

V-233

コンクリートの圧縮強度の推定に関する各種非破壊試験法の比較検討

東京電力(株) 正員 白井 伸一 清水建設(株) 正員 阿部 久雄
○清水建設(株) 正員 前田 敏也

1. はじめに

コンクリート構造物の耐力評価を行う上で、コンクリート強度は鉄筋等の鋼材に比べてばらつきが大きいため、コアを採取して圧縮強度を調査する場合が多い。しかし、コアによる調査は時間・手間がかかり、また、コア数が限定される、さらに、調査箇所に対する補修が必要である。このような理由から、シュミットハンマー等による非破壊試験が多く使用されており、土木学会においても規準化されている[1]。しかし、非破壊試験による強度推定は、推定精度等にいくつかの問題点が残されており、推定結果が耐力評価に大きく影響をおよぼすといっても過言ではない。

本研究は、竣工後数十年を経た鉄筋コンクリート構造物を対象にした各種非破壊試験及びコアによる圧縮試験を基にして、非破壊試験によるコンクリートの圧縮強度の推定について検討したものである。

2. 試験概要

試験対象構造物は、重油及び軽油タンクの防油堤であり、調査時材令はそれぞれ15年及び37年である。非破壊試験による強度推定は、シュミットハンマー法及び複合法(シュミットハンマー法と超音波法との組合せ)により行った。ここで、シュミットハンマー法及び複合法による強度推定は、それぞれ以下に示す日本材料学会式及び日本建築学会式[2]により行った。ただし、材料学会式中の材令による補正係数は、対象構造物の材令より0.63とした[2]。

$$f'_c = (13R - 184) \alpha_n \quad (1)$$

$$f'_c = 8.2R + 269V_p - 1094 \quad (2)$$

ここに、 f'_c :推定強度(kgf/cm²)、 R :反発度、 α_n :材令による補正係数、 V_p :弾性波速度(km/s)

非破壊試験後、調査箇所からコアを採取して圧縮試験を行い、非破壊試験結果と比較検討した。

3. 試験結果および考察

非破壊試験と検証試験結果の比較を図-1, 2に示す。これらの結果から、シュミットハンマー法による推定値は圧縮試験値に比べて0.5~1.0倍(平均値0.69, 標準偏差0.17)と全体的に小さいのに対し、複合法による推定値は試験値の0.9~1.6倍(平均値1.13, 標準偏差0.30)と大きくなっている。複合法による推定値が大きくなる原因としては、推定式中の反発度に対して材令補正を行っていないことが考えられる。そこで、材令による補正係数として谷川・山田・小阪式[2]における値($k=0.9$)を用いた場合の推定値と試験値の関係を図-3に示す。これより、推定値は試験値の0.8~1.5倍(平均値1.09, 標準偏差0.16)となり、複合法においても反発度に対して材令補正を行う方が推定精度が良くなることがわかる。また、いずれの推定結果についても圧縮強度が大きくなるほど(推定値/試験値)が小さくなっており、強度が相対的に低く推定されている。この理由の1つとして、シュミットハンマーの反発度に対する材令補正が、中性化の進行による表面硬度の増大を考慮したものであり[3]、実際には、強度が大きくなる程表面が密実となるため中性化の進行が遅く、表面硬度も予想されるほど大きくならないため、このような傾向が現れると考えられる(中性化深さはいずれも1.0cm以下であった)。したがって、このような傾向をなくすためには、材令による補正係数を一定値とせず、強度に応じた値とする必要があると考えられる。図-4に補正係数(試験値/推定値)と圧縮強度との関係を示す。これより、補正係数は0.6~1.3(平均値0.89, 標準偏差0.11)の範囲で分布しており、 α と f'_c との関係は次式で近似できる。

$$\alpha = 0.002 f'_c + 0.133 \quad (r = 0.663) \quad (3)$$

ここに、 α :補正係数、 f'_c :圧縮強度(kgf/cm²)

一方、複合法については、建築学会によれば、材令が1年を超えるコンクリートの実験データが不足しているため、強度推定式の修正を定数項の値を変化させることにより行うとしている[2]。図-5に定数項と圧縮強度との

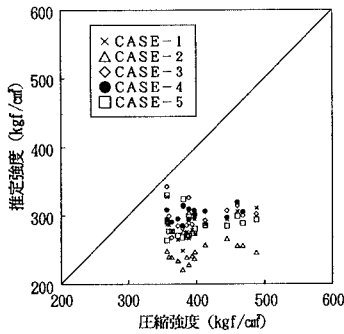


図-1.1 推定値の検証(シュミット)

