

南極昭和基地居住施設の耐久性
基礎コンクリートの強度と中性化

正会員 ○安部 剛^{*1}
同 内藤 正昭^{*2}
同 平居 孝之^{*3}
同 黒野 薫^{*4}

1 はじめに

1998年初頭に昭和基地で解体された第10居住棟の建築資材1式とともに、高床式基礎に使われた場所打ちコンクリートピアの一部も調査資料として持ち帰った。そこでこのコンクリート塊から試験体を採取して強度その他の性能試験を行ったので、その概要を報告する。

1969年1月に第10次南極地域観測隊が昭和基地で建設作

業を行った時の報告書によると、第10居住棟の基礎コンクリート工事に使用したセメントは日本から運んだアルミナセメントで、骨材と水は昭和基地周辺から調達し、簡易プラントにより生コンクリートを生産している。コンクリート工事の調合設計表と実施調査を表1に示す。実施調査は計画調査を殆ど無視した形で、材料の容積比によって行われた。水はセメント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査と実施調査

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

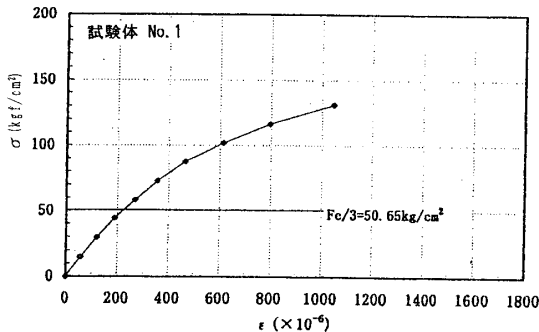
2 コンクリートの強度性能試験

(1) シュミットハンマーによる非破壊試験

持ち帰ったコンクリート塊(鉄骨ブラットフォームの大きさを支持する円柱の一部、直径400mm)の2カ所で、コンクリート強度を推定するための非破壊試験を行った。試験体を水平に置いて安定させ、1カ所20点(打撃間隔3cm)をNR型シュミットハンマーで打撃した。得られた測定値の中央値から6以上差のある値を除いて、15または16点データの平均値を求め、これを測定硬度Rとした。これらのデータからコンクリートの推定強度Fは、 $F=184+13.0 \times R$ (kgf/cm²) (日本材料学会標準式)より計算した。測定した2カ所の結果はそれぞれ、248.77、252.80kgf/cm²であり、平均で250.79kgf/cm²となった。

$$E=2.25 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$$

$$\sigma=152 \text{kgf/cm}^2$$



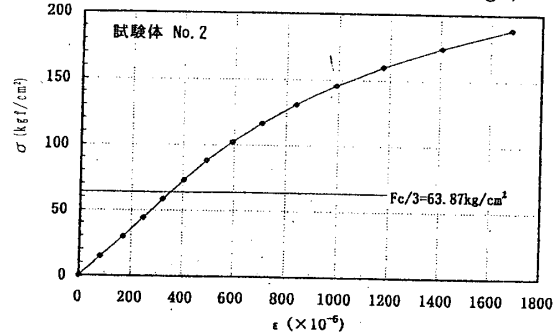
(a)試験体 No.1

(2) コンクリートコアの圧縮試験

コンクリート円柱をダイヤモンドソーで約15cm厚に輪切りにして、そこから圧縮試験用コンクリートコアを抜き取った。コアの直径Dは約68mm、H/Dがおよそ2.0となるように整形した。各試験体の重量、容積を測定した後、ひずみ測定用のゲージを貼付して圧縮試験機により荷重を加え、応力-ひずみ関係、弾性係数、破壊強度を記録した。試験結果の応力-ひずみ曲線の例を図1に、試験結果の概要を表2に示す。圧縮試験によるコンクリート強度も「ばらつき」が大きかったが、圧縮強度の平均値は185.73kgf/cm²となり、非破壊試験による推定値250.79kgf/cm²のほぼ74%となった。

$$E=1.81 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$$

$$\sigma=192 \text{kgf/cm}^2$$



(b)試験体 No.2

図1 試験結果の応力 - ひずみ曲線

Durability Study on the Old Living Hut at Syowa Station in the Antarctic
Concrete Strength of the Cast-in-place Foundation under the living hut and Neutralization of the Concrete

