

## コンクリート柱の メンテナンスに関する研究



吉田 匡志\*



小原 俊祐\*\*



多胡 正章\*

コンクリート柱は、今まで定量的な評価基準が明確ではなかった。そこで、本研究では、劣化評価基準の確立を目的として、コンクリート柱の老朽劣化に関する調査・試験を行うこととした。まず、海岸付近のコンクリート柱は一般地区に比べ劣化が激しいということから、新潟支社管内で劣化調査を行った。次に、敷設されたコンクリート柱の塩分濃度を確認するため塩分含有量試験、ならびに劣化したコンクリート柱に関する残存耐力試験を行った。以上の結果、コンクリート柱は塩害の影響により劣化すること、鉄筋の破断ないしは1/4以上の断面欠損がない限り耐力を保持することがわかり、それをもとにコンクリート柱検査時劣化評価基準フローを作成したので紹介する。

●キーワード：コンクリート柱、塩害、腐食劣化

### 1. はじめに

電車で電気を送る電車線やき電線は、図1に示すように、電化柱とビームと呼ばれる支持物によって支持されている。当社には、コンクリート柱、鉄柱、鋼管柱の3種類の電化柱が約22万9,000本設備されていて、そのうちコンクリート柱が約9割を占める。

コンクリート柱は今まで劣化評価基準が明確ではなかった。そのため、検査時の劣化評価は、各支社・電力技術センターの判断で行っていた。そこで、本研究では、コンクリート柱の劣化評価基準確立のため、劣化調査、塩分含有量試験、残存耐力試験を行い、コンクリート柱検査時劣化評価基準フローを作成した。

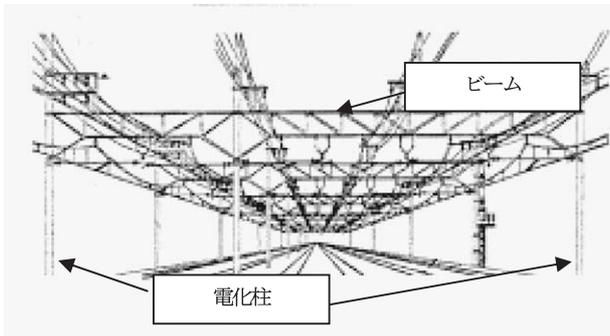


図1 電車線路

### 2. コンクリート柱の劣化調査

コンクリート柱の劣化傾向を把握するため、劣化調査を行った。

#### 2.1 調査箇所

海岸付近に敷設されるコンクリート柱は一般地区に比べると劣化が激しいということから、海岸付近に敷設されるコンクリート柱を中心に調査を行うこととした。図2に示す新潟支社管内において、海岸地区として羽越本線今川～府屋間、信越本線柿崎～米山間、一般地区として信越本線古津～新津間で行った。



図2 劣化調査箇所

#### 2.2 調査方法

調査方法は、(財)土木研究センターによる「外観目視調査からの損傷度区分と評価」を参考に作成した表1に示

\* JR東日本研究開発センター テクニカルセンター  
\*\* 日本鉄道電気設計株式会社 (元 テクニカルセンター)

す判定基準を用いて行い、外観上の劣化の程度から劣化度の判定を行った。劣化の程度としては、図3に示すとおりである。

表1 劣化度判定基準

劣化度ランク	劣化の程度
0	健全
1	スケーリング
2	白色析出物または1.0mm未満のひび割れ
3	1.0mm以上のひび割れ。浮き、ジャンカ
4	錆汁のさん出（コンクリート剥落含む）
5	鉄筋露出



(1) スケーリング



(2) 白色析出物



(3) ひび割れ



(4) 錆汁



(5) 鉄筋露出

\*カッコ内は劣化度ランクを示す

図3 コンクリート柱の主な劣化の程度

## 2.3 調査結果

劣化傾向を把握するため、方位別の劣化度を集計した。その結果を図4～6に示す。

今川～府屋間は西面と南面、柿崎～米山間は北面並びに南面、古津～新津間は南面の劣化が激しいことが判った。今川～府屋間の西面、柿崎～米山間の北面が海側であることから、コンクリート柱の劣化に対して塩害の影響が大きな要因であることが判った。また、調査を行った3区間とも南面の劣化も大きいことから、乾湿の繰り返しによる影響も劣化要因のひとつであることが判った。

