

委員会報告

シュミットハンマーによる実施コンクリートの 圧縮強度判定方法指針 (案)

社団法人日本材料試験協会
実施コンクリート強度判定法委員会

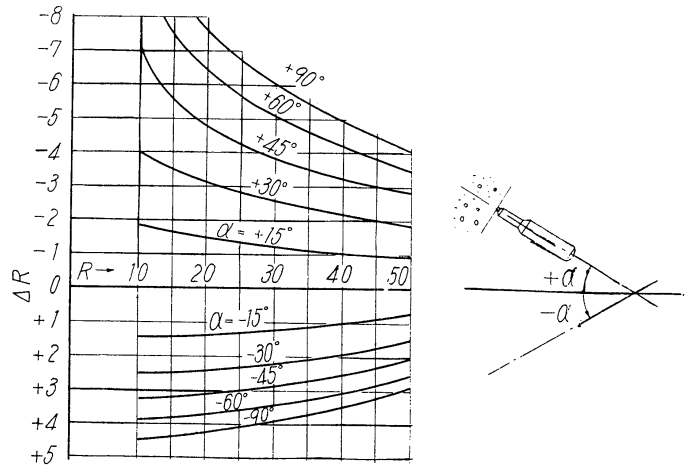
スイスの BBR 製シュミットハンマー (Beton Prüfhammer) Type N-2 を用いて現場における実施コンクリートの反発硬度(以下硬度とよぶ)を測定し、これからそのコンクリートの圧縮強度を判定するには次の方法による。

1) 硬度測定個所の選定

- 1.1 硬度の測定は厚さ 10cm 以下の床版や壁、一辺 15cm 以下の断面の柱など小寸法で支間の長い部材では避ける。やむをえ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支持して行う必要がある。
- 1.2 薄い床版および壁では、なるべく固定辺や支持辺に近い個所を選定する。
- 1.3 はりでは、その側面で行うのを原則とする。
- 1.4 柱や壁ではコンクリートの分離による影響を考慮して適当な個所を選定する。
- 1.5 測定面としては、型わくに接していた面で、質が均一で、モルタルでおおわれた平滑な平面部を選定する。
- 1.6 測定面内にある豆板、空泡、露出している砂利などの部分は避けて行う。

2) 硬度測定方法

- 2.1 測定面にあるわずかの凹凸や付着物は、と石でていねいに平滑にみがいてこれを除き、粉末その他の付着物をふきとってから行う。
- 2.2 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、2.1 の処理をしてから測定する。
- 2.3 打撃方向は常に測定面に直角方向に行う。
- 2.4 ハンマーには徐々に力を加えて打撃をおこさせ測定する。
- 2.5 一個所の測定は、出隅から 3cm 以上入ったところで、互に 3cm 以上の間隔をもった 20 点について行い、全測定値の算術平均をその個所の硬度 R とする。



第 1 図

ただし、特に反響や、くぼみ具合などから判断して明らかに異状と認められる値、または、その偏差が平均値の±20%以上になる値があればそれを捨て、これに代るものを補ってから平均値を求める。

3) 強度判定法

- 3.1 基準硬度 R_0 から標準円柱体圧縮強度 F を推定する式として、次のものを標準とする。

$$F = -184 + 13 \cdot 0 R_0 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (1)$$

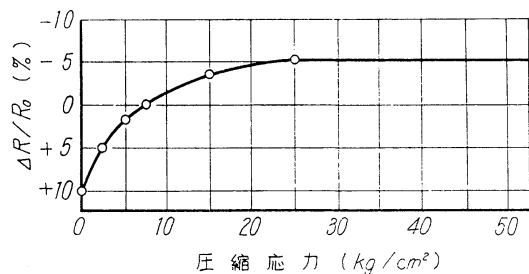
- 3.2 基準硬度 R_0 は測定硬度 R に次のような補正值 ΔR を加えたものとする。

$$R_0 = R + \Delta R$$

補正值 ΔR は次のように求める。

イ) 打撃方向が水平でない場合

その傾斜角度に応じ第 1 図から ΔR を求める。



第 2 図

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

その圧縮応力の大きさに応じ第2図から ΔR を求める。

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

$$\Delta R = +5$$

—以 上—

解 説

昭和27年9月、日本材料試験協会に坂静雄(京都大学教授)を委員長とする「実施コンクリート強度判定法」委員会が設立されてから、簡易方法として表面硬度方法が、また、波動方法として打撃波音速方法および超音波音速方法が重点的に研究されてきた。

