

# 基礎コンクリートの強度と中性化

日本大学短期大学部 内藤 正昭  
 大分大学工学部 平居 孝之  
 富士ビー・エス 黒野 薫

## 1. はじめに

1969年（昭和44年）、第10次日本南極地域観測隊によって建設された第10居住棟の基礎コンクリートのピア部分が、1998年（平成10年）29年を経て、居住棟と共に日本に持ち帰られた。搬入されたコンクリート塊を写真-1に示す。このコンクリート塊の強度性能試験を実施し、その結果を報告する。

第10次隊の設営担当隊員の報告によると、第10次隊の建設した建物は、第10居住棟（100m<sup>2</sup>）レーダーテレメーター室（86.4m<sup>2</sup>）、コントロールセンター（21.64m<sup>2</sup>）、組立調整室（86.4m<sup>2</sup>）、作業棟増築（80m<sup>2</sup>）などである。コンクリート打設量は約70m<sup>3</sup>で、そのうち作業棟の布基礎・土間コンクリートと第9発電棟には、早強ポルトランドセメントが使用され、第10居住棟をはじめとするロケット関連の建物には、アルミナセメントが用いられた。骨材と水は昭和基地内で確保している。

コンクリート工事の計画調合と実施調合を表-1に示す。実施調合は、計画調合とは掛け離れ使用材料の容積比で実施されている。水量はセメントの使用量から計量されたものと思われる。

表-1 コンクリートの計画調合と実施調合

	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	セメント (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> )
計画調合	8	40	139	350	794	1157
実施調合				1.0	4.5	5.0

## 2. 試験の種類と試験方法

コンクリートの強度性能試験として、持ち帰られた第10居住棟用基礎コンクリートピア部分の、シュミットハンマーによる非破壊試験を実施した。非破壊試験後、試験体をダイヤモンドソーでコンクリートピアを約15cm厚に切断した。切断後コンクリートコアを抜き取り、中性化試験、比重測定、応力・歪関係、圧縮強度、弾性係数などを検討した。コアの直径は約68mm、H/Dが約2.0となるように成型した。

試験体の非破壊試験の状況を写真-2に、切断状況を写真-3に、コンクリートコアの抜き取りを写真-4に示す。

非破壊試験は試験体を安定させ、2箇所で行った。打撃間隔を3cmとし、1箇所20点をNR型シュミットハンマーで打撃し、測定値の中央値から6以上差のある値を除き、15または16の値の平均値を求め、この値を測定硬度Rとした。

圧縮強度用のコアを抜き取った後、表面を乾燥させフェノールフタレン1%アルコール溶液を噴霧し、コンクリートの中性化された部分の測定を行った。フェノールフタレンを噴霧した試験体を写真-5に示す。

圧縮強度試験は、大分大学工学部福祉環境工学科と日本大学短期大学部建築コースで行った。試験体の重量を計量した後、歪みゲージを貼り、アムスラー試験機によって載荷した。荷重の検出はロードセルで、歪

みの測定はデジタル歪み測定器で測定し、荷重と歪みのデータはパソコンに取り込み以後の解析に臨んだ。抜き取られた試験体とゲージを貼った試験体を写真-6に、載荷試験の状況を写真-7に示す。

### 3. 試験結果

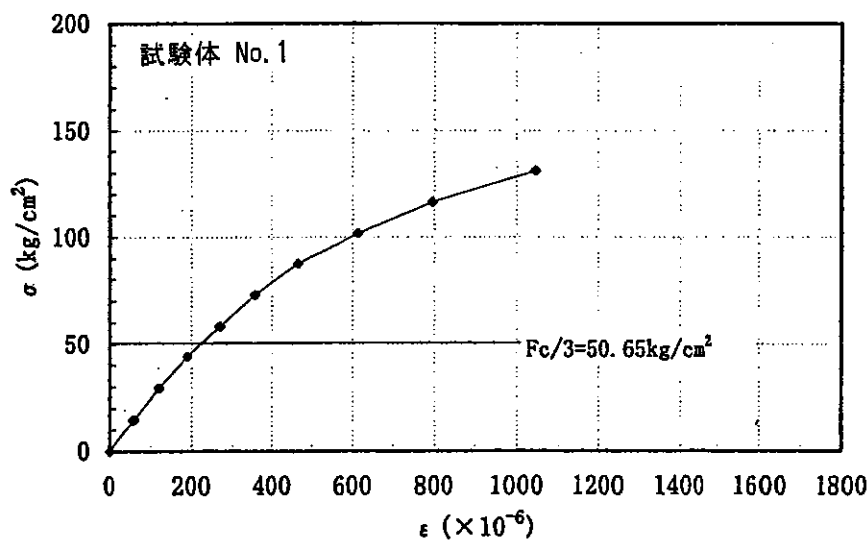
シュミットハンマーによる非破壊試験の推定強度は

$$F = -184 + 13.0 \times R \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad [\text{日本材料学会標準式}]$$

