

琉球大学学術リポジトリ

沖縄県のRCラーメン構造の集合住宅の塩害による建物被害調査 ー 県営住宅泡瀬、渡橋名および上田団地ー

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2010-08-02 キーワード (Ja): キーワード (En): Chloride attack, Reinforced concrete, Housing, Sea sand, Corrosion, Durability 作成者: 山川, 哲雄, 伊良波, 繁雄, 知念, 秀起, Yamakawa, Tetsuo, Iraha, Shigeo, Chinen, Hideki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/17651

沖縄県のRCラーメン構造の集合住宅の塩害による建物被害調査
 - 県営住宅泡瀬, 渡橋名および上田団地 -

山川 哲雄* 伊良波 繁雄* 知念 秀起**

An Investigation of Damage due to Chloride Attack in
 Reinforced Concrete Framed Housing in Okinawa
 - Awase, Tohashina and Ueda Prefectural Housing -

Tetsuo YAMAKAWA*, Shigeo IRAHA*, and Hideki CHINEN**

Abstract

The authors investigated damage and deterioration due to chloride attack in Awase, Tohashina and Ueda Prefectural Housing, which were built with reinforced concrete (R/C) framed structure about 20 years ago in Okinawa. Such investigations have been carried out plentifully in Okinawa until today. According to these investigations, the following two major points have been already indicated.

- 1) Sea sand was used in the concrete of housing as the fine aggregate without removing salt.
- 2) Okinawa is located in the semitropical region under chloride attack environment.

From above viewpoints, it is clarified that the damages and cracks due to corrosion of reinforcing steel bars are subjected to R/C structures in Okinawa. These facts are also confirmed through this investigation. Nowadays the durability of R/C structures in Okinawa has been surely improved, however it must be further improved.

Key Words : Chloride attack, Reinforced concrete, Housing, Sea sand, Corrosion, Durability

1. 序

著者らは沖縄県住宅供給公社の依頼をうけて、県営住宅泡瀬団地、渡橋名団地および上田団地の塩害等による建物被害調査を行なった。本報告はその調査結果の報告書に関する概要である。

このような塩害による鉄筋コンクリート造建築物や道路橋の損傷調査は、過去に沖縄では数多く実施され、多くの調査研究報告がすでに公表されている¹⁾⁻⁶⁾。

これらの調査研究報告によれば、損傷の主要原因として次の2点が指摘されている。

- 1) コンクリートの細骨材として海砂の使用のほか、混練水に塩分が一部含まれていることの可能性。
- 2) 沖縄が高温多湿の亜熱帯海洋性気候条件に加え、台風の常襲地域で、しかも年中塩風に吹きさらされるような島嶼地域に位置しているという塩害環境地域特性。
 本調査による建物の損傷も上記の2点に起因しているものと考えられる。特に、海岸に隣接して建てられた場合には上記2)の影響もかなり大きくなる。しかし、今日では海砂の使用にあたり除塩が義務づけられ、

受理：1993年11月8日

*工学部環境建設工学科 Dept. of Civil Engineering & Architecture, Fac. of Eng.

**工学部建設工学科・学部4年生 Student, Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng.

しかもコンクリート中の塩化物総量規制が基準化された⁷⁾。さらに、コンクリートの品質向上、かぶり厚さの確保や遮塩のための仕上げ材の技術開発、さらには打込み型枠材の新規開発などさまざまな対策が実施され、また試みられつつある。

したがって、今日建設されている種々の鉄筋コンクリート造建築物や土木構造物等の耐久性は、耐震性とともにおもに沖縄においても確実に向上しつつあるものと期待される。

2. 調査目的及び概要

2.1 調査目的

沖縄県が昭和50年度に建設した賃貸住宅泡瀬団地（RC造ラーメン4階建の集合住宅）、昭和48年、49年度に建設した賃貸住宅渡橋名団地（RC造ラーメン5階建の集合住宅）及び昭和47年、48年度に建設した賃貸住宅上田団地（RC造ラーメン4階建集合住宅）において、鉄筋及び配線用配管等の腐食による膨張圧によってかぶりコンクリートの剥離や剥落、鉄筋及び配線用配管に沿ったコンクリートのひび割れ等、顕著な被害が生じている。本調査の主たる目的は、このような損傷の現状把握と、その原因追及、及び今後の対応策の検討を行うために必要な基礎データを収集することにある。

2.2 調査概要

コンクリートのひび割れや、かぶりコンクリートの剥落など顕著な被害が生じている建物について、かぶりコンクリート破片の採取、コンクリートコアの採取を現場で行い、コンクリートの圧縮強度、塩分含有量、中性化試験等を調査試験した。さらに、海岸近くに建設された泡瀬団地については不同沈下によると思われる壁体のひび割れ、及び不同沈下量についても現場調査を行った。

泡瀬、渡橋名及び上田団地の建築物概要と損傷調査を行なった戸数を表-1に、これらの3団地の沖縄県における所在位置を図-1に示す。

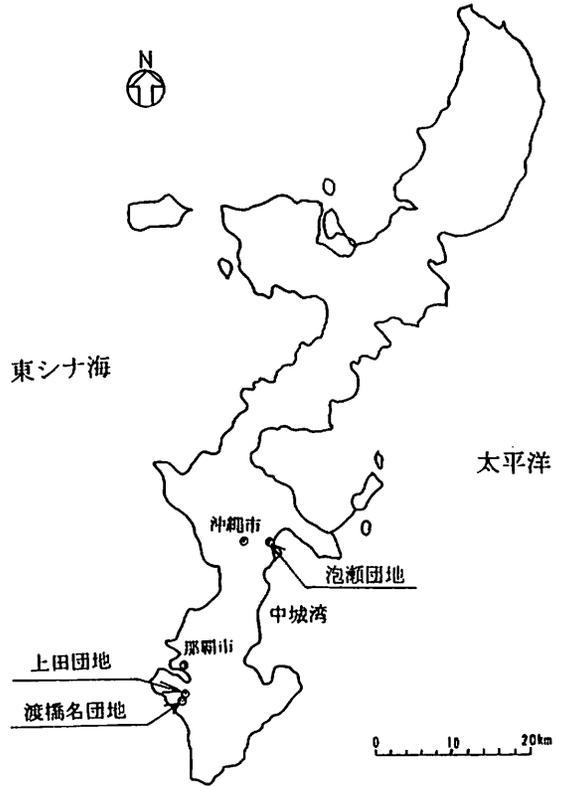


図-1 泡瀬、渡橋名および上田団地の所在位置

3. 調査建物概要

3.1 泡瀬団地

泡瀬団地は表-1に示すように、昭和50年度に竣工し、昭和52年11月から入居が始まった10棟160戸からなる団地である。この団地の建物は海岸のすぐそばに建設され、平成5年度で約18年経過したRC造ラーメン4階建の集合住宅である。なお、本建物に入居が始まった年度は建設省住宅局建築指導課が昭和52年10月24日付けで、“コンクリートに使用される細骨材中に塩分が含まれる場合の取扱いについて”^{7)~11)}という通達を出した年でもある。それによると、細骨材の絶対乾燥重量に対する塩分（NaCl換算）含有量を原則

表-1 泡瀬、渡橋名および上田団地の建物概要

団地名	構造種別	建設年度	棟数	戸数	損傷調査戸数	調査戸数/戸数(%)
泡瀬団地	RC造ラーメン4階建	昭和50年度	10	160	84	52.5
渡橋名団地	RC造ラーメン5階建	昭和48,49年度	11	250	27	10.8
上田団地	RC造ラーメン4階建	昭和47,48年度	7	128	17	13.3

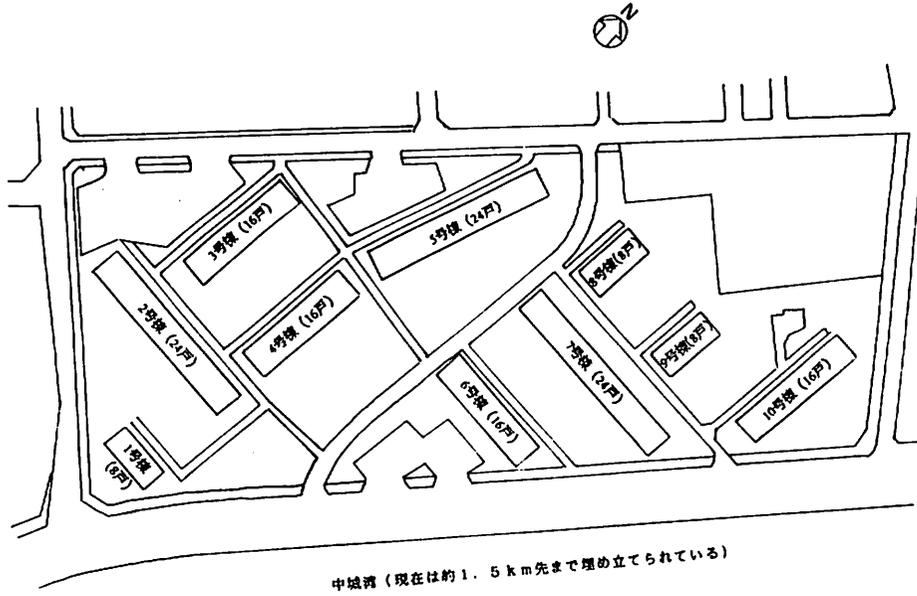


図-2 泡瀬団地の配置図

として、0.04%以下とするという塩分規制である。

泡瀬団地の配置図は図-2に示すとおりである。

図-2に示した各棟の中で、居室やベランダ等の天井面からかぶりのコンクリート等の剝落の危険や、コンクリートにひびわれが生じている各戸について、84戸調査した。この損傷状態調査を行った戸数は表-1に示すように、泡瀬団地全戸数の52.5%にあたり、なんらかの損傷のある戸数が団地の半分以上を占めていることがわかる。しかも、居住者がたまたま不在のため調査できなかった戸数を考えると、この損傷割合はさらに増加するものと考えられる。さらに不同沈下が顕著に見られる10号棟を中心に、2, 6, 7, 8, 9号棟についても不同沈下の有無に関して調査した。