簡易方法としては重錘落下試験, Frank(Baumann) Hammerによる押し込み硬度試験, Schmidt Hammerによる反発硬度試験などが研究されたが, Schmidt Hammerによる方法がもっとも簡便で、また、比較的強度推定精度もよいことが認められたので、その後、本方法に重点をおいて研究を進めた。

その間、Schmidt Hammer は次第に数多く輸入され、現場でさかんに用いられている現状であるが、現場で本方法によるコンクリート強度の判定には、しばしば不用意な方法で危険側の判定を行っていることを見聞する状況である。

以上の点から、本委員会では在来の研究成果をもとにして、本方法を誤りなく活用するための指針を作製し発表する次第である。

なお、最近 Schmidt Hammer にはマスコンクリート用の Type-M、軽量コンクリート用の Type-L が製作発売されているが、現在まで、わが国でもっとも多く利用されている普通コンクリート用の Type-N-2 を用いる場合だけについて、この指針は作られたものである。

1) 硬度測定個所の選定

強度判定の目的や、対照とする構造物の種類その他の状況に応じ、当然、測定個所をどこに選ぶかは決ってくるわけであるが、ここには一般的原則を示したのである。

1.1 Schmidt Hammer は弾性的なはねかえりを測るものであるから、打撃エネルギーに対し測られる部材、部分の剛度が小さい場合、その測定値はコンクリートの硬度を正しく示さず小さい値となる。実験の結果によれば、測定される部分の薄さと、部材の可とう性(可撓性)の両者が影響する。測定値が影響を受けない限度の薄さは一概には決めにくいから、実験の結果を参考にして本文のように一応の標準値を決めた。しかし、部材の支

間、固定度なども考慮して、この誤差を防がなければならない。

1.2 1.1に述べたものと同様の誤差を小さくするために必要なことである。

1.3 本方法による場合の打撃方向は、水平方向を原則とする点、および、材料の分離によって底面には粗骨材が多く集まり、硬度値が大きくなる傾向が実験的にも明らかである点を考慮して、このように決めたのである。

1.4 高さの大きな部材を軟練りコンクリートで作った場合は、かなりの材料分離がおこる。その結果、高さ方向に硬度値はかなり変化する。したがって、判定の目的に応じてこの影響もあわせ考え、測定個所を選ぶ必要がある。

1.5 型わくに接していなかったコンクリート上面は一般に平滑でなく、かつ、ブリージングなどの影響を受けているので、測定面としては不適當である。型わくに接していた面でも、大きな豆板、砂の露出面、打ち継ぎ部などは当然避けなければならない。

面の平滑なことは2.1に述べる理由から当然必要なことである。曲面もその曲率半径が大きければ平面とみなしてもよく、直径15cmの標準円柱体の側面で行っても、平面で行った場合と硬度に差異はないという報告もある。

1.6 1.5に述べたようにして選定した小面積の測定面中にも、局部的に豆板、空泡、露出した砂利その他の欠陥部があるから、それらからなるべく遠ざかった場所を打撃しないと、測定値がかたよった値となる。

2) 硬度測定方法

2.1 測定面内に大きな凹凸があり、その部分を打撃すると、局部的な破壊を生じるため、打撃エネルギーの一部が吸収されて硬度測定値が小さくなる。また、表面にある異物の表層がこのような影響を与えることも考えられるので、平滑清浄な面を作ってから行う必要がある。

