

鉄筋コンクリート橋梁のひびわれと鉄筋腐食に関する調査・研究

CRACKING AND REINFORCEMENT CORROSION IN REINFORCED CONCRETE BRIDGES

谷内田昌熙*・石橋忠良**・佐藤勉***

By Masaki YACHIDA, Tadayoshi ISHIBASHI and Tsutomu SATO

A study of design recommendations in various countries for the avoidance of reinforcement corrosion suggests that no real consensus exists on the levels of concrete cover and permissible crack width which should be specified.

This paper attempts to assess the distribution of cracking, the factors of crack width, and the control of corrosion by reference to data carried out in 75 reinforced concrete bridges. And the possibility of a more rational design approach to corrosion control is discussed.

Keywords : crack, corrosion, concrete, reinforcement, bridge

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物のひびわれに関する設計法は現在まだ確立されているとはいえない。ひびわれに対する検討方法として、その方法に若干の違いがあるが、計算で求めたひびわれ幅が鉄筋腐食との関連を考慮して定めた許容ひびわれ幅以下に制限するといった考え方を探っている設計基準が多くみられる。これらひびわれ幅の算定式は、各種模型供試体にて導かれた実験式であり、算定式により得られるひびわれ幅と実構造物のひびわれ幅との対応を検討した報告は少ない。

また、許容ひびわれ幅の設定についても、その基礎となるひびわれと鉄筋の腐食との関係には多くの議論があり、検討すべき点が残されている。神山の供試体による6~8年間の暴露試験¹⁾、関・丸山の9年間海水循環水槽での浸漬試験²⁾、西田・杉本・富山の20年間暴露試験³⁾等から、鉄筋の腐食とひびわれ幅とは関係があるとの報告をしている。一方、Tremperは10年間の海岸線での暴露試験⁴⁾結果から、ひびわれ幅と鉄筋腐食には明確な

関係がないこと、太田は10年間経過した海岸地帯にあるRC桁の解体試験⁵⁾結果から、かぶりが20~30 mmではひびわれ幅と鉄筋腐食に関連がみられず、かぶりが40 mmではひびわれ幅と鉄筋腐食に関連がみられる、との報告をしている。

このようにひびわれと鉄筋腐食に関しては、実構造物の実測ひびわれ幅と計算ひびわれ幅との対応、鉄筋の腐食とひびわれ幅、かぶり、コンクリートの品質、経年、環境条件等の各要因との関係についてまだ未解明の点が多く残されている。

本研究は、10~60年を経過した既設の鉄筋コンクリート鉄道橋75橋について、ひびわれ状況、鉄筋の状況、コンクリートの中性化等を調査し、特に、実構造物におけるひびわれ幅と計算ひびわれ幅との対応、鉄筋の腐食とひびわれ幅、かぶり等との関係について考察したものである。

2. 調査内容

(1) 調査橋梁

鉄筋コンクリート橋梁のひびわれ調査は、図-1に存在する75橋梁について実施した。ここで、T形断面単純桁54橋、箱形断面単純桁は、19橋、ラーメン高架橋は、2橋である。橋梁の経過年数は、10~60年程度であ

* 正会員 国鉄構造物設計事務所所長
(〒151 渋谷区代々木2-2-6)

** 正会員 工博 国鉄構造物設計事務所主任技師(同上)
*** 正会員 国鉄構造物設計事務所補佐(同上)

る。また、橋梁の環境条件としては、厳しい腐食性環境に位置するものは、調査対象から除いており、一般的な環境に位置するもの（ただし、寒冷地は含むが凍害の生じていないもの）を対象とした。

（2）調査項目および方法

調査は、表-1に示す項目について実施している。ひびわれ分布の調査位置は、図-2に示す主桁のスパン中央およびスパン1/4点の各1.5m区間ににおける桁底面および桁側面とした。なお、ひびわれ幅は、橋軸方向（橋軸直角方向に約20cm間隔）に直線に区切り、この直線と交差するひびわれに対してクラックスケールを用いて測定した。また、図-3に示すようなひびわれ展開図を作成し記録した。

