

V—9 乾湿に伴うコンクリート露出面の強度の変化

北見工業大学 正会員 林 正道
 北見工業大学 正会員 鮎 田 耕 一
 北見市役所 正会員 ○ 長 山 裕 一

1 ま え が き

寒冷地のコンクリート構造物には、凍結融解作用に対する耐久性が要求されるが、凍結はコンクリート構造物の表面から侵入し内部へと進むので表面ほど凍結する機会が多く、かつ、冬期間でも日中、日射のあたる面は融解するので、凍結融解の回数も表面に近い部分ほど多くなる。したがって、寒冷地のコンクリート構造物の耐久性は、表層部分の強度性状によって支配される要素が多いと考えられる。一方、コンクリートの強度は、湿潤養生を十分に行えば材令とともに増加するが、養生を終えた部材は表面から徐々に乾燥するため、内部にくらべて乾燥面の水和が遅れ、強度の増進が内部ほど期待できないことが想像される。そこで本研究は、このような露出面の強度性状に与える乾燥、湿潤の影響を明らかにするために行った。

ところで、凍結融解作用による初期（粗骨材が剥落する以前）の劣化状況を考えれば、対象となる表層部分は数ミリからせいぜい1cmどまりの厚さであり、極めて薄いモルタル部分である。このような薄層の強度性状を直接求めることは困難な点が多い。そこで、本研究では径が極めて小さいモルタル円柱供試体を用い乾燥、湿潤状態が異なるときのモルタルの圧縮強度を求め、乾湿に伴うコンクリート露出面の強度性状の変化を把握することを試みた。用いた供試体の直径は1cm～5cmであり、径の小さい供試体ほど外部からの乾燥、湿潤の影響を受けやすく、径の大きさが露出面からの深さに比例することになる。

2 実 験 概 要

(1) 温度・湿度条件と材令

表—1 温度・湿度条件

表—1に示す5種類の温度・湿度

条件のもとに供試体をおいた。圧縮強度の測定は材令1, 3, 7, 28, 91日に行った。

(2) 使用材料と配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメント（比重3.18, 粉末度2,940 cm^3/g ）とフライアッシュセメントB種（比重2.97, 粉末度3,090 cm^3/g ）の2種類である。細骨材は豊浦標準砂を使用した。

モルタルの配合は、 $w/c = 0.55$, 普通

ポルトランドセメント使用の場合は $s/c = 2.00$, フライアッシュセメント使用の場合は $s/c = 2.07$ とし、フロー値が $170 \pm 10\text{mm}$ になるようにした。

(3) 供試体の寸法と作製方法

供試体はモルタル円柱であり、寸法は、直径が1, 2, 3, 4, 5cmの5種類、高さは直径の2倍である。練りまぜは、20℃, 湿度95%の恒温恒湿室でセメントの強さ試験用のモルタルミキサ（公称容量5ℓ）を使用し、すべての材料投入後3分間行った。締固めは供試体が極めて小さいため突き棒によったが、供試体の大きさにより締固め状態が異なるのを避けるため、型わくの径と突き棒の径の比を一定にした5種類の太さの突き棒を用いて行った。各供試体は成形後約5時間でペーストキャッピングを行い、型わく取り外しまでは表—1

温度・湿度条件	キャッピング後	型わくから取り外した後
(1) 水中養生	20℃, 湿度95%	養生水槽 (20℃)
(2) 湿度50%	20℃, 湿度50%	20℃, 湿度50%
(3) 強制乾燥	30℃, 湿度25%	30℃, 湿度25%
(4) 乾湿繰返し	20℃, 湿度50%	乾燥(30℃, 湿度25%)8時間/日 湿潤(20℃, 湿度85%)16時間/日 ただし、材令28日以降は(2)の条件
(5) 屋外曝露	24℃, 湿度60%	コンクリートスラブから約10cm上の通風のよい透明ビニールテント内 曝露期間は7月下旬～10月下旬 平均気温15℃, 湿度82%, 風速1.5 m/s

に示す温度・湿度条件のもとにおいた。型わくからの取り外しは成形後約24時間で行った。ただし、材令1日で圧縮強度試験を行う供試体は成形後約20時間で型わくから取り外した。なお、供試体は同一条件に対して6本作製した。作製した供試体の1例を写真-1に示す。