2.2 完成後の構造物を試験する場合などは、仕上げ層や上塗りの硬度とコンクリートのそれとは異なるものであるから、当然これを除いてから行う必要がある。

2.3 ハンマーを押し進めて打撃が行われる瞬間に、その方向は測定面に直角になっていなければならない。押さえこむ力は他種の測定器に比べて小さいので、割合らくに方向を保持することができるが、上下方向に傾いていることに気が付きにくいから、習熟する必要がある。

2.4 ハンマーを押し進める速さが大きすぎると、

打撃方向も狂いやすいし、打撃エネルギーも大きくなる傾向を生じるので、静かに押し進めて自然にばねがはずれて打撃が行われるようにするのがよい。

- 2.5 打撃によってその局部はかなりの塑性変形をおこすから、その影響を受けていない次の場所を打撃するためには、測定点あまり接近してはいけぬ。3cm くらい隔っておれば充分であると考えられる。また、出隅にあまり近い個所を打撃すると局部的な欠損をおこすこともあり、かつ、正しい硬度値が得られないので、3cm 以上入ったところを採ることとした。事情が許すかぎり、この入りは大きいほうが望ましい。

統計的に信頼のおける平均値を、もっとも簡単に求める方法として20個の測定値の算術平均を採ることとした。使用説明書に示された方法は手続が2段となり、かえってめんどうになる場合が多いからである。また、現場の鉄筋コンクリートについて実測した結果によれば、10個以上の値をとればバラツキも小さくなり、60個以上になってもバラツキはさほど小さくならないので、安全で、かつ能率的な見地から20個ぐらいが適当と考えられる。一個所の測定面として20×20cm ぐらいの面積を用意すればよいことになる。

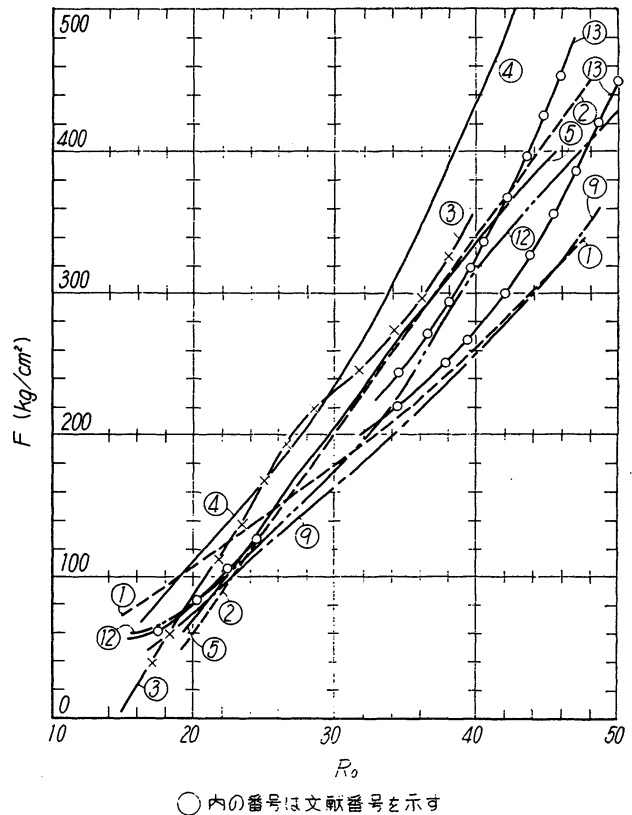
しかし、表面から見えない欠陥部を打撃した場合など、明らかに異常と認められる値が得られることもあるので、このような値は当然捨てる。捨てた値に代るものをさらに求めて、常に20個の値から平均値を求めるようにしたのは、あとの統計的取り扱いを簡便にするためである。

