

## アルカリ骨材反応によって早期劣化を生じた大規模集合住宅の調査研究

## —調査の経緯・調査計画・調査方法—

An Investigation on the Large Scale Apartment Housing Deteriorated by Alkali-Aggregate Reaction

—Background, Planning and Method of Survey—

小林 一 輔\*・星 野 富 夫\*

Kazusuke KOBAYASHI and Tomio HOSHINO

## 1. 調査の経緯

昭和 59 年 5 月に狭山台第一住宅管理組合より建築後約 10 年を経過した大規模集合住宅(壁式プレキャスト鉄筋コンクリート構造, 5 階建, 31 棟)の異常劣化に関する調査の依頼があった。その内容は、「入居後数年足らずの間に雨漏り, ひびわれ, コンクリート片の落下などのトラブルが全棟にわたって発生した。補修を公団に依頼してその都度実施しているにもかかわらず, 入居後 9 年を経た現在, 劣化は収束するどころかますますひどくなる一方である。どう考えても異常と思われるので調査して欲しい」というものであった。同年 6 月 1 日に建物の外観調査を行い, さらに管理組合の作成した調査資料を検討した結果, 以下のような劣化の存在を確かめた。

1. 外壁などの PC 板の異状ひびわれ
2. 屋根の PC 板の品質欠陥に起因すると思われる雨漏り
3. 浴室天井, ベランダ, 屋根廊部分などの鉄筋腐食とこれによるコンクリート片の剥離

そこで, これらの原因を確かめるために, 先ず直径 2 インチのコアを 4 つの棟の PC 板より合計 6 個採取し, 塩化物量や使用骨材の品質ならびにコンクリートの強度や弾性係数などを調べた。この調査により, 先ず鉄筋の腐食に有害な量の塩化物は検出されず, 鉄筋の腐食は他の要因によるものであることが明らかとなった。骨材に関しても結合度の弱い堆積岩が使用されているなど品質に問題があることを確認したが, 試験体の大きさが小さく, 数も限定されているうえに, 調査の段取りも不十分であったため, 早期劣化を発生させた原因を確かめるまでには至らなかった。

一方, この集合住宅の異常劣化の実情が NHK を通じて報道され, 問題が国会にまで持ち込まれるに及んで, 住宅都市整備公団はこの建物の躯体コンクリートの品質を調査する委員会を日本建築センターに設置した。同委員会は昭和 59 年 12 月より昭和 60 年 4 月にかけて調査

を実施し, その結果を同年 4 月 30 日付の調査報告書に取りまとめた。この調査は全棟の約 1/3 に当たる 10 棟より直径 4 インチのコアを合計 42 個採取するとともに, 9 棟の合計 9 ケ所について鉄筋の腐食状況や中性化を調べたもので, 結果を要約すると以下ようになる。

1. 圧縮強度は  $202 \text{ kg/cm}^2 \sim 553 \text{ kg/cm}^2$  の範囲にあり, PC 板による品質の差が大きい
2. 圧縮弾性係数は日本建築学会式で求めた値よりも小さくなる
3. 中性化深さは屋根板大ひさし下面, ベランダ先端部下面では  $10 \sim 20 \text{ mm}$  のものが多く, その他の部分では  $5 \sim 10 \text{ mm}$  程度である
4. 鉄筋腐食に有害な塩化物は含まれておらず, 鉄筋腐食の原因はかぶり不足である
5. アルカリ骨材反応を起こす可能性のある反応性骨材は使用されておらず, アルカリ骨材反応も生じていないが, 1 部の建物には屋根板上面に濁沸石の膨張によるコンクリート小片の剥離が認められる

しかし, 以上の結果は, この集合住宅に発生している種々の変状がどのような原因によって発生しているかという疑問に対して何一つ解明していない。そこで, 当研究室では上記の報告書にはこの住宅団地の早期劣化現象の解明に役立つ内容はほとんど含まれていないと判断し, 新たに再調査を実施した結果, この集合住宅に現在進行しつつある異状劣化の主な原因はアルカリ骨材反応であることが明らかとなった。その内容は本文を第 1 報として今後約 1 ケ年にわたり報告する予定である。

