

2. 硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法 (案) (JSCE-G 504-2007)

Test method for concrete strength by test hammer

1. **適用範囲** この規準は、コンクリート表面を重錘で打撃し、その反発度からコンクリートのテストハンマー強度を求める試験方法について規定する。
2. **定義** この規準で用いる主な用語は、次による。
 - a) **テストハンマー** コンクリート表面を打撃し、その反発度を読み取ることができる機器。
 - b) **測定反発度** テストハンマーによって測定された反発度。
 - c) **基準反発度** テストハンマー強度を求めるため基準とする反発度で、測定反発度を打撃方向やコンクリートの状態などを考慮して補正した値。
 - d) **テストハンマー強度⁽¹⁾** 基準反発度を換算式や換算図を用いて圧縮強度相当のものに換算した値 (N/mm^2)。

注⁽¹⁾ テストハンマー強度は、その試験体と同じコンクリートを用いて作製した標準円柱供試体の圧縮強度とは $\pm 50\%$ 、場合によってはそれ以上も異なることがあることを考慮して適用しなければならない。したがって、テストハンマー強度を品質管理や検査に使用するときは、このような特徴に十分配慮することが大切である。

さらに、精度の高いテストハンマー強度を得たい場合には、試験に使うテストハンマーごとに、円柱供試体の圧縮強度～反発度の換算式、または換算図を試験によって求め、それを用いて換算するのがよい。また、比較を行う場合には、使用するテストハンマーを同一のものとするのがよい。

備考 1 反発度は、使用の便宜を考えてコンクリートの圧縮強度に換算して表すことが古くから行われているが、円柱供試体等の破壊試験で求めた圧縮強度とは本来別のものであるため、混乱を防ぐため、反発度から換算した強度は、テストハンマー強度と呼ぶことにした。

3. **試験用機器** 試験に用いるテストハンマーは、次の条件を備えているものとする。
 - a) バネ、または重力を利用してコンクリート表面を重錘で打撃し、その結果生じる反発度が数値として読み取れる構造となっている。

備考 2 コンクリート表面を打つために重錘に与えられる動力は、シュミットハンマー N 型のようにバネによるものと、シュミットハンマー P 型のように重力によるものがある。前者には打撃の方向に制約がないという長所があるが、打撃方向の影響の修正およびバネの強さの検定をしなければならない等の欠点がある。後者には構造が簡単であるという長所がある一方、測定方向に制約があったり、あまり大きな打撃を与えられず低強度コンクリートにしか使えないという欠点もある。
 - b) 機器の原理が明確で、検定および補正の方法が明示されている。

備考 3 テストハンマーは、原理や使用方法が簡単であっても、精度を上げるためにはバネの強さ等を非常に厳密に点検、調整したり、管理する必要がある。したがって、テストハンマーの原理や維持管理の方法が明確になっている必要がある。
 - c) 適正な測定方法についての説明書がある。

備考 4 テストハンマーには、統一された機構や性能に関する規格がないので、機種によってその使用方法、適用限界、測定結果の計算方法などが異なっている。したがって、性能や適正な使用方法の説明書が付いている機種を選定し、適正に使用する必要がある。

4. 試験方法

- 4.1 **反発度の測定** 反発度の測定は、使用する機器について示されている注意事項に従って、適正に実施するものとする。

4.2 測定箇所の選定 反発度の測定箇所の選定に当たっては、一般に次のような配慮をしなければならない。

- a) 反発度の測定は、厚さ 100 mm 以下の床版や壁、一辺が 150 mm 以下の断面の柱など小寸法で、支間の長い部材を避ける。やむを得ずそのような部材で測定するときは、背後から別にその部材を強固に支持する。
- b) 背後に支えのない薄い床版および壁では、なるべく固定辺や支持辺に近い箇所を選定する。

備考 5 あまり小さい部材や薄い部材は、重錘の打撃力によって打撃面が動くなどして、測定結果に影響を与える。

- c) はりでは、その側面または底面で行うようにする。
- d) 測定面は、なるべくせき板に接していた面で、表面組織が均一でかつ平滑な平面部を選定する。
- e) 測定面にある豆板、空げき、露出している砂利などの部分は避ける。