(4) 圧縮強度試験

乾燥供試体は試験開始前2時間水中に浸し、表面を吸水性の布で拭いた後、試験に供した。圧縮強度試験は、載荷荷重が500 kgf 以上のときは容量2.5 tf～25 tf の万能試験機、それより小さい荷重に対しては、最大荷重に応じて、3種類のプルービングリング（1000 kgf, 200 kgf, 50 kgf）使用の一軸圧縮試験機を用いた。載荷速度は毎秒2～3 kgf/cm² とした。なお、球座は各供試体の直径よりやや大きめのものを、それぞれ作製し使用した。

3 実験結果

(1) 供試体寸法による圧縮強度の補正

異なる寸法の供試体を用いて圧縮強度を測定する場合、寸法の小さい供試体の方が大きい強度を示すことが知られている。¹⁾ しかし、本実験に使用しているような極めて小さい寸法の供試体は特殊であるため、その寸法と強度の関係は既応の報告に見あたらない。そこで、水中養生を行った供試体を用いて、供試体の寸法と圧縮強度の関係を調べた。その結果が図-1である。図から明らかなように、その関係は、試験時の供試体の強度レベルによって異なる傾向をみせ、強度レベルの低いコンクリートほど、供試体寸法の影響を大

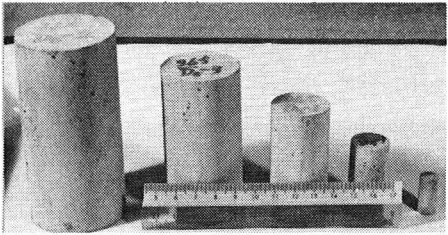


写真-1 供試体

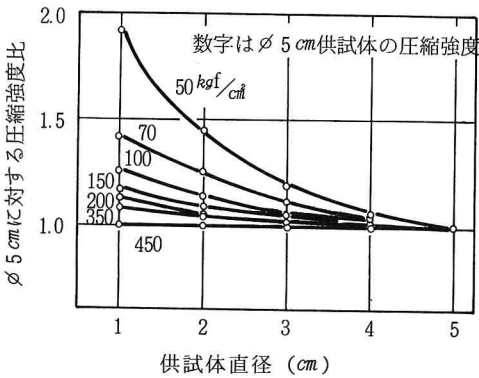


図-1 圧縮強度に及ぼす供試体寸法の影響

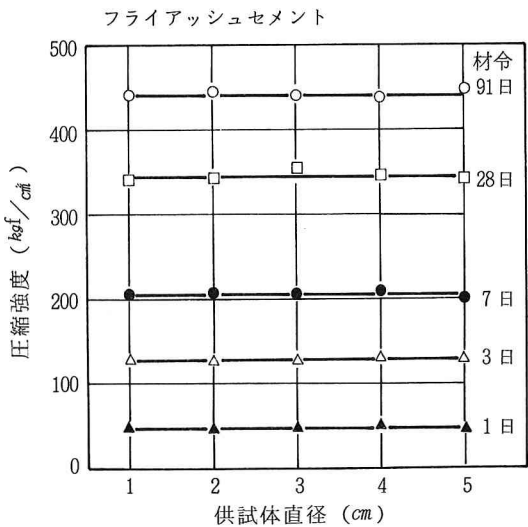
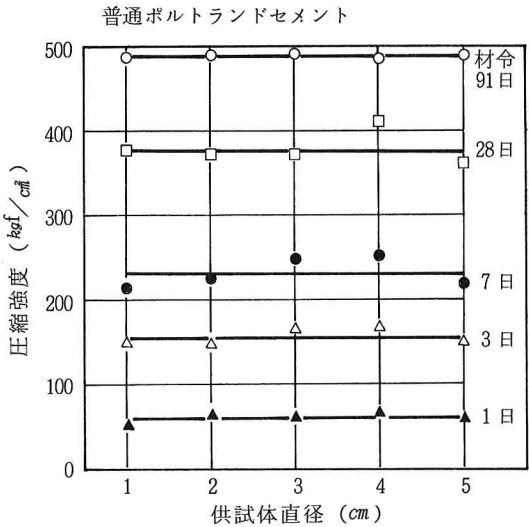