コンクリートの中性化深さは、桁底面の最大ひびわれ

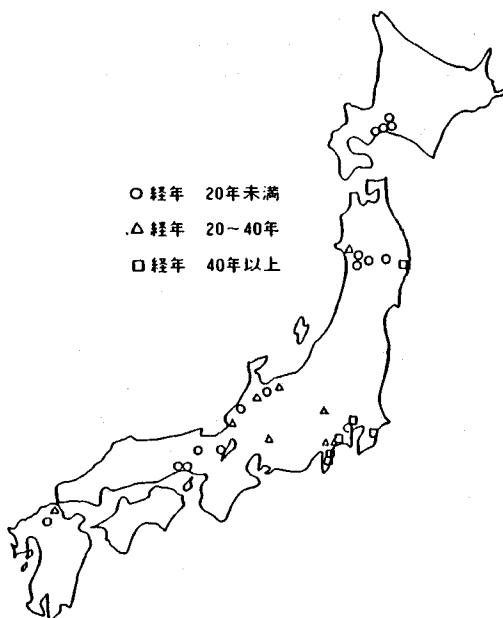


図-1 ひびわれ調査橋梁の分布

表-1 調査項目および方法

調査項目	調査位置及び方法
ひびわれ分布	桁スパンの1/2, 1/4点における底面及び側面のひびわれ（幅0.04mm以上）を対象
ひびわれ長	
ひびわれ幅	
コンクリート中性化深さ	桁底面での最大ひびわれ部を対象 (フェノールフタレン1%アルコール溶液を使用)
鉄筋のかぶり	中性化測定位置において、主鉄筋・スターラップのかぶり
鉄筋の腐食状況	中性化測定位置において、鉄筋の発錆状況を目視により観察し、その程度をI~IVに分類 I…………発錆がない II…………斑点または部分的な発錆がある III…………全体に赤錆がある IV…………黒錆または浮き錆で断面欠損がある

部を中心に約10×10cmの範囲にコンクリートを鉄筋位置まではり、フェノールフタレン1%アルコール溶液を噴霧し、赤変しない部分の深さをノギスで測定した。測定値は、はり箇所1か所につき4か所測定した値の平均値で表わしたものとした。また、コンクリートの中性化測定位置において、鉄筋のかぶりの測定および鉄筋の腐食状況の観察を行った。鉄筋の腐食状況は目視により観察し、その腐食の程度を表-1に示すI~IVのランクに従って分類したものとした。

調査項目は、表-1に示す項目のほかに3橋梁については、列車荷重載荷時の鉄筋ひずみの増加量およびひび

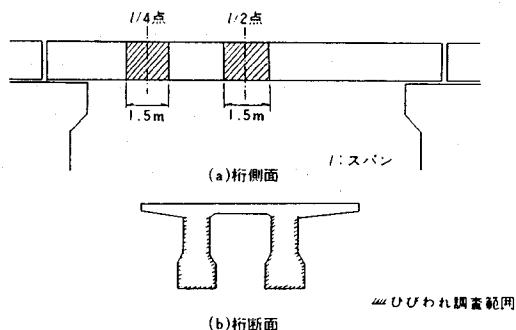


図-2 ひびわれ調査位置

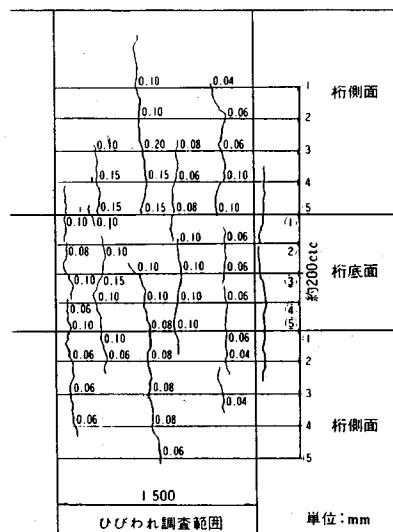


図-3 ひびわれ展開図の例

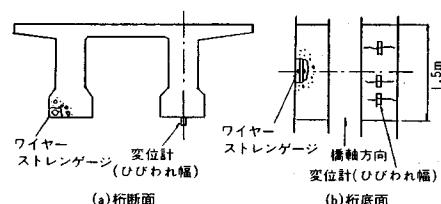


図-4 列車荷重時のひびわれ幅と鉄筋ひずみの測定位置

われ幅の増加量の測定を実施した。鉄筋ひずみは、ひびわれ発生部においてコンクリートをはつり、鉄筋を露出させ、ワイヤーストレングージ（測長5mm）を鉄筋に取り付けて測定を行った。また、ひびわれ幅の増加量は、図-4に示すように鉄筋ひずみを測定する主桁と別の主桁に発生しているひびわれを3か所選び、変位計（5/1000mm精度）により測定を行った。