3.2 渡橋名団地

渡橋名団地は表-1に示すように全棟が竣工し、建設が完了したのは昭和49年度であり、昭和52年11月より入居が開始された11棟250戸からなる比較的大きい団地である。建物はRC造ラーメン5階建の集合住宅である。この団地は、海岸より内陸部に約1.4km入った丘陵地にあり、地盤は第1種または第2種の良好な硬質地盤に相当するものと思われる。したがって、不同沈下の心配は皆無と思われる。さらに飛来塩分量¹²⁾も先の泡瀬団地に比較すると、少ないものと推定される。

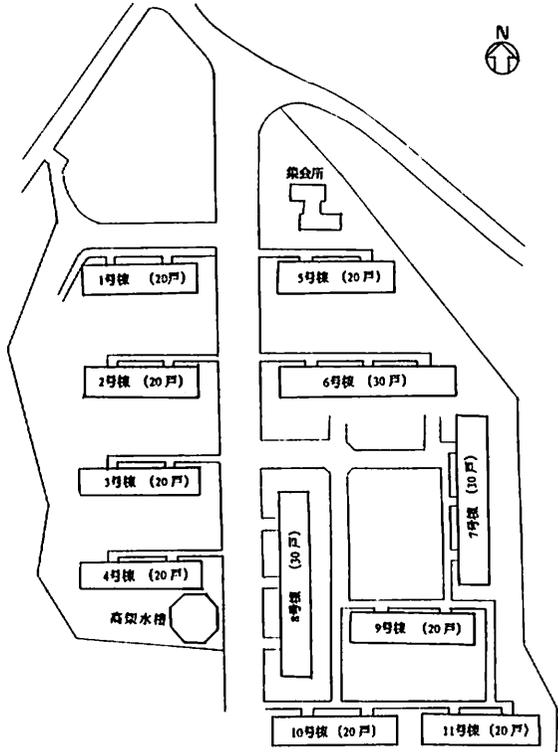


図-3 渡橋名団地の配置図

渡橋名団地の配置図は図-3に示すとおりである。

図-3に示した各棟のなかで、居室やベランダ等の天井面からかぶりコンクリート等の剝落の危険や、コンクリートにひび割れが生じている各戸について、27戸調査した。この調査戸数は渡橋名団地全戸数の約11%（表-1参照）にあたり、泡瀬団地に比較するとかなり少ないことがわかる。

3.3 上田団地

上田団地は表-1に示すように全棟が竣工し、建設が完了したのは昭和48年度であり、7棟128戸からなる団地である。建物はRC造ラーメン4階建ての集合住宅である。この団地は渡橋名団地の近くにあり、海岸より内陸部に約2.1kmはなれたところにある。地盤も良好な硬質地盤に相当し、不同沈下の心配は皆無に思われる。さらに飛来塩分量も渡橋名団地と同様に少ないものと思われる。

上田団地の配置図は図-4に示すとおりである。

図-4に示した各棟の中で、居室やベランダ棟の天井面からかぶりコンクリート棟の剝落の危険や、コンクリートにひび割れが生じている各戸について、17戸調査した。この調査戸数は上田団地全戸数の約13%（表-1参照）にあたり、渡橋名団地とはほぼ同じレベルである。

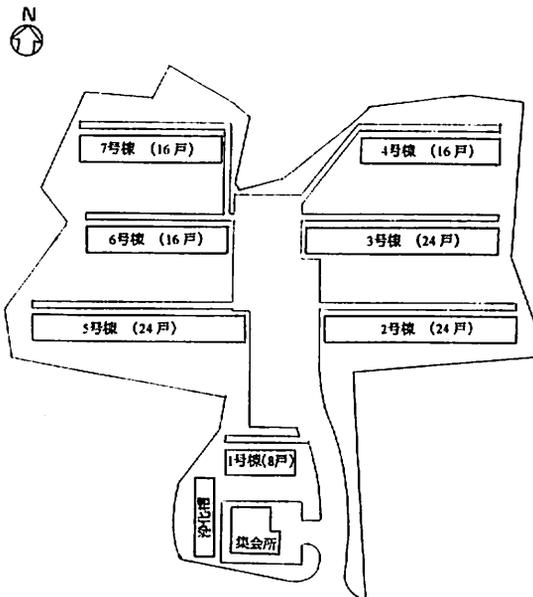


図-4 上田団地の配置図

4. 調査方法

建物現状における損傷程度、損傷の原因を明らかにし、その対策を講じるための基礎資料を得るために次の調査項目を設定した。

- 1) 室内及び室外におけるコンクリートのひび割れ、剝離、剝落等の調査
- 2) コンクリートの強度調査（コンクリートコアによるコンクリート圧縮強度）
- 3) コンクリートの塩化物量含有量調査
- 4) 鉄筋のかぶり厚調査
- 5) コンクリートの中性化状態調査
- 6) 鉄筋の腐食状態の調査
- 7) 不同沈下量の測定

室内及び室外におけるコンクリートのひび割れ、剝離、剝落等が、コンクリートに含有している塩分量が多いことに主原因があるのか、または鉄筋のかぶり厚やコンクリート強度の不足によるものか、コンクリートの中性化が進行したためか、あるいは不同沈下によるものかを明らかにするために上記の調査を計画した。特に以上の調査項目のうち、コンクリートに含有していると思われる塩化物量については詳細に調査した。塩化物量は室内と室外についてそれぞれ調査し、海からの飛来塩分の影響に関しても考察する。

調査方法は現場における外観調査、コンクリートのひび割れ調査、かぶりコンクリートのはつり、かぶり厚さ、中性化深さ等を測定するはつり調査と、現場から採取したコンクリートコア、かぶりコンクリート、鉄筋等の諸性質に関する実験室における試験に分類される。特に、室内における天井面からのかぶりコンクリートのひび割れ、浮き、剝離が生じている箇所を中心に調査を行った。なお、塩分含有量はJCIの規準（案）¹³⁾に準じて可溶性塩分について行なう。

5. 調査結果

5.1 調査結果の概要

泡瀬、渡橋名及び上田団地ごとに、損傷状態、コンクリートの圧縮強度、塩分含有量等のコンクリートの性質と、かぶり厚さ、中性化深さ、鉄筋の腐食状態等について調査結果を整理した。次いで、上記の各性質等について3団地の比較も行った。特に、泡瀬団地については不同沈下に関するデータも整理した。さらに、コンクリートの塩分含有量に関しては室内と室外の比較を行うとともに、3団地間の比較も行った。その結果、上記の3団地のなかでは泡瀬団地が最も損傷が多

く、かつ塩分含有量も最も多いことがわかった。さらに、泡瀬団地内にはかなりの不同沈下を起こしている棟が1棟あることも判明した。と同時に、地盤の沈下も一部みられた。

5.2 目視による損傷状態調査

泡瀬団地の居室内から見た天井面と、ベランダ下面におけるコンクリートのひび割れ、剝離等の損傷状態の1例を図-5に示す。さらに、外から見た集合住宅の外壁、ベランダ手摺及び階段室のつなぎ梁等の損傷状態の1例を図-6に示す。これらの損傷のなかからいくつかの損傷箇所を写真-1~13に示す。以上のほかに、建物によっては地盤の沈下(写真-14参照)や建物の不同沈下も目視で確認できるほど生じている。このように、泡瀬団地の建物の損傷レベルは総合的に大きいと判断せざるをえない。

渡橋名、上田の両団地の損傷レベルは泡瀬団地に比較すると軽微である。このことは表-1に示した損傷状態調査戸数と、それが団地の総戸数に占める割合か

らも容易に判断される。すなわち、今回の調査がコンクリートのひび割れや剝離等の損傷がある住宅に限定され、健全な住宅は調査対象外になったからである。両団地の損傷例は写真15~18に示す。

