

(株) 間組 技術研究所 ○正会員 福留 和人

, , , 喜多 達夫

, , , 前田 照信

本報告は、築後70年経過した鉄筋コンクリート構造物の解体に伴って行ったコンクリートの耐久性に関する調査の結果について述べるものである。調査は、コアボーリングによって採取したコア供試体を試料とし、圧縮強度試験、弾性係数、ポアソン比の測定、中性化深さの測定、示差熱重量分析による化学分析および配合推定試験について行った。以下、調査結果およびそれに対する若干の考察について述べる。

1. 構造物の概要：今回調査を行った構造物の概要は以下に示す通りである。

(1)築年：大正初期 (2)構造物の種類：給水塔（屋外） (3)鉄筋コンクリート造 (4)作用荷重：主に水の重量による軸荷重および風荷重 (5)所在地：都内某所（海岸からは数十km）

以上のことから構造物の置かれた条件としては比較的良好であると思われる。

2. 調査概要

2-1 試験試料：試験試料は、給水塔の柱から中15cmのコアボーリングにより採取したものである。また、圧縮強度試験に際しては、長さ30cmになるように切断し、両端に硫黄キャッピングを施した。

2-2 試験方法：圧縮強度試験はJISA1108に準じて行った。静弾性係数およびポアソン比はコアに貼付したワイヤーストレインゲージを用い、圧縮強度試験時に同時測定した。中性化深さは、割裂した供試体にフェノールフタレイン1%溶液を散布して、表面から変色域までの長さを測定した。示差熱重量分析の試料は、コンクリート表面から10mmごとに切断し、各層を粉碎した後0.3mmのふるいを通したものを真空デシケータ中で乾燥し、アルゴン封入したものとした。分析装置は真空理工製セミマフロ型500RHを用い、測定条件は試料量100mg、昇温速度15°C/minで行った。配合推定はセメント協会コンクリート専門委員会法によった。

3. 実験結果および考察

3-1 供試体の肉眼観察：肉眼観察によれば、内部の空けきは見られず、ほとんど劣化していない。また、本コンクリートの特徴は、数種の骨材が使用されていることであり、その中には、花崗岩やレンガを砕いたものも含まれている。

3-2 圧縮強度・静弾性係数およびポアソン比

試験結果を表-1に示す。圧縮強度は、ややばらつきが大きいものの、約70年経過しているにもかかわらず400~500kg/cm²とかなり高い値を示している。ポアソン比は通常のコンクリートと同程度の値となっている。一方、弾性係数は、圧縮強度が高いにもかかわらずかなり低い値である。図-1は圧縮強度と弾性係数の関係を示したものであるが、日本建築学会で用いられている関係式から求まる値（図中の曲線）と比較してもかなり低い値となっていることがわかる。一般にコンクリートは乾燥が進行すると弾性係数が低下すると言われているが、今回のコンクリートも長

表-1. 強度試験および中性化深さ測定結果

供試体No.	1	2	3	平均
圧縮強度(kg/cm ²)	397	491	473	454
静弾性係数(kg/cm ²)	2.0×10^5	2.6×10^5	2.9×10^5	2.5×10^5
ポアソン比	0.163	0.205	0.243	0.204
中性化深さ(mm)	18 ~ 33			

