

強度推定手法における換算平均に必要な測定点数の検討

飛島建設 正会員 ○板野 光純
 飛島建設 正会員 槇島 修

1. はじめに

構造体コンクリートの強度推定手法は、反発度法 (JSCE-G 504-2013「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(案)」)が主流であるが、他にも、反発速度比法 (NEXCO コンクリート施工管理要領, 平成29年7月) や、機械インピーダンス法 (NDIS 3434-3: 2017) が提案されている。これらを測定する機器の中には、測定値を推定強度に換算して表示・記録する機能を有するものもある。しかし、筆者がこの機能を用いて構造体でコンクリートの強度の推定を行ったところ、記録される推定強度のばらつき(変動係数)は約20~35%と大きく、平均値の信頼度に疑問が生じた。

反発度法などでは、一般に、全データから求めた平均値の±20%以上となる値を棄却し、残りのデータで再度平均値を求める手法(以下、トリム平均)により、特異値の影響を小さくする。この棄却レンジを±20%としたトリム平均は、棄却後のデータ数を20点確保することで、信頼できる平均値が得られるとされているが、これはデータの変動係数が10%であることが前提となる。したがって変動係数が大きい場合、トリム平均において棄却されるデータ数が多くなり、信頼できる平均値を求めるためのデータ数を確保するためには、より多くの測定を行わなければならないことになる。ただし、このトリム平均は測定値で行い、平均値を推定強度に換算する手順(以下、平均換算と呼ぶ)が規定であり、測定値を推定強度に換算してから平均値を

求める手順(以下、換算平均と呼ぶ)については言及されていない。

そこで本稿では、各強度推定手法の測定値に対する、平均換算と換算平均の両手順による強度推定結果を棄却レンジの設定も踏まえ比較・検証し、換算平均の場合に必要な測定点数について検証した。

2. 検証試験の概要

測定対象は、φ100×200mmの円柱コンクリート供試体とした。供試体は、作製後に封緘養生を行い、材齢28日時に測定した。測定は、圧縮試験機で供試体を固定し、側面で行った。その後、圧縮強度試験を実施した。なお、反発度法、反発速度比法、機械インピーダンス法の各手法につき、供試体は3体ずつとした。

3. 試験結果と考察

3.1 棄却レンジを20%とした場合

はじめに、全データの平均値の±20%の値を棄却レンジとしたトリム平均を行った場合の、棄却レンジ上の測定値を両手順において算出し、換算平均の場合の、測定値に対する実質の棄却レンジを求めた。表-1に算出結果を示す。各手法における推定強度および測定値は、3体の供試体の平均換算で求めた値の平均値である。換算平均における±20%棄却レンジ上の測定値は、推定強度の±20%の値を、各手法で提示されている強度換算式より逆算して求めた。表-1より、換算平均では、測定値に対する実質の棄却レンジが、平均換算よりも狭まっていることがわかる。

表-1 平均換算と換算平均の棄却レンジの比較

強度推定手法 強度換算式(強度:F)	推定強度 (N/mm ²)	測定値	±20%棄却レンジ上の 測定値		測定値に対する実質の 棄却レンジ			
			平均換算	換算平均	平均換算		換算平均	
反発度法 (反発度:R) F=1.27R-18	F=23.6	R=32.7	39.2	36.5	(+)	20%	(+)	11%
			26.2	29.0	(-)	20%	(-)	11%
反発速度比法 (反発速度比:Q) F=1.8943exp(0.064Q)	F=24.6	Q=40.1	48.1	42.9	(+)	20%	(+)	7%
			32.1	36.6	(-)	20%	(-)	9%
機械インピーダンス法 (機械インピーダンス:Z _R) F=11.78Z _R ³	F=24.8	Z _R =1.28	1.54	1.36	(+)	20%	(+)	6%
			1.02	1.19	(-)	20%	(-)	7%

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 TEL 04-7198-7577

キーワード 反発度法 反発速度比法 機械インピーダンス法 トリム平均 棄却レンジ

図-1に、各手法における、平均換算と換算平均による推定強度の比較を示す。グラフ中のパーセンテージは、トリム平均において採用されたデータの割合を示している。各手法による推定強度は、両手順に大きな差異はなかった。しかし、平均換算では、各手法とも測定値の95%以上を採用している一方、換算平均の場合は、反発度法が86%、反発速度法が79%、機械インピーダンス法は68%、と採用される測定値が減少している。これは、表-1に示すように、換算平均における測定値に対する実質の棄却レンジが狭いためである。

