

V-126 針貫入によるコンクリートの劣化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
東北大学	正会員	堀 宗朗
東北電力（株）電力技術研究所	正会員	斎藤 裕

1. はじめに

凍害などが生じる環境下でコンクリート構造物を維持管理する場合、コンクリートの劣化度診断は重要である。現在の診断法では、劣化の目安として強度を測定ないし推定するものが主であるが、実構造物の深部から圧縮強度用コア供試体を必要量採取すると構造物にダメージを与えることになる。また、構造物の表面付近の強度の測定や推定に限ると、構造物全体の劣化の程度や強度を推定することはできない。コンクリートの劣化には、例えば凍害のように構造物の表面から内部へと進行するものが多く、表面からの深さによってコンクリートの劣化度が異なる。したがって、劣化は、健全と考えられる内部の強度を基準とし、その差として判定されるべきであると考えられる。また、構造物全体の強度を推定するためには、表面から内部までの強度の変化を知る必要がある。以上の2つの理由から、劣化度の目安として使われるコンクリートの強度の測定は、表面のみならず構造物内部にまで適用でき、また、なるべく小さな供試体で測定できることが望ましいと考えられる。したがって、今日図-1に示すように構造物から比較的小さなコアを取り出し、構造物表面からの距離を変えて連続的に強度を推定し、その分布から、構造物の劣化度を診断する方法を考えた。なお、この方法では、構造物から大断面の多数のコアを引き抜く必要はなく、構造物に与える損傷は比較的軽度と考えられ、非破壊に近い形で劣化度の診断が可能となると思われる。

強度推定法としては、本研究では、針貫入によってコンクリートの強度を推定する方法を検討した。これは、コアから取られた小型の試料に針を貫入させ、その貫入量と荷重を連続的に測定し、貫入量と荷重の関係を調べることによって、強度を推定することを目的としている。測定される針貫入の変位と荷重の関係は、コンクリートの局所的なバラツキの影響を大きく受けるため、針の貫入を多数の箇所に行って測定データを増やし、測定データに適当な統計的処理を加えることで、合理的な整理を試みた。以下、針貫入によるコンクリート強度推定の可能性の実験について述べる。

2. 使用材料及び実験方法

水セメント比を変えて強度の異なる3種のコンクリートから10cm×10cm×40cmの角柱供試体を作製した。圧縮強度は、それぞれ、424、539、703kgf/cm²（W/C=56、46、36%）である。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砕石をそれぞれ用いた。これらの角柱供試体側面から、コンクリート用コア抜きドリルにより直径2.0cm、長さ3.5cm程度の円柱状の小型のコアを採取し、実験用の試料とした。この試料は1種の供試体につき8つずつ用意された。

電動一軸圧縮試験機に図-2に示すような針を取り付け、一

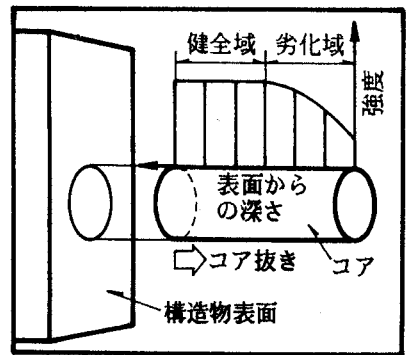


図-1 構造物表面からの深さによる劣化度の分布の概念図

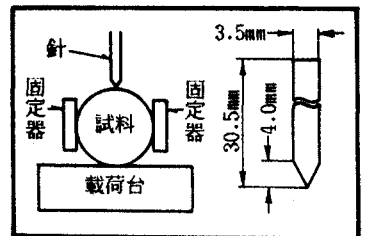


図-2 針及び貫入の簡略図

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5箇所、したがって、一つの供試体には計40箇所で行なわれた。その際針に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。

3. 実験結果及び考察

針の変位xと荷重Pの関係の例として、一つの試料での5箇所の測定結果を図-3に示す。貫入箇所の違いにより大きなバラつきがみられる。バラつきの大きい測定データから有意な変位と荷重の関係を得るために、1回ずつの貫入による変位-荷重関係の測定データを適当な回帰式で近似し、各貫入箇所の回帰式群を代表する変位-荷重関係を供試体ごとに決定する、という2段階の統計処理を試みた。

針が試料のモルタル部に貫入すると、モルタルは弾性的に変形する上に針によって押し除かれると考えられるため、変位xと荷重Pの間には次の関係があると推定される。

$$P = ax^2 + bx \tag{1}$$

式(1)を回帰式として測定データに当てはめ、係数aとbの計算を1回ずつの貫入に対して行った。なお、回帰の分散は荷重の平均値で除して無次元化すると、測定結果全体で約0.07程度であった。次に、同一の供試体に対して得られた各貫入箇所の回帰式群から、供試体を代表するxとPの関係式を次のように決定した。

$$P = Ax^2 + Bx \tag{2}$$

ここで、係数AとBは、式(1)の係数{a_n}と{b_n}の平均値として与えられる。

3種の強度のコンクリート供試体の式(2)を図-4に示す。強度の大きいものほど、一定量の針貫入に必要な荷重が大きいことが明瞭に示されている。

式(1)や(2)から強度を測定するための方法として、以下にその一例を示す。簡単のため、針を適当な深さ（0.2mm）に貫入するための仕事を指標とした。式(2)から計算された仕事の平均値とコンクリートの強度の関係を図-5に示す。強度が3種類しかないので断定はできないが、推定される仕事とコンクリートの強度の間に相関が伺える。したがって、強度の推定（ないしその低下の推定）が可能であると思われる。

4. 結論

本研究で提案された、構造物の深さ方向の劣化の違いが判定できるような劣化度診断法のための1つの試みとして、強度推定のための針貫入試験を検討した。この針貫入の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を行うことができる可能性は大きいと思われる。

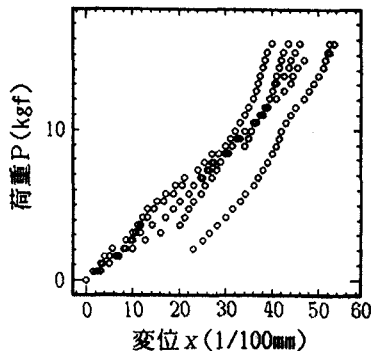


図-3 一つの試料についての測定データ

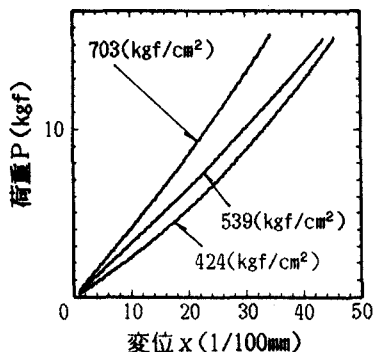


図-4 強度ごとの代表的回帰式

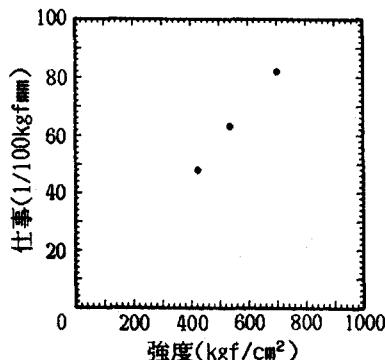


図-5 仕事の平均値と強度の関係