3. 調査結果

(1) かぶりについて

各橋梁に対して主桁のスパン中央付近においてコンクリートをはつり、軸方向鉄筋およびスターラップのかぶりの調査を実施した。桁底面における軸方向鉄筋のかぶりの設計値に対する実測値（実測値/設計値）を図-5に示す。設計図に示されたかぶりは40~73mmで、それに対し（実測値/設計値）の平均値は1.32となり、全体としてかぶりは設計値よりも大きいものが多い。しかし、調査した53橋のうち、設計値よりも小さいものも12橋あり、全体の約20%となっている。また、実測かぶりが設計値に対して17mm少ない橋梁も存在し

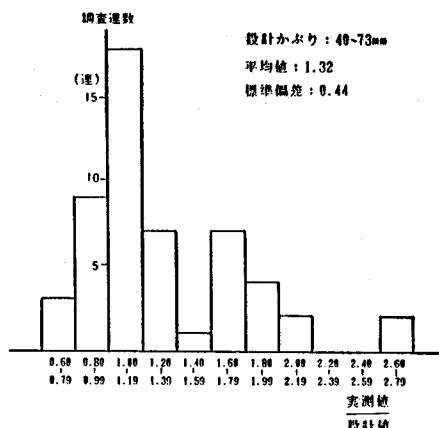


図-5 桁底面における軸方向鉄筋のかぶりの施工誤差

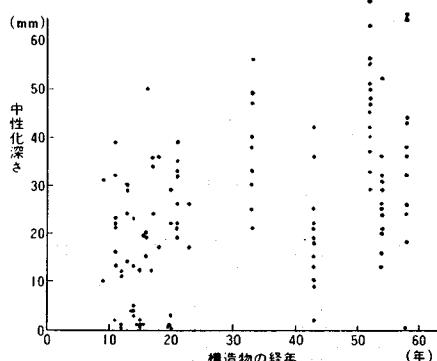


図-6 構造物の経年と中性化深さ

ている。

(2) コンクリートの中性化について

フェノールフタレン1%アルコール溶液の噴霧によるコンクリートの中性化深さ試験の結果を、橋梁の経過年数別に図-6に示す。コンクリートの中性化は、一般に経過年数の増加に伴い増加する傾向がみられるが、ばらつきが大きい。図-6より、橋梁の経過年数が20年以下の比較的新しい橋梁においても、中性化を全くしていないものから最大で50mmの中性化が進んでいるものまでみられ、中性化的進行はコンクリートの品質、環境条件等の要因による影響が大きいものと思われる。なお、経過年数が20年以下で50mmの中性化が進んでいる橋梁のコンクリートは、観察からも空隙の多い品質のよくないものと判断された。

(3) ひびわれについて

調査橋梁75橋のうちT形断面単純桁と箱形断面単純桁について、スパン中央とスパン1/4点の各1.5m区間ににおける桁底面および側面のひびわれ性状の検討を行った。

なお、作成したひびわれ展開図（図-3）より、ひびわれの性状を下記のように定量化を行うものとした。

ひびわれ度数 f_i : 図-3に示すように、桁底面および側面に対し橋軸方向に直線で区切り、1.5m区間ににおけるひびわれとこの直線との交差する総数

ひびわれ幅 W_i : 直線と交差するひびわれの幅（mm）

ひびわれ発生量 $\sum W_i$: W_i の合計量（mm）

平均ひびわれ幅 \bar{W} : $\sum W_i/f_i$ (mm)

平均ひびわれ間隔 \bar{l} : $1500 \cdot n/f_i$ (mm)

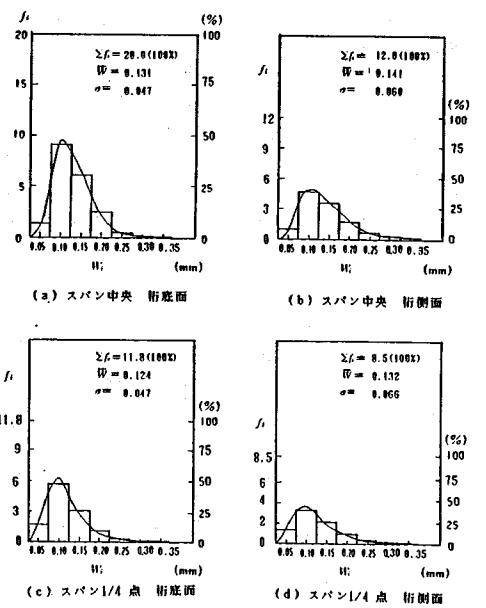


図-7 ひびわれ幅の度数分布(T形断面桁42橋84主桁の平均)

