

東北大学大学院

学生員 山守 亨

東北大学

正会員 三浦 尚

東北大学工学部土木工学科

西丸 知範

### 1.はじめに

凍害による劣化の場合、劣化は構造物表面から徐々に内部に進行していくとされており、構造物の表面から深さ方向に強度が変化するものと考えられる。このような場合、構造物表面からの強度分布を把握することで、構造物の劣化度を推定することができる。

当研究室では、構造物に与える影響が少なく、構造物全体のコンクリート強度を推定できる方法を考案し、数々の基礎的な研究を進めている。この新しいコンクリートの強度推定方法は、小さい径のコアに鋼製の針を貫入させ、その際に連続的に測定される針の貫入量と針に加わる荷重の関係から強度を推定しようというものである。これまでの研究により、針貫入による強度推定は可能であることが報告されているが[1]、現在、信頼性、簡便性を更に向上させるために新しい試験装置の開発を進めている。

### 2.針貫入試験機

今回開発した針貫入試験機の概略図を図1に示す。針貫入試験機の開発は、現場において構造物の劣化診断が正確に、かつ簡便に行われるよう、性能の向上だけでなく機動性、操作性も考慮して進められた。

試験機本体の寸法は20cm×25cm×40cm程度で、重量はおよそ9kgと軽量でコンパクトである。また、誰にでも簡単に扱えるので、現場でコアを採取し、その場ですぐに針貫入試験を行い、コンクリートの強度を推定することができる。

試験方法は、構造物から採取したコアを試験機のコア固定台に固定し、コアに針を一定の速度で貫入させながら、針の貫入量と針に加わる荷重を測定するというものである。得られたデータはデータロガーから計算機に転送され、データ処理が行われコンクリートの強度が推定される。一回の測定に要する時間はおよそ1分である。

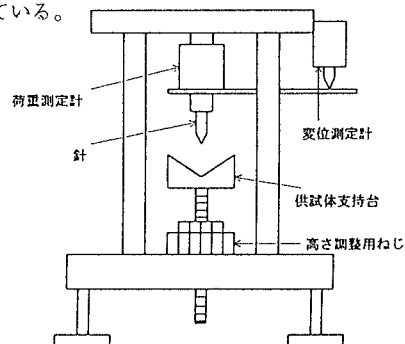
次に本研究で用いた針の概略図を図2に示す。この針を用いた研究において、良好な結果が報告されている[1]。

なお、針貫入試験に用いるコアの径は2cmと小さいものであるため、構造物から長いコアを採取する場合、構造物中の鉄筋を避けてコアを採取することができる。

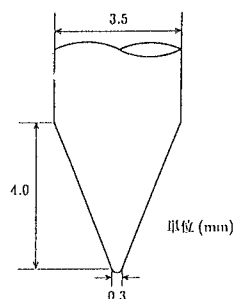
### 3.実験概要

本研究では強度の異なる14種類のNon-AEコンクリートを用いた。各配合につき10cm×20cmの円柱供試体を7本用意し、材齢28日で、2本の供試体から直径2cm、長さ9cm程度のコアを計6本採取した。また、他の5本の供試体は圧縮強度の測定に用いた。針貫入試験はコア採取後直ちに針貫入試験機を用いて行った。コアを固定台に固定させた後、針を一定の速度（およそ3mm/mim）でコアの側面部分に貫入させながら、針の貫入量と針に加わる荷重を一定時間間隔（100ms）で測定した。針の貫入位置は、コアの粗骨材を避けたモルタル部分とし、各配合につき80箇所針を貫入させた。図3に測定結果の一例を示す。

本研究では、強度の大きいコンクリートほど針貫入に対する抵抗が大きいと考え、針の貫入量と針に加わる荷重の関係を1次曲線で近似した際の傾きを強度推定の指標として用いることにした。