より、 $F = 248.77$ 、 $252.80$  ( $\text{kgf/cm}^2$ )で、平均値は $250.79$  ( $\text{kgf/cm}^2$ )となった。

コンクリートの中酸化は表面から1~26mmであった。

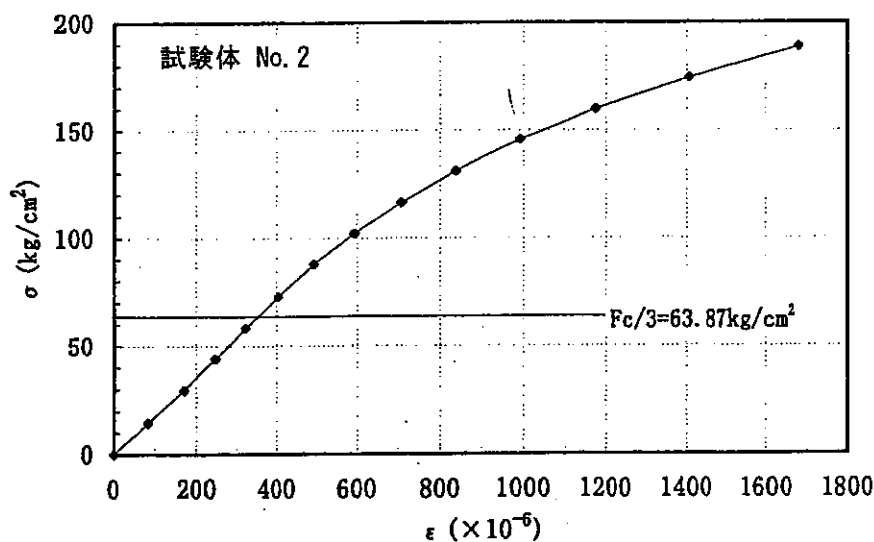
圧縮強度の応力・歪関係を図-1に、強度試験結果を表-2に、示す。



$$E = 2.2457 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 151.95 \text{ kg/cm}^2$$