ここで、 n ：20 cm 間隔に区切った直線の本数、図-3 では 5 本。また、直線の長さは 1500 mm。

図-7, 8 にひびわれ幅の度数分布図を示す。図-7(a)～(d) の度数分布図は、T 形断面単純桁のうち、スパン中央での軸方向鉄筋の死荷重時鉄筋応力度の計算値が、700～1000 kgf/cm² (68.6～98.0 MPa) の範囲にある橋梁 (42 橋 84 主桁) のひびわれ幅の度数分布を 1 主桁当たりの平均で示したものである (以下、平均度数分布というものをとする)。図-7(a)～(d) は、各測定位置ごと (スパン中央の桁底面と側面およびスパン 1/4 点の桁底面と側面) の平均度数分布と実測値の平均値と標準偏差より定まる対数正規分布曲線を示した。これより、どの測定位置も実測のひびわれ幅の平均度数分布は、対数正規分布とよく一致することがわかる。

また、図-8(a)～(d) は、図-7 と同様に 1 室箱形断面単純桁のうち、スパン中央の軸方向鉄筋の死荷重時鉄筋応力度の計算値が 760 kgf/cm² (74.5 MPa) の 4 橋梁のひびわれ幅の平均度数分布を示した。箱形断面の橋梁においても、ほぼ同様にひびわれ幅の平均度数分布は対数正規分布と一致する。これらの結果は、尾坂らの報告⁶⁾とも一致する結果となっている。

図-7, 8 の結果から、ひびわれ幅の平均度数分布図を比較すると、次の事柄がわかる。

(1) 桁底面と側面の度数分布図 (図-7, 8(a) と (b), (c) と (d)) から、桁底面のひびわれの方が、ひびわれ度数が多く平均ひびわれ幅が小さい。これは、鉄筋の配置が桁底面では密であるため、ひびわれが分散されているためと考えられる。また、桁底面の度数分布は側面

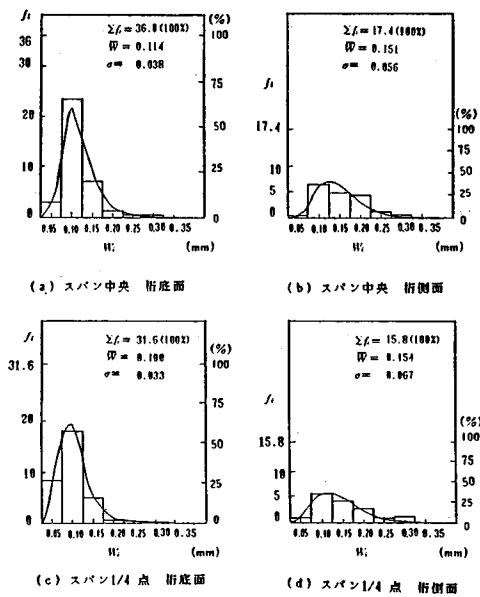


図-8 ひびわれ幅の度数分布 (箱形断面桁 4 橋の平均)

と比較し、標準偏差が小さく比較的集中した分布形状を示している。これも、同様に鉄筋の配置状態の違いによる影響と考えられる。

(2) スパン中央と 1/4 点の桁底面の度数分布図 (図-7, 8(a) と (c)) から、スパン中央でのひびわれの方が、ひびわれ度数が多く平均ひびわれ幅も大きい。軸方向鉄筋は、モーメントに応じて折曲鉄筋にし減らしているため、スパン中央も 1/4 点も軸方向鉄筋の応力度はほとんど変わらない。スパン中央と 1/4 点でのひびわれ状況の違いは、コンクリートの縁応力度の違いにより生じたものと考えられる。

4. ひびわれに関する検討

(1) 最大ひびわれ幅と平均ひびわれ幅

3. (3) において定義した平均ひびわれ幅 \bar{W} と最大ひびわれ幅 W_{max} との関係を図-9 に示す。図-9 は、T 形断面桁のスパン中央底面での関係を示したものである。

この関係について原点を通る 1 次回帰式で求めると、

$$W_{max} = 1.67 \bar{W}$$

となり、ほぼ平均ひびわれ幅の 1.7 倍で表わされる。また、同様にスパン中央の側面、スパン 1/4 点の底面と側面についても、平均ひびわれ幅と最大ひびわれ幅との関係を回帰式で求めるとき表-2 のようになり、部材位置にかかわらず最大ひびわれ幅は、平均ひびわれ幅のほぼ

