

岡山大学工学部 正会員 阪 田 憲 次
川 崎 製 鉄 正会員 岡 本 勝 昭
同 上 正会員 ○ 谷 敷 多 穂
清 水 建 設 島 居 敬 孝

1. まえがき

製鉄所内のコンクリート構造物は、溶銹、溶鋼といった非常に高温状態のものを取扱うために、高温状態にさらされることが多く、また、沿海に位置するために、塩分が供給されやすい。このようなことから、コンクリートにひびわれが発生するなどの劣化現象が、しばしば見られるようになってきた。ここでは、14年間にわたって高温状態にさらされ、かなりの劣化が確認されている溶銹炉鉄床の補修対策を立てることを目的に、本格的な調査を行ない、劣化原因の分析を実施した結果を報告するものである。

2. 調査概要

調査した構造物は図-1のようなRC造の連続ラーメン構造で、操業時は、鉄床の中に、トビードカーと呼ばれる溶銹を運ぶ貨車が、溶銹炉から出銹される約1600℃の溶銹を受銹するために停車しており、トビードカーの受銹口附近のコンクリートは常に高温状態にさらされている。

調査方法は表-1のように、環境調査、表面状態調査、内部状態調査の3つに分類し、個々の部材の劣化状況を内外部の双方から総合的な評価が実施できるようにした。

3. 調査結果および考察

3.1 環境調査

温度測定状況を図-2に示す。測定は、操業中の状態に近づけるため、トビードカーを測定位置に一致させて停車させ、温度がほぼ定常になるまでのおよそ6時間継続して行なった。この結果、熱源に最も近い梁の下面では280℃に達し、続いて床版の下面で190℃、柱の側面で60℃となっており、各部が相当地に熱影響を受けていることが確認できた。

大気中の塩素ミスト濃度は、海岸から数百メートルという立地条件から、 $4.38 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 6.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、内陸部の10倍程度である。

3.2 表面状態調査

調査対象は、床版10面、梁33本、柱23本である。図-3からわかるように、床版には熱影響特有の亀甲状のひびわれが全面にわたって発生し、幅0.5mm以上のひびわれも多く、剝離した箇所も相当見られる。梁においても、ひびわれの方向は必ずしも一定しておらず、床版とよく似た様相を呈している。柱については、主鉄筋に沿った縦方向のひびわれが支配的で、その殆どが、幅0.5mm以上と大きく、腐食膨張した鉄筋が露出しているものもある。このことから、主鉄筋の腐食膨張によってかなりひびわれ幅が拡大されたものと考えられる。

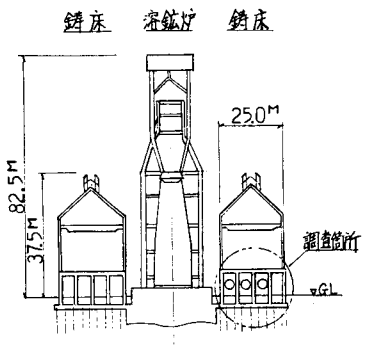


図-1 調査箇所概念図

表-1 調査分類および調査項目

分類	項目	調査数
環境調査	コンクリートの表面温度	9ヶ所
	大気中の塩素ミスト濃度	2ヶ所
表面状態調査	床版	10面
	ひびわれ(幅・長さ)	33本
	剝離状況、石灰析出	23本
内部状態調査 (コア採取)	圧縮強度	47個
	弾性係数	47個
	単位体積重量	46個
	含炭素分率	59個
	pH値	34個
	中性化深さ	99個
	鉄筋の腐食	27個

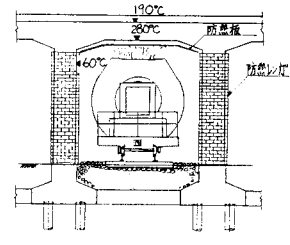
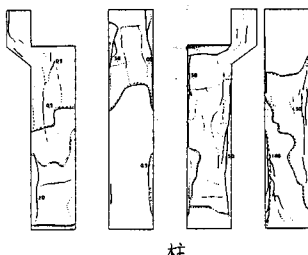
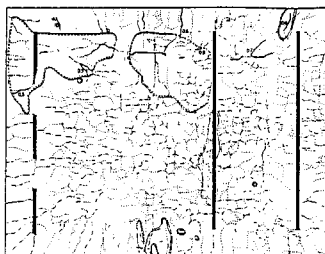