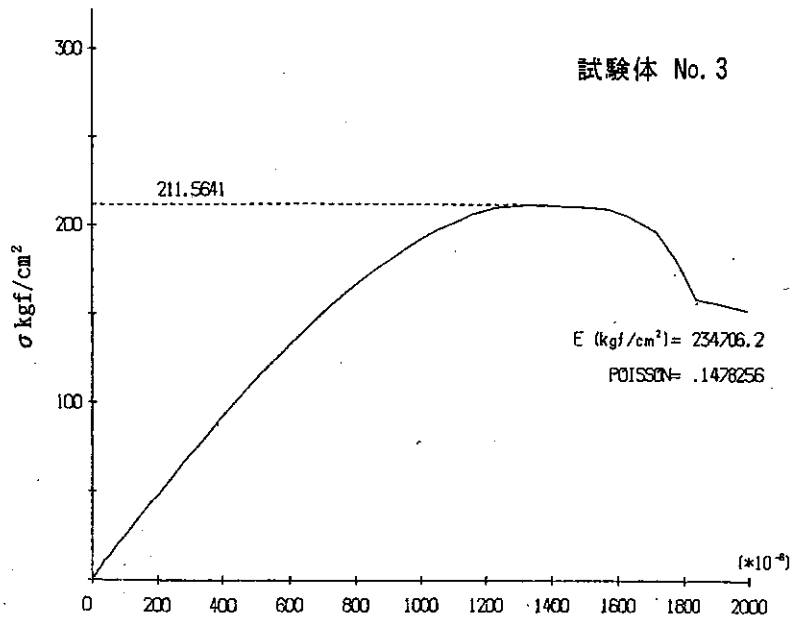
(a) 試験体 No. 1



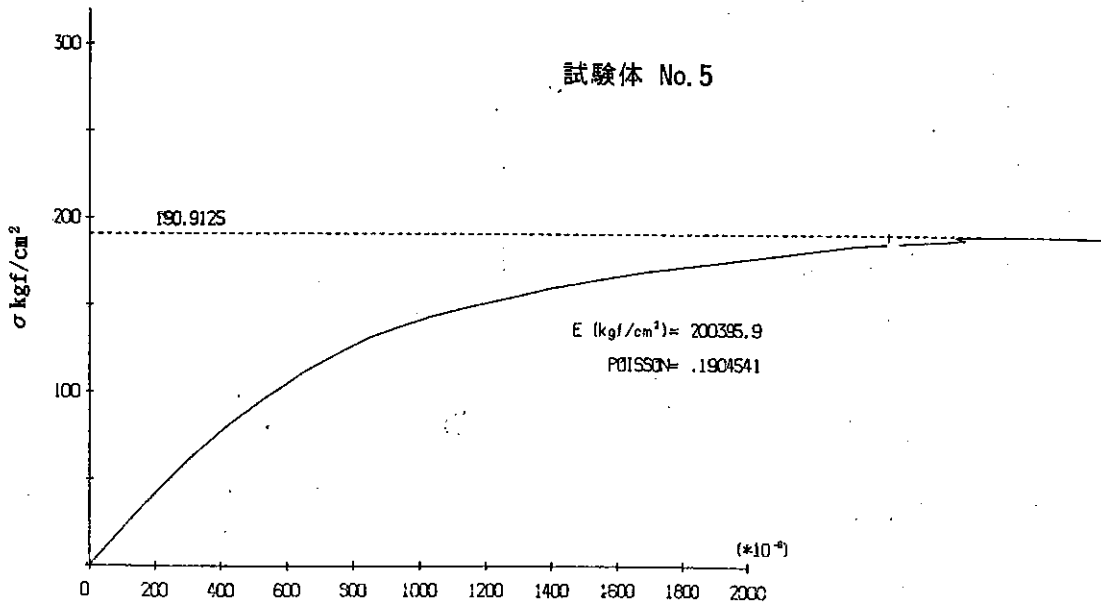
$$E = 1.80854 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 191.6 \text{ kg/cm}^2$$

(b) 試験体 No. 2



(c) 試験体 No. 3



(d) 試験体 No. 5

図-1 応力・歪曲線

表-2 コンクリートの強度試験結果

試験体 No.	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 ( $\times 10^5$ kgf/cm <sup>2</sup> )	ポアソン比
1	2.49	52.5	151.95	2.25	
2	2.49	66.2	191.60	1.81	
3	2.33	75.3	211.56	2.35	0.15
4	2.35	70.6	197.85	2.32	0.20
5	2.38	67.9	190.19	2.00	0.19
6	2.37	61.1	171.24	1.56	0.13
AVG.	2.40		185.73	2.05	0.17

#### 4. 考察

1969年に第10次南極観測隊員によって実施された居住棟ピアのシュミットハンマーによる非破壊試験の結果が $295 \text{ kgf/cm}^2$ と報告されている。その後南極観測隊員に依頼した断続的非破壊試験の結果から、居住棟ピアの推定強度の経年変化を表-3に示す。

表-3 第10居住棟ピア推定強度経年変化

実施年(年)	1969	1972	1978	1990	1997	1998
経過年数(年)	0	3	9	21	28	29
推定強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	295	270	260	280	270	251
強度比(%)	100	91.5	88.1	94.9	91.5	85.1

シュミットハンマーによる非破壊試験は試験を行う人により、また試験条件により結果のバラツキが生じるものである。今回の試験結果が $251 \text{ kgf/cm}^2$ であった。これまでの経年変化に比べ今回の結果が低いのは、いかに試験体を安定させたからといっても、機械による拘束をしてはいないので、実際に使用している建物状態から考えると、拘束力は低く従って反撥度も低いのは当然のことである。打設後28年を経て推定強度が初期値の90%以上であったことは、まだ充分にその使用に耐える事を物語っている。アルミナセメントは水との水和反応の過程で、ポルトランドセメントとは異なり、水酸化カルシウムが生成されないため、コンクリートのアルカリ度が低いため、中性化速度は早くなる。コンクリートの中性化が1mm~26mmと幅があるが、中性化の進んでいる部分は、捨型枠が残されていたのか、あるいは風上の部分であったのか否かは、判別できないが設置されていた状況に影響されているのではないだろうか。一般に中性化を速める要因として、水セメント比、骨材の種類、表面活性剤の使用の有無、環境条件、打継ぎ、亀裂の有無等が言われている。今試験から中性化が26mmにも及ぶと、帯筋に中性化が達し、鉄筋を腐食させることになる。普通ポルトランドセメントの中性化計算式(簡略式)に、中性化の最大値26mmを代入すると、期間は約50年となり、アルミナセメントは普通ポルトランドセメントに比べ、1.7倍以上の速度で中性化されていることが確認された。

圧縮強度は、1969年に持ち帰ったコンクリート試験体( $\phi 150 \times 300$ )の圧縮強度試験結果が $238 \text{ kgf/cm}^2$ (居住棟)と報告されている。約30年経過した今回のコアによる圧縮強度が $186 \text{ kgf/cm}^2$ で、初期値の約78%と非破壊試験の結果より低い値である。

弾性係数は学会の計算式に対し、0.77~1.09となった。この値は我々が実験室で行ってきた結果とやや異なる結果であるが、7割5分の値から考えると大筋では似たようなものであるのかなとも考えることができる。