## 2. 調査計画

## 2.1 調査住宅建物の概要

狭山台 2 街区分譲住宅は 31 棟, 1,000 戸の大規模集合住宅で, 工場生産の鉄筋コンクリートパネルを組み立ててつくった壁式プレキャストコンクリート造であって, 一般の鉄筋コンクリート造の建物における柱や梁に相当

\*東京大学生産技術研究所 第 5 部

研 究 速 報

する部材がないことが特徴である。従来、このような工場生産の鉄筋コンクリート部材は品質管理の行き届いた条件下で製造されることから、これを組み立ててつくったコンクリート構造物は、現場においてコンクリートを打ち込んでつくったコンクリート構造物に比べて品質がすぐれていると考えられていた。しかし、現実には建設後 10 年も経過しない段階で劣化が急速に進行しはじめたのであって、正に異常な事態であるということがわかる。

この住宅の建物の仕上げは外壁がセメントリシン（妻壁のみタイル貼り）、屋根は打ち放しコンクリートで継ぎ目は液状アスファルト線防水となっている。住宅の形式は 66-5N (X タイプ) と公 72-5PC (Y タイプ) に属するものがほぼ半々である。工期は昭和 48 年 7 月～昭和 49 年 7 月の 1 ケ年で入居開始は昭和 50 年 3 月であった。建物の全景を写真-1 に示す。なお、建物の建設は表-1 に示すように、A, B, C, D の 4 つの施工会社によって行われた。図-1 にこの集合住宅の 1 戸の間取図を示す。

2.2 調査内容と調査項目

ひびわれなどの外観調査および管理組合の調査資料を総合した結果、ひびわれなどの一連の変状がコンクリートの異常膨張によって起こっていると考えられたので、このような異常膨張を発生させる原因を解明することを主な目的として次のような調査を実施することにした。

- a. コア試料に基づく使用骨材の調査
- b. コア試料に基づくコンクリートの膨張量調査
- c. 建物に発生しているひびわれの調査
- d. 析出物の分析
- e. 強度および弾性係数
- f. 配合と残存アルカリ量の分析

3. 調 査 方 法

3.1 コア試料による調査

直径 10 cm のコアを PC 板または基礎から採取し、これを使用骨材の調査、膨張量試験、強度試験などの試料とした。先ず昭和 60 年 8 月 6 日および 7 日に PC 板に用いられたコンクリートの品質を調べるためのコア採取を実施し、昭和 61 年 1 月 24 日および 25 日と 3 月 15 日に建物基礎に用いられたコンクリートの品質を調べるためのコア採取を行った。

表-1 施工会社と棟番号および住宅型式

施工会社	棟数・戸数	棟 番 号	住宅型式
A	11棟340戸	1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 21	66-5N (Xタイプ)
B	5棟170戸	22, 27, 28, 29, 31	
C	9棟330戸	4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 18, 19	公72-5PC (Yタイプ)
D	6棟160戸	20, 23, 24, 25, 26, 30	



写真-1 調査した集合住宅の全景

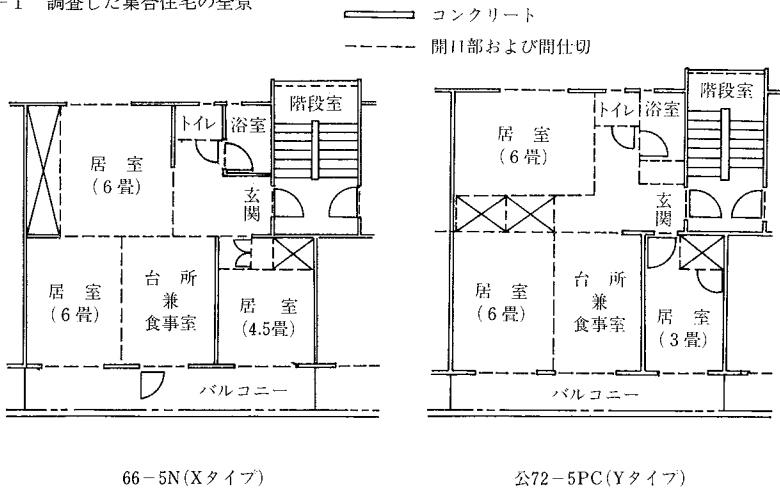


図-1 住宅の間取図

3.2 コアによる膨張量の測定

1) PC 板より採取したコアによる測定

コアは原則として同一 PC 板より 2 個採取し、うち 1 個は図-2 に示すようにこれをそのまま用いて壁の厚さ方向の膨張測定用とした。残る 1 個は図-3 に示すようにこれからさらに直径 5 cm のコアを抜き取り、これを板の面内方向の膨張測定に供し、抜き取った残りのコアを使用骨材の調査ならびに分析用の試料に供した。