6号棟
入口側向かって右

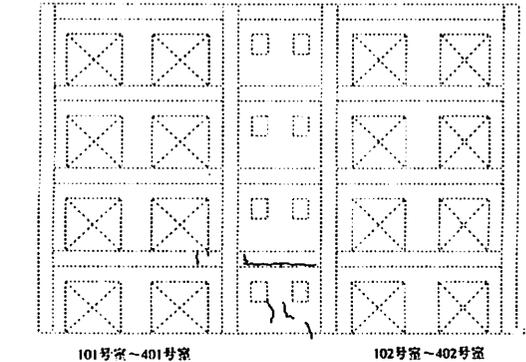
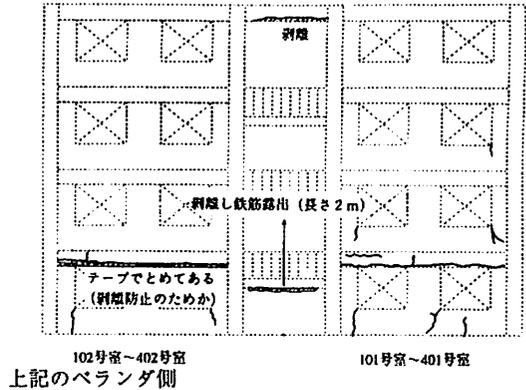
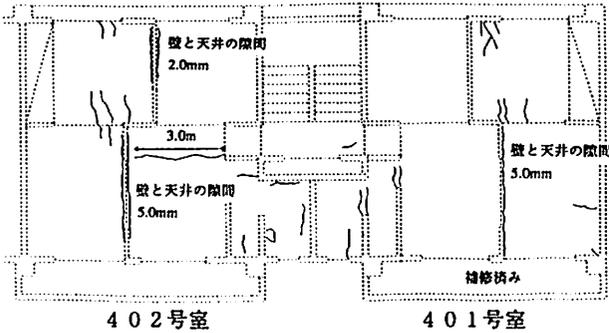


図-6 目視による梁、外壁等の損傷状況の1例 (泡瀬団地6号棟)

6号棟-4階



6号棟-3階

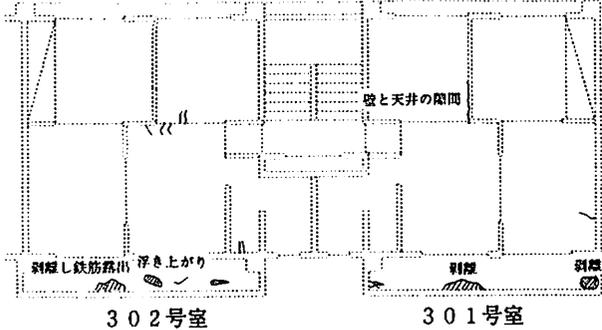


図-5 目視による居室、ベランダ等の天井面の損傷状況の1例 (泡瀬団地6号棟)

5.3 コンクリートに関する調査

5.3.1 圧縮強度⁽¹¹⁾⁽¹⁴⁾

コンクリートの圧縮強度は鉄筋コンクリート構造物の耐力に大きな影響を与える同時に、コンクリートの耐久性に直接的・間接的に影響する。一般にコンクリートの中性化はコンクリートの圧縮強度が大きいほど進行しにくく、鉄筋の防食効果は水セメント比の小さいコンクリートほど大きい傾向にある。

泡瀬団地では、2号棟、7号棟、10号棟の調査建物からコンクリートコアをそれぞれ3本、2本、5本ずつ計10本採取した(写真-6参照)。そのうち、圧縮

表-2 コンクリートコア (φ100×200mm) の圧縮強度とひずみ

団地名	採取場所	圧縮強度		圧縮強度時のひずみ(%)	平均圧縮強度		圧縮強度時の平均ひずみ(%)
		(MPa)	(kg/cm ²)		(MPa)	(kg/cm ²)	
泡瀬団地	2号棟	1	21.9	223	23.6	240	0.29
		2	27.5	280			
		3	21.4	218			
渡橋名団地	高架水槽	4	24.3	248	27.2	277	0.23
		5	30.0	306			
上田団地	1号棟	6	30.7	313	30.7	313	0.33

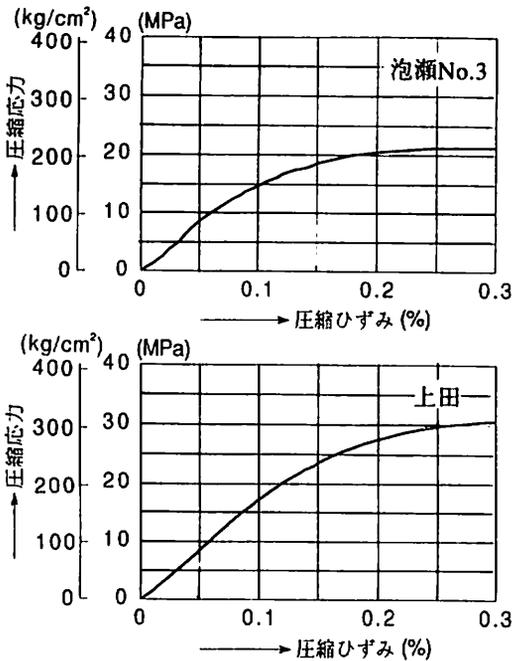


図-7 コンクリートコア (φ100×200mm) の応力-ひずみ曲線

強度試験に供したコンクリートコアは2号棟の3本である。このうちの2本と圧縮強度試験に用いなかった7本のコンクリートコアは、塩分含有量の測定にまわした。泡瀬団地におけるコンクリートコアの圧縮強度試験結果を表-2に示す。これらの応力-ひずみ曲線図を表-2のNo.3(泡瀬団地)とNo.6(上田団地)、すなわち最も圧縮強度が低い場合と高い場合について図-7に示す。

渡橋名団地では高架水槽の下部からコンクリートコアを2本採取し、これらの2本で圧縮強度試験を行っ

た。さらに、4号棟の妻壁下部からコンクリートコアを1本採取し、塩分含有量の測定を行った(写真-19, 20参照)。

上田団地では調査建物の1号棟の柱脚部からコンクリートコアを2本採取し(写真-21, 22参照)、その内1本は圧縮強度試験を行ない、残りの1本は集客室の外壁から1本採取したコンクリートコアとともに、塩分含有量の測定を行なった。

コンクリート圧縮強度は最低でも218kg/cm²、平均圧縮強度の最低でも240kg/cm²(表-2参照)であり、3団地とも水準以上の強度を維持しており、まったく問題はない。また、応力-ひずみ曲線にも特別の変化は認められない(図-7参照)。

5.3.2 塩分含有量

塩分含有量の定義については昭和62年6月2日建設省住宅局建築指導課長名で、全国の特定行政庁建築主務部長あてにだされた“コンクリートの耐久性確保に係る措置について”(建設省住指発142号)にしたがう。それによれば、コンクリート1m³中に含まれている塩化物(塩素イオン換算)の含有量、すなわち塩化物量を0.3kg以下とするという規制値が設けられている。一方、これまでの研究からわが国の気象条件下では通常の建築構造物の場合、内部鉄筋が著しく腐食する限界となるコンクリートの中の塩分量は0.03%(NaCl/コンクリート重量)と言われている¹⁵⁾。また、具志も発錆限界塩分量を0.033%としている¹⁷⁾。したがって、規制値の塩化物量(Cl⁻)0.3kg/m³と、鉄筋腐食危険ラインである塩分量0.03%(NaCl)をガイドラインに塩分量の測定結果を整理し、図-8~13に表示する。なお、かぶりコンクリートはひび割れや、

剝離しそうな部分から採取しているのので、塩分含有量が一般的に多いと思われる。これに対し、泡瀬団地ではコンクリートコアを損傷部分と健全な部分の両方から採取し、渡橋名、上田の両団地では健全な部分からのみコンクリートコアを採取した。

泡瀬団地の塩分含有量は渡橋名、上田団地に比較してきわめて多いことが図-8~13からわかる。しかも、泡瀬団地は元々海岸のすぐそばに建設されたこともあって（現在では埋め立てられ海岸から少しはなれている）、飛来塩分量の影響¹²⁾が一般に大きいことが図-8よりわかる。渡橋名、上田団地も図-8~11からみる限り、かぶりコンクリートの塩化物量は建設省の規制値を上まわっている採取片もあるが、総体的には泡瀬団

