

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○栗山亮介
立命館大学理工学部 正会員 尼崎省二

1. はじめに

現在、国土交通省は重要なコンクリート構造物の品質確保のため、テストハンマーによる強度推定調査を推奨しており、テストハンマーの重要性が高まっている。N型シュミットハンマーの適用範囲は10～70MPaである。近年、超高強度コンクリートの利用が多くなっており、超高強度域でのハンマーの適用性を検討する必要がある。本研究ではテストハンマーによる10～110MPa程度のコンクリートの強度推定とハンマーの器差を検討した。

表-1 コンクリートの使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(OPC) 密度:3.16g/cm ³ (C/W=1.2～5.0) シリカフェュームセメント(SFC) 密度:3.08g/cm ³ (C/W=4.0～6.7)
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	高機産硬質砂岩碎石 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

2. 実験概要

表-1にコンクリートの材料を示す。配合は OPC コンクリートの C/W=1.2～4.0 が目標スランプ 9 ±1cm、空気量 5±1%、OPC コンクリートの C/W=5.0、および SFC コンクリート C/W=4.0～6.7 が目標スランプフロー60±10cm、空気量 1.2±1%とした。混和剤はそれぞれに適したものをを用いた。供試体はφ100×200mm 円柱供試体、及び 200mm 立方体供試体を作製した。供試体は材齢 1 日で脱型、4 日間の散水養生後、室内保管とし、測定は材齢 7、28 および 91 日に行った。圧縮強度試験は JIS A 1108 に基づいて、円柱供試体で行い、テストハンマー試験は JSCE-G 504:1999 に基づいて行った。1 供試体の測定面は型枠に接した 4 側面とし、各面での反発度の測定はハンマーあるいは応力を変化させた。すなわち、0.75MPa の応力下でシュミットハンマー N、NR および外国製テストハンマー K (適用範囲 10～60MPa) を用い、また、2.5MPa の応力下でシュミットハンマー NR を用いた。なお、ハンマーの較正状況を確認するため測定後にアンビル試験を行い、反発度 R_a が 80 ± 2 を外れる場合は次式により補正を行った。

$$R = 80R_0 / R_a$$

ここに、 R_0 :測定反発度、 R_a :アンビルの平均反発度。

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度と反発度の関係

図-1 に圧縮強度と圧縮応力 0.75MPa 下でのハンマー-N による反発度 R の関係を示す。両者は高強度までほぼ直線関係にあり、相関係数は 0.95 以上である。なお、図中の破線は 99%信頼区間である。中性化したコンクリートと SFC コンクリートは 99%信頼区間外に点正在している。中性化は材齢 91 日の C/W=1.2、1.4、1.6、1.8 で確認された。平均中性化深さが C/W=1.4 の 1.5mm、および C/W=1.2 mm の 3.5mm の場合に反発度が大きくなる傾向がある。これはコンクリートの中性化によって密度が大きくなり反発度が増加したためと考えられる。また、SFC コンクリートは OPC コンクリートより反発度が小さく、強度が大きくなるとともにその差は大きくなる。これは SFC コンクリートが OPC コンクリートと比較して強度増加

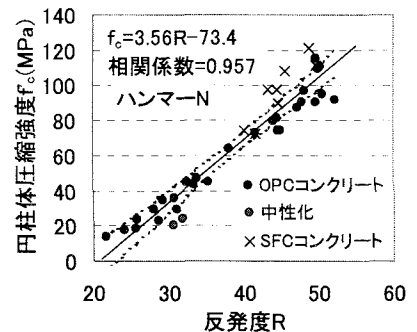


図-1 圧縮強度と反発度の関係

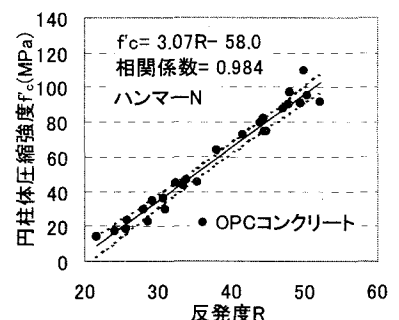


図-2 OPC コンクリートの圧縮強度と反発度の関係

に対する弾性係数の伸びが小さい²⁾ことが影響していると考えられる。SFC コンクリートと中性化したコンクリートの反発度は他の場

表-3 各ハンマーの直線近似式と相関係数

機種	近似式	相関係数
K	$f_c=3.49R-87.8$	0.971
N	$f_c=3.07R-58.0$	0.984
NR	$f_c=3.25R-74.6$	0.963