図-2 水中養生

きく受けている。したがって、本実験の圧縮強度の測定値はすべて図-1によって補正した。

(2) 温度・湿度条件別の圧縮強度

図-2～6に5種類の温度・湿度条件別の圧縮強度を示した。

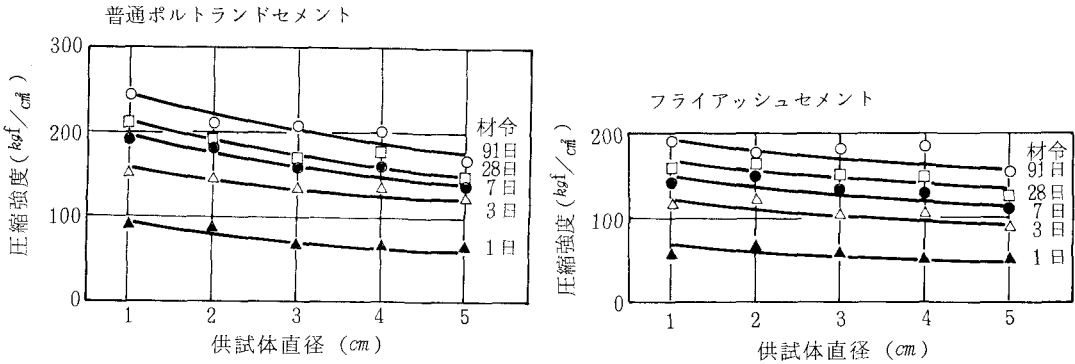


図-3 湿度 50 %

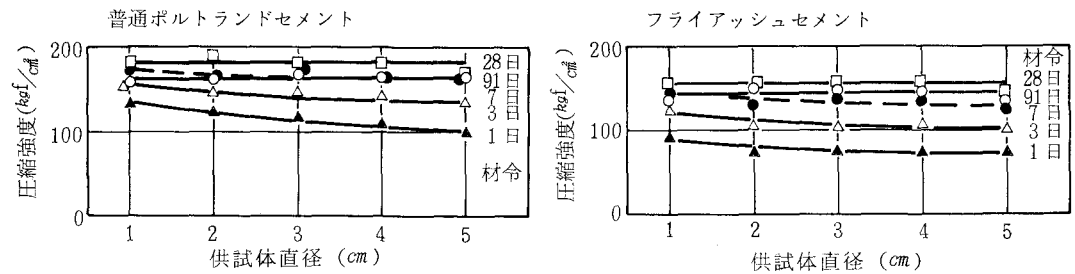


図-4 強制乾燥

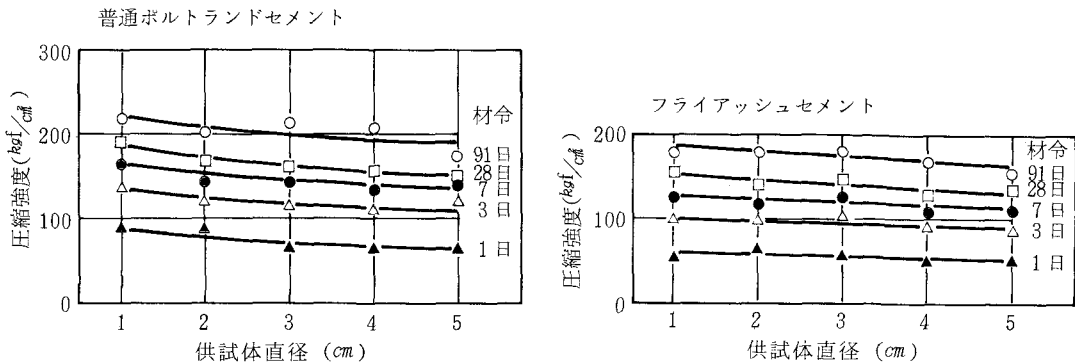


図-5 乾湿繰返し

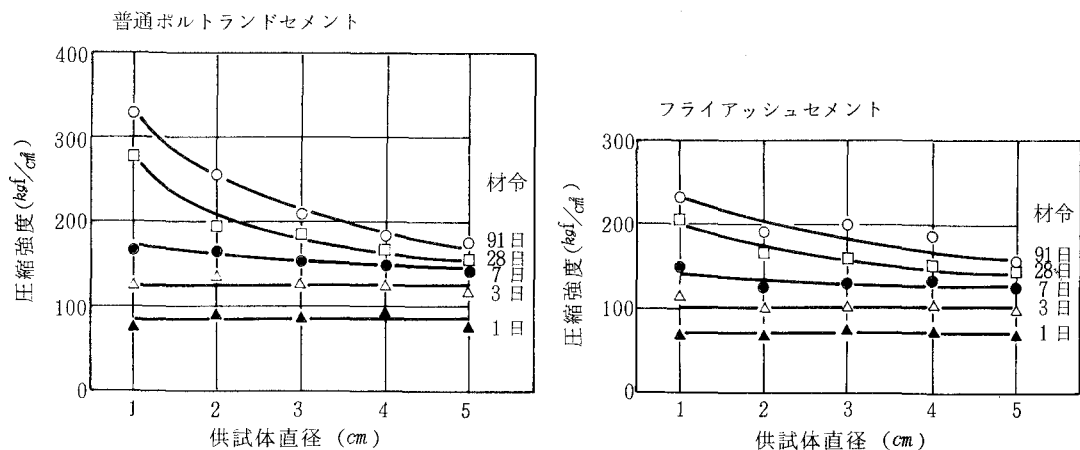


図-6 屋 外 曝 露

4 考 察

(1) 乾燥に伴う圧縮強度の変化について

温度・湿度条件による圧縮強度の比較を材令28日、91日の場合について図-7、8に示した。この結果から明らかなように、乾燥供試体の圧縮強度は水中養生の場合にくらべて、各寸法の場合ともかなり小さい。一方、乾燥条件の差による圧縮強度の差は、それほど顕著ではないが、径の小さい供試体では屋外曝露の供試体の圧縮強度が最も大きく、次いで湿度50%の乾燥条件の供試体となっていて、材令を経るにつれて、この傾向は顕著になる。また、これらの乾燥条件では径の小さい供試体の方が、径の大きい供試体より強度が大きい。このことは、乾燥条件によっては、コンクリート部材露出面近傍の強度はそれより少し深い部分の強度よりも大きくなることを示している。これは、主として炭酸化による強度増加と思われ、このことは炭酸化がほとんど進まないとされている湿度25%の場合²⁾の供試体は径が小さくても強度が増加していないことから裏づけられる。また、屋外曝露の場合には炭酸化に加えて夜間の高湿度（湿度約95%）が露出面近