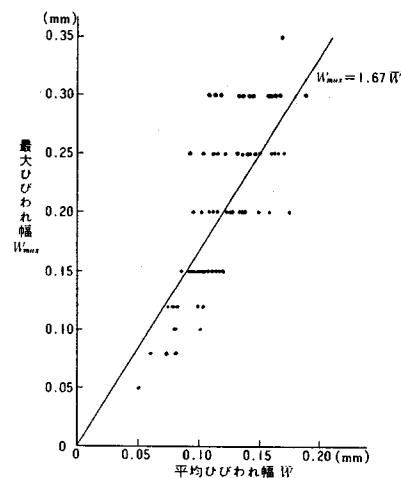


図-9 平均ひびわれ幅と最大ひびわれ幅

表-2 最大ひびわれ幅と平均ひびわれ幅

測定位置	回 帰 式	変動係数
スパン 中 央	$W_{max} = 1.67 \bar{W}$	25.5%
	$W_{max} = 1.81 \bar{W}$	22.8%
スパン 1/4点	$W_{max} = 1.60 \bar{W}$	23.8%
	$W_{max} = 1.71 \bar{W}$	23.0%

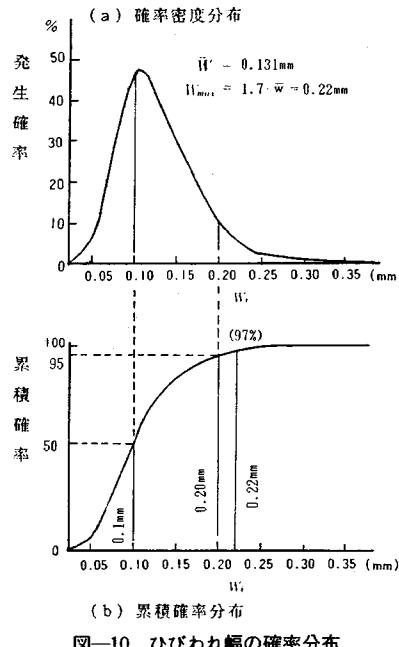


図-10 ひびわれ幅の確率分布

1.6~1.8倍の範囲にあるといえる。

図-10に、図-7(a)に示すT形桁のスパン中央の桁底面におけるひびわれについて、対数正規分布の確率密度分布とその累積確率分布を示した。図-10(b)より、ひびわれ幅が0.1 mmで累積確率が約50%，0.2 mmでは約95%と、ひびわれ幅と累積確率の関係を求めることができる。また、平均ひびわれ幅 $\bar{W} = 0.131$ mm(図-7(a)より)を用いて、最大ひびわれ幅 W_{\max} を、 $1.7 \bar{W} = 0.22$ mmとすると、最大ひびわれ幅の累積確率は約97%と求めることができる。

(2) 列車荷重載荷時のひびわれ幅の増加

4橋梁について、実測した列車荷重載荷時のひびわれ幅の増加量と、実測鉄筋ひずみの増加量より計算したひびわれ幅の増加量との関係を図-11に示す。なお、図-4で示したように、ひびわれ幅測定用の変位計と鉄筋ひずみ測定用のワイヤーストレングージの取付け位置が異なっている。また、実測鉄筋ひずみの増加量より計算したひびわれ幅の増加量は、式(1)で求めている。

ここで、 W_{cal} ：ひびわれ幅の増加量の計算値

ϵ : 実測鉄筋ひずみの増加量

l:ひびわれ間隔の実測値

h: 術高

d ：有效高

x ：桁上縁より中立軸位置までの距離

図-11より、計算値と実測値はほぼ一致しており、ひびわれ幅の増加量は鉄筋ひずみの増加量にひびわれ間

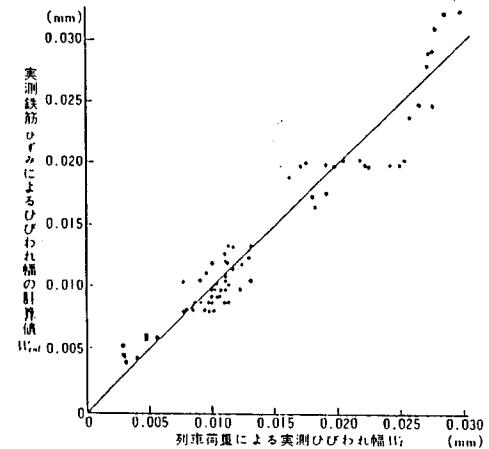


図-11 列車荷重によるひびわれ幅の増加量の比較

表-3 死荷重時ひびわれの実測値と計算値の比較

橋梁番号	測定No.	死荷重時 ひびわれ幅 W_a (mm)	死荷重時 鉄筋逆 ϵ_s (μ)	ひびわれ 間隔 l (cm)	$\frac{h-x}{d-x}$	ひびわれ幅 の計算値 W_{cal} (mm)	$\frac{W_{cal}}{W_a}$
①	1	0.25	280	21	1.15	0.068	0.27
	2	0.30	280	24	1.15	0.077	0.27
②	1	0.35	345	27	1.07	0.100	0.29
	2	0.35	345	30	1.07	0.078	0.22
	3	0.25	345	23	1.07	0.085	0.34
③	1	0.30	338	22	1.07	0.080	0.27
	2	0.30	338	22	1.07	0.080	0.27
	3	0.30	338	22	1.07	0.080	0.27