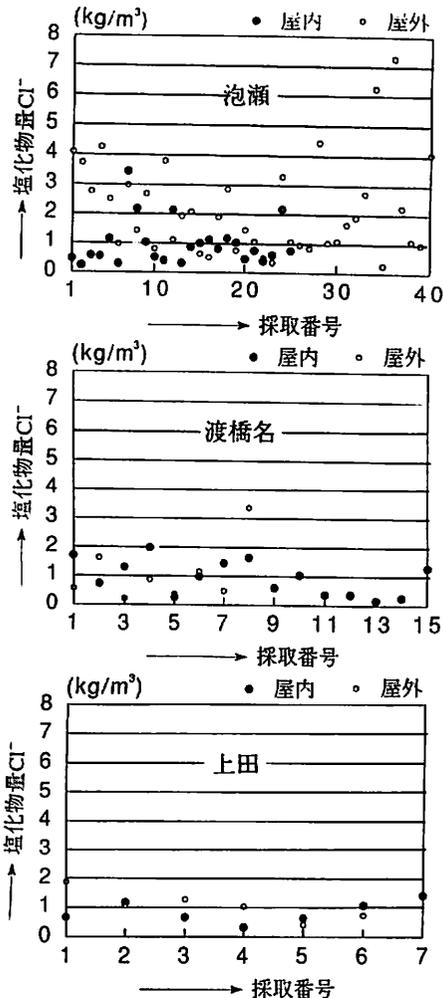


図-8 かぶりコンクリートに含まれている塩化物量Cl⁻

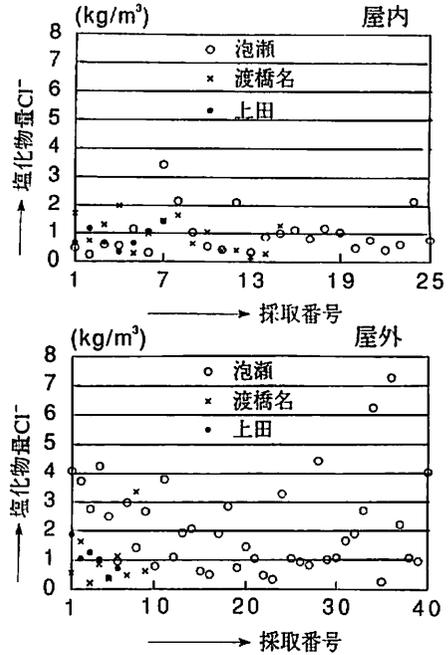


図-9 3団地のかぶりコンクリートに含まれている塩化物量Cl⁻の比較

地よりも少ないし、かつ採取片の数も、またその全戸数に対する割合も小さい。さらに、健全な部分から採取したコンクリートコアに含まれている塩化物量を図-12に示す。図-13には、損傷を受けた梁（泡瀬団地7号棟、写真-6参照）から採取したコンクリートコアに含まれている塩化物量を示す。図-12をみる限り渡橋名、上田団地のコンクリートコアに含まれる塩化物量は建設省の規制値や鉄筋腐食危険ラインを満足するかしないかの近傍にある。一方、泡瀬団地のコンクリートコアに含まれる塩化物量は損傷部分にかかわりなく、図-12、13にみられるように上記の規制値をすべて上まわっており、渡橋名、上田団地のそれと顕著な差異が生じている。

5.4 コンクリートのかぶり厚さ、中性化深さ

5.4.1 かぶり厚さ

塩化物量が低い範囲ではかぶり厚さが腐食の抑制に効果があると言われている。しかし、塩化物量（塩素イオン）が2.2kg/m³以上になると、60mm程度のかぶり厚さがあっても、グレードIV（表-3参照）⁸⁾の鉄筋腐食が十分に生じる。したがって、かぶり厚さについても塩分含有量とともに調査を行うことが必要

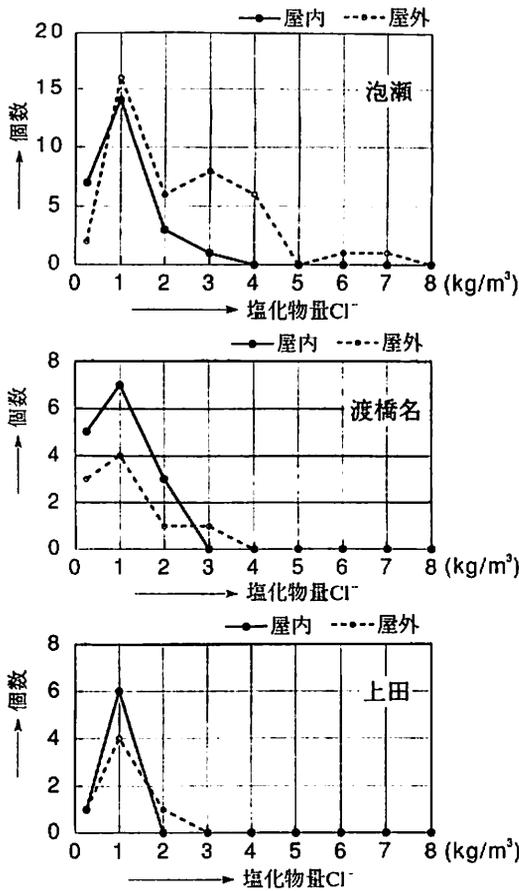


図-10 かぶりコンクリートに含まれている塩化物物
 量 Cl^- の度数分布

となる。採取したかぶりコンクリートから整理したかぶり厚さの度数分布状況を図-14に示す。図-14および写真-7、8にみられるようにかぶり厚さがかなり小さく、そのために鉄筋が腐食している箇所もいくつか見られた。しかし、総体的には所定のかぶり厚さが確保されているようである。

5.4.2 中性化深さ¹⁰⁾

コンクリート中で鉄筋がさびていないのはコンクリートがアルカリ性を呈しているためであり、これによって鉄筋表面に不動態皮膜が形成されているからである。しかし、中性化帯が鉄筋位置まで到達すれば鉄筋保護の条件が崩れ、鉄筋は腐食されやすい状態におちいる。

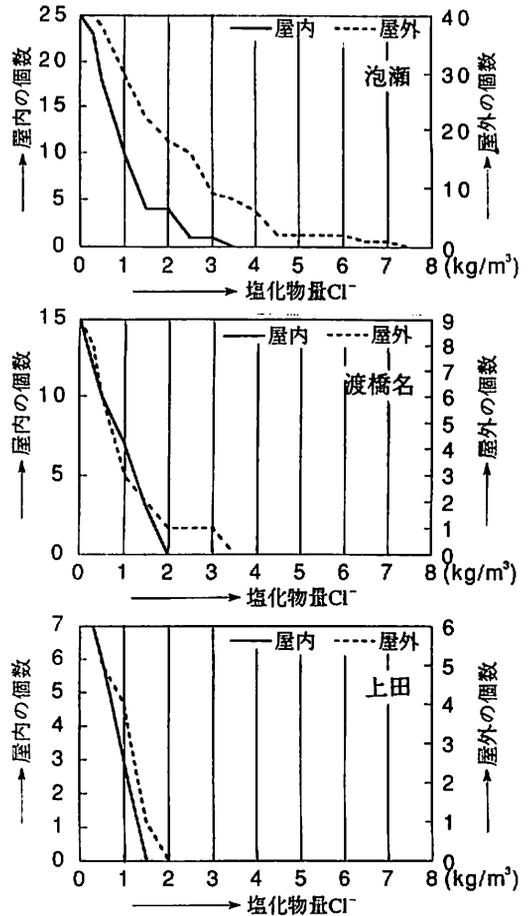


図-11 かぶりコンクリートに含まれている塩化物物
 量 Cl^- の累積度数

したがって、中性化深さを測定する必要がある。ここでは、採取したコンクリートコアやかぶりコンクリートをはつることによって測定したコンクリート表面からの中性化深さの度数分布状況を図-15に示す。また、中性化試験の状況を写真-23、24に示す。これらの図より、中性化はそれほど進行していないようである。

5.5 鉄筋の腐食状態

コンクリート中の鉄筋の腐食状態を確認するためにはかぶりコンクリートをはつり、除去する必要がある。はつり調査によって、鉄筋の腐食状態、かぶりコンクリートの損傷状態、塩分含有量、かぶり厚さ、および中性化深さ等の相互の関連性を明らかにするための情

