

テストハンマー試験による超高強度コンクリートの強度推定

立命館大学大学院理工学研究科 学正員 ○中西 宏彰

立命館大学理工学部 正会員 尼崎 省二

1. はじめに

テストハンマー試験は簡易にコンクリートの品質を評価できる非破壊試験方法であることから、現場で適用されることが多い。しかし、テストハンマー試験で用いられるテストハンマーは10～70MPa程度のコンクリートを適用範囲としており、近年用いられている100MPaを超える超高強度コンクリートへの適用性は明らかにされていない。そこで、本研究は圧縮強度15～130MPaの広範なコンクリートについて4器のテストハンマーによる試験を行い、その適用性およびハンマー器差について検討した。また、ハンマーの使用回数に伴う反発度の変化についても検討した。

2. 実験概要

表1に使用材料を示す。表1のすりへり粗骨材は、超高強度コンクリートにおいて応力集中の原因となる砕石の角ばりをすりへり試験機（JIS A 1121-2001）により適度に落とした骨材である。配合は普通ポルトランドセメントコンクリート（以下、OPC）をW/C=80～20%，シリカフェュームセメントコンクリート（以下、SFC）をW/C=35～15%

表1 使用材料とその特性

使用材料	種類	特性
OPC	普通ポルトランドセメント	密度:3.16g/cm ³
SFC	シリカフェュームセメント	密度:3.08g/cm ³
細骨材	野洲川産川砂	表乾密度:2.62g/cm ³ 吸水率:1.17% FM:2.72 単位容積質量:1.67kg/l
粗骨材	高槻産硬質砂岩砕石	表乾密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.65% FM:6.80 単位容積質量:1.58kg/l
すりへり粗骨材	高槻産硬質砂岩砕石	表乾密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.66% FM:6.64 単位容積質量:1.66kg/l

とし、圧縮強度試験（JIS A 1108）および静弾性係数試験（JIS A 1149-2001）のφ100×200mm円柱供試体、テストハンマー試験（JSCE-G 504-1999）の200mm立方供試体を作製した。供試体は材齢1日で脱型、3日間の散水養生後、7、28、91日の測定日まで室内保管とした。反発度の測定は2.45MPaの応力下で、せき板面に接した4面それぞれを導入時期の異なるシュミットハンマーN型をN1、N2の2器、NR型、これらとは異なるテストハンマーKの計4器で測定した。また、ハンマー作動状況の点検のためにテストアンビル試験（公称反発度78）を行い、測定結果が78±2の範囲にない場合は次式により補正を行った¹⁾。

$$R = 78R_0 / R_a \quad (1)$$

ここに R_0 : 測定反発度, R_a : アンビルの平均反発度

3. 実験結果

3.1 反発度とコンクリート物性の関係

図1にハンマーKのアンビル補正の効果を示す。後述するようにKはテストアンビル試験で異常が認められたハンマーである。アンビル補正によって、正常なハンマーNRとの強度推定の差が小さくなった。そのため、テストアンビル試験で78±2の範囲にないものはアンビル補正を行って検討を行った。

図2にハンマーNRによる反発度と圧縮強度の関係を示す。OPC、SFC、中性化コンクリートはそれぞれ異なった傾向を示した。中性化コンクリートは強度に対し、反発度が大きくなっている。これは中性化によって表面組成が密実化したためであり、SFCは骨材量が少なく、粉体量が多いために異なる傾向を示したと考えられる。実験結果と材料学会による推定強度を比

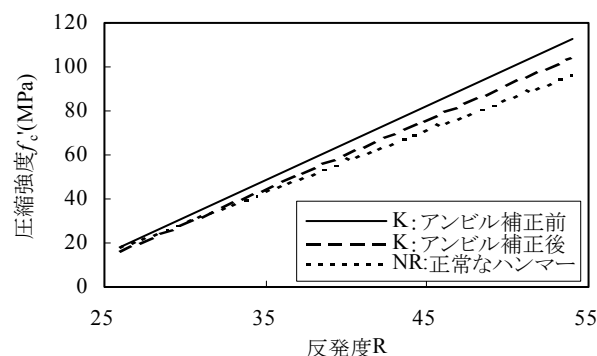


図1 アンビル補正の効果

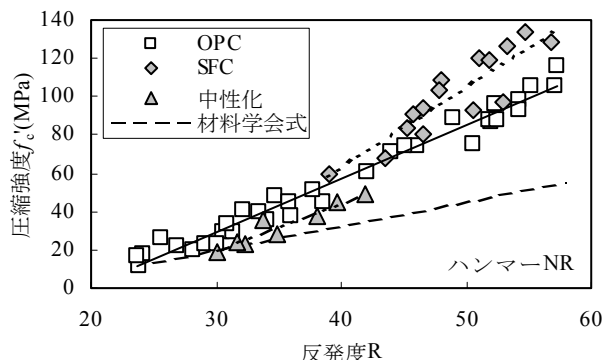


図2 反発度と圧縮強度の関係

キーワード テストハンマー試験 超高強度コンクリート 弾性係数 ハンマー器差 テストアンビル

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 TEL 077-566-1111

較すると、高強度になるほど差は大きくなった。そのため、既存の強度推定式の安易な適用は大きな強度推定差を生じる場合があり、ハンマー個々に強度推定式を確認する必要がある。

図3に中性化コンクリートを除く OPC に対するハンマー器差の影響を示す。N2, NR はほぼ同様の傾向であるが、K, N1 の傾向は異なっている。これは、ハンマーは統一された規格が存在しない²⁾ ために器差を生じたと考えられ、精度よい強度推定を行うにはハンマー毎に強度推定式を作成する必要があると考えられる。