合と傾向が異なるため、これらのデータを除いた圧縮強度と反発度の関係が図-2 である。図-1 と比較して相関がよく、測定値は99%信頼区間内にほぼ点入している。従って、テストハンマーの適用範囲より超高強度域まで強度推定は可能と考えられる。図-3 に圧縮強度と各ハンマーによる反発度の相関関係、表-3 にその直線近似式と相関係数を示す。各ハンマーの相関係数はかなり高いが、近似式は異なっている。ハンマーK とNでは反発度が30で圧縮強度の差が17.2MPa、反発度が55で圧縮強度の差が6.7MPaとなり、超高強度ほどその差は減少している。これはテストハンマーに器差があることを示しており、テストハンマー強度を求めするためには、各々の強度推定式が必要と考えられる。

図-4 にハンマーの測定回数とアンビル反発度 R_a の関係を示す。測定回数が増加するとハンマーN、Kは反発度 R_a が低下し、700回前後で補正が必要になった。また、ハンマーNRは2500回を超えても補正を必要としなかった。すなわち、ハンマーの手入れ時期にも器差があり、アンビル試験による確認が重要になると考えられる。

3.2 载荷応力の違いによる強度推定の比較

図-5 にコンクリートの圧縮応力が相関関係に及ぼす影響、表-4 にその直線近似式と相関係数を示す。载荷応力の大きい方がより相関係数が良くなっており、反発度も大きくなる。これは载荷応力を大きくすることで供試体に対する打撃エネルギーが散逸しないためと考えられる。また、超高強度域になるとともに载荷応力の違いによる反発度の差は減少する傾向がある。

4 まとめ

- (1) コンクリートが中性化すると反発度が大きくなり、SFC コンクリートは OPC コンクリートと比較して、強度の増加とともに反発度が小さくなる傾向がある。
- (2) テストハンマーの適用範囲以上の大きい圧縮強度推定が可能であり、圧縮強度と反発度の関係はほぼ直線関係となる。
- (3) ハンマー個々による強度推定式は異なっており、特に、テストハンマー強度は低強度コンクリートほどハンマーの差が大きくなる。
- (4) 载荷応力を大きいほうが圧縮強度と反発度の相関関係がよくなり、反発度が大きくなる傾向がある。

『参考文献』

- 1) Operating Instructions : concrete Test Hammer, Type N, 1960
- 2) 社団法人土木学会:コンクリートライブラリー80 シリカフェームを用いたコンクリートの設計・施工指針(案)、p6、1995.10

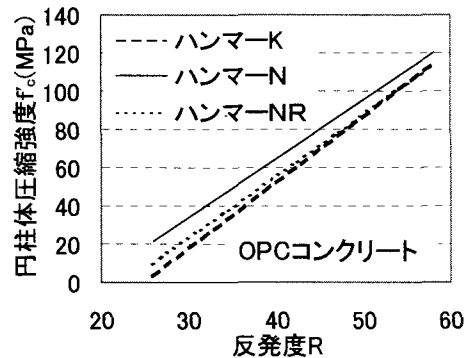


図-3 各ハンマーの相関関係

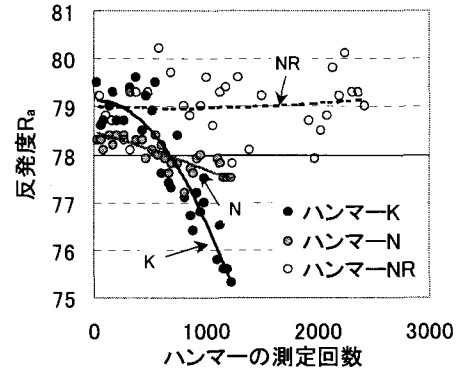


図-4 ハンマーの測定回数と反発度 R_a の関係

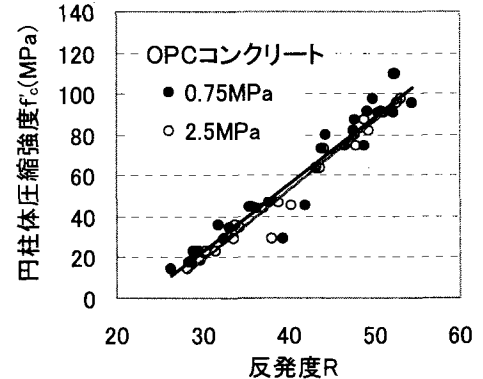


図-5 圧縮強度とハンマーNRの反発度の関係

表-4 载荷応力の違いによる直線近似式と相関係数

線種	载荷応力 (MPa)	近似式	相関係数
—	0.75	$f_c=3.25R-74.6$	0.963
—	2.5	$f_c=3.39R-83.2$	0.982