

東洋大学 工学部 正会員 ○坂本信義 正会員 岩崎訓明

1 ま え が き

海洋環境下のコンクリート構造物における鉄筋の防食対策として、溶融亜鉛めっき鉄筋の使用があり、土木学会では「亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(案)」が制定されている。この指針において、亜鉛めっきを施す鉄筋は原則として曲げ加工を行っていないものでなければならないと規定されているが、スターラップや帯鉄筋のように小さい曲げ半径で曲げ加工されている場合には、めっき皮膜が損傷を受けるおそれがあるため、亜鉛めっきを施す前に曲げ加工を行うことがある。そこで曲げ加工によるめっき皮膜の剝離およびめっき前の曲げ加工による鉄筋の材質変化について実験を行い、鉄筋の種類と直径、めっき溶温度、浸漬時間、曲げ角度、曲げ内半径等の影響を調べた。ここでは、その一部を報告する。

2 曲げ加工部分におけるめっき皮膜の剝離損失について

表-1に示すように、12種類の鉄筋についてめっき条件と曲げ加工条件を変え、304通りの組合せで曲げ加工部分における皮膜の剝離に関する実験を行った。

試験片は各組合せについて2～3本とし、その平均をとって実験値とした。また曲げ加工には油圧式と電動式の装置を用いて所定の曲げ角度と曲げ内半径となるように加工を行った。

試験結果はめっき皮膜の損失量を鉄筋の曲げ加工部分の表面積で割った次式を用いて算出した損失度で表した。

損失度 (g/m^2) = 損失量 / $2\pi^2 \phi^2 (r/\phi + 1/2) \cdot \theta/360^\circ$ 、ここに、 r = 曲げ内半径、 ϕ = 鉄筋直径、 θ = 曲げ角度、

図-1は曲げ角度と損失度との関係について実験結果の一例を示したもので、一部の例外($\phi 25, D25$)を除き、曲げ角度が2倍になったときの損失度は平均約1.18倍程度であって、曲げ角度の影響が小さいことがわかる。従って、めっき皮膜の総損失量は曲げ角度にほぼ比例するといえる。

図-2は鉄筋中心の曲げ半径と鉄筋直径との比($r/\phi + 1/2$)が2.5以上、すなわち、曲げ内半径が鉄筋直径の2倍以上の場合には皮膜の剝落は起こりにくいといえる。しかし、詳細にみると、 r/ϕ が一定ならば鉄筋直径が小さいほど剝離しやすい傾向が認められる。なお、めっき条件の影響については亜鉛浴温度が高く、浸漬時間が長いほどめっき皮膜は剝離しやすくなる。たとえば、溶融亜鉛温度460℃、浸漬時間60秒のめっき条件では剝離や損傷がなく、損失度は0であったが、500℃、180秒の場合には、曲げ角度180°、 $r/\phi + 1/2 = 5.5$ 、において $\phi 9$ の損失度は478 g/m^2 を示した。

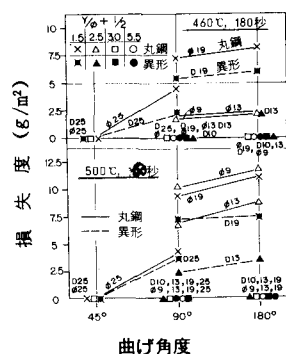
3 めっきおよび曲げ加工による鉄筋の脆化について

(1) 実験方法、めっき前に曲げ加工した鉄筋、めっき後に曲げ加工した鉄筋および無めっき鉄筋を曲げ加工したものについて、繰返し曲げ試験を行い、折断するまでの繰返し回数を比較した。めっき条件は温度

表-1. 鉄筋種類と曲げ加工条件

曲げ 角度	r/ϕ	$\phi 9$ D10	$\phi 13$ D15	$\phi 16$ D16	$\phi 19$ D19	$\phi 25$ D25	$\phi 28$ D29
45°	1 2 2.5					○ ○ ○	○
90°	1 2 2.5 3 5	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○
180°	1 2 2.5 3 5	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		
鉄筋 {SR24 亜鉛浴温度: 460℃, 500℃ SD50 浸漬時間: 60秒, 180秒}							