ABE Takeshi, NAITOU Masaaki, HIRAI Takayuki and KURONO Kaoru

表2 コンクリートの圧縮強度試験結果

試験体 No.	比重 (g/cm ³)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (× 10 ⁵ kgf/cm ²)	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
平均値	2.40		185.73	2.05	0.17

(3) 中性化試験

圧縮試験用コアを抜き取った残材を利用してコンクリートピアの中性化試験を行った。表面を乾燥させ、そこにフェノールフタレン1%アルコール溶液を噴霧して中性化領域を測定した。建設当初、コンクリートピアの表面は「フジボイド」捨て型枠で保護されていたが、年を経るに従って硬質厚紙の「フジボイド」が劣化し、持ち帰った円柱では、表面を保護する捨て型枠のほぼ1/2が残っている程度であった。そのため、コンクリートの中性化深さは表面から1~26mmと、測定位置によって幅のある結果となった。

3 考察

第10居住棟が竣工した1969年に昭和基地で行ったシュミットハンマーによる非破壊試験結果は295kgf/cm²であった。その後、断続的に南極観測隊に依頼して得た非破壊試験の現地調査結果をまとめると表3のようになる。一般にシュミットハンマーによる非破壊試験は試験条件によって「ばらつき」が大きいといわれるが、表3によれば大雑把に見てコンクリート強度は経過年数とともに漸減していると考えられる。しかし、約30年経過の時点で251kgf/cm²（初期値の85%）が得られており、設計強度180kgf/cm²と比較するとまだ耐用年数に至るまで若干の余裕を持っているといえよう。

このコンクリートに使用されたアルミナセメントは、ポルトランドセメントと異なり、水との水和反応の過程で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く、従って中性化速度は早い。今回の調査で得た中性化深さ1~26mmの幅は、捨て型枠「フジボイド」によるコンクリート表面保護の程度、卓越風向などの条件によって変わったものと思われる。

表3 シュミットハンマーテストによる第10居住棟ピア推定強度の経年変化

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 ²)	295	270	260	280	270	251
強度比(%)	100	91.5	88.1	94.9	91.5	85.1

ここで中性化深さの最大値26mmに着目すると、これはピアのフープ筋にほぼ隣接した領域であり、まもなく鉄筋に錆が発生して、腐食が進行する恐れがある。普通ポルトランドセメントの中性化略算式にこの中性化深さ26mmを代入すると約50年という値が得られる。これよ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ると約1.7倍の速度で中性化が進んでいるとみることができる。

1969年、居住棟建設時に現地で採取したコンクリートコア（直径D=150mm、高さH=300mm）を日本に持ち帰って圧縮試験を行った結果、平均強度238kgf/cm²を得た。そして約30年経過した今回の圧縮試験では平均強度186kgf/cm²が得られたが、これは初期値の78%であり、強度低下の割合はシュミットハンマーによる強度低下率よりも大きい結果となった。

4 まとめ

昭和基地から持ち帰ったアルミナセメントコンクリートの基礎柱についての外観目視調査では、キレツ、表面の異常などは観察されなかった。しかし試験結果によると、まだ設計強度は保持しているものの、圧縮強度は経過年数とともに漸減している傾向が分かる。

南極で便利に使われているアルミナセメントコンクリートの劣化を抑えるための今後の課題は、中性化速度を抑えるためのコンクリート表面保護策の工夫であろう。現在も使われている捨て型枠「フジボイド」によるピアの表面保護はコンクリートの劣化抑制に有効であったと思われる。さらに、コンクリート生産時の水セメント比を小さく抑え、鉄筋のかぶり厚さを十分にとること等の初期条件の設定も重要である。

*1 日本大学大学院理工学研究所博士前期課程
*2 日本大学短期大学部建築コース 講師
*3 大分大学工学部
*4 (株) 富士ビー・エス

Student, Graduate School of Science and Technology, Nihon Univ.
Lecturer, Course of architecture, Junior College, Nihon Univ.
Prof., of Oita University, Dr. Eng.
Fuji PS co.