隔を乗ずることによって表わすことができる。

ただし、測定した列車荷重によるひびわれ幅の増加量は、ひびわれ間隔が 20~30 cm、死荷重時ひびわれ幅が 0.2~0.35 mm のスパン中央付近の代表的なひびわれを対象とした。

(3) ひびわれ幅の実測と計算

式(1)によって求まるひびわれ幅の増加量が、比較的実測値と一致していることから、死荷重時鉄筋ひずみの実測値を用いて式(1)で死荷重時のひびわれ幅を求める表-3のようになつた。鉄筋ひずみの実測値は、ワイヤーストレンゲージを取り付けた鉄筋を切断し、ひずみの戻り量を測定して求めたものである。表-3より、死荷重時のひびわれ幅の計算値は実測値の約30%となっており、ひびわれ幅は、鉄筋ひずみによるひびわれ幅以外の影響、つまりコンクリートの乾燥収縮およびクリープによるひびわれ幅の増加が大きな割合を占めているものと考えられる。また、施工の状況や構造物の環境条件等によっても、ひびわれ幅の増加に影響するものと思われる。

(4) ひびわれ間隔およびひびわれ発生量

スパン中央の桁底面における平均ひびわれ間隔と実測かぶりとの関係を図-12に示す。調査橋梁の範囲において、平均ひびわれ間隔は、かぶりの約3倍の間隔が最小値となっている。また、平均ひびわれ間隔の最大値に

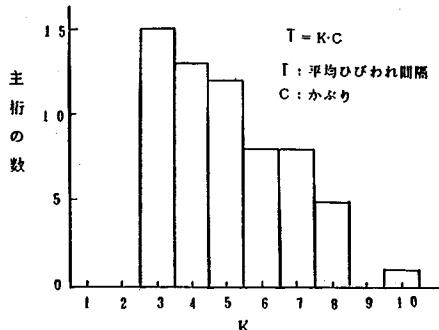


図-12 平均ひびわれ間隔とかぶり

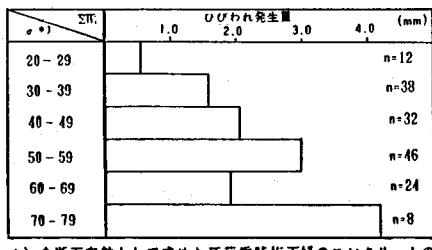


図-13 コンクリート下縁の応力度別のひびわれ発生量

については、ひびわれがわずかしか生じていない橋梁もあり、大きくばらついている。

死荷重時のコンクリート下縁の応力度別のひびわれ発生量の平均値を、図-13に示す。死荷重時のコンクリート下縁の応力度は、スパン中央とスパン1/4点での自重と版上荷重(バラスト、軌道等)を考慮して、全断面有効として計算で求めている。図-13では、各橋梁のスパン中央とスパン1/4点のコンクリート下縁の応力度を10 kgf/cm²(0.98 MPa)の範囲で分類して、その範囲にある橋梁の底面ひびわれ発生量の平均値を示した。図-13より、ひびわれは、コンクリート下縁の応力度の増加に伴い、増加する傾向がみられる。

5. 鉄筋の腐食に関する検討

(1) 分析方法

鉄筋の腐食状況は、ひびわれ発生位置においてコンクリートをはつり、目視により観察し、その腐食の程度を表-1に示したI~IVのランクに分類している。ここでは、鉄筋の腐食に関して表-1の4ランクに分類したもののうち、IおよびIIを「錆びていない」、IIIおよびIVを「錆びている」として2群に分け、判別分析¹¹⁾を行った。なお、判別分析に用いる変数は、表-1の調査項目のうち、ひびわれ幅(W)、かぶり(C)、コンクリートの中性化深さ(Y)の3要因とした。また、分析は、部材(はり、スラブ)と経年により、表-4に示す3ケー