コアによる膨張量の測定は Lenzner<sup>1)</sup>らの方法を参考として、コア採取直後 10 分以内に写真-2 に示すようにステンレス鋼製バンドにコンタクトゲージポイントを取り付け、(φ 10 cm のコアは検長 100 mm、φ 5 cm のコアは検長 60 mm)、基長を測定した。それ以降は現地において 3 時間の間、30 分ごとに測定を行った後、ビニール袋に密封した状態で東大生研の恒温室に搬入し、(採取後 5~12 時間の範囲)、20°C、湿度 100% のアクリル製容器中に 48 時間密封して保存したのち、(すなわち、コア採取 3 日後) 実験室における第 1 回の測定を行った。

その後コアはそのまま 20°C、湿度 100% の雰囲気下に保存して解放膨張量を測定するものと、膨張を促進すると思われる 40°C、湿度 100% の雰囲気下に保存して膨張量を測定<sup>注1)</sup>するものとに振り分けた。なお、コンタクトゲージは Fritz Staeger Contact-Type Strain Meter を使用した。

注 1) 測定は 40°C の雰囲気下より 20°C、湿度 100% に 24 時間保存したのち、実施した。

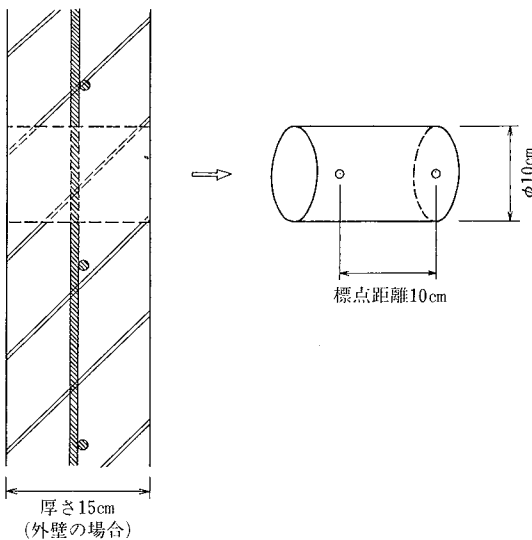


図-2 PC 板の板厚方向の膨張測定用のコア採取

2) 建物基礎より採取したコアによる測定

採取した直径 10 cm のコアから、図-4 に示すように建物に関して水平方向 (棟の長手方向) および鉛直方向の 2 ヶ所より直径 5 cm のコアを採取し、膨張試験に供した。膨張量の測定方法は PC 板の場合とほぼ同様である。

3.3 コア採取後の削孔部分の変形測定

PC 板または建物基礎によりコアを抜き取ったあとの削孔部分にリングタイプの変位計を写真-3 に示すように部材厚中心位置で最大径部分に 2 個設置し、それぞれ鉛直方向と水平方向の変位を測定した。使用したリング型変位計は今回の測定のために (株) 東京測器研究所が試作したもので、同社のプログラムタイマー内蔵のひずみ測定器 (TDS-301) に接続して削孔部の変位を一定の時間ごとに自動測定した。なお、使用した変位計は標点距離に 110 mm、容量 = 10 mm、感度 = 約  $1,000 \times 10^{-6} / \text{mm}$  のものである。