備考 6 反発度は、打撃面のごく限られた部分のコンクリートの品質の影響を強く受ける。測定値をできるだけ部材の強度を代表する値に近づけるためには、測定部分の選定にこのような配慮が必要である。

4.3 測定上の注意事項 反発度の測定は、次の各点に注意して行うものとする。

- a) 測定面にある凹凸や付着物は、と石等で平滑に磨いてこれを除き、粉末その他の付着物をふき取ってから行う。
- b) 仕上げ層や上塗りのある場合は、これを除去し、コンクリート面を露出させた後、a) の処理をしてから行う。
- c) 打撃は、常に測定面に垂直方向に行う。

備考 7 反発度は、測定面の平滑度、仕上げ材料、重錘の打撃方向とコンクリート面とのなす角度の影響も強く受ける。

- d) バネ式のハンマーは、鋼棒に徐々に力を加えていって打撃を起こさせて測定する。重力式のハンマーは、打撃開始前の重錘をいったん静止状態にして測定する。

備考 8 打撃開始前の重錘の速度は打撃速度に加算されるので、正確さを期すには打撃開始前に重錘をいったん静止させなければならない。シュミットハンマー N 型のように機構的に静止させることができないものは、ハンマーをゆっくり打撃面に押して行って打撃を起こさせ、測定するとよい。

4.4 測定時の打撃点数 1 箇所の測定打撃点数は、縁部から 30 mm 以上離れたコンクリート面で、互いに 30 mm 以上の間隔を持った 20 点とする⁽²⁾。

注⁽²⁾ 打撃時の反響やくぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、その偏差が平均値の $\pm 20\%$ 以上になる値があれば、その測定値を捨て、これに代わるものを補うものとする。構造物のコンクリート強度は部分的に変化していることもあるので、そのことに着目した測定を行う場合には、打撃を行う 1 箇所の範囲を適宜定めるのがよい。

備考 9 テストハンマー法による測定結果は、各種の原因による変動が大きいため、測定方法の違いによる変動や偏差を少なくするために、測定方法をできるだけ統一する必要がある。1 箇所の測定値を得るのに必要な打撃点を多くしてあるのも、変動を少なくするためである。1 回打撃を行った点は、測定値に影響を与えたり、あるいはコンクリートを傷つけたりする恐れがあるので、使用してはならない。そのため、打撃点の位置などを測定前にコンクリート面に書き込んでおくことよい。また、測定は 20 点以上で行って、整理の段階で捨てられる測定値が出てきても測定点数が不足しないようにしておくことよい。

5. 計算

5.1 測定反発度 測定反発度 (R) は、全測定値を平均して計算し、有効数字 3 けたに丸める。

5.2 基準反発度 基準反発度 (R_0) は、測定反発度に打撃方向やコンクリート試験体の状態に応じた補正を行って得るものとする。

備考 10 反発度の測定値は、打撃方向、試験体の支持方法やコンクリートの乾湿の状態によって変化するので、補正が必要である。その変化の仕方は実験的に求める以外に方法がないので、実験資料の多数あるシュミットハンマー N 型などのテストハンマーを使用する方が有利である。

5.3 テストハンマー強度 基準反発度からテストハンマー強度 (F) への換算は、強度が既知のコンクリートを用いて試験で得られた標準供試体による圧縮強度～反発度換算式、または換算図を用いて行うものとする⁽³⁾。

注⁽³⁾ 試験に使用するテストハンマーは、使用する圧縮強度～反発度換算式や換算図を作成したときと同じ性能のものであることが検定されたものでなければならない。検定は、反発度が既知で一定の値を有している精度検定器に、試験するテストハンマーで打撃を行って、指定の値になるかどうかで行われる。検定器を打撃したときの反発度が指定値どおりでないテストハンマーは、調整を行ってから測定に使用する。