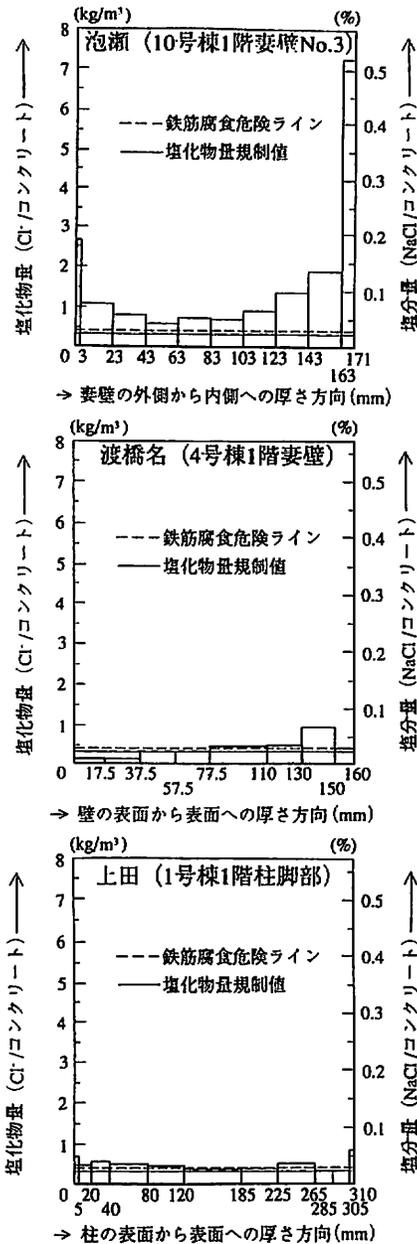


図-12 健全な部分から採取したコンクリートコアに含まれている塩化物量Cl⁻

報を得ることができる。鉄筋の腐食グレードは岸谷らの方法⁸⁾である表-3に従うことにする。

かぶりコンクリートにひび割れが生じている場合には、鉄筋の腐食状態はグレードIVのレベルであった。しかし、かぶりコンクリートにひび割れが生じていな

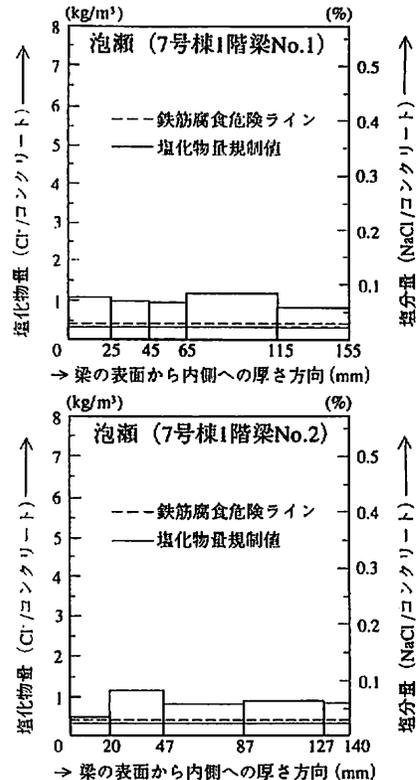


図-13 損傷を受けた泡瀬団地7号棟1階梁から採取したコンクリートコアに含まれている塩化物量Cl⁻

い場合は、鉄筋の腐食状態は健全か、せいぜいグレードIまたはIIのレベルであった。しかし、このことに関しては今回の調査箇所も少なかったため、今後さらにはつり調査を追加し、十分な検討を必要とする。

5.6 不同沈下¹¹⁾

泡瀬団地は中城湾に面した海岸に建設されたので、不同沈下の大きい棟が存在する。不同沈下量が最も大きいと思われる10号棟と、それ以外の棟について柱や梁の傾きをトランシットを用いて測定した。さらに、比較のために不同沈下の現象がほとんどないと思われる渡橋名団地と上田団地についても、同様な測定を行った。

不同沈下等にとまらぬ柱の鉛直度(柱の傾斜量を軒高で除したものを)を表-4に示す。この表-4より、泡瀬団地の建物の傾斜量は建物によっては、施工誤差の範囲である20/10000程度¹⁶⁾を越えていることがわかる。特に10号棟の傾斜が顕著である。さらに、10号

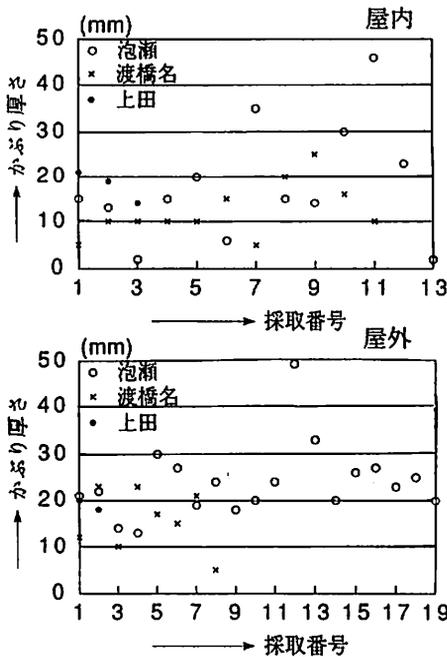


図-14 3団地のかぶりコンクリート採取片によるかぶり厚さの比較

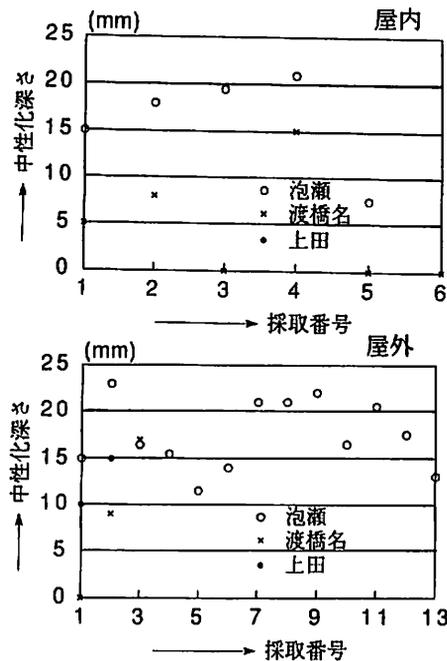


図-15 3団地のかぶりコンクリート採取片による中性化深さの比較

棟では写真-14に示すように地盤の沈下も一部生じている。そこで、10号棟の基礎梁に注目して、ベランダ側と出入口階段側ごとに不同沈下量を測定すると図-16のようにそれぞれ整理される。図-16より、特にベランダ側の不同沈下が大きい。また、10号棟には不同沈下によるひび割れも顕著に生じ、ベランダ側の梁、外壁に生じているひび割れを図-17に、階段室に生じているひび割れを図-18にそれぞれ示す。

6. 調査結果のまとめ

主に塩害により損傷を受けたと思われる鉄筋コンクリート集合住宅（泡瀬団地、渡橋名団地、上田団地）を調査、検討した結果は次のように整理される。

- 1) 目視による損傷外観調査では、泡瀬団地の損傷が渡橋名、上田団地の損傷と比較すると際立っている。さらに、泡瀬団地では梁の損傷に加えて不同沈下も一部の棟では生じており、耐久性能はもちろんのこと耐震性能も今後徐々に劣化していく可能性が強い。
- 2) コンクリートの圧縮強度も21.4MPa～30.7MPa (217.7kg/cm²か313.2kg/cm²) の間にあり、強度上の問題はまったく存在しないと考えてよい。
- 3) 泡瀬、渡橋名、上田の3団地の中で、泡瀬団地の建物に最も多くの塩分が含有されている。しかもその量は、建物の位置や棟によっては規制値の0.3kg/m³（塩素イオンCl⁻換算）や、鉄筋腐食危険ラインの0.03%（NaCl/コンクリート重量）をはるかに上まわっている。この原因の1つには、渡橋名、上田団地が海岸から少し離れた内陸部に建設されたのに対して、泡瀬団地が海岸に面して建設されたので海からの飛来塩分が多いことが考えられる。さらに泡瀬団地の場合、海砂使用時の塩分量、または混練水に含まれていた塩分量の合計が、結果的には建設省の定める規制値を守っていなかった疑いがある。したがって、3つの団地がほぼ同じ年代（昭和47年から昭和50年）で、しかも泡瀬団地が最もおそく建設されたにもかかわらず、外観調査による泡瀬団地の損傷が最も顕著にあらわれているものと考えられる。

一方、渡橋名、上田団地の塩分含有量は泡瀬団地に比較すると少ないが、採取したかぶりコンクリートには建設省の規制値を上まわっているものもある。しかし、これらの採取片は損傷箇所からすべて採取したものであり、調査戸数も全戸数の

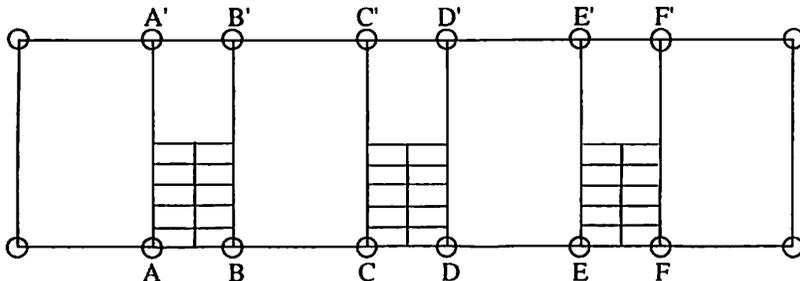
表-3 岸谷らによる鉄筋の腐食グレード⁸⁾

グレード	鉄筋の状態
I	黒皮の状態, またはさびが生じているが, 全体的に薄い緻密なさびであり, コンクリート面にさびが付着していることはない.
II	部分的に浮きさびがあるが, 小面積の斑点状である.
III	断面欠損は目視観察では認められないが, 鉄筋の全周または全長にわたって浮きさびが生じている.
IV	断面欠損を生じている.

表-4. 不同沈下ともなり柱の鉛直度 (柱の傾斜量を軒高で除したもの)

団地名	棟	柱	鉛直度 (1/10000)	団地名	棟	柱	鉛直度 (1/10000)	団地名	棟	柱	鉛直度 (1/10000)
泡瀬	2	A	+22	泡瀬	7	A	-24	泡瀬	10	A	+18
		B	+6			B	-27			B	+8
		C	0			C	-13			C	+35
		D	-1			D	-27			D	-20
		E	-18			E	-23			A'	+13
		F	-16			F	-25			B'	+13
		A'	+1			A'	-25			C	+41
		B'	-6			B'	-20			D'	+22
		C'	+3			C'	-16			A	+21
		D'	-4			D'	-12			B	+15
		E'	-6			E'	-4			C	+11
		F'	+18			F'	-19			D	+7
	6	A	+11	泡瀬	8	A	+4	上田	7	A	-4
		B	+4			B	-9			B	+4
		C	-2			A'	+9			C	+5
		D	-9			B'	-4			D	+6
		A'	-6		9	A	+30				
		B'	-7			B	-5				
		C'	0			A'	-5				
		D'	-4			B'	+16				

(ベランダ側)



(出入口階段側)

約10%であるので, それから測定された値は渡橋名, 上田の両団地の塩分含有量の上限値とも考えられる. 両団地の健全な部分から採取したコンク

リートコアに含まれている塩分含有量はその規制値を満足するかないかの近傍にあり, 明らかに泡瀬団地よりかなり少ないといえる.

