

V-21

押抜き方法によるコンクリート・モルタルの表層強度試験

苫小牧工業高等専門学校 正員 前川 静男
同 上 正員 廣川 一巳

1. まえがき

コンクリートの表層は、外的作用を直接受ける部分なので、コンクリート構造物の物理的な寿命を延ばし、経済的価値の低下を防ぐためには、表層部の品質は強度、耐久性とも優れたものとしなければならない。寒冷地のコンクリートに見られる凍害の一形態である、表面が剝離して粗骨材が露出する現象に関して言えば、剝離の深さは数mm程度なので、このように薄い部分の品質が剝離抵抗に関係していることになる。一般に行われているコンクリート圧縮強度試験の供試体は、直径が10または15cmであり、モルタル供試体にしても厚さが4cmなので、剝離に関係する表層部の品質を表すものとはいえない。

本研究では、剝離抵抗性の向上のためには表層部の強度性状を的確に把握できる試験方法の確立が重要であると考えて、4種類の試験方法の有効性を検討し、さらに、そのうちの押抜き方法を用いて表層部の性質を求めるための実験を行った。

2. 表層強度試験方法の比較

2.1 概要

表層強度試験方法の必要条件として、用いる試験機は通常の実験室に備えてあるものであり特殊なものでないこと、厚さが2~4mmの部分の強度を測定できることの2点とした。その結果、次の4種類の方法を検討対象とした。

① 引抜き方法

図1. aのように表層近くに埋込んだ鋼製の円板を引抜くものである。この方法は実施コンクリートの強度推定のために適しており、研究実績が多い。反力リングを用いる方法と用いない方法とがあり、ASTMでは反力リングを用いないときの規定がある。

② 押抜き方法

ビニルパイプの先端に鋼円板を取付け、モルタルに埋込み、鋼棒で背後から押抜くもので、原理は引抜き方法と同じである(図1. b)。

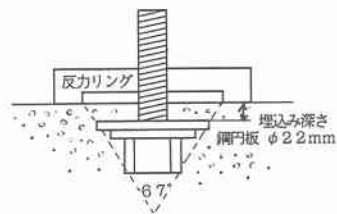
③ 接着引抜き方法

予め2cm平方のプラスチックのフィルムを埋込んでおき、モルタルを打込み、硬化後にフィルムの直上位置に引抜き具をエポキシ樹脂で接着し、引抜き試験によりフィルム面から剥がれるようにするものである。

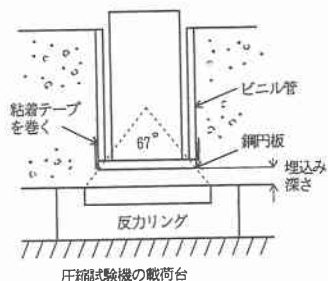
④ 折曲げ方法

薄板状のモルタル供試体の曲げ試験を行うものである。

なお、本研究はコンクリートの表層部を対象としているが、供試体作成の便宜のため実際はモルタル供試体を用いた。



a 引抜き方法



b 押抜き方法

図1 表層強度試験の概要図

Surface Layer Strength Tests of Mortar and Concrete by Push Out Method
by Shizuo MAEKAWA and Kazumi HIROKAWA

2.2 実験方法

前記の4種類の試験方法について、その有効性と実用性を確かめるための実験を行った。実験は3回に分けて行い、実験の条件はそれぞれ異なる。実験条件の概要を表1に示す。

引抜き、押抜きおよび接着引抜きのときの埋込み深さdは2mmを基本とし、一部4mm、6mmも実施した。このときのモルタル試験面は供試体製作時の側面とした。ただし、実験3の押抜き試験では、モルタルを詰め終わった直後に、試験面が底面になるように置き直して、ブリージングの影響が少なくなるようにした。養生はすべて水中とした。

試験機は、実験1ではミハエリス試験機を用いた。実験2以降の引抜きと押抜きには卓上油圧式モルタル強さ試験機を用いた。

折曲げ試験は、4×4×16cmの薄板状のモルタル供試体をスパン10cmとして中央に散弾を載荷して折曲げた。

表1 試験方法に関する実験の概要

実験区分	試験方法	反力リング	セメントの種類	w/c (%)	材齢 (日)
1	引抜き, 押抜き, 接着引抜き	なし	早強・普通	5.0	7
2	引抜き, 押抜き, 折曲げ	あり	普通	6.0	28
3-1	押抜き	なし	早強	5.0	14
3-2	引抜き, 折曲げ	なし	早強	5.0	7

