

ビッカース硬さによるモルタルの弾性係数の推定

大成建設（株）土木技術研究所 正会員 ○大脇英司
 東京工業大学大学院理工学研究科 正会員 坂井悦郎
 東京工業大学大学院理工学研究科 大門正機

1. はじめに

ビッカース硬さ測定は、高度浄水施設のコンクリートの劣化診断に適用されて以来[1]、劣化診断の手法として用いられる事例が増えている[2]。これらはセメント硬化体の硬さに着目したものである。しかし、モルタルやコンクリートは骨材を含む多孔材料であり、骨材や空隙を含めた評価法の検討や硬さと弾性係数や圧縮強度など一般に使用される物性値との定量的な関連付けが望まれている[3]。本報告ではモルタルを用いて骨材などを含めてビッカース硬さを測定し、弾性係数の推定を行った結果を報告する。

2. 実験方法と結果

普通ポルトランドセメントと千葉県木更津産の砂を用い9種の供試体を作製した（図1参照）。JIS R 5201 に準じて混練し、 $\phi 5 \times 10$ mmの型枠に打設後、材齢28日まで20～60% R.Hの室内で封緘養生した。

弾性係数は土木学会試験法（案）（JSCE-G 502-1988）に準じ割線弾性係数を、3体の平均値として求めた。供試体を $\sqrt{60} \times \phi 80 \times 110$ mmに切断し測定面を鏡面研磨した後、 15×20 mmの範囲の1mm間隔の格子点を測定点として、荷重条件300gでビッカース硬さを測定した。また同様な試験を岩石試料についても実施した。

3. 実験結果

セメント硬化体や骨材、空隙を無作為に抽出し測定したビッカース硬さの平均値と弾性係数の関係を図1に示す。硬さの平均値と弾性係数は正の相関を示したが、その関係は水セメント比および骨材量の違いに応じて異なり、単純なビッカース硬さの平均値で弾性係数を予測することは困難であった。

モルタルのビッカース硬さの分布は対数正規分布関数を用いて近似できた。水セメント比が60%の供試体について近似曲線を微分して図2に示す。便宜上、空隙は対数軸上で“0”とした。ペースト供試体の場合の分布を考慮し、数十Hv0.3に分布する測定値はセメント硬化体の測定値であり、数百Hv0.3の分布は骨材であると考えた。その他の分布位置は硬化体や骨材の界面付近の測定値であると考えた。各分布位置の頻度は配合条件に対応して変化し、硬化体と骨材の割合の相違を的確に示していた。

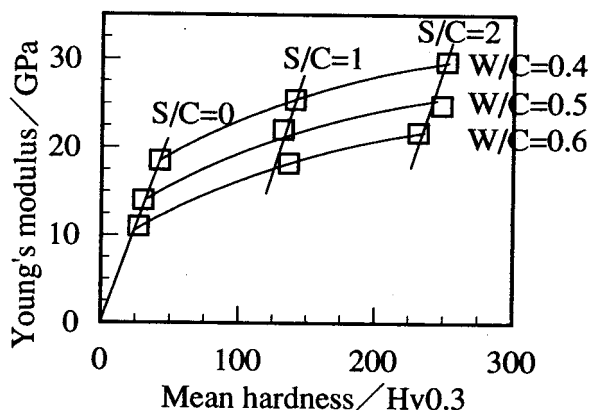


図1 モルタルのビッカース硬さと弾性係数

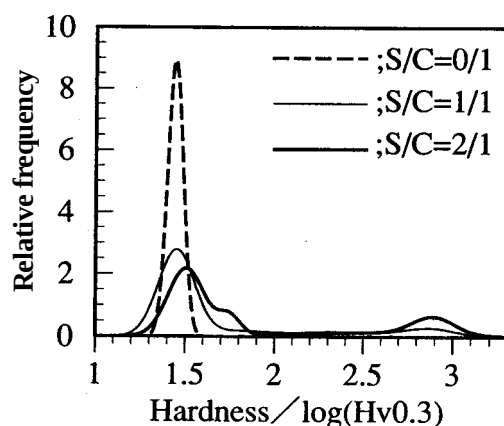


図2 モルタルのビッカース硬さの分布曲線の例

W/C=60%, 材齢28日

キーワード；コンクリート，モルタル，ビッカース硬さ，弾性係数，推定方法，耐久性

連絡先；〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）土木技術研究所 tel.045-814-7228

4. 弾性係数の予測

モルタルやコンクリートは力学的にはセメント硬化体と骨材で構成する2相材料ではなく、遷移帯を含めた多相材料として考える必要がある[4,5]。これらの構成要素の影響はビッカース硬さに反映されていると考え、これを用いることで多相材料として評価できると考えた。