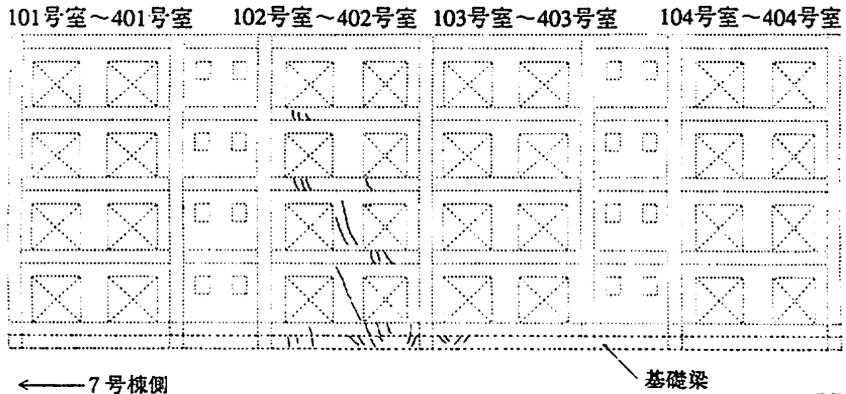


図-17. 泡瀬団地10号棟の不同沈下による外壁のひび割れ状況（ベランダ側）

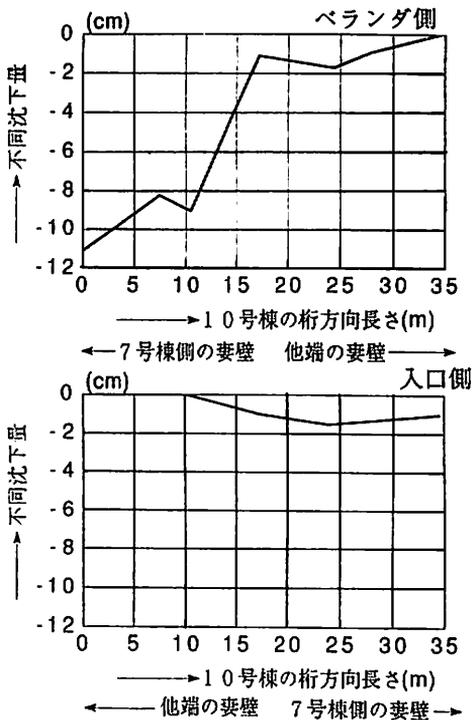


図-16 泡瀬団地10号棟の不同沈下量

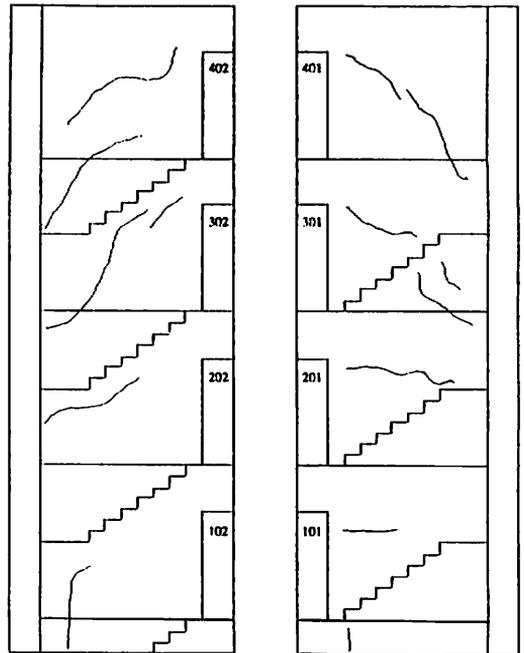


図-18 泡瀬団地10号棟の不同沈下による階段室壁のひび割れ状況

- 4) コンクリート打継ぎ面のひび割れも数多く見られたが、特に妻壁側の室内にあらわれたこのたぐいのひび割れは、漏水、湿気、かび発生の原因となっている。したがって、早急な補修が望まれる。
- 5) かぶり厚さがきわめて小さく、そのために鉄筋が腐食している箇所も数多く見られた。また、かぶり厚さが確保されていても鉄筋が腐食していると

ころもあった。これは塩分含有量が多いことに起因しているものと思われる。

- 6) 室内におけるひび割れのうち、居室天井面は電線用配管の腐食によるものがきわめて多い。これは鉄筋と比較して直径が大きく、しかもかぶり厚が小さいことも原因しているのではないと思われる。風呂（シャワー）と便所に関しては、これも

電燈器具取付け近傍のかぶりコンクリートのひび割れ、剝離が多く見られ、埋め込み取り付け金具の腐食に起因するものが多い。ベランダにおいてはベランダ天井面の水切溝を中心としたかぶりコンクリートの損傷が多く見られる。そこではすべて鉄筋の腐食に起因している。

- 7) 中性化深さは一般に小さく、鉄筋腐食の大きな要因にはなっていないように思われる。
- 8) 泡瀬団地は中城湾に面した海岸に建設されているので、不同沈下や地盤沈下もおきている。特に10号棟の不同沈下は目視でもすぐに確認できるほど大きく、これに起因するひび割れがすでに大きく生じている。一方、渡橋名および上田団地における建物の傾斜はほぼ施工誤差範囲内（鉛直度が約20/10000以下）にはいっており、不同沈下は生じていないものと判断される。

今回、調査の対象になった箇所は全てコンクリートのひび割れ、剝離、剝落等が生じたところである。調査の段階でかぶりコンクリートが剝落しそうな危険な箇所は除去しているが完全ではない。特に手が届かない共有部分の階段室の床スラブ下面や、屋根スラブ下面等で剝落しそうな箇所のかぶりコンクリートは早急に除去する必要がある。このような箇所は、地震による衝撃力や台風のような風圧力等により、剝離、剝落が促進されやすいので、特に注意する必要がある。事故がおきてからではおそい。

以上のことから、今回実施した調査結果を総括すると次のようにまとめられる。住宅は居住者にとって安全で、快適な生活空間でなければならない。しかるに、塩害や時には地震、台風等の外乱と塩害の組み合わせにより、かぶりコンクリートの剝落による人体への危害や、コンクリートのひび割れにともなう漏水、湿気、かび発生等居住性（使用性・快適性）を侵害する要因を取り除き、居住者が安心して快適に住めるような住居を提供することがなによりも重要である。

泡瀬団地は今回調査した3団地の中で最も塩分含有量が多い上に、棟によっては不同沈下量も大きいので耐久性能はもちろんのこと、耐震性能も今後徐々に劣化していく可能性が高い。そのために、泡瀬団地に関しては建物の耐久性能の劣化や不同沈下に関する監視を今後も定期的に継続していくことが望ましい。と同時に、劣化のはげしい部分は早期に適切な補修を行なうとともに、長期的には建て替えを検討することも必要であると思われる。特にいつ起こるか分からない地

震の発生を考えると、泡瀬団地の10号棟は耐震・耐久安全性上問題がある建物と指摘せざるを得ない。したがって、塩害に加え不同沈下が大きい泡瀬団地の10号棟は徐々に空き部屋をふやしながら、建て替え時期の検討を考えた方が望ましい。

これに対して、渡橋名、上田団地の両建物においては塩分含有量が結果的には建設省の規制値を必ずしも満足しているものではないが（この点では将来、徐々に塩害による損傷が増加するおそれも考えられる）、損傷レベルも低い上に飛来塩分量も少なく、しかもコンクリート強度も大きく、中性化もそれほど進行していないので、ひび割れ箇所の局所的な補修で対応できるものと考えられる。

謝 辞

このような貴重な調査および勉強の機会を与えていただいた沖縄県住宅供給公社（理事長 仲里全輝）に心から厚くお礼を申し上げます。なお、調査にあたっては沖縄県住宅供給公社事業部保全課長の仲座徳雄氏に資料の提供ほか、色々と格別のお世話をいただきました。また、琉球大学教授・具志幸昌先生には本報告に関して貴重なご教授とご指摘をいただくとともに、調査に関する助言と文献、試験器具等側面的なご支援をいただきました。現地調査に関しては自治会長さんをはじめ、各居住者の積極的なご協力をいただきました。調査には玉那覇宣雄文部技官をはじめ、建築材料学研究室と構造工学研究室の研究生、大学院学生および卒論生の諸君に多大の協力を得ました。ここに記して、関係各位に深甚なる感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 具志幸昌：沖縄のコンクリートの材料・施工の歴史、コンクリート・ジャーナル、Vol.11, No.12, pp.5-12, 1977年5月
- 2) 岸谷孝一：海砂を使用した構造物の調査—9.4 那覇市における小・中学校校舎の被害状況、コンクリート・ジャーナル、Vol.12, No.10, pp.6-71, 1974年10月
- 3) 具志幸昌、和仁屋晴謙、伊良波繁雄：沖縄の鉄筋コンクリート構造物の耐久性—現況調査と考察その5、若狭市営住宅一、琉球大学理工学部紀要（工学篇）、第14号、pp.55-97, 1977年9月
- 4) 具志幸昌：沖縄県における鉄筋コンクリート構造物の耐久性、セメント・コンクリート、No.363,