表-4 統計処理に用いたデータの範囲

部材及び 経年	橋梁数	データ数	ひびわれ幅	かぶり	中性化深さ
梁 10~40年	70 橋	100	0~0.4 mm	8~110 mm	0~56 mm
梁 40~60年	5	100	0~2.0	8~63	0~65
スラブ 40~60年	5	100	0~0.9	7~102	14~66

スについて各100個のデータを使用して行った。分析は、鉄筋間隔、鉄筋径などの異なるはりとスラブに区分した。また、経年は、20年ごとに区分したが、20年未満と20~40年では分析結果がほぼ同一であったため、経年の区分は40年とした。各分析に用いた変数のデータの範囲は、表-4のとおりである。なお、ここでいうひびわれ幅は、死荷重時のひびわれ幅を示すものとする。

(2) 分析結果および考察

鉄筋の腐食に関する各要因の組合せでの判別分析結果を表-5に示す。分析は、3要因(ひびわれ幅、かぶり、コンクリートの中性化深さ)を表-5に示す4通りの組合せについて計算を行った。判別関数 Z は、 $Z>0$ で「錆びていない」、 $Z<0$ で「錆びている」として判別されるものである。また、それぞれの判別関数の有意性の検定のための F 値も計算し、表-5に示した。表-6には、3要因の組合せと2要因の組合せでの危険率1%水準の F 値を示す(表-5の F 値が、表-6の F 値より大きければ、判別関数は危険率1%以下で有意と検定される)。

分析結果(表-5)より、次の事柄が考察できる。

- a) 経年10~40年のはりについては、ひびわれ幅(W)とかぶり(C)の組合せでの判別関数の F 値が大きく、ひびわれ幅とかぶりが、鉄筋の腐食に大きく関係することを示している。
- b) 経年40~60年のはりとスラブについては、はりとスラブの両方とも、かぶり(C)と中性化深さ(Y)の組合せでの判別関数の F 値が大きく、経年した構造物ではかぶりとコンクリートの中性化が、鉄筋の腐食に大きく関係することを示している。
- c) 分析した3ケース(はり10~40年、はり40~60年、スラブ40~60年)とも、ひびわれ幅(W)と中性化深さ(Y)の組合せでの判別関数の F 値が最も小さくかぶり(C)を含んで分析すれば有効であることから、鉄筋の腐食進行にかぶりが大きな影響を与えると考えられる。

(3) 各要因と鉄筋の腐食について

a) かぶりの影響

かぶりが、鉄筋の腐食に最も影響を与えることを分析結果から知ることができた。そこで、表-5中の①式： $Z = -0.11 W + 0.00072 C - 0.015$ (誤判別確率約20

表-5 分析結果（判別関数およびF値）

変数	梁 10~40年		梁 40~60年		スラブ 40~60年	
	判別関数	F値	判別関数	F値	判別関数	F値
$W \cdot C \cdot Y$	$Z = -0.12W + 0.00073C + 0.00026Y - 0.016$	23.30	$Z = -0.0021W + 0.00052C - 0.00051Y - 0.012$	5.92	$Z = -0.028W + 0.00092C - 0.0011Y + 0.0022$	7.43
$W \cdot C$	$Z = -0.11W + 0.00072C - 0.015$ ①式	33.92	$Z = -0.0038W + 0.00051C - 0.022$ ②式	4.77	$Z = -0.044W + 0.00038C - 0.0084$	5.79
$W \cdot Y$	$Z = -0.069W + 0.00023Y + 0.0047$	3.63	$Z = -0.0013W - 0.00051Y + 0.011$	4.48	$Z = -0.043W - 0.00016Y + 0.013$	3.37
$C \cdot Y$	$Z = 0.00063C + 0.000010Y - 0.022$	25.04	$Z = 0.0051C - 0.00052Y - 0.011$	8.83	$Z = 0.00098C - 0.0012Y - 0.0012$	10.11

表-6 F検定(1%)

3変数	$F(3.97; 0.01) = 3.99$
2変数	$F(2.98; 0.01) = 4.83$

%) からひびわれを生じない場合で「錆びない」(表-1中の鉄筋の腐食状況の分類でⅠまたはⅡに属する)ための必要なかぶりは、①式に $Z=0$, $W=0$ を代入して、 $0.00072C=0.015$ より $C \approx 20 \text{ mm}$

として求められる。つまり、経年40年以下でひびわれのない部材のかぶりが 20 mm 以上確保されれば、ほぼ鉄筋の腐食が生じないといえる。

また、同様に②式： $Z = -0.0038W + 0.00051C - 0.022$ (誤判別確率約 37 %) から、必要なかぶりは、 $0.00051C=0.022$ より $C \approx 45 \text{ mm}$