シュミットハンマーの場合には、検定器にテストアンビルが使用されている。なお、現在のテストアンビルの検定では、測定硬度は 1 種類だけなので、バネ定数の変化等についての詳細な検定や補正が理論上不可能である。

最近の研究によれば、製造年代が異なると検定時の性能が同じであっても、測定結果がいくぶん異なるという報告もある。

参考 1 反発度とコンクリート強度の関係を示す理論式はないので、換算には実験的に得られた換算式や換算図が使用される。圧縮強度換算式を求めるための実験は、最近に強度を求めたいコンクリート部材についてテストハンマーによって反発度の測定を行い、その後に、この部材のコンクリートを用いて作った標準円柱供試体の圧縮強度を圧縮試験機で測定して行う。わが国では、円柱供試体による圧縮強度を標準としているが、外国では反発度～立方供試体による圧縮強度の換算を行っている場合もあるので、外国の換算式を用いるときは注意を要する。

シュミットハンマー N 型の場合には、多くの実験結果から得られた換算図を各テストハンマーに付けている。シュミットハンマー付属の換算図は、数式で表されていないが、多くの研究者がシュミットハンマーを用いて測定した場合の換算式を提案している。日本材料学会は、1958 年制定の「シュミットハンマーによる実施コンクリートの圧縮強度判定方法 (案)」で、N-2 型のシュミットハンマーに関して、以下に示すような、テストハンマー強度に換算する方法を提案している。

① 基準反発度 R_0 からテストハンマー強度 F を推定する式として、次式を用いる。

$$F \text{ (N/mm}^2\text{)} = -18.0 + 1.27 \times R_0$$

② 基準反発度 R_0 は、測定反発度 R に次のような補正值 ΔR を加えたものとする。

$$R_0 = R + \Delta R$$

補正值 ΔR は次のようにして求める。

イ) 打撃方向が水平でなかった場合、 ΔR はその傾斜角度に応じて図 1 から求める。

ロ) コンクリートが打撃方向に直角な圧縮応力を受けている場合、 ΔR はその圧縮応力の大きさに応じて図 2 から求める。

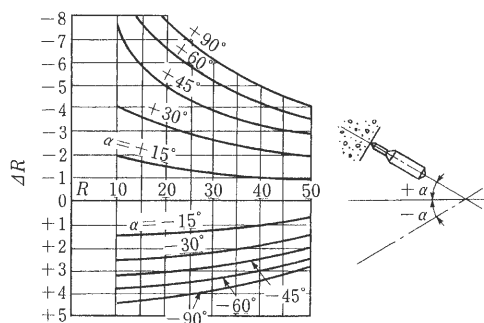


図 1

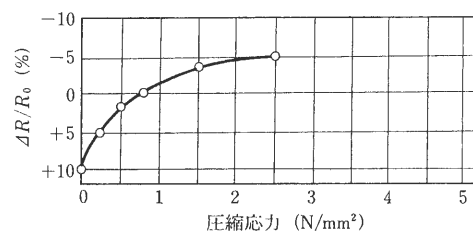


図 2

ハ) 水中養生を継続したコンクリートを乾かさずに測定した場合、 $\Delta R = +5$ とする。

この換算式は、シュミットハンマーに付属している換算図による換算値と結果がほぼ同じであるが、供試体に作用している応力や供試体の乾湿による影響が考慮されている点では、この換算式の方が優れている。反発度はこの他にコンクリートの材齢や温度、湿度の影響を受けることも知られている。

換算式は、この式以外にも多くの研究者から発表されているが、各式による結果には大きな差があり、コンクリート表面の反発度を強度に換算することが困難であることを示している。したがって、精度を上げるためには、同一構造物から切り取ったコンクリートコアの圧縮強度を用いて、補正することが望ましい。

6. 報告 報告は、次の事項について行う。

- a) 測定構造物と測定部分名および打撃方向
- b) コンクリートの種類
- c) 測定に用いたテストハンマーの種類、銘柄および製造番号
- d) 測定反発度および 1 箇所の測定値を得るための打撃点数
- e) 換算式、または換算値とその出典
- f) 基準反発度 (R_0) およびテストハンマー強度 (F)