3) 強度判定法

- 3.1 もとより硬度と強度は性質が異なるものであるから、両者の関係はあらかじめ実験的に明らかにされたものを利用するわけである。したがって、その関係を求めた実験の基礎となった諸条件が異なれば、その関係も異なる。わが国の標準円柱体の圧縮強度に相当する強度と硬度の関係を示すものとして、各研究者によって示されたものを引用すると第3図のようになる。実験条件によってかなりの差異が認められる。

本指針では現場の条件にもっとも近いことその他を考慮して、(1)式に示される推定式を標準とすることにした。(1)式の関係直線は第3図の⑤で示されたものである。この関係式は下のような諸条件のもとに求められたものである。

- ・セメントは普通および早強ポルトランドセメント、高炉セメントの3種である。
- ・骨材は良質の5mm 以下の川砂、25mm 以下の



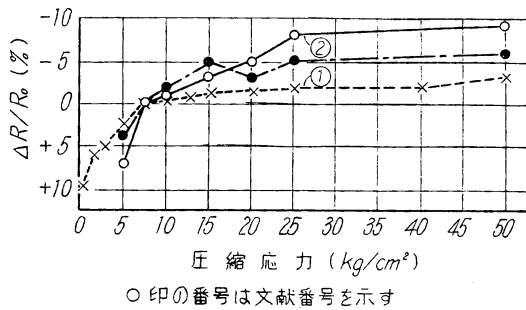
第 3 図

川砂利である。

- ・コンクリートは水セメント比48~80%，重量配合比 1 : 1.5 : 3~1 : 2.5 : 5 で、初期水中養生を終えて後、すべて室内に保存された材令3日~1年のものである。
- ・圧縮応力 7.5 kg/cm² で圧定された 20 cm 立方体の木製型わくに接していた鉛直側面について求めた R_0 と、同一条件で製作養生された標準円柱体圧縮強度 F の関係を統計的に求めた実験式である。
- ・資料総個数は 432 個、実測された R_0 の範囲は 18~45 である。

- 3.2 それぞれの強度判定にさいし、(1)式の標準式を利用して確実な判定を行うためには、測定方法やコンクリートの状況に応じて測定硬度を補正し、基準硬度にしたものを用いなければならない。

- イ) 打撃方向が水平でない場合の補正値は、使用説明書に示されている。第1図はそれから引用したものである。実験的にもこの補正値はほぼ妥当であると認められる。上向きに打撃したときは、ハンマー内部の重錘のはねかえりが重力によって大きくなり、硬度測定値は実際より大きくなるので、負の補正を加えるわけである。
- ロ) 測定されるコンクリートの圧定状態によって



第 4 図

硬度測定値は変る。実験の結果によれば、圧定力の小さいときほど硬度測定値は小さくあらわれる。部材寸法の影響も重なってあらわれるようであるが、一応、これを分離して圧縮応力の大小によってその変化を示したものは第 4 図のようになる。これらの結果を参考にして第 2 図のような補正值をとることにした。

ハ) 水中養生を継続したコンクリートの強度は材令とともに次第に増大するが、硬度はその割に増さない。これに反し、空中に放置されたものは強度の増進は少なくなり、表面硬度が次第に増加してゆくと考えられる。したがって、両者の場合で強度と硬度の関係がかなり異なったものとなる。その差異についての実験結果によれば、材令その他によって無視できないかなりの差異がある。材令 3 カ月までの概略値としてこの補正值の標準を +5 としたが、実情に応じ適当に加減することが望ましい。

指針として明示しなかったが、以上のほかに判定上考慮すべき参考事項を示すと次のようである。

- i) 軽量骨材その他、特殊な骨材のコンクリートに対しては、また別の推定式を用意する必要がある。
- ii) 配合が一般のものと、はなはだしく異なる場合は、標準推定式が適用できない。一般に富配合のものは貧配合のものよりも同一強度に対する硬度は小さくなる。
- iii) AE コンクリートは空気量が 3.5~5.0% の範囲では、普通コンクリートの場合の関係を利用してよい。
- iv) コンクリートが木わくに接していた場合と、鉄わくに接していた場合とでは表面の状態が相違し、後者の場合のほうが硬度が大きくなるという報告もあり、また、両者の硬度に差はないという報告もあり、いずれにしても表面がなめらかであれば大差はないと考えられる。
- v) 湿空中または外気中で保存されたコンクリートが一時的にぬらされた場合は、硬度も強度もとも