として求められる。つまり、経年40~60年でひびわれのない部材のかぶりが 45 mm 以上確保されれば、ほぼ鉄筋の腐食が生じないと考えられる。ただし、②式は①式に比較して、F値が小さく判別関数の有意性は低い。この結果、構造物の経年の違いにより鉄筋の腐食が生じないための必要なかぶりが異なることから、耐用年数の長い構造物にあっては、かぶりを十分確保する必要があるといえる。

b) ひびわれ幅の影響

表-5中の判別関数でF値の最も高い①式で、「錆びない」ためのひびわれ幅(W)とかぶり(C)との条件は、 $Z=0$ を代入して整理すると

$$W = 0.0065C - 0.14 \text{ (mm)}$$

となる。上式より、経年40年以下で鉄筋のかぶりを 40 mm と仮定した場合、ひびわれ幅(死荷重時)が 0.12 mm 以下ならば、ほぼ鉄筋の腐食が生じないといえる。また、経年40~60年の場合では、ひびわれ幅(W)を含む判別関数のF値が経年40年以下に比べて小さく、これは、経過年数の長い橋梁では、ひびわれ幅が小さくても、中性化の影響等により、鉄筋の腐食が進行するためと考えられる。

6. まとめ

一般的な環境にある鉄筋コンクリート橋梁のひびわれと鉄筋腐食の調査を行い、各項目について調査資料を整理分析し考察した結果、明らかとなった主な点を記す。

(1) 構造物の経年とコンクリートの中性化深さの関係としては、傾向的には中性化深さは、経年とともに増加しているが、個々の構造物ごとのばらつきが大きい。この理由としては、コンクリートの品質の影響が大きいようである。

(2) ひびわれ幅の度数分布を対数正規分布と仮定すると、比較的の調査結果に適合する。

(3) 本文で定義した平均ひびわれ幅(\bar{W})と最大ひびわれ幅(W_{\max})との関係は、

$$W_{\max} = 1.6 \sim 1.8 \bar{W}$$

で表わされる。

(4) 図-10で示したひびわれ幅の累積確率分布より最大ひびわれ幅を $1.7 \bar{W}$ とすると、最大ひびわれ幅の累積確率は、約 97 % に相当している。

(5) 列車荷重載荷時のひびわれ幅の増加量は、鉄筋ひずみの増加量の実測値にひびわれ間隔を乗することでき表わすことができる。

(6) 死荷重時鉄筋ひずみの実測値から式(1)を用いて求めたひびわれ幅の計算値は、死荷重時のひびわれ幅の実測値の約 30 % 程度であり、乾燥収縮等が実橋のひびわれ幅に大きな影響を与えているものと思われる。

(7) 鉄筋の腐食に与える影響としては、かぶりの要因が大きいので、耐用年数に応じて最小かぶりを定めることが必要と思われる。

(8) 鉄筋の腐食は、かぶりのほかに経年40年以下の場合には、ひびわれ幅との関連が大きいが、経年40~60年の場合には、ひびわれ幅が小さくても、中性化により鉄筋腐食が進行するものと考えられる。

7. おわりに

ひびわれに関する設計法の基礎資料を得るために、実橋による調査を行い、各種分析結果を述べた。実橋調査か

ら得られたデータは、変動が大きいもののひびわれの性状および鉄筋の腐食に与える要因について、その傾向が明らかとなったものと考える。

最後に、本研究を進めるにあたり、昭和59年度、吉田研究奨励金をいただいたことを記して、御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 神山一：コンクリート中の鉄筋のさび、セメントコンクリート、No. 308, 1972年10月。
- 2) 関博ほか：長期間海水作用を受けたコンクリートはりのひびわれと内部鉄筋の腐食について、港研報告、Vol. 12, No. 3, 1973年9月。
- 3) 西田勝美ほか：鉄筋コンクリートのひびわれと鉄筋のさび—塩沢における20年放置実験の結果—、コンクリート工学、Vol. 14, No. 5, 1976年5月。
- 4) Tremper, B. : The Corrosion of Reinforcing Steel in Cracked Concrete, ACI Journal, Vol. 18, No. 10, June 1947.
- 5) 太田利隆：潮風をうけるRC桁のひびわれと鉄筋腐食について、第34回土木学会年次学術講演会、第V部、1979。
- 6) 尾坂芳夫・大塚浩司・松本英信：乾燥の影響を受ける引張RC供試体のひびわれ性状、コンクリート工学、Vol. 23, No. 3, 1985年3月。
- 7) 奥野忠一ほか：多変量解析法、日科技連、p. 259, 1981.
(1986.6.24・受付)