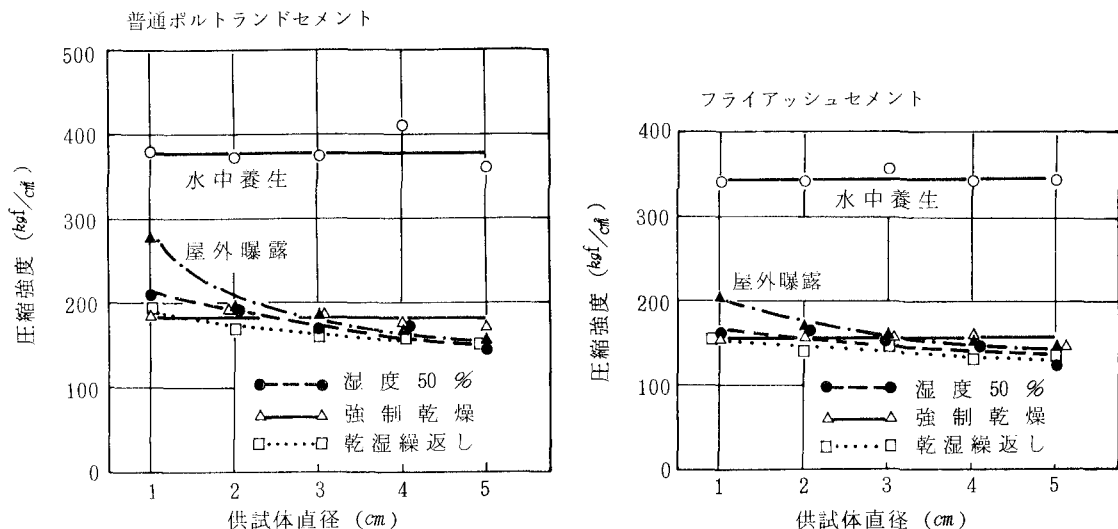


図-7 温度・湿度条件の比較（材令28日）

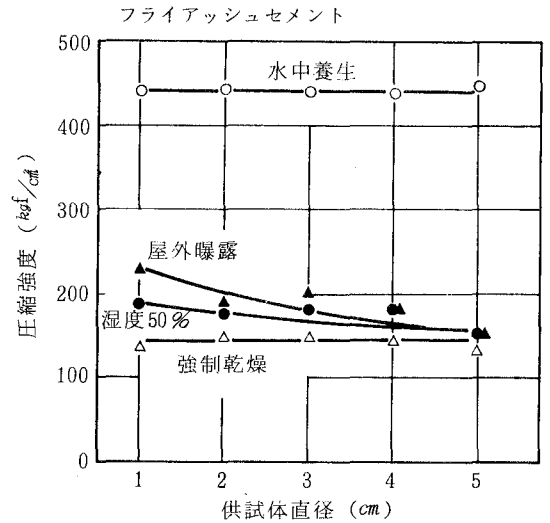
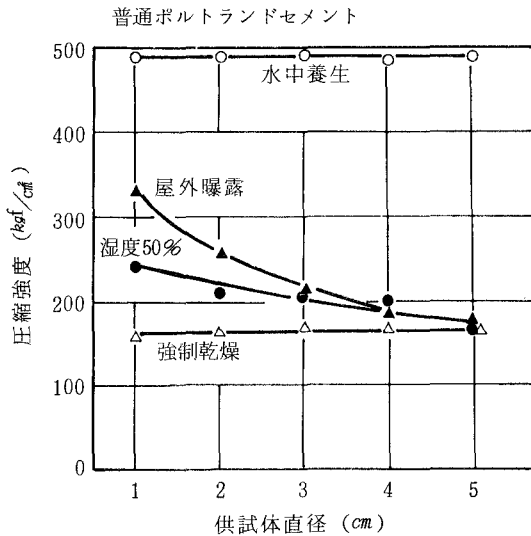


図-8 温度・湿度条件の比較 (材令91日)

傍の水和を促進させていると考えられる。

(2) 材令の経過に伴う圧縮強度の発現性状について

供試体直径5cmと1cmの場合の結果を図-9, 10に示した。水中養生供試体は材令の経過とともに順調に強度が増加しているが、乾燥条件の直径5cmの供試体は、材令7日以降ほとんど強度の増加がみられない。