図4にハンマーNRによる反発度と弾性係数との関係を示す。中性化した OPC を除くと、OPC と SFC は一つの関係で表すことができ、反発度と静弾性係数の関係はセメント種類の影響を受けないと考えられる。これはテストハンマー試験がコンクリートの塑性変形などに消費されなかった残存エネルギーによって評価するものであり、反発度がコンクリートの変形に大きく影響されるためと考えられる。

図5に OPC, SFC の弾性係数と反発度の関係を示す。圧縮強度 - 反発度関係と同様に、ハンマー器差が生じており、その程度、傾向は圧縮強度の場合と同様であった。

3.2 アンビル試験結果

図6にテストアンビル試験結果を示す。N1, N2 は正常範囲にあり、NR は測定回数 3500 程度で一時的に反発度が大きくなったが、他の測点はほぼ正常範囲にある。K は 1000 回程度で正常範囲から外れ、その後も反発度は低下し、ばらつきも大きくなる傾向がある。反発度の低下の程度およびその時期はハンマーにより異なるため、整備を要する時期も異なる場合がある。そのため、定期的にテストアンビル試験を行い、正常範囲に反発度があることを確認する必要がある。異常が認められたハンマーKに、(1)式によって補正を行えば正常なハンマーNRと同様の傾向を示すことが確認されたが、使用回数に伴って反発度のばらつきが大きくなるため、精度の面から早期にハンマーの整備を行うことが望ましいと考えられる。

4. 考察

- (1) 圧縮強度 - 反発度関係において、普通ポルトランドセメントコンクリート、シリカフェームセメントコンクリート、中性化コンクリートはそれぞれ異なった傾向を示し、セメント種類を考慮する必要があると考えられる。
- (2) 反発度は圧縮強度よりも弾性係数とより密接な関係があり、その関係はセメント種類の影響を受けない。
- (3) ハンマーには器差が存在することがあり、精度よい強度推定を行うにはハンマー器差を考慮する必要がある。
- (4) 同じ使用条件下でハンマーを使用しても、整備を要する時期は異なる場合がある。

参考文献

- 1) Operating Instructions : concrete Test Hammer, Type N, 1960
- 2) 日本工業規格：コンクリートの反発度の測定方法（JIS A 1155-2003），日本規格協会，2003

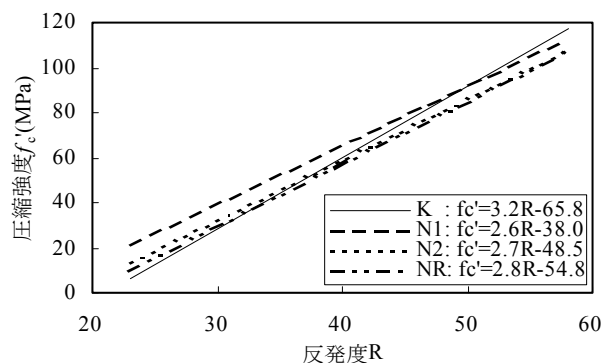


図3 圧縮強度のハンマー器差

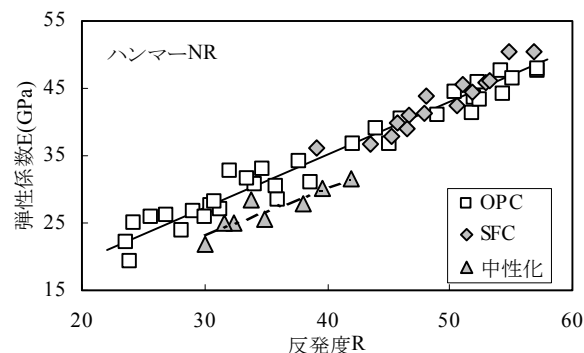


図4 反発度と弾性係数の関係

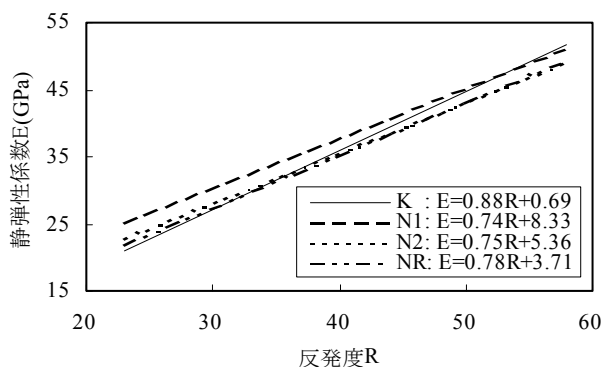


図5 弾性係数のハンマー器差

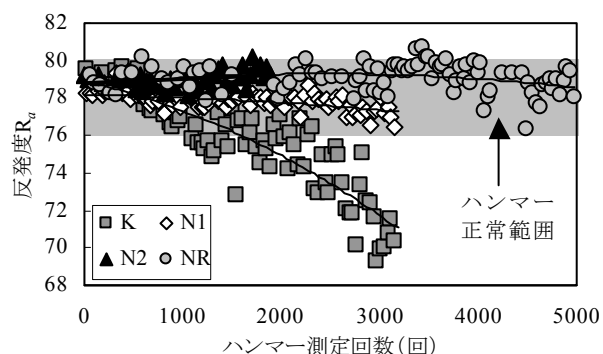


図6 テストアンビル試験結果