2.3 結果と考察

試験値の変動状況を図2. a、b、cおよび表2に示す。

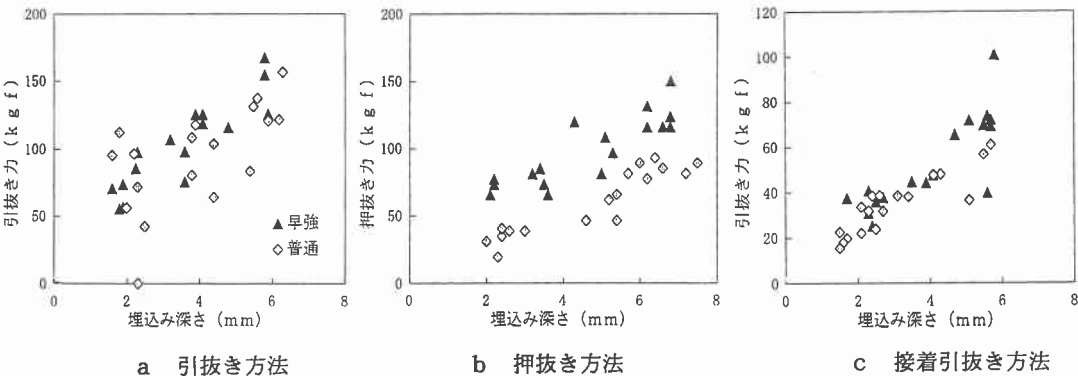


図2 試験方法の比較 (埋込み深さと表層耐力の関係、実験1、反力リングなし)

ここで、表層耐力は、反力リングを用いない実験1と3では引抜き力または押抜き力で表し、反力リングを用いた実験2では力を抜け出した円錐の側面積で除したもので表した。また、埋込み深さの実測値が製作上の誤差により計画値と相違するので、表層耐力力の算出に際しては埋込み深

表2 表層耐力(kgfまたはkgf/cm²)の平均と変動係数

実験区分	試験方法	反力リング	埋込み深(mm)	平均	標準偏差	変動係数 (%)	個数
2	引抜き	あり	2	88.9	29.0	32.2	24
	押抜き	あり	2	37.8	12.4	32.8	18
	折曲げ			68.2	14.3	20.9	10
3-1	押抜き	なし	2	49.2	7.35	14.9	10
	押抜き	なし	4	87.2	9.64	11.1	10
3-2	引抜き	なし	2	50.3	15.6	31.1	13
	折曲げ			60.8	7.30	12.0	11

さと引抜き力あるいは押抜き力は比例するものとして計画埋込み深さのときの値に補正した。

引抜き試験において、実験2、実験3-1とも埋込み深さ2mmのときの表層耐力の変動係数が30%を超える値であった。変動が大きくなった原因として、引抜き用のボルトと引抜き力の作用位置の偏心で曲げの影響があったと考えられる。

押抜き方法では、反力リングを用いた場合は変動係数が大きかったが、反力リングを用いない場合は10%台にすることができた。押抜き方法で試験値の変動を大きくする原因には次のようなことが挙げられる。

(1) 埋込み深さが浅いため、押抜かれる鋼円板と反力リングとの直径の差が小さく、反力リングの据え付け位置のずれがあると押抜き力に大きな影響を与える。

(2) 反力リングと鋼円板でできる頂角は押抜き力または引抜き力に影響を与えることが知られている。埋込み深さが計画値と異なるときは頂角が計画どおりの 67° になっていないことになり、試験値の誤差を大きくする。

(3) 対象範囲が薄いため、内部に欠陥があったときには強度に与える影響が大きい。

(4) 鋼円板の周面(厚さ1.7mmの面)の押抜き抵抗は無視できないほど大きい。したがって、鋼円板をビニルパイプに取り付けるさいは一定のやり方をとるべきである。

反力リングを用いる場合は一定の円錐形状に抜けるため、数値の取扱い上は利点があるが、埋込み深さが2mmのように薄い場合は供試体製作を余程慎重に行わないと変動が大きくなり易い。その点、反力リングを用いない場合は試験操作が簡単で変動は少ない。しかし、埋込み深さが4mmになると反力リングを用いても変動係数を10%台にすることができる。

接着引き抜き方法は、埋込み深さが2mmと4mmの場合には引抜き力との相関性が良かったが、6mmになるとフィルム面に達する前に破断し、目的を達することができなかった。埋込み深さに相応した大きさのフィルムを用いると薄層部分の強度試験方法として信頼性はあると思うが、接着作業が煩雑なことが難点である。

3. 押抜き方法による表層強度試験

上述の結果から、押抜き方法は表層強度試験として実用の可能性があることが分かったので、本方法を用いてモルタルの表層部分の強度性状を明らかにするために2、3に実験を行った。

3.1 セメントの種類と海水養生の影響

普通ポルトランドセメント(P)と高炉セメントB種(B)を用いたモルタルについて、材齢28日から270日までの押抜き力と圧縮強度の発現状況を示したのが図3である。モルタルは水セメント比50%で、押抜き試験は、 $4 \times 10 \times 18$ cmの平板状のモルタル供試体に鋼円板を2個取り付け、8個を1組とし、埋込み深さは4mm

で、反力リングを用いない方法によった。

両セメントを用いたモルタルとも押抜き力は材齢とともに増加しており、同時に作成した $4 \times 4 \times 16$ cm供試体の圧縮強度に比較して強度発現状況はほぼ類似していた。