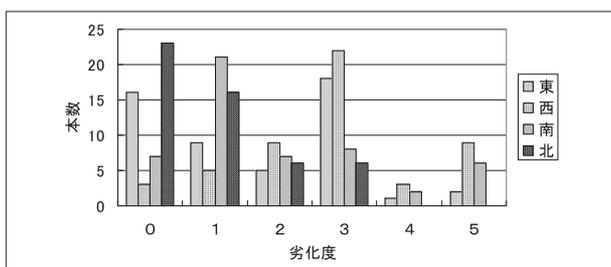


図4 今川～府屋間方位別劣化度結果

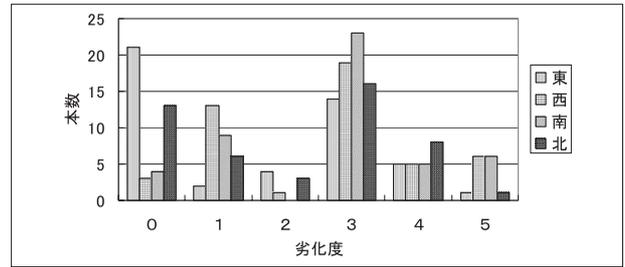


図5 柿崎～米山間方位別劣化度結果

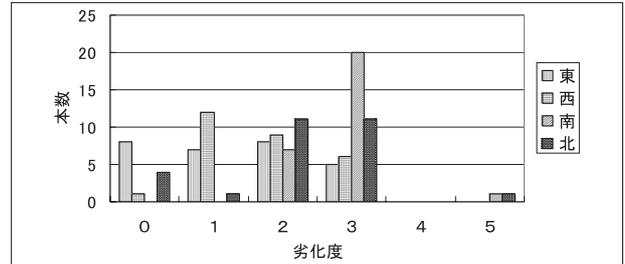


図6 古津～新津間方位別劣化度結果

## 3. 劣化したコンクリート柱の塩分含有量試験

劣化調査の結果で判った、塩害による影響を確認するため、劣化したコンクリート柱に含まれる塩分濃度を確認する塩分含有量試験を行った。

### 3.1 試験方法

コンクリート柱を真上から見ると図7に示すとおり、一般表面部と型枠継ぎ目部の2部位に分けることができる。一般表面部は、JIS A1154「硬化コンクリート柱に含まれる塩化物イオンの試験方法」、型枠継ぎ目部は、EPMA（電子線マイクロ分析）による面分析により塩分含有量試験を行った。試験方法と試料採取方法を図8、9に示す。

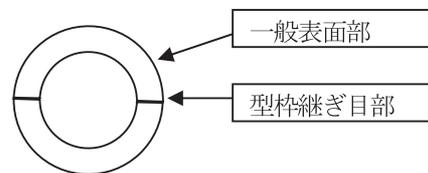


図7 コンクリート柱を真上から見たときの状態

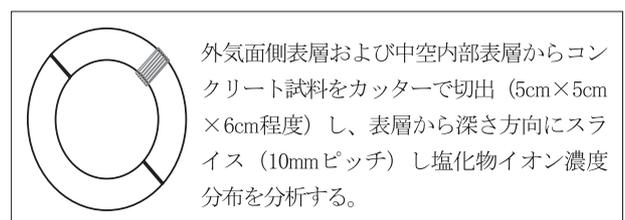


図8 JIS A1154の試料採取方法と試験方法

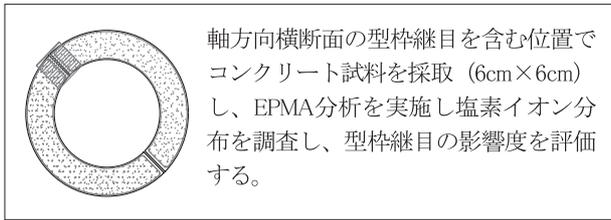


図9 EPMAの試料採取方法と試験方法

### 3.2 試験結果

試験結果を表2に示す。土木学会コンクリート標準示方書ではコンクリートに含まれる塩分濃度による鉄筋の発錆限界量を $1.2\text{kg/m}^3$ と定めている。コンクリート柱の内部鉄筋は、通常表面から1~2cmの間にあり、塩分含有量は十分に発錆限界量に達していることが判った。このことから、塩分がコンクリート柱の劣化に影響を及ぼす可能性が高いことが判った。

表2 塩分含有量試験結果

種別		一般表面部の塩分量 ( $\text{Cl}^- \text{kg/m}^3$ )	型枠継ぎ目部の塩分量 ( $\text{Cl}^- \text{kg/m}^3$ )	発錆限界量 ( $\text{Cl}^- \text{kg/m}^3$ )
試料 No. 8	8-35-T5000 11T120 日本コンクリート 工業製 1971年	表面からの距離		
	0~1cm	8.95	10.18	
	1~2cm	2.67	6.38	
	2~3cm	0.595	3.11	
	3~4cm	0.071	2.85	
4~5cm	0.238	3.42		