図-2 コンクリート表面の温度測定状況



床版

柱

図-3 ひびわれ状況

3.3 内部状態調査

分析に用いた供試体は全て調査構造物からコアを抜き取っている。

圧縮強度と弾性係数の関係を図-4に示す。新設時の設計基準強度は、 180 kg/cm^2 で、試験結果の74%がこれ以上であり、 σ_k の80%である 144 kg/cm^2 を下まわるのは4%となっており、R.C示方書(土木学会)の基準を満足している。また、圧縮強度と弾性係数は強い相関があるものの、弾性係数は高温を受けたために低下しているようである。

細骨材重量に対する塩分含有率は、最大3.3%、平均0.28%と、かなり高い含有率であった。含有率の断面内分布を見てみると、図-5のように表面付近で含有率が高く、内部へ進むにつれて低くなる傾向があることがわかる。この原因としては、構造物が沿海に位置すること、溶鉱炉鉄皮冷却用の海水が飛散していたことにより、塩分が外部から供給されたためだと考えられる。また、塩分含有率と腐食程度を図-6に示す。

中性化の深さを図-7に示す。中性化は最大で31mmであり、鉄筋位置まで達していないので、直接的な劣化の要因ではないようである。

4. まとめ

前述の調査結果を総合して劣化の原因を推測すると、初期の小さなひびわれが、高温によって発生し、温度変化の繰返しなどによって次第にひびわれが大きく深くなり、鉄筋位置まで到達する。そこに、大気中の酸素、水分、塩分が浸入することによって、鉄筋を腐食膨張させ、ひびわれをさらに大きくし、かぶり部分のコンクリートを剥落させるまでに至らせたものと考えられる。

5. あとがき

損傷度の判定の詳細については、別編「コンクリート構造物の劣化度の判定」をご参考にして頂たくお断わり致します。

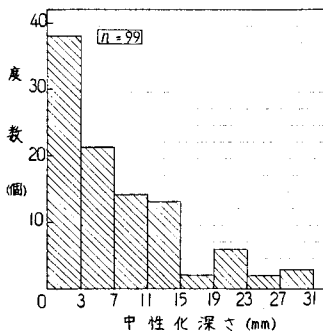


図-7 中性化深さ

凡 例				
ひびわれ状態	ひびわれ幅の区分	表示基準	画 像	
	0.1mm未満	細い線		
	0.1mm ~ 0.3mm未満	一般線		
	0.3mm ~ 0.5mm未満	粗い線		
	0.5mm以上	太い線	0.5mm以上は細線を太線で記入する。	
ひびわれ以外の状態	項 目	表示基準	項 目	表示基準
	はく離		腐 食	
	石灰析出		鉄筋の露出	
	その他		その他	

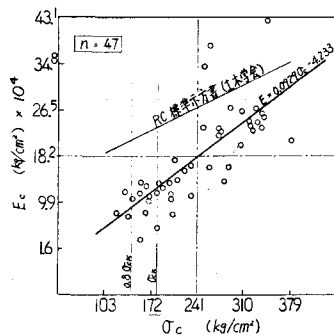


図-4 圧縮強度および弾性係数

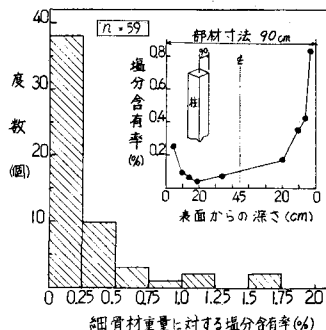


図-5 塩分含有率および分布状況

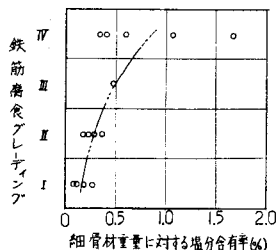


図-6 塩分含有率と鉄筋の腐食

アレサイン	鉄筋の状態
I	腐食の程度が軽微で、鉄筋は完全に被膜で覆われているが、コンクリート面に露出している箇所はない。
II	部分的に腐食が認められるが、小面積の腐食である。
III	腐食の程度は腐食層で認められ、鉄筋の周囲には腐食層が形成されている。
IV	腐食が激しく、鉄筋が露出している。