図-1. 損失度と曲げ角度の関係



を 440℃ と一定にし、浸漬時間を 30、60、90、180 秒に変えた。また、繰返し曲げ試験を行う前の曲げ角度を 0°、90°、180° とし、曲げ内半径は 2φ とした。繰返し曲げ試験方法は、曲げ内半径を 2φ 一定としていったん所定の曲げ角度 (90°、180°) に曲げた鉄筋を真直ぐに戻し、これを曲げ回数 1 回とし、次に曲げ角度 45° で曲げと曲げ戻しを繰返し、曲げと戻しをそれぞれ 1 回に数えて鉄筋が破断あるまでの回数を求めた。

(2) 浸漬時間の影響、 実験は前述のとおり、30、60、90、180 秒の浸漬時間で行ったが、浸漬時間の差による影響はほとんど認められなかった。

(3) 鉄筋の種類と直径の影響、 図-3. は曲げ角度 90° の場合の破断までの繰返し曲げ回数を丸鋼及び異形鉄筋の呼び径との関係において示したものである。全体的に異形鉄筋の方が丸鋼よりも破断が早く、また鉄筋径が大きくなる程早く破断する傾向が認められる。

(4) 曲げ角度の影響、 図-4. は曲げ角度を 180° とした場合の実験結果の一部であって、破断までの繰返し曲げ回数は、曲げ角度が 90° の場合の約 1/2 となっている。

(5) 亜鉛めっきの影響、 図-5. は曲げ角度 90° の場合について破断までの曲げ回数比、Na/No、Nb/No、Na/Nb、を示したもので、Na はめっき後に曲げ加工、Nb はめっき前に曲げ加工、No は無めっき鉄筋を曲げ加工したものの繰返し数である。

繰返し数が無めっき、めっき後、めっき前の順に小さくなっていることは図-3. でも認められるが、図-5. によれば、めっき前に曲げ加工を行った丸鋼鉄筋は無めっき鉄筋を曲げ加工したものに比べて、細物鉄筋で約 50 ~ 60%、太物鉄筋で 40% 位に繰返し数が減少していることがわかる。また、異形鉄筋では 20 ~ 30% に減少しており、低下率が大きい。これに対して、めっきを施してから曲げ加工をした場合には繰返し回数比は丸鋼で 70 ~ 80%、異形鉄筋で 60 ~ 80% であって低下率は小さい。

さらに、曲げ加工をめっき前にするかめっき後にするかによる差をみると、Na/Nb は 1.3 以上であり、特に異形鉄筋の場合は、2.0 ~ 3.0 となっており、めっき前の曲げ加工による材質の脆化が大きいことを示している。

4 む す び

以上のように、曲げ加工によるめっき皮膜の剝離性状とその影響要因、および亜鉛めっきによる鉄筋材質の脆化についてはある程度明らかにすることが出来たが、鉄筋の材質変化については今後さらに研究を続ける考えである。

参考文献

1. 岩崎訓明：亜鉛めっき鉄筋の特性と使用方法・コンクリート工学 vol. 19, No. 2, Feb. 1981
2. 土木学会：亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 (案) 昭和 55 年 4 月

図-2. 損失度におよぼす $(\tau/\phi + 1/2)$ の影響

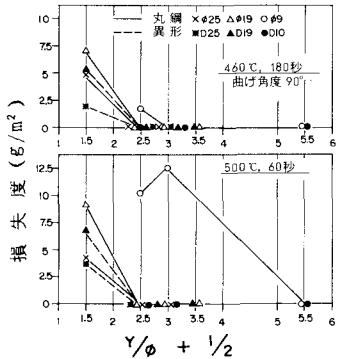


図-3. 図-4. 破断までの繰返し曲げ回数が鉄筋径におよぼす影響

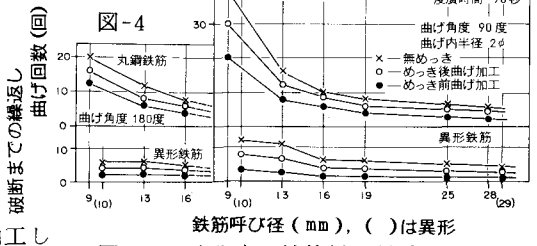


図-5. 脆化率と鉄筋径の関係