## 4. コンクリート柱の残存耐力試験

メンテナンスする上では、コンクリート柱の劣化程度が評価基準となるため、劣化したコンクリート柱について残存耐力試験を行った。

### 4.1 試験試料

試験試料は、新潟電力技術センター管内で2004年度に発生した撤去品11本とした。図10に試験試料の例を示す。

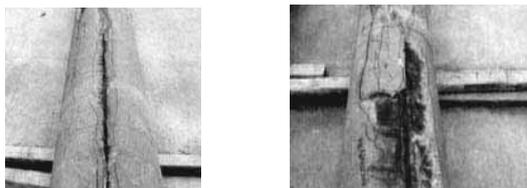


図10 試験試料の例

### 4.2 試験方法

#### 4.2.1 シュミットハンマーによる圧縮強度試験

圧縮強度試験としてコンクリート柱の健全部に $3 \times 3\text{cm}$ のメッシュ (20点) を記入し、図11のようにシュミットハンマーにより反発度を測定し、日本建築学会発行のマニュアルに従い、コンクリートの圧縮強度を推定する試験を行った。



図11 シュミットハンマー試験

#### 4.2.2 曲げ強度試験

曲げ強度試験としては、図12に示す、JIS A5373「プレキャストプレストレストコンクリート製品 ポール類」方法にて行った。

試験項目を下記に示す。

- ひび割れ試験曲げモーメントの $2/3$ に相当する荷重を加えたときの変位量
- ひび割れ試験曲げモーメントを加えたときのコンクリートのひび割れ幅
- ひび割れ試験曲げモーメントを取り去ったときの残存ひび割れ幅
- 破壊荷重をかけた際のコンクリート柱の安全率

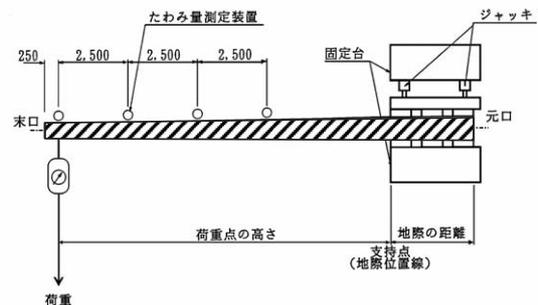


図12 JIS A5373の試験方法

### 4.3 試験結果

#### 4.3.1 シュミットハンマーによる圧縮強度試験

試験結果を表3に示す。11本中5本の柱において新品の

柱の基準値である49N/mm<sup>2</sup>を下回ったが、ある程度劣化のあるコンクリート柱でも推定圧縮強度に影響はないことが判った。

表3 シュミットハンマー試験結果

試料 No.	反発度R 平均値	補正值	推定圧縮強度F <sub>c</sub>	
			(kgf/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
1	53.0	57.0	516	50.6
2	50.5	54.5	498	48.8
3	49.8	53.8	493	48.3
4	56.3	60.4	541	53.0
5	52.4	56.4	512	50.2
6	42.6	46.5	439	43.1
7	48.9	52.9	486	47.7
8	54.8	58.9	530	51.9
9	54.9	59.0	530	51.9
10	53.4	57.4	519	50.9
11	50.4	54.4	497	48.8

### 4.3.2 曲げ強度試験

曲げ強度試験結果を表4に示す。No.5、8の柱でひび割れ試験曲げモーメント時の変位が基準の75mm以上になり、No.6、7、8の柱で安全率2を下回った。原因としては、コンクリート柱を現場で切断した際に生じた振動・衝撃により継ぎ目部に大きなひび割れが生じて、継ぎ目部より開いた状態となり、その状態で試験荷重をかけたことにより、図13のようにコンクリート柱を固定していた箇所

表4 曲げ強度試験結果

試料 No.	2/3Md 時変位 (mm)	Md <sup>*1</sup> 時		破壊時			
		ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ本数 (本)	M <sub>max</sub> <sup>*2</sup> (kN・m)	安全率	破壊位置	破壊状況
1	56.5	0	0	141.4	2.82	0.9	圧縮
2	58.9	0.05	28	148.9	2.97	0.2	圧縮
3	65.6	0.05	3	126.2	2.52	1.0	圧縮
4	68.2	0.1	29	116.7	2.33	0.1	圧縮
5	77.1	0.1	22	101.3	3.31	1.7	圧縮
6	65.6	0	0	85.8	1.71	-	固定部 つぶれ
7	41.7	0	0	89.8	1.79	0.1	固定部 つぶれ
8	93.1	0.025	4	62.7	1.25	-	固定部 つぶれ
9	65.4	0.075	11	149.7	2.30	0.1	圧縮
10	69.8	0.05	7	62.7	2.73	0.1	圧縮
11	63.7	0.075	33	122.6	2.22	0.4	圧縮
基準	≤75	≤0.25	—	—	≥2.0	—	—