一方、直径1cmの乾燥供試体も同様であるが、屋外曝露と湿度50%の場合は材令の経過とともに、強度はやや増加している。また、強制乾燥の場合は材令の経過とともに、むしろ強度が低下する傾向を示している。

これらのことから、乾燥した露出面近傍は乾燥状態によっては、炭酸化の影響により材令とともに強度は増加するものの水中養生の場合にくらべてかなり低く、また露出面近傍より内側は炭酸化の影響を受けないために、乾燥により強度の発現がほとんど停滞することがうかがえる。さらに、30℃、湿度25%のような低

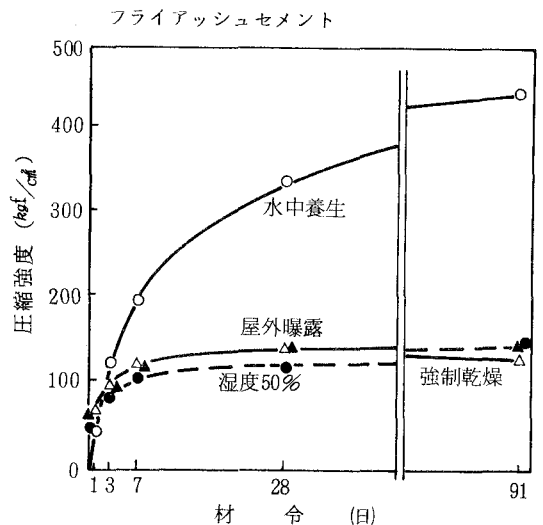
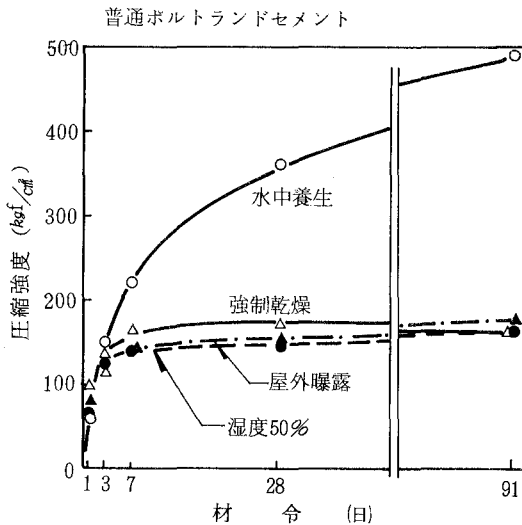


図-9 材令の経過に伴う変化 (Φ5cm)