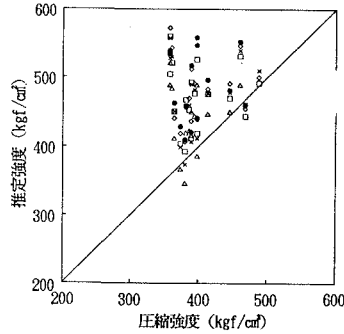


図-2.1 推定値の検証(複合)

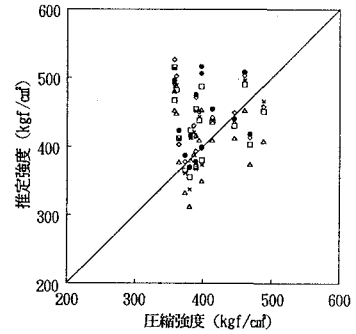


図-3.1 推定値の検証(複合補正)

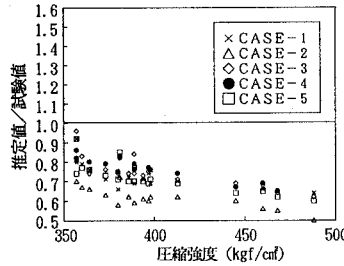


図-1.2 比の変化(シュミット)

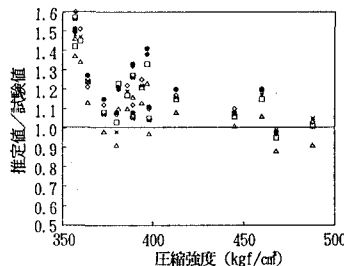


図-2.2 比の変化(複合)

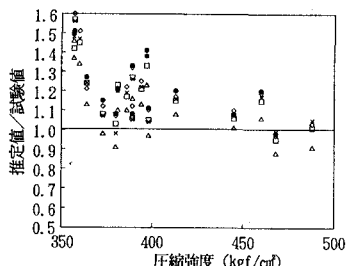


図-3.2 比の変化(複合補正)

関係を示す。ただし、強度推定式中の反発度については、材令による補正($k=0.9$)を行った。これより、定数項は1000~1270(平均値1124.5、標準偏差61.1)の範囲で分布しており、定数項と f' との関係は以下に示す式で近似できる。これより、圧縮強度が大きくなるほど定数項が小さくなる傾向にあり、定数項を一定値とした場合、シュミットハンマー法と同様、圧縮強度が大きいもの程強度が相対的に低く推定される可能性がある。

$$C = -0.944 f' + 1501.7 \quad (r = 0.587) \quad (4)$$

ここに、 C :式(2)における定数項、 f' :圧縮強度(kgf/cm²)

したがって、シュミットハンマー法、複合法のいずれの方法を用いる場合でも、あらかじめ調査箇所から必要最小限の π を採取し、圧縮試験結果に応じて補正係数及び定数項を算出する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究により得られた主な知見を以下にまとめる；①シュミットハンマー法に日本材料学会式を適用した場合、推定値は圧縮試験値に比べて全体的に小さいのに対し、複合法に日本建築学会式を適用した場合、推定値は試験値よりも大きくなる。②複合法においても推定式中の反発度に対して材令補正を行う方が推定精度が良くなる。③シュミットハンマー法、複合法のいずれの方法においても圧縮強度が大きくなるほど(推定値/試験値)が小さく、強度が相対的に低く推定される。④シュミットハンマー法、複合法のいずれの方法を用いる場合でも、あらかじめ調査箇所から必要最小限の π を採取し、圧縮試験結果に応じて補正係数及び定数項を算出する必要がある。

【参考文献】：[1]土木学会：硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(案)，コンクリート標準示方書[規準編]，平成3年9月 [2]日本建築学会：コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル，昭和58年2月 [3]柏 忠二：コンクリートの非破壊試験法，昭和56年3月，技報堂

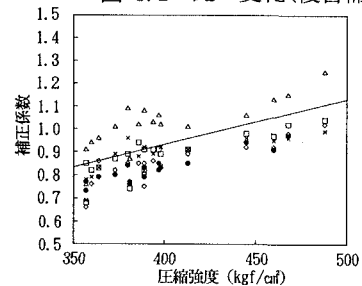


図-4 補正係数の変化

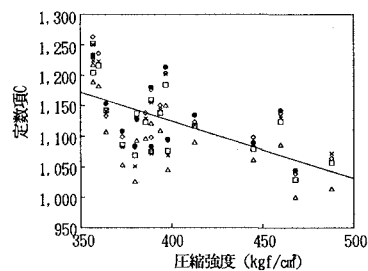


図-5 定数項の変化