。

図3および図4から、載荷応力度比にかかわらず反発速度比 Q または反発度 R は一様な値を示しており、載荷応力度比は反発速度比 Q や反発度 R に影響しないといえる。

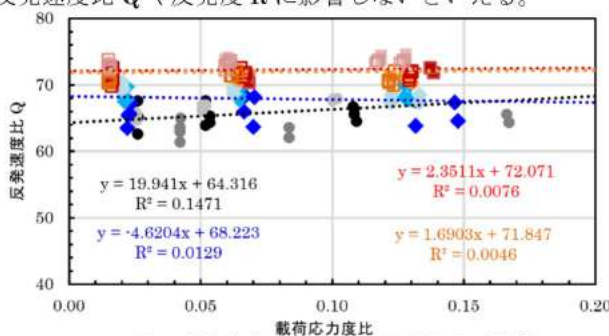


図3 載荷応力度比と反発速度比 Q の関係

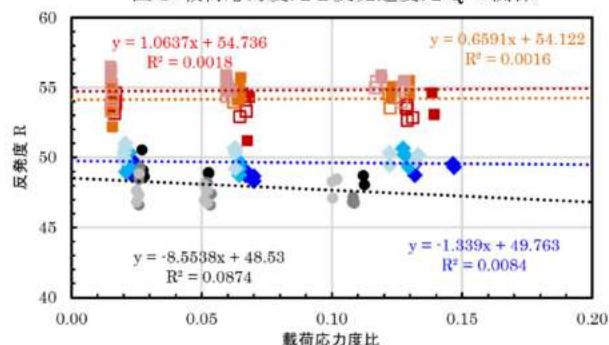


図4 載荷応力度比と反発度 R の関係

Fc120N/mm²の角型試験体における反発速度比 Q および反発度 R とコア強度の関係を PP 短繊維の混入/無混入で比較して図5および図6に示す。図5および図6から、PP 短繊維の有無は反発速度比 Q や反発度 R にほとんど影響しないことがわかる。

4. 新たな推定式の提案とその精度検証

本実験結果から、本報では、コア強度で約 90~170 N/mm²の高強度コンクリートを対象として式4および式5に示すような新たな圧縮強度推定式を提案する。

反発速度比法: $\sigma_c = 1.56 \times \exp(6.38E-02 \times Q)$ 式4

反発度法: $\sigma_c = 9.19 \times R \cdot 341$ 式5

なお、図7および図8は、反発速度比 Q および反発度 R を式4および式5に代入して求めた推定強度とコア強度を比較

したものである。図7および図8から、反発速度比法および反発度法とコア強度による推定強度の関係は、両非破壊法とも概ね $y=0.8x$ から $y=1.2x$ の範囲内 ($\pm 20\%$) にあるものの、若干反発度法による強度推定式の方が推定精度がよい結果となった。

5. 今後の課題

本実験は、設計基準強度 60、90 および 120N/mm²の高強度コンクリートを対象とした限定的な範囲の下で実施しており、非破壊法の適用性を拡大するためには、より広範囲な圧縮強度領域までの実験を行う必要があると考えられる。具体的には、以下の実験パラメータが考えられる。

- ①本研究においてコア強度として充足していない 45~90 N/mm²および 120~140N/mm²の強度領域
- ②脱型日や養生方法などのコンクリートの表層品質の相違
- ③高強度コンクリートに用いられることが多い中庸熱ポルトランドセメントなどのセメントの種類
- ④本研究で用いていない川砂・川砂利あるいは砕砂・砕石といった使用骨材(岩種)の種類
- ⑤配筋の有無

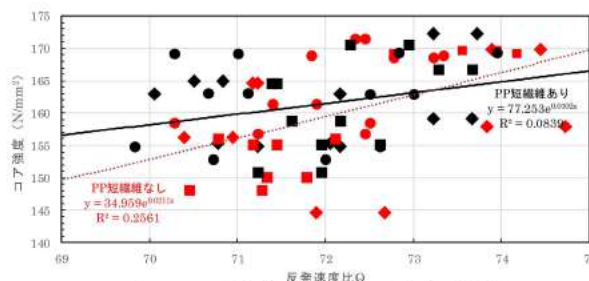


図5 反発速度比 Q とコア強度の関係

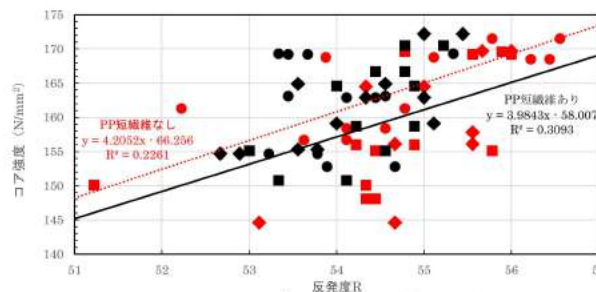


図6 反発度 R とコア強度の関係

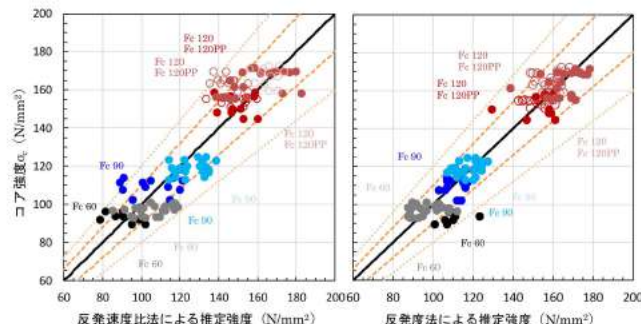


図7 反発速度比法による推定強度とコア強度の関係

図8 反発度法による推定強度とコア強度の関係