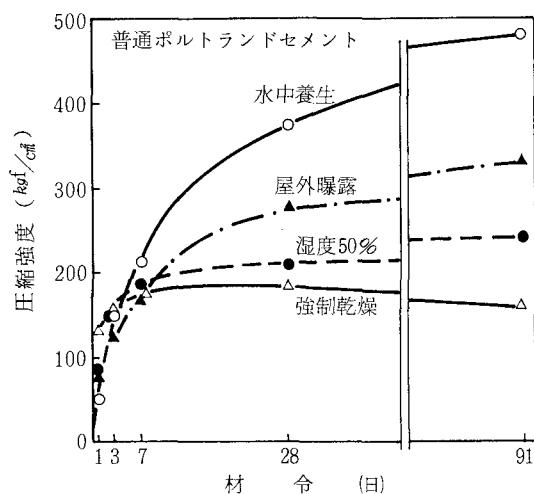


図-10 材令の経過に伴う変化 ($\Phi 1 \text{ cm}$)

湿度の場合には、若令時には高温による水和の促進がやや見受けられるが、その後は強度が低下し、露出面の強度性状に悪影響を及ぼす。

(3) セメントの種類の影響について

図-11にセメントの種類による圧縮強度の比較を3つの条件の場合について示した。いずれの条件の場合も普通ポルトランドセメントを使用した場合の圧縮強度が大きくなっていて、この実験の場合、材令91日でもフライアッシュのボズラン反応が、まだ十分発揮されていないことを示している。

5 ま と め

乾湿に伴うコンクリート露出面の圧縮強度の変化を把握するために行った微小モルタル供試体による実験の結果、次のことが明らかになった。

(1) 乾燥条件下の圧縮強度は水中養生の場合にくらべて著しく小さい。また、乾燥条件によっては炭酸化などの影響を受け、径の小さい供試体($\Phi 1 \text{ cm}$)の方が径の大きい供試体($\Phi 5 \text{ cm}$)よりも圧縮強度が大きくなった。これらのことから、乾燥した露出面近傍の強度は、乾燥の影響を受けない内部より著しく小さくなること、及び乾燥条件によっては炭酸化などの影響を受けて露出面の強度が増加することがあることなどが明らかになった。

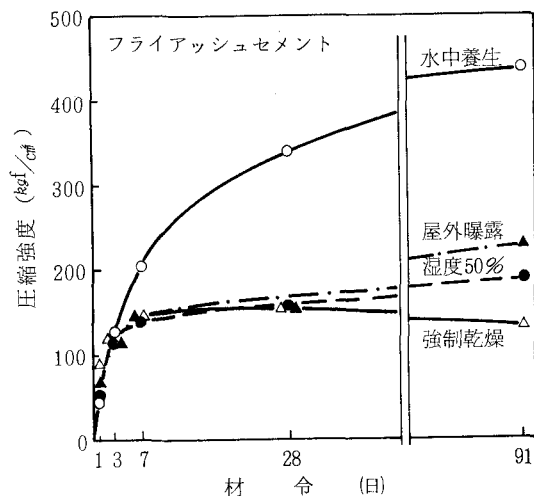
(2) 乾燥条件下では、露出面近傍の圧縮強度は材令が経過してもほとんど増進しない。ただ、炭酸化を受ける乾燥条件では、材令の経過とともにやや強度が増加する傾向が見られる。

(3) この実験の範囲では、普通ポルトランドセメントを使用した場合の方が、フライアッシュセメントを使用した場合よりも、いずれの条件でも圧縮強度が大きかった。

本研究の遂行にあたり御協力いただいた沢田祐一氏に感謝致します。

参考文献

- 1) たとえば、コンクリートマニュアル 第8版 アメリカ内務省開拓局編 近藤泰夫訳 国民科学社
- 2) G. J. Verbeck, R. A. Helmuth, Structures and Physical Properties of Cement Pastes, 第5回 国際セメント化学シンポジウム, 1968, 10,



N : 普通ポルトランドセメント
F : フライアッシュセメント

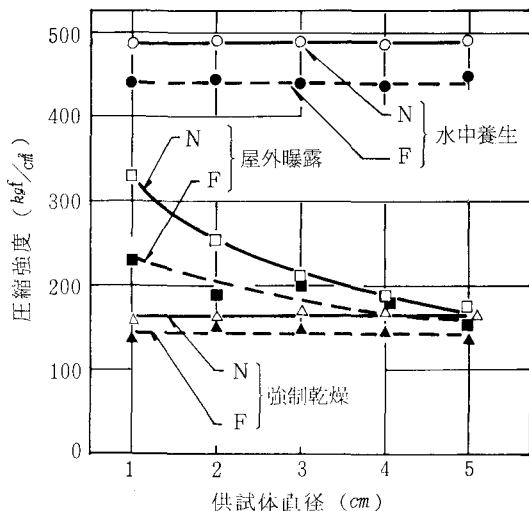


図-11 セメントの比較(材令91日)