に減少するので、標準推定式が適用できることが実験的に証明されている。

vi) 年数を経過し乾燥状態に保たれたコンクリートは、硬度がかなり大きくなっており、その値を用いて標準式から推定した強度は実際のものより相当大きな値となるので、ある程度の割引きをしなければならない。

試験方法は別のものであるが、このような場合の補正係数の参考値を、ドイツで発表された資料から引用すると次のようである。

$$W_n = \alpha_n \cdot W_{28}$$

ただし、 W_n = 材令 n 日の立方体強度推定値
 W_{28} = Frank Hammer によるくぼみ直径から DIN 4 240 によって推定した立方体強度
 α_n = 試験材令による補正係数で、第 1 表の値による。

第 1 表 α_n の 値

材令 n (日)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

vii) 推定用実験式にはそれぞればらつきがあり、その標準偏差は約 30 kg/cm² と考えられる。したがって、強度の判定には以上に説明したような各種要素の補正を行っても、なおかなりの誤差をとまっているわけである。安全確実な判定を行うためには、このばらつきにもとづいた統計的な考慮が必要である。

本指針に示すところは、現場の実施構造物の強度判定を対象としている。したがって、コンクリートの品質管理その他の目的で、プレキャスト製品や強度試験用供試体に本法を応用する場合は、当然それぞれの目的に応じた判定法を用意すべきである。

また、シュミットハンマー個々のもっている特性によって、測定硬度が異なることもわかっている。また、一つの機械も使用度数が増すにつれて測定値に変化を生じることも予想されるので、機械の検定補正もきわめて重要な問題である。本委員会では目下その方法について考究中である。

なお、本指針案作製にあたり、木村恵雄委員に多大の労を煩らわしたことを付記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

1) 木村恵雄, シュミットハンマーによるコンクリート強度の判定について, 材料試験, 5, 38 (昭31.11)
 2) 明石外世樹, シュミットハンマーによるコンクリートの反発硬度試験について, 立命館大学理工学研究所紀要, 2 (1957)

- 3) Zoldners, N.G.; "Calibration and Use of Impact Test Hammer.", J.A.C.I., Vol. 29, No. 2 (Aug. 1957)
- 4) シュミットテストハンマー使用説明書 (モデル2号)
- 5) 坂静雄, 松井政夫, 表面硬度法による実施コンクリートの強度判定法, セメント技術年報, IX (昭30)
- 6) 坂静雄, 中島泰一, 表面硬度法による実施コンクリートの強度判定法補遺 (加圧の影響), (委員会資料)
- 7) "Kugelschlagprüfung von Beton, Einfluss des Prüfalters", B. u. St. B., 51 Jg. H. 8 (Aug. 1956)
- 8) 木村恵雄, シュミットハンマーによるコンクリート強度判定上の二, 三の問題, セメント技術年報, X (昭31)
- 9) Green, G.W.; "Test Hammer Provides New Method of Evaluating Hardened Concrete", J.A.C.I., Vol. 26, No. 3 (Nov. 1954)
- 10) Neuffer, W., "Stahlbeton im Ausland", B. u. St. B. 46 Jg. H. 2 (Feb. 1951)
- 11) 伴 潔, 木村恵雄, 打撃硬度試験によるコンクリート強度の判定, セメント技術年報, IX (昭30)
- 12) Petersen, H. and Stoll, U.W. "Relation of Rebound Hammer Test Results to Sonic Modulus and Compressive Strength Data.", H.R.B. Vol. 34
- 13) 佐治泰次, コンクリート無破壊試験法(その3, その6), 日本建築学会研究報告, No. 29, 31