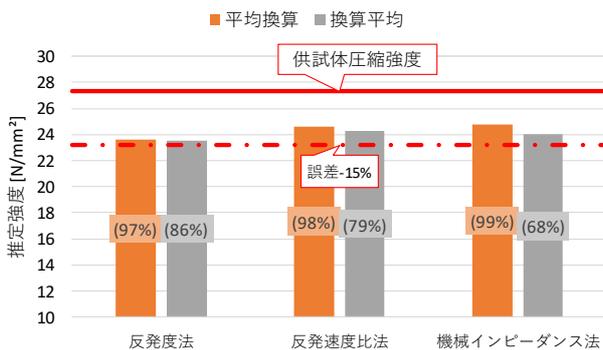


図-1 平均換算と換算平均の比較

3.2 換算平均における測定点数の検討

次に、換算平均における棄却レンジを広げた場合の推定強度を検証した。表-1に示した平均換算の棄却レンジ上の測定値に相当する推定強度、および推定強度に対する比率を表-2に示す。この比率を、換算平均における新たな棄却レンジとして修正し、推定強度を求めた。図-2に平均換算と修正した換算平均による推定強度の比較を示す。図-2からわかるように、換算平均の棄却レンジを大きく広げた場合でも、平均換算で求めた推定強度と大きな差はなかった。このことから、測定値を推定強度に換算して表示・記録する機能を用いた場合、データの変動係数は大きくなることであっても、測定点数を必要以上に増やす必要はなく、

表-2 換算平均の修正棄却レンジ

強度推定手法	±20%棄却レンジ上の測定値より求めた強度 (N/mm ²)		推定強度に対する比率 (換算平均の修正棄却レンジ)	
反発度法	(+)	31.9	(+)	35%
	(-)	15.3	(-)	35%
反発速度比法	(+)	41.2	(+)	75%
	(-)	14.7	(-)	37%
機械インピーダンス法	(+)	42.8	(+)	81%
	(-)	12.7	(-)	46%

平均換算と同等程度でよいと考えられる。特に、今回の検証で得られた測定値は、各手法とも棄却前において既に変動係数が10%程度であり、実際に平均換算においても95%以上のデータが採用されていることから、データ数を20点確保する場合、両手順ともに25点程度測定すればよいことになる。

一方で、図-2に示すエラーバーは、修正した換算平均による推定強度が算出された際、採用されたデータの最大値と最小値を示している。同図に示した、目的となる真の値（本稿では供試体の圧縮強度、全9体の平均値）に対して、大きく乖離する場合があることがわかっている。したがって、換算して表示・記録される個々のデータに対する評価は慎重に行う必要がある。

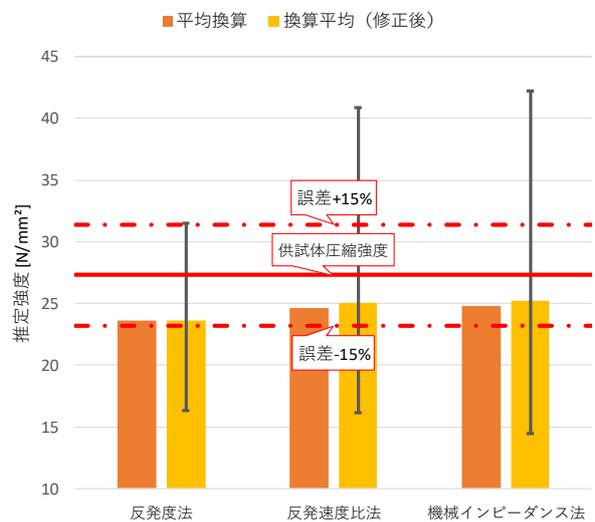


図-2 平均換算と修正した換算平均の比較

4. おわりに

構造体コンクリートの強度を推定する際に使用する機器の中には、測定値を推定強度に換算して表示・記録する機能を有するものがある。この場合、データの変動係数は見かけ上大きいこともあるが、平均値により評価する場合は、換算前の測定値の変動係数に応じて測定点数を決め、必要以上に増やす必要はない。ただし、真値に対して大きく乖離している場合もあり、個々のデータに対する評価は慎重に行う必要がある。この機能を用いた適切な評価に寄与すれば幸いである。

参考文献

1) 日本非破壊検査協会：コンクリートの非破壊試験—打撃試験方法— 第1部：一般通則，2017