#### 5. まとめ

1969年に第10次南極観測隊によって打設され、約30ぶりに持ち帰られたコンクリートの試験を行った結果、コンクリートコアの目視では、外観上何ら異常な亀裂等は見当たらず、ほぼ設計基準強度を維持していることから、圧縮強度に影響するような性質の変化はないものと考えられる。しかし、アルミナセメントは、中性化速度が早いので水セメントを低くすること。コンクリート工事では、仕様の水セメント比40%を厳守すること。コンクリートのかぶり厚さをとり、不均一なコンクリートとならぬように、入念な施工を行うこと。現実には無理ではあるが、混和剤を用いたり、塗料による表面仕上げなどを行うと、中性化をかなり遅らせることが可能となる。

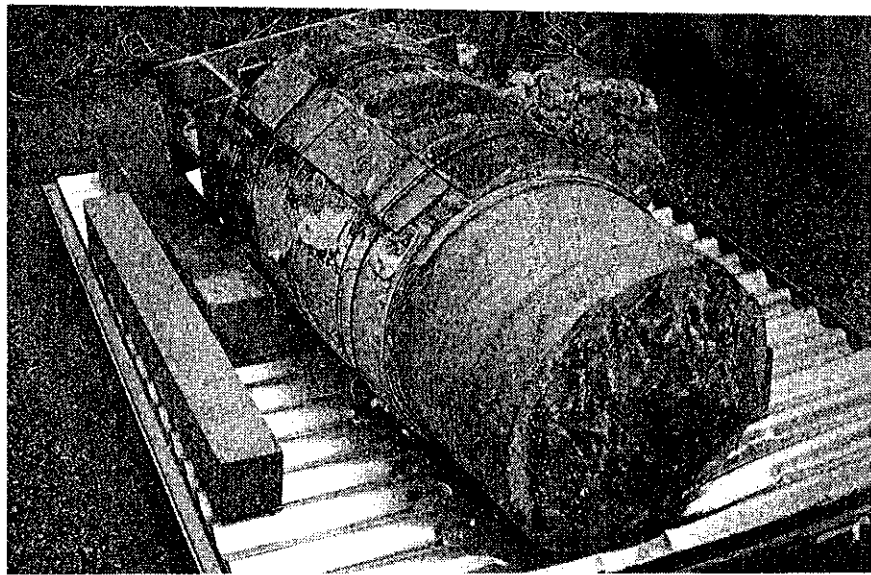
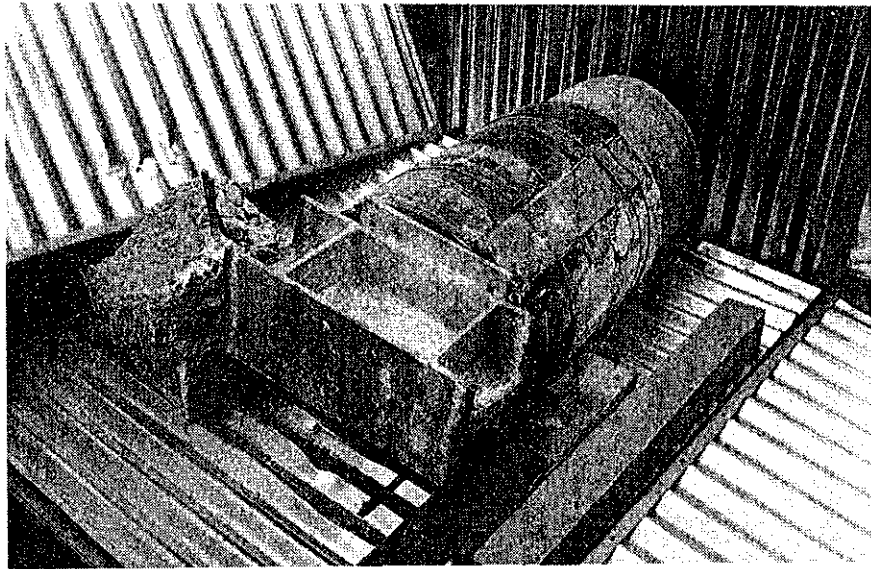
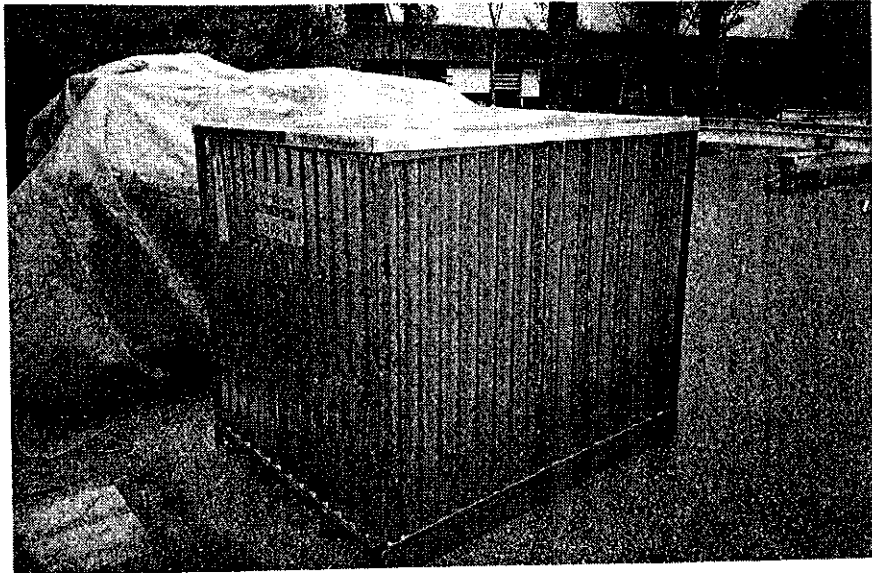