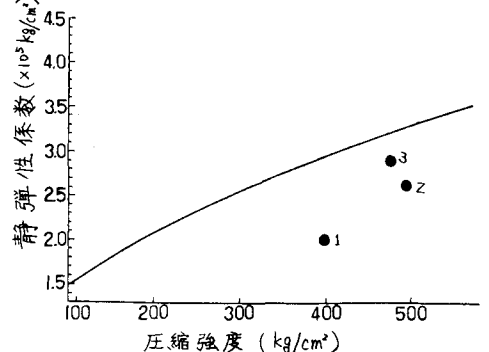


図-1. 圧縮強度と静弾性係数の関係

期間にわたる乾燥によって弾性係数が低下したものと思われる。

3-3 中性化深さ

中性化深さの測定値は18~33 mmの範囲であった。ここで、水セメント比を50%と仮定して、岸谷先生による中性化深さの推定式によって計算すると、

$$X = R \sqrt{t \cdot (W - 1.76)^2 / 7.2} = 2.36 \text{ (cm)}$$

となり（ここに、R：中性化X率=1と仮定）

今回の測定値とはほぼ一致する。このことから本構造物の中性化深さは経年から考えて、妥当な値と言えよう。

3-4 硬化コンクリートの熱分析

図-2は、示差熱重量分析によって求めた水酸化カルシウム、炭酸カルシウムの量および炭酸カルシウムを水酸化カルシウムに換算した値と水酸化カルシウムの測定値の和をT-Caとして表わした値をコンクリートの表面から10 mmごとにプロットしたものである。一般のセメント中のCaOの含有量は60%である。したがって硬化したコンクリート中には10~12%程度の水酸化カルシウムが存在する。

しかしながら今回調査したコンクリート中のT-Caの濃度は表面近くで12%あるものの、表面から深くなると5~8%とその濃度は低い値となっている。このようにT-Caの濃度が低いのは長期間にわたる風雨の影響によってCa(OH)₂が水の存在のもとでコンクリート中を移動し、徐々に外部に溶出したことが主な原因であると考えられる。他の原因として、ここで使用されたセメントが、現在でいう中庸熱セメントのようにCaOの混入率が低かったためにCa(OH)₂の濃度が低くなっているとも考えられるが、この点について明らかではない。

3-5 硬化コンクリートの配合推定

供試体の単位容積重量を表-2、化学分析結果を表-3に示す。なお、これから算出された推定単位量を表-4に示す。ここで推定単位量の算出に以下の推定値を用いた。①骨材の不溶残分：95%，酸化カルシウム：0.3%，②セメントの酸化カルシウム：64% 配合推定結果によれば、単位セメント量が167 kg/m³（2.3 t/m³と仮定すると、C=386 kg/m³）とかなり高配合なコンクリートである。また、単位水量もかなり大きい。これからW/Cを計算すると、74%となり、圧縮強度が400~500 kg/cm²であることを考えると、この値は不自然な値である。この原因には、分析誤差によるもの、推定計算する際の推定値が妥当な値でないためか、あるいは今回のような長期枕令コンクリートの配合推定には本方法が妥当でないためであるのかなど、いくつか考えられるが明確な所は判っていない。

4. まとめ

今回行った調査の結果、本構造物のコンクリートは総合的にみて約70年を経過しているにもかかわらず、かなり健全なものであったと言える。なお、今回の調査結果のうち、熱分析および配合推定試験結果において、判然としぬ点がいくつか見られた。これらの原因については、現在X線回折などによって詳細に調査中であり、それらの結果については、当日発表する予定である。

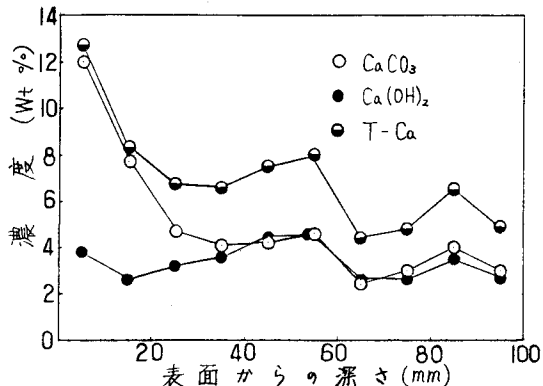


図-2 示差熱重量分析値

表-2 単位容積重量および付着水量

供試体 No.	1	2	3	平均
気乾比重(g/cm ³)	2.297	2.248	2.273	2.27
表乾比重(g/cm ³)	2.338	2.296	2.306	2.31
絶乾比重(g/cm ³)	2.168	2.105	2.126	2.13
付着水量(%)	7.271	8.319	7.806	7.80

表-3 化学分析結果および材料比

化学分析結果(%)			材 料 比 (%)		
ig. loss	insol.	CaO	骨材量	セメント量	結合水量
7.15	72.8	11.9	76.5	18.0	5.6

表-4 推定単位量

単位骨材量 (kg/t)	単位セメント量 (kg/t)	単位水量 (kg/t)
709	167	124