- pp.5-12, 1977年5月
- 5) 大城武, 伊芸誠一, 上津敏: 鉄筋コンクリート橋の塩害について, 第6回コンクリート工学年次論文報告集, pp.165-168, 1984年
 - 6) 具志幸昌: 海砂を使用した構造物の調査-9.3沖縄地区における被害状況, コンクリート・ジャーナル, Vol.12, No.10, pp.61-65, 1974年10月
 - 7) 日本建築センター: コンクリートの塩化物総量の規制とアルカリ骨材反応対策-建設省住宅局建築指導課長通達の解説-1986年版, 日本建築センター, pp.46-82
 - 8) 岸谷孝一, 西沢紀昭他編: 塩害(II), コンクリート構造物の耐久性シリーズ, 技報堂出版, pp.33-43, pp.63-73, 1988年9月
 - 9) 日本建築学会: 建築材料用教材, 日本建築学会, 丸善, pp.8-11, 1992年2月
 - 10) 西村昭, 藤井学, 湊俊: 土木材料, 最新土木工学シリーズ8, 森北出版, pp.94, pp.132-133, 1992年8月
 - 11) 磯畑脩 他10名: 実務者のための建物診断, (株)テクネット, 丸善, pp.121-145, pp.176-179, 1990年12月
 - 12) 日本コンクリート工学協会: 自然環境とコンクリート性能に関するシンポジウム論文集, 日本コンクリート工学協会, pp.360-363, 1993年5月
 - 13) 日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準(案), 日本コンクリート工学協会, 技報堂, pp.17-54, 平成3年4月
 - 14) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 日本建築学会, 丸善, pp.43-61, 昭和63年7月
 - 15) 岸谷孝一, 西沢紀昭他編: 塩害(I), コンクリート構造物の耐久性シリーズ, 技報堂出版, pp.103-111, 1986年5月
 - 16) 日本コンクリート工学協会: コンクリートのひびわれ調査, 補修・補強指針, 日本コンクリート工学協会, 技報堂, pp.147-150, 1989年1月
 - 17) 具志幸昌: 亜熱帯・海洋性気候下におけるコンクリート中の鉄筋の発錆および防錆に関する実験的研究, 琉球大学工学部紀要, 第34号, pp.161, 1987年9月