写真-1 搬入された基礎コンクリート

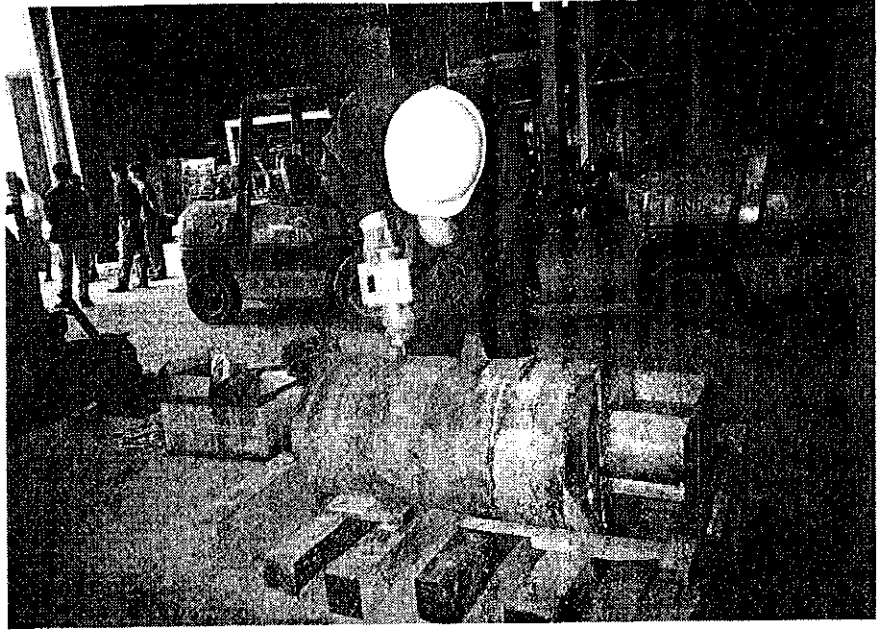


写真-2 非破壊試験状況

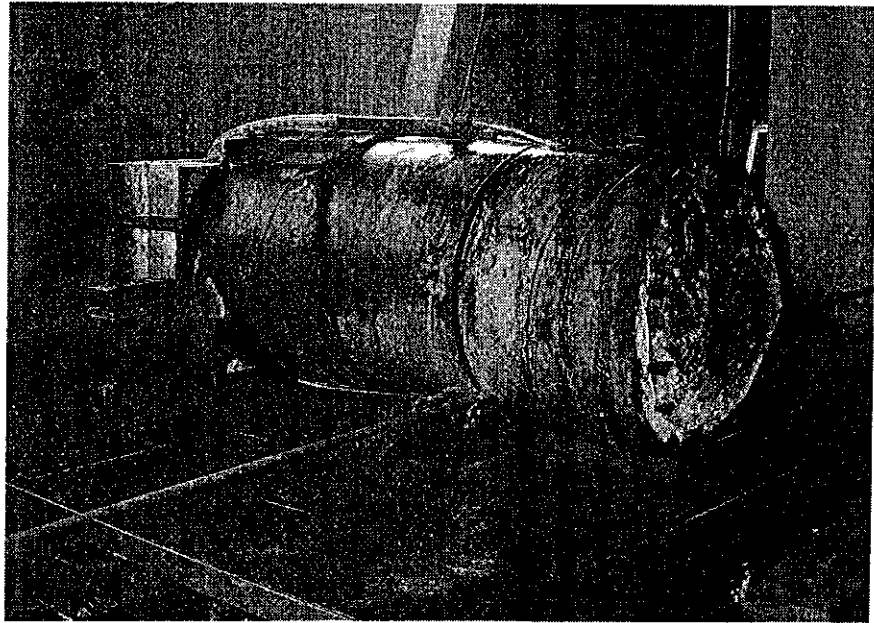