\*1 Md：ひび割れ試験曲げモーメント

\*2 M<sub>max</sub>：最大曲げモーメント



図13 曲げ試験後のNo.6の柱

の内部でつぶれが生じたためと考えられる。したがって、建柱時の状態（切断の影響がない状態）であれば安全率は2倍以上あったと推測できる。

## 5. コンクリート柱検査時劣化評価基準フローの提案

劣化調査、塩分含有量試験、残存耐力試験結果より作成したコンクリート柱検査時劣化評価基準フローを図14に示す。このコンクリート柱検査時劣化評価基準フローを用いた検査方法を新しいメンテナンス方法として提案した。

### 5.1 劣化度ランク

劣化したコンクリート柱に対する劣化度ランクは、以下のとおりとした。

- (a) 劣化がないものは、健全なため、ランクA
- (b) 劣化はあるが、鉄筋の露出がなく、かつ、浮きもないものは、耐力は不足せず、塩害の影響も受けなため、ランクB
- (c) 鉄筋の露出はないが、浮きがあるものと、鉄筋の露出はあるが鉄筋の破断がなく、断面欠損も1/4以下のものは、コンクリート内部に水と酸素が供給され内部鉄筋が腐食することにより、コンクリート柱の劣化を促進する恐れがあるため、ランクC
- (d) 鉄筋の露出があり、鉄筋の破断または1/4以上の断面欠損があるものは、耐力が不足するため、ランクD
- (e) ランクDと判定された塩害地区のものは、塩害の影響により一般地区に比べ劣化の進行が早いため、ランクE

### 5.2 対策の優先順位

対策の優先順位については、以下のとおりとした。

- (a) ランクB……通常検査のみの優先順位「低」（継続観察）

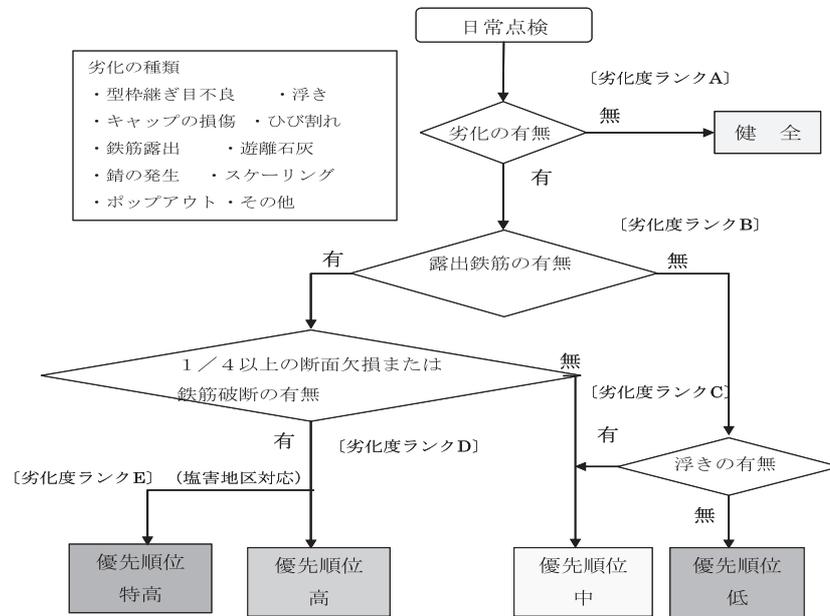
- (b) ランクC……検査後詳細調査を実施し結果次第では対策検討を行う優先順位「中」
- (c) ランクD……検査後詳細調査を至急実施し、建替や補修の対策を早急に実施する優先順位「高」
- (d) ランクE……建替を早急に実施する優先順位「特高」

## 6. おわりに

コンクリート柱は劣化判定基準が明確でなかったため不安があった。今回作成したコンクリート柱検査時劣化評価基準フローにより、検査精度のさらなる向上が図れるものとする。

### 参考文献

- 1) (社) 土木学会；コンクリート標準示方書 [維持管理編]，2001.
- 2) (社) 土木学会；コンクリート標準示方書[施工編]，2002.
- 3) (財) 土木研究センター；コンクリート耐久性向上技術の開発，1988.5
- 4) (社) 日本建築学会；コンクリート強度推定のための非破壊試験方法マニュアル，1994.2



劣化度ランク	【A劣化小→E劣化大】
A	健全
B	劣化あり、露出鉄筋なし、浮きなし
C	露出鉄筋あり、又は浮きあり
D	鉄筋破断有り又は1/4以上の断面欠損あり
E	同上（塩害地区）

対策優先順位の位置づけ	
特高	至急対策を実施する。（塩害地区のみ対象）
高	詳細調査を至急実施し、早急に取替を含めた対策検討を行う。
中	詳細調査を実施して、結果によっては対策検討を行う。
低	継続的な観察（次回検査まで特別なことは行わない）

図14 コンクリート柱検査時劣化評価基準フロー