力学的に単相とみなせる材料のビッカース硬さと弾性係数の関係（図3）から経験式（式1）を導いた。各点の弾性係数を適切な力学モデル（図4）を用いて合成し、ビッカース硬さを測定した範囲の弾性係数を推定した。式1における a 、 b 、 c を回帰係数とし、測定値と推定値が一致するよう最適化した（図5）。回帰係数、すなわち単相材料の硬さと弾性係数の関係は配合によらず1通りである。力学モデルは2相材料の例を参考に多成分系の材料に拡張が容易な3種のモデルを用いた。空隙の弾性係数は“0”とし、弾性体の直列配列の要素を持つモデルでは空隙を無視した。

3種のモデルとも適切な回帰係数の選択により推定値と実測値が良く一致したが、モルタルやコンクリートが多孔体であることを考慮し、空隙を考慮できる弾性体の並列モデルを用いることを提案する。構造物調査などに適用する場合には図5に示した回帰係数を用いるほか、いわゆる健全部についてビッカース硬さと弾性係数が測定できる場合には、個別に回帰係数を求めて適用するとより精度が向上するものと推察される。

5. まとめ

ビッカース硬さを用いてモルタルの弾性係数を推定する方法を提案した。指数関数を用いてビッカース硬さと弾性係数を関係付け、弾性体を並列に配置したモデルを適用して弾性係数の推定が可能であった。これは2相材料を対象にしたモデルと異なり、遷移帯や空隙を含めて評価できる方法であった。

参考文献

- [1] 大脇英司ほか、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp903-908 (1996)。
- [2] 例えば、大即信明ほか、土木学会論文集、No.676/V、pp41-49 (2001)。
- [3] 大脇英司ほか、セメント・コンクリート、No.638、pp36-41 (2000)。
- [4] Nilsen, A.U., Monterio, P.J., *Cem. Conc. Res.*, Vol.23, pp147-151 (1993)。
- [5] Simeonov, P., Ahmad, S., *Cem. Conc. Res.*, Vol.25, pp165-176 (1995)。

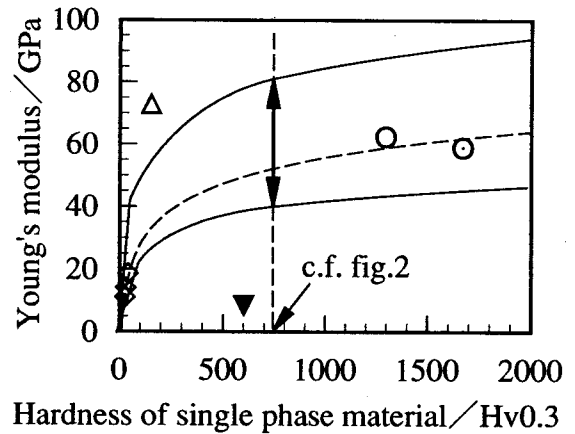


図3 単相とみなした材料の
ビッカース硬さと弾性係数

- ◇ ; cement paste
- ↔ ; sand (estimated value; ref.5)
- , ○ ; granites
- △ ; lime stone
- ▼ ; andesite

$$E = a \cdot \ln[b(H - c)] \quad \text{式1}$$

ただし、 E ; ヤング率, H ; ビッカース硬さ
 a , b , c ; 回帰係数

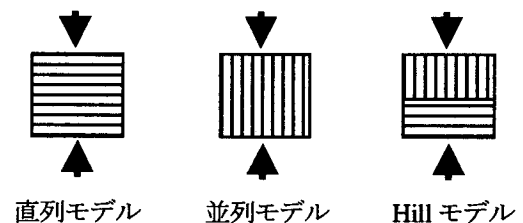


図4 検討した弾性体モデル

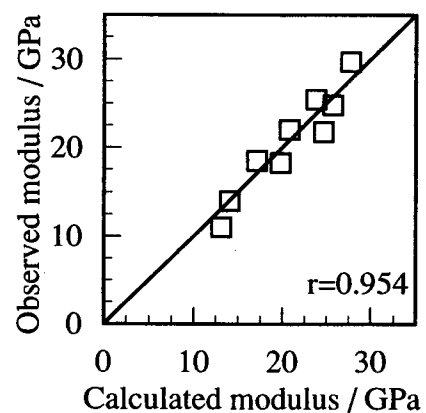


図5 並列モデルによる弾性係数の
推定結果

回帰係数 ; $a=13.35$, $b=0.063$, $c=-15.96$