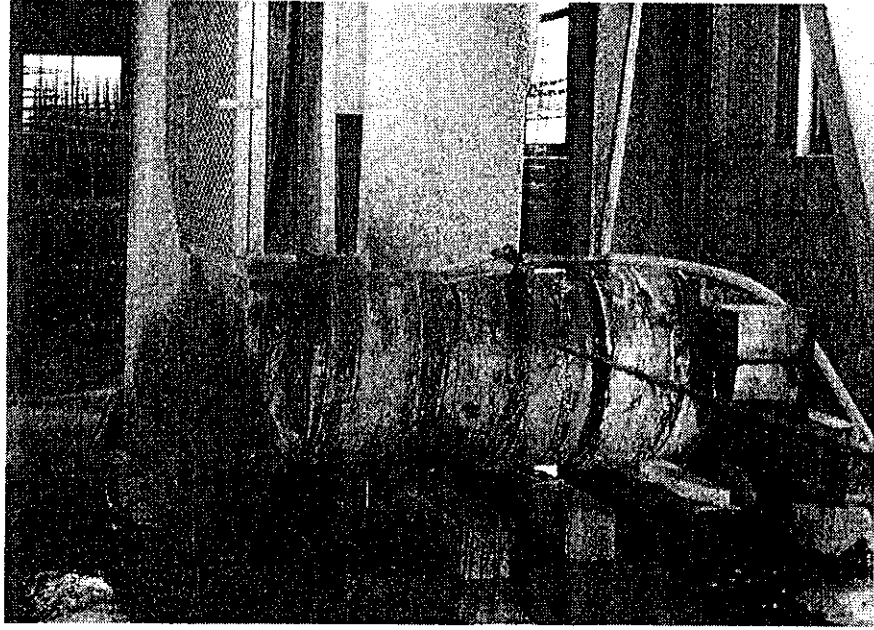


写真-3 コンクリート切断

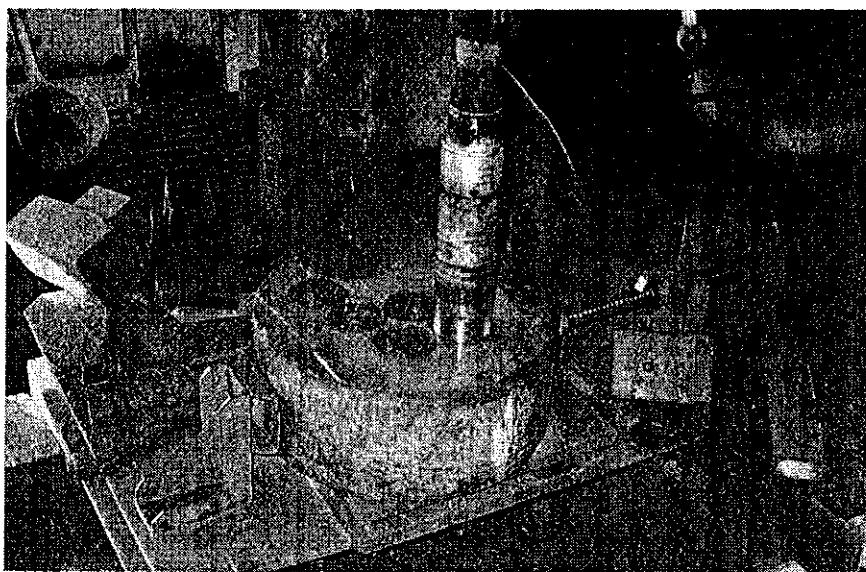
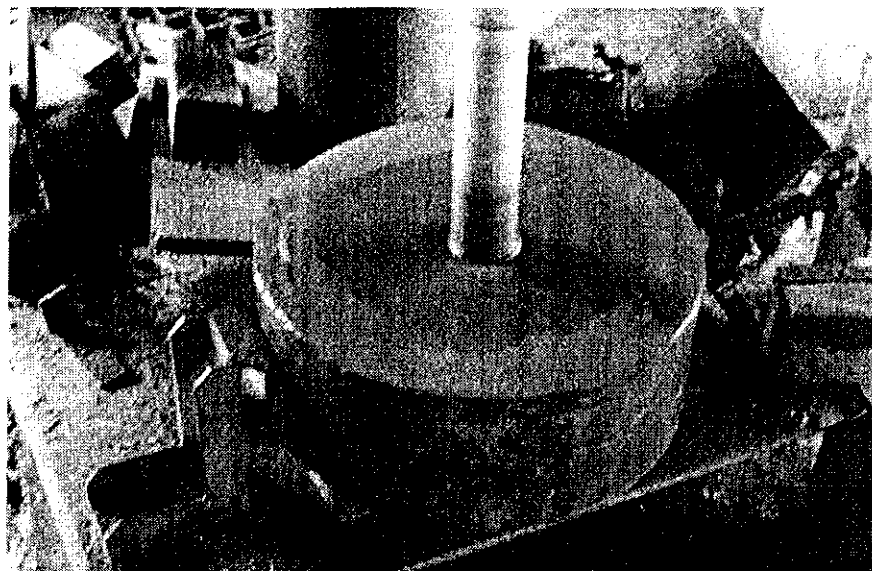