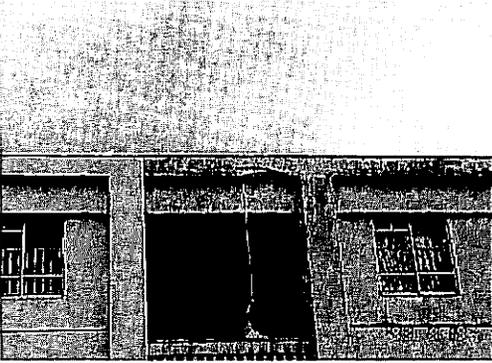


写真-1 泡瀬団地6号棟4階屋根軒下の剝落しそうなかぶりコンクリートを竹ざおでつついて落しているところ

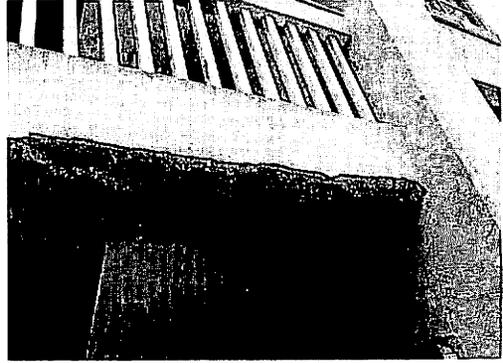


写真-4 泡瀬団地6号棟階段室出入口の梁の損傷状況 その2

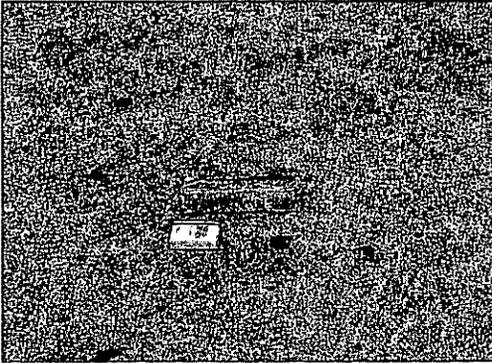


写真-2 写真-1で剝落したかぶりコンクリートの破片

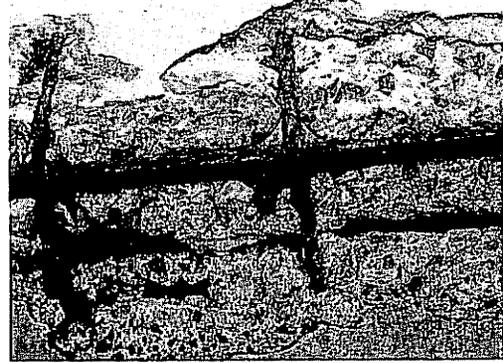


写真-5 泡瀬団地7号棟階段室出入口の梁の損傷状況 その3

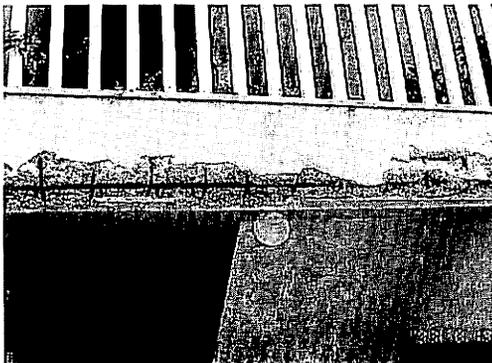


写真-3 泡瀬団地7号棟階段室出入口の梁の損傷状況 その1

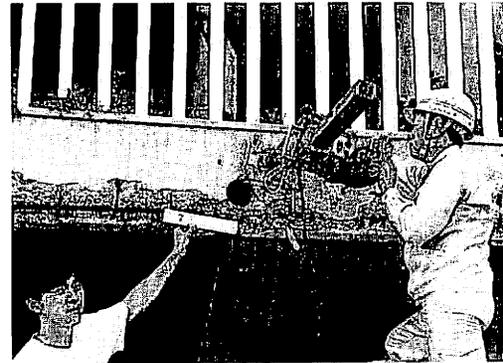


写真-6 泡瀬団地7号棟の損傷した梁からのコンクリートコアの抜きとり状況

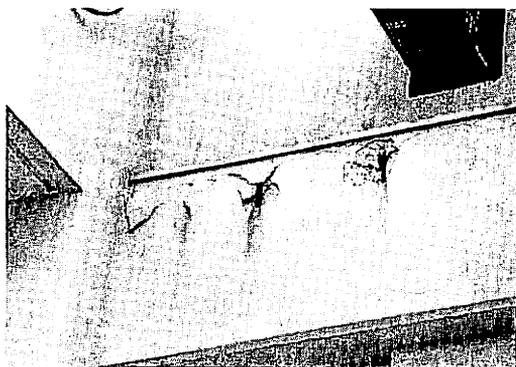


写真-7 泡瀬団地10号棟ベランダ側の梁の損傷状況（かぶり厚が小さい）

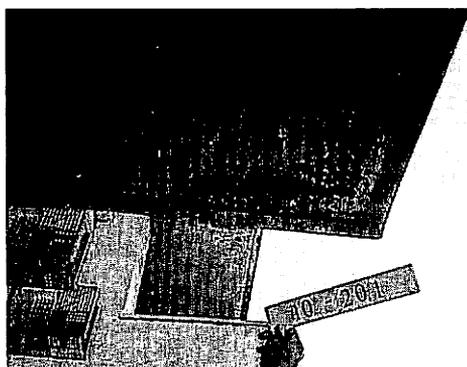


写真-10 泡瀬団地10号棟201号室のベランダ下面のはつり後の損傷状況

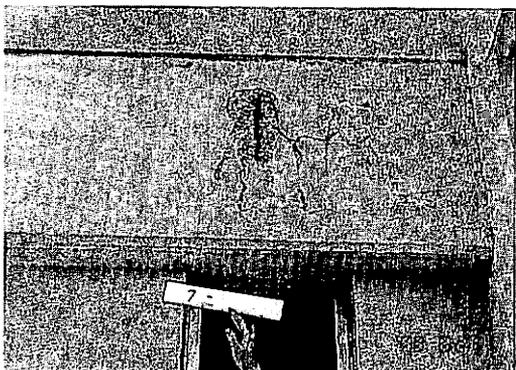


写真-8 泡瀬団地7号棟ベランダ側の梁の損傷状況（かぶり厚が小さい）



写真-11 泡瀬団地10号棟1階ベランダ下面の損傷状況

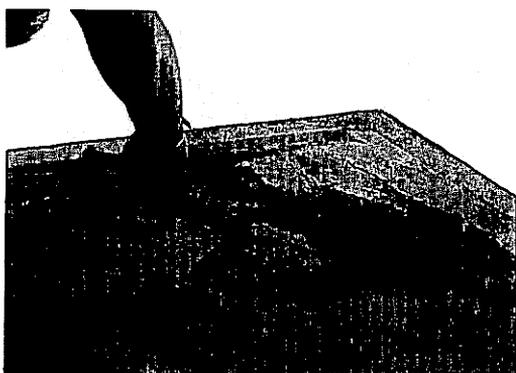


写真-9 泡瀬団地4号棟ベランダ下面のはつり調査状況

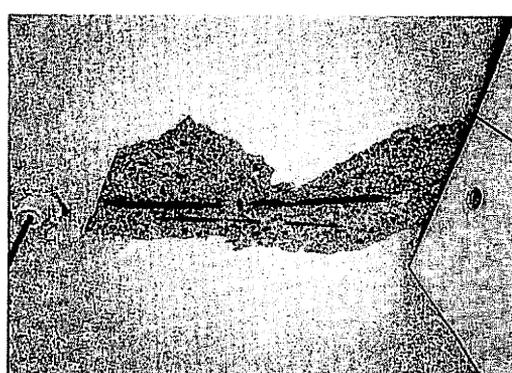


写真-12 泡瀬団地4号棟404号室の天井面の損傷状況（鉄筋より配線用配管の腐食がひどい）

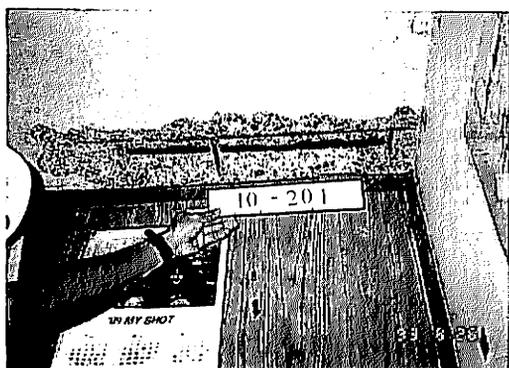


写真-13 泡瀬団地10号棟201号室の天井面のはつりによる配線用配管の腐食状況

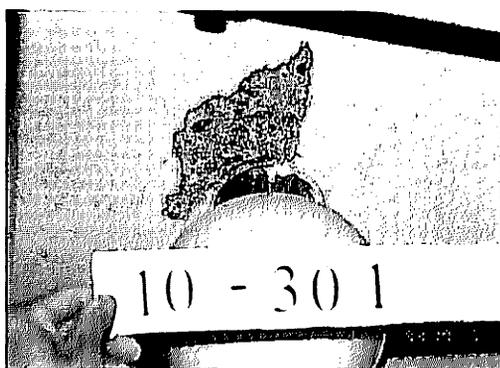


写真-16 渡橋名団地10号棟301号室の風呂場電灯近傍のひび割れと剝離状況

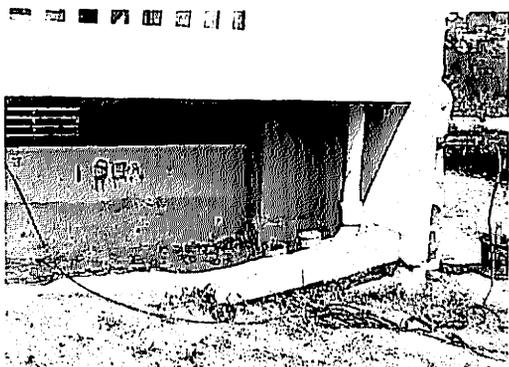


写真-14 泡瀬団地10号棟の地盤沈下

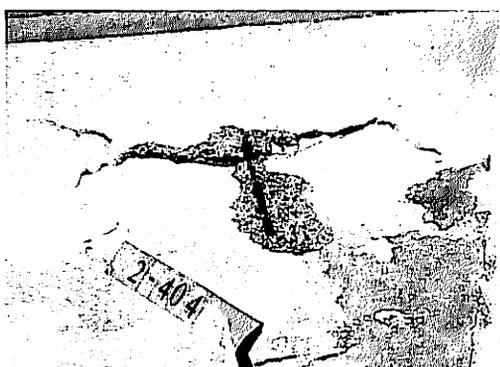


写真-17 上田団地2号棟404号室の天井面の損傷状況

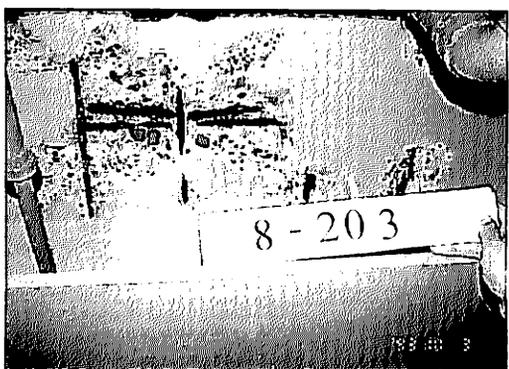


写真-15 渡橋名団地8号棟203号室の風呂場・トイレ天井面の損傷状況

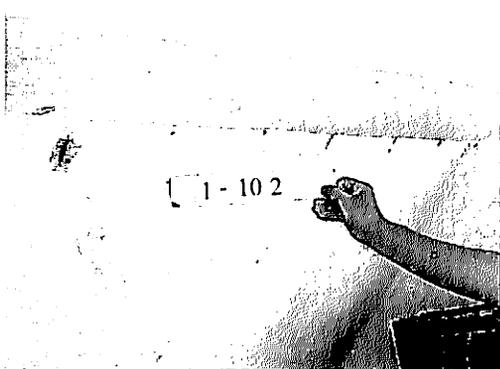


写真-18 上田団地1号棟1階階段スラブ下面の損傷状況(かぶり厚が小さい)

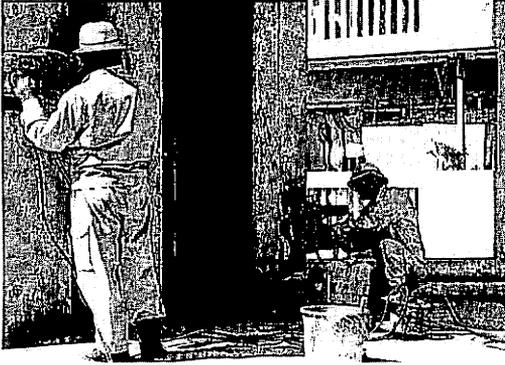


写真-19 渡橋名団地高架水槽添え柱からのコンクリートコアの抜きとり状況

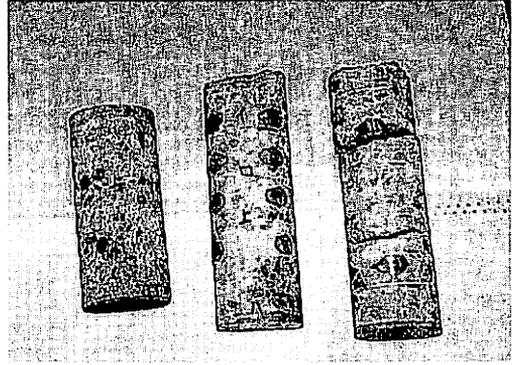


写真-22 上田団地1号棟柱脚部から2本、集会室の外壁から1本抜きとられたコンクリートコア

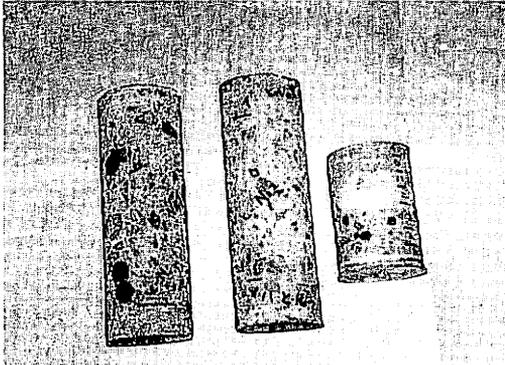


写真-20 渡橋名団地で高架水槽添え柱から2本、4号棟妻壁から1本抜きとられたコンクリートコア



写真-23 泡瀬団地5号棟梁のはつり調査と中性化試験



写真-21 上田団地1号棟柱脚部のコンクリートコアの抜きとり

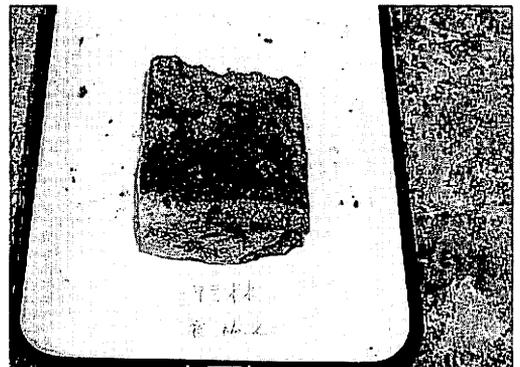


写真-24 泡瀬団地7号棟階段室出入口の梁から抜き取ったコンクリートコアの中性化試験