図・1 針貫入試験機の概略図



図・2 針の概略図

強度推定の指標は、以下のような方法で求めた。まず、貫入方向の不平滑性を除き、滑らかな針の貫入量 $X$ と針に加わる荷重 $P$ の関係を得るため、 $n$ 番目の貫入箇所の測定データを最小二乗法を用いて1次曲線で回帰した（ $n=1\dots 80$ ）。

$$P = An + BnX \quad (1)$$

なお、針をコアに貫入させた直後、針の貫入量にばらつきが見られるため（図3 参照）、初期補正として荷重の値が1.25kgfに達するまでのデータは無視した。

次いで貫入箇所の違いによるばらつきを除くため、各配合で得られた80の $B_n$ （ $n$ 番目の回帰式の傾き）の平均値を求め、強度推定の指標 $B$ （傾き）を決定した。

#### 4. 実験結果及び考察

図4に各配合について得られた圧縮強度と指標 $B$ （傾き）の関係および1次回帰式を示す。得られた回帰式を基に信頼係数90%で強度を推定した場合、推定誤差はおよそ $\pm 35 \text{ kgf/cm}^2$ となる。この程度の精度ならば、実用上十分であると思われる。また、針貫入試験の実用化を図る場合、簡便性を考慮すると貫入箇所数は少ない方が好ましい。本研究では貫入箇所数を80としたが、貫入箇所数が40を越えると、 $B_n$ （傾き）の平均値や標準偏差はほぼ一定の値を示すようになるので、40程度のデータを用いれば、貫入箇所数が80の場合と同等な精度で強度を推定できるとと思われる。

更に、針貫入試験の簡便性を向上させるための検討を行った。これは針に加わる荷重がある一定の値 $P$ （10kgf）に達した時の針の貫入量 $\delta$ を求め、強度推定の指標として $P/\delta$ を用いるというものである。 $P/\delta$ は、本研究で強度推定の指標として用いた指標 $B$ （傾き）を簡略化したものであり、手計算でも簡単に求めることができる。図5に各配合について得られた圧縮強度と $P/\delta$ の関係および1次回帰式を示す。指標 $B$ （傾き）を用いた場合と同様に、コンクリートの強度推定は十分可能であると思われる。

#### 5. 結論

- ・直径2cmのコアに対して針貫入試験を行った際に得られる、指標とコンクリートの圧縮強度の間には良い相関がある。
- ・今回得られた、指標と圧縮強度の関係を用いることで、針貫入法を実構造物へ適用することは十分に可能であると思われる。

#### 謝辞

本研究は（社）東北建設協会・建設事業の技術開発に関する助成金を受けて行ったものである。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 斉藤 裕・三浦 尚・堀 宗朗・長田 光正：針貫入を用いたコンクリートの凍害劣化の診断について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、pp.997-1002、1992

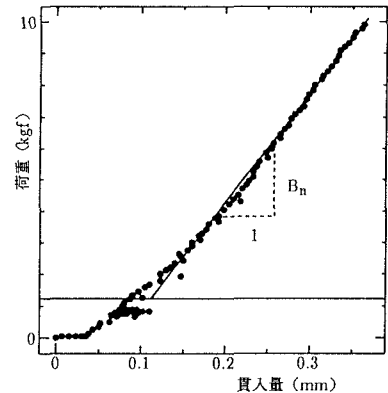


図-3 測定結果の一例（ $W/C=60\%$ ）

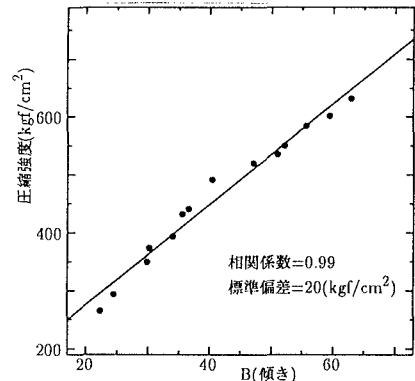


図-4 圧縮強度と指標 $B$ （傾き）の関係

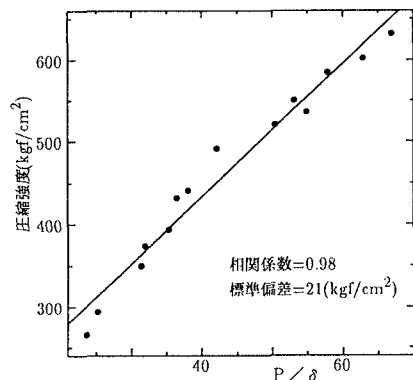


図-5 圧縮強度と指標 $P/\delta$ の関係