

# V-10 針貫入によるコンクリート強度推定のための基礎的研究

東北大学

学生員 ○長田 光正

東北大学

正会員 三浦 尚

東北電力（株）電力技術研究所

正会員 斎藤 裕

## 1. はじめに

コンクリート構造物が安全にまた経済的に維持管理されるためには、コンクリートの劣化度についての正確な情報が把握される必要があり、また劣化の目安として強度が推定されることが望ましい。しかし直接強度試験では、構造物に望ましくない損傷を与えてしまう可能性が大きい。また様々な間接強度試験も、現状では精度などにいま一つ問題があるようである。そこで本研究では、サンプリングの際構造物に与える損傷が比較的小さいと思われる小型の試料に針を貫入させることによって、コンクリート強度の推定を試みた。試料が小さく箇所によるバラつきが大きいので、統計的処理を加えデータ整理を行った。なお将来的には、この方法によって凍害劣化を受けたコンクリートの劣化診断を行うことを念頭においている。

## 2. 使用材料及び実験方法

表-1 配合及び圧縮強度

W/C を変えることにより、異なる強度を示す3種のコンクリートの10cm×10cm×40cmの角柱供試体を作成した。表-1にそれぞれの配合及び強度を示す。なお圧縮強度は乾燥状態で測定されたものである。

| G <sub>max</sub><br>(mm) | W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |         | 圧縮強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|------------|------------|-------------------------|-----|-----|------|---------|--------------------------------|
|                          |            |            | W                       | C   | S   | G    | 減水剤     |                                |
| 25                       | 56         | 42         | 176                     | 314 | 749 | 1170 | C×0.0%  | 424                            |
| 25                       | 46         | 40         | 175                     | 363 | 689 | 1169 | C×0.25% | 539                            |
| 25                       | 36         | 38         | 174                     | 489 | 622 | 1152 | C×0.50% | 703                            |

セメントは市販の早強ポルトランドセメント、細骨材は宮城県大和町産山砂、粗骨材は宮城県丸森産碎石、減水剤はナフタリンスルホン酸塩を主成分とするものをそれぞれ用いた。これらの角柱供試体側面からコンクリート用コアドリルにより直径2.0cm、長さ3.5cm程度の円柱状のコアを採取し、実験用の試料とした。試料は1種の強度につき8つずつ用意された。

電動一軸圧縮試験機に図-1に示す針を取り付け、一定の速度(0.1mm/min.)で変位する載荷台に試料を固定し、試料のモルタル部に鋼製の針を貫入させた。針の貫入は一つの試料に対し箇所を変えて5回ずつ行われ、その際加えられる荷重の最大値は試料が壊れない程度(15kgf程度)に抑えられた。

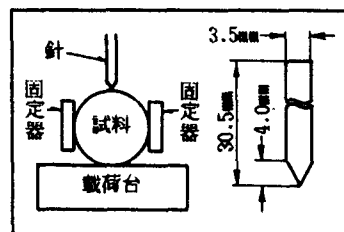


図-1 針及び貫入の簡略図

## 3. 実験結果及び考察

一つの試料に対して行われた貫入試験の結果の一部を図-2に示す。貫入箇所によるバラつきが大きいので統計処理を行う。力学的に意味のある関係を得るために、以下のようなことを考察した。針を貫入させる際に必要とされる仕事は押し退けられるモルタルの体積に比例すると考えられ、また弾性変位も貫入に伴う。したがって針の先端は円錐型であるので、荷重をP、貫入量をxとすると、次の関係があると推定される。

$$P = ax^2 + bx \quad \dots\dots\dots (1)$$

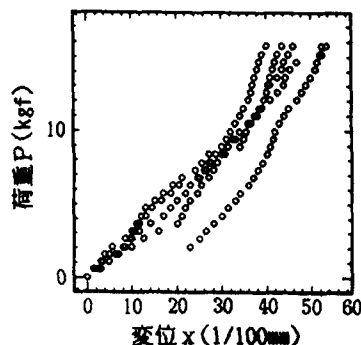


図-2 一つの試料についての測定データ

なお、コンクリートの圧縮試験における降伏曲線についてもPとxの関係は式(1)のように表される。<sup>1)</sup>

測定データから1回の貫入に対しa、bの回帰計算を行った。その結果の一部を図-3に示す。図-3は一箇所の貫入における測定データとその回帰式を示したものである。回帰による分散はPの平均値で無次元化すると0.07程度であり、式(1)は十分よい近似値を与えていると思われる。