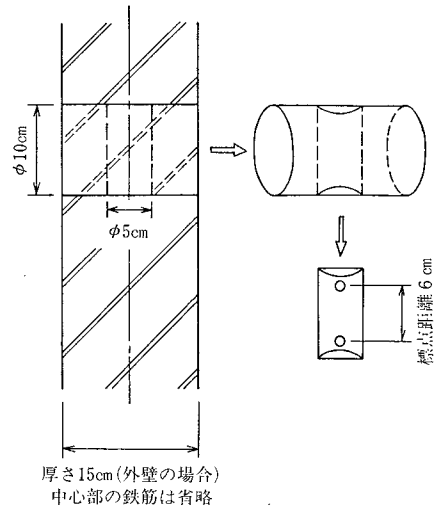


図-3 PC 板の面内方向の膨張測定用のコア採用

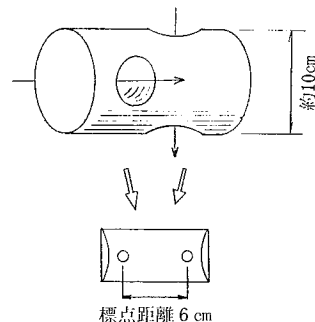


図-4 建物基礎の水平方向および鉛直方向のコアの採取

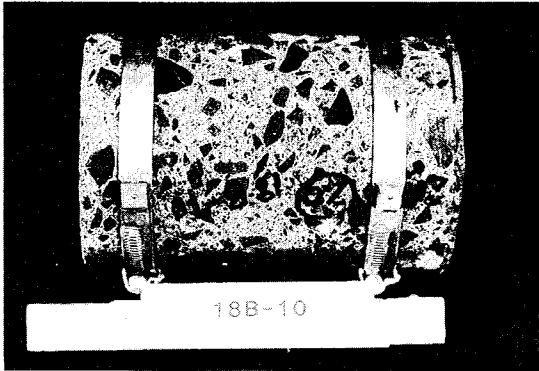


写真-2 膨張測定用コアに取り付けたステンレスバンドとコンタクトゲージポイント (φ 10 cm)

### 3.4 使用骨材の調査

先ず外観観察によって骨材の構成を調べ、次に直径 10 cm のコア 1 個の 4 ケ所より厚さ約 30 μm の偏光顕微鏡観察用薄片を作製し、これによって骨材として使用された岩石の種類、反応性鉱物の有無、ならびに有害鉱物の有無などを調べた。なお、これらの岩石や鉱物の判定には必要に応じて X 線回折試験、走査電顕観察および EPMA による分析結果を参考にした。

### 3.5 コンクリートの配合および使用セメントのアルカリ量の推定

コンクリートの配合推定はセメント協会コンクリート専門委員会の定めた方法によって行い、セメント中のアルカリ量は推定は熱水抽出法により実施した。

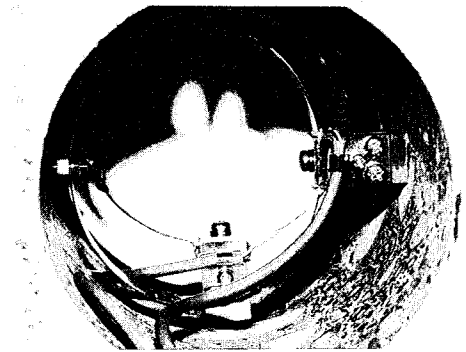


写真-3 コア抜き取り孔における変位測定

### 3.6 建物の PC 板または基礎に発生しているひびわれの調査

建物の PC 板または基礎に発生しているひびわれの動きを調べるために(株)東京測器研究所製の防水型ひびわれ測定計および  $\pi$  型変位計を取り付け、これを同社の前記タイプのひずみ計に接続して長期にわたる連続測定を実施した。防水型ひびわれ測定計は標点距離 (取り付け金具の間隔): 100 mm, 容量:  $\pm 2$  mm, 感度: 約  $1,500 \times 10^{-6}/\text{mm}$  のものであり、 $\pi$  型変位計は標点距離: 100 mm, 容量:  $\pm 2$  mm, 感度: 約  $2,000 \times 10^{-6}/\text{mm}$  のものである。

ひびわれに関しては、さらに建物の各部分に発生しているものについて目視調査を行った。

(1986 年 4 月 14 日受理)

### 参 考 文 献

- 1) Lenzner, D.u. Ludwig, V., Zement-Kalk-Gips, Nr.8. (1979)