写真-4 コンクリートコア抜き

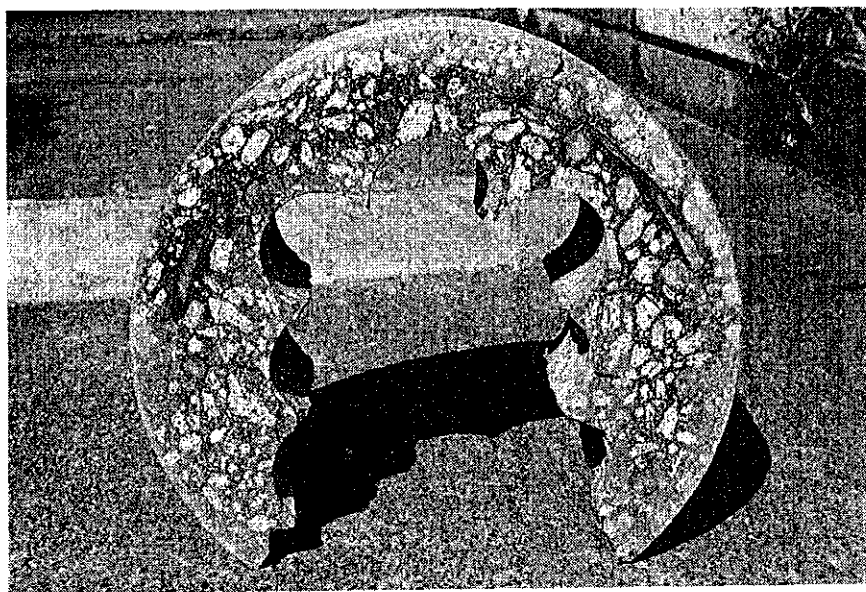


写真-5 中性化試験



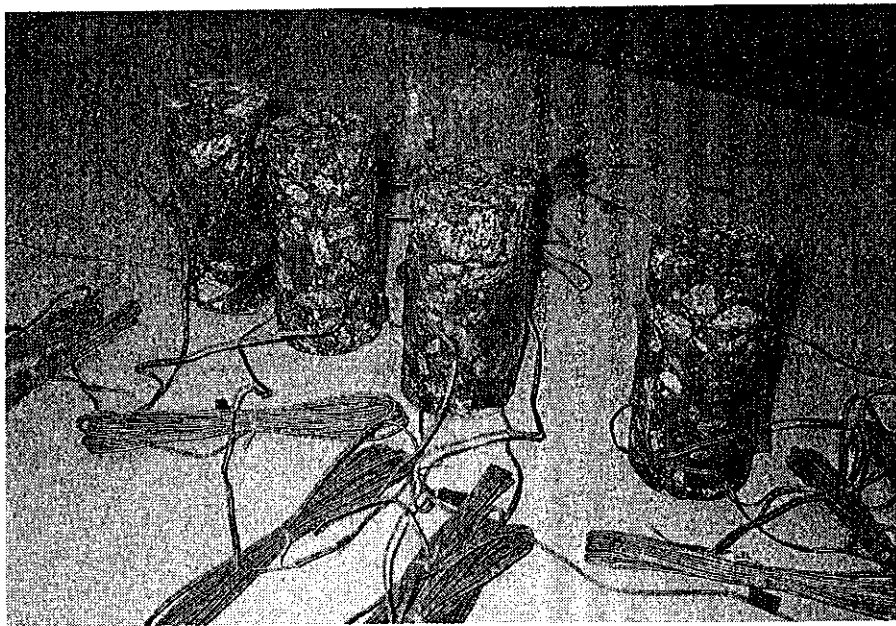
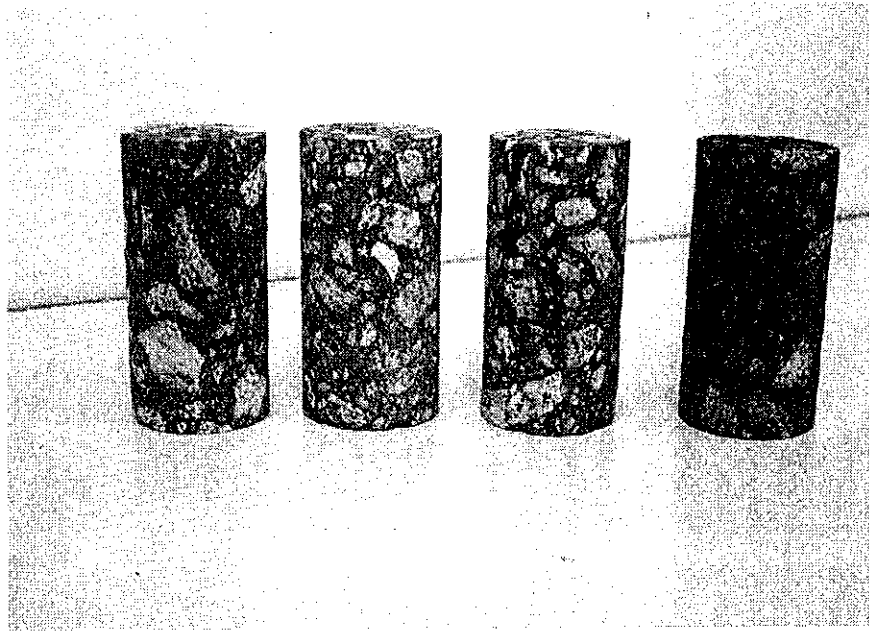