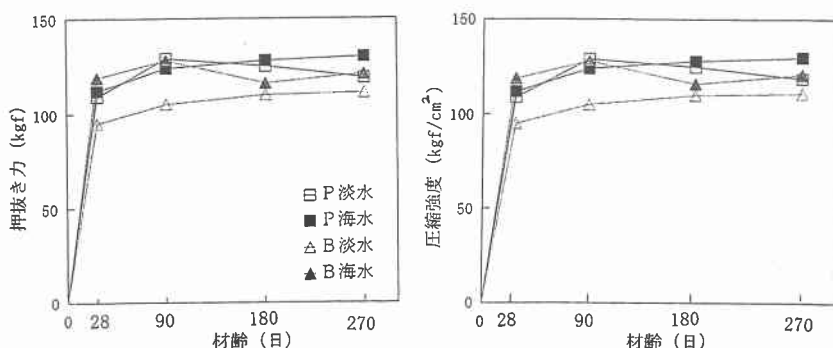


図3 セメントの種類と淡水養生・海水養生

海水養生の場合の押抜き力は、淡水養生に比べて全期間を通じて同程度あるいは上回っており、この程度の期間では海水の作用による表層部の強度への悪影響は認められなかった。

3. 2 乾燥の影響

コンクリートを水中養生した後に空气中に放置したときの圧縮強度の変化については、コンクリートマニュアルその他の文献によりよく知られている。同様の趣旨の実験をモルタルの表層強度について実施した。

モルタルの配合は、砂セメント比2.5、水セメント比50%とし普通ポルトランドセメントを用いた。乾燥期間中は温度20℃、湿度約70%の恒温室に置き、強度試験は乾燥状態のまま行ったが、一部は直前の2時間水中に置いたものもある。表層強度は反力リングを用いる方法で試験し、埋込み深さは2mmと4mmとした。

埋込み深さ4mmのときの押抜き試験の結果とモルタルの圧縮試験結果を図4に示す。

乾燥によりモルタルの表層強度は大きくなり、これを濡らすと減少したが、このことはモルタルの圧縮強度、曲げ強度についても同様であった。埋込み深さ2mmとした場合もほぼ同様の結果が得られた。この実験に用いた供試体の寸法は4×4×16cmと小さいこと、1組の個数は3個と少なかったため、4×10×18cmの供試体により個数を増やして再実験を行い、結果に問題はないことを確かめた。

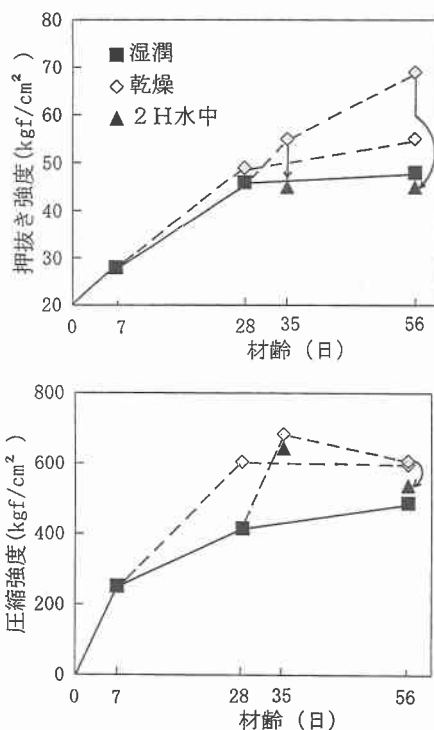


図4 湿潤・乾燥の影響

4. おわりに

押抜き方法は、引抜き方法に比べて試験操作が簡単で、埋込み深さが浅いときの耐力の変動係数が小さいという利点がある。また、引抜き方法では表面にボルトが突出するが、押抜き方法ではそのようなものがないので表層の性質を調べるのには応用範囲が広く、ここに述べた事項以外にも、本研究の動機となった凍結融解を受けたモルタルあるいはコンクリートの表層強度を調べる手段として利用することができる。

試験値の変動は、埋込み深さが4mmでは変動係数が10%台で、実用可能な範囲に収まっている。これより薄くなると変動は大きくなるが、2mmの場合でも慎重な試験操作を行えば実用は可能であると考えられる。

反力リングの使用は、構造物のコンクリート強度推定のためにある程度深い位置に鋼円板を埋め込む場合は必要であるが、本研究で目的としているような薄い部分を対象とする場合は、反力リングを用いないほうが精度が良く簡単である。

また、押抜き試験で求めたモルタルの表層から厚さ2~4mm程度の部分の強度性状は、4cm厚さのモルタル供試体のそれと大きく異なるものではないことが判った。

参考文献

- 1) 前川、モルタルの表層強度とその試験法、苫小牧工業高等専門学校紀要第24号、1989
- 2) 前川・廣川、押抜き方法によるモルタルの表層強度の試験、同上第30号、1995