ついで、同一の試料においても貫入させる箇所によってデータに大きなばらつきがあるため、以下のような整理を行う。それぞれの箇所の貫入より得られた回帰式から1つの強度を示す供試体群を代表するPとxの関係式(2)を決定する。ここで係数A、Bは式(3)のように求められる。3種の強度のコンクリートの式(2)を図-4に示す。

$$P = Ax^2 + Bx \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$A = \frac{\sum_n a_n}{N}, \quad B = \frac{\sum_n b_n}{N} \quad \dots\dots\dots (3)$$

なお式(2)は、①式(4)に示すような誤差を最小にする、②エネルギーの平均を与える、という特徴がある。

$$e = \sum_n \int_0^{x_1} \{ (A - a_n)x^2 + (B - b_n)x \}^2 dx \quad \dots\dots\dots (4)$$

式(3)を用いて強度の推定を行う。多数の貫入試験より得られた結果の内、コンクリートの圧縮強度推定に用いられる指標としては回帰式の係数の統計的平均A、Bや係数{a<sub>n</sub>}、{b<sub>n</sub>}の分散などが考えられる。ここでは簡単のためある貫入量(0.2mmとした)までに必要とされた仕事を考えることにする。式(3)より仕事の平均値を計算し、強度との関係を図-5に示す。強度が3種しかないので確定的なこととはとはならないが、図から仕事と強度の間には相関が伺えるようであり、このような多数の針貫入を用いた方法によって、強度推定が可能であると思われる。

今後の課題として、この手法は様々な要因(荷重速度や針の形状など)に影響されるため、その検討を行っている。その際凍害を受けたコンクリートに対しても適用できることを考慮している。

4. 結論

針貫入試験において荷重と変位を連続的に測定することで、コンクリートの劣化度診断、もしくは強度推定を行うことができる可能性は大きいと思われる。

謝辞 本研究に際して御助言を頂いた東北大学工学部 堀 宗朗講師に厚く感謝の意を表します。

参考文献 1)「コンクリート構造の限界状態設計法」 岡村 甫 共立出版

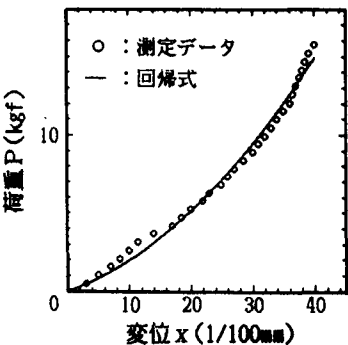


図-3 1箇所の貫入についての測定データ及び回帰式

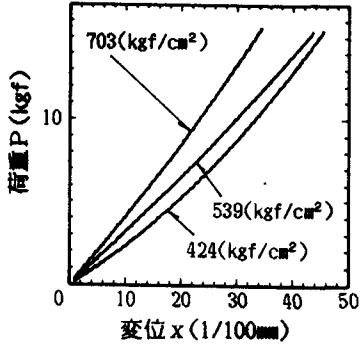


図-4 強度ごとの代表の回帰式

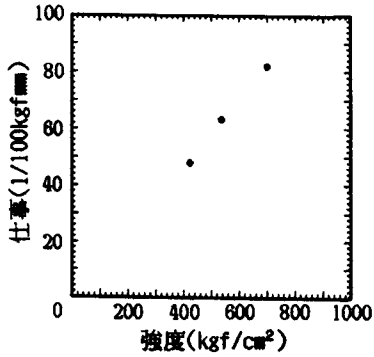


図-5 仕事の平均値と強度の関係