写真-6 圧縮試験試験体

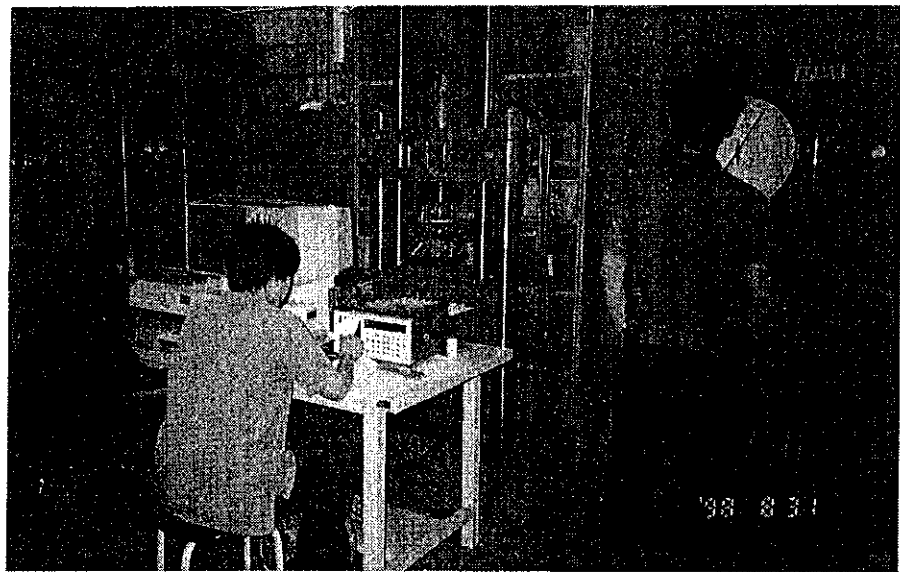
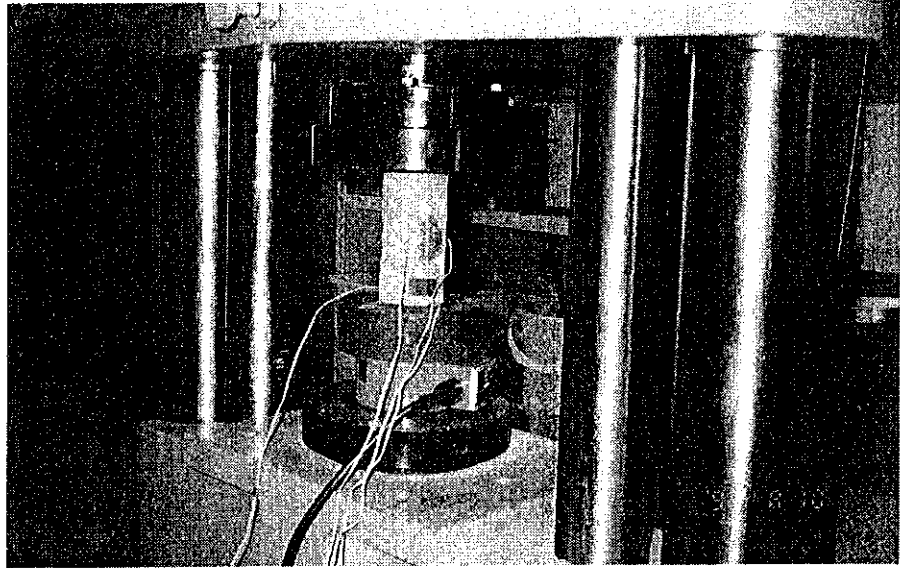


写真-7 圧縮試験状況