

大阪大学工学部 正 員 松井繁之

(株)大島造船所 正 員 ○ 鈴木 悟

大阪大学大学院 学生員 福田隆正

1. まえがき 鋼・コンクリート合成構造のうち、鋼材および鉄筋をコンクリート中に埋め込む形式のものでは、鋼材の腐食は周囲のコンクリートによって防がれている。しかし、周囲のコンクリートに幅の広いひびわれが発生した場合、鋼材の腐食防止能力が低下する。鉄筋コンクリート構造物においては、既にひびわれ幅制御法が確立されている。例えば、プレストレスしない連続合成桁の中間支点上にある配力鉄筋の応力を現行のコンクリート示方書に示されている範囲内に抑えれば、許容ひびわれ幅におさまるとされている。しかし、「合成鋼床版を持つプレストレスしない連続合成桁」については、コンクリート床版内部にスタッドが存在するためこの方法が適用できるか否かは不明である。今回、図-1に示す合成鋼床版を持つ3径間連続箱桁橋が計画された。そこで、本形式床版を持つ1本桁供試体を2体(供試体A、B)作製し負曲げ載とひびわれ幅についての検証を行った。

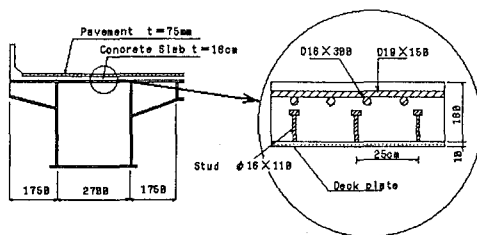


図-1 合成鋼床版連続桁の概要

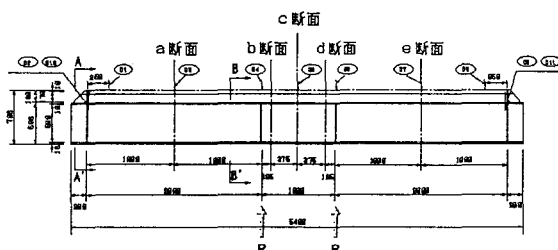


図-2 供試体の概要（供試体A）

2. 模型実験によるひびわれ分散性の検証 供試体の概要を図-2、表-1に示す。本実験の目的は床版上面に発生するひびわれ幅の推定であるので、ひびわれ幅と関連すると考えられる主要な断面にひずみゲージを貼付した。また、供試体のたわみ挙動を把握するために支点を含めてダイヤルゲージを設置した。載荷方法は、供試体A、Bともにコンクリート表面を下側とし、主桁中央から橋軸方向左右500mmの位置に油圧ジャッキで載荷し、負の曲げモーメントを与えた。載荷は繰り返し漸増で行ったが、繰り返しサイクルは供試体Aで5回、Bで6回である。また、ひびわれ幅を測定するため、ひびわれが発生する毎にすぐに除荷し、荷重0tonの状態にてπゲージを貼付した。各載荷サイクルにおける載荷荷重を表-2に示す。

表-1 供試体の概要

	A	B
桁長	5400mm	8900mm
フランジ幅	500mm	850mm
ウェブ高	500mm	800mm
スタッド径	φ16	φ16
スタッドピッチ	125mm	125mm
デッキ厚	10mm	10mm
スラブ厚	18cm	18cm

表-2 載荷荷重

対訳/洋名	和名/サケル名	和名/漢語
A	1 回目 (A-CASE1)	0ton - (1tonk' yf) → 12ton - (純濁) → 0ton ※音節 b、d 近接に x' y' 貼付
	2 回目 (A-CASE2)	0ton - (2tonk' yf) → 13ton - (1tonk' yf) → 22ton - (純濁) → 0ton
	3 回目 (A-CASE3)	0ton - (2tonk' yf) → 20ton - (1tonk' yf) → 40ton - (純濁) → 0ton
	4 回目 (A-CASE4)	0ton - (2tonk' yf) → 40ton - (1tonk' yf) → 50ton - (純濁) → 0ton
	5 回目 (A-CASE5)	0ton - (5tonk' yf) → 50ton - (純濁) → 0ton
B	1 回目 (B-CASE1)	0ton - (2tonk' yf) → 10ton - (純濁) → 0ton ※音節 c、e 近接に x' y' 貼付
	2 回目 (B-CASE2)	0ton - (2tonk' yf) → 10ton - (1tonk' yf) → 20ton - (純濁) → 0ton
	3 回目 (B-CASE3)	0ton - (2tonk' yf) → 20ton - (1tonk' yf) → 30ton - (純濁) → 0ton
	4 回目 (B-CASE4)	0ton - (2tonk' yf) → 40ton - (純濁) → 0ton
	5 回目 (B-CASE5)	0ton - (2tonk' yf) → 60ton - (純濁) → 0ton
	6 回目 (B-CASE6)	0ton - (5tonk' yf) → 60ton - (純濁) → 0ton

供試体のひびわれ状況を図-3に示す。供試体Aにおいて、最初にひびわれが発生したのは、載荷直下とスパンセンターから約750mmの部分であった。載荷初期には、約50～60cm間隔でひびわれは発生するが、その後は各ひびわれの間にも発生し、ひびわれ間隔は密になった。供試体Bについては、載荷直下の部分からひびわれが発生した。載荷初期のひびわれ発生間隔は、供試体Aと同様に、約50

～60cmであり、その後の分散性状もほぼ同様である。実験終了時には、供試体A、Bともに最小ひびわれ間隔は15cmであった。

3. ひびわれ幅の特性 供試体のひびわれについて、鉄筋応力-ひびわれ幅の関係を調査した。鉄筋応力が実際の活荷重応力の範囲内で、ひびわれ幅がある許容値内に収まっていれば問題ないといえる。ここでの許容ひびわれ幅は、実橋の環境条件は一般環境とし、防水工を施工することを考慮して、コンクリート標準示方書から0.295mmと算出した。スパンセンター付近の

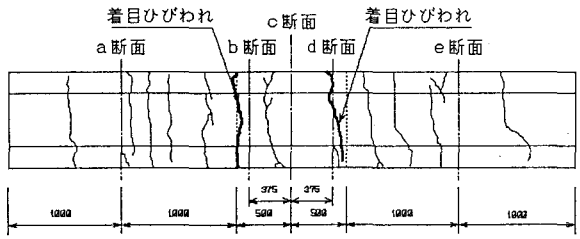


図-3 供試体ひびわれ状況（供試体A）

鉄筋応力とひびわれ幅の関係を図-4に示す。図からわかるように、鉄筋応力とひびわれ幅には線形関係がある。実橋の設計活荷重応力が451kg/cm²であるので、この時の実発生ひびわれ幅は許容ひびわれ幅範囲内にあり、十分安全であることがわかる。

次に、ひびわれ幅をひびわれ間隔で除して仮想のひずみと仮定し、引張側コンクリート無視とした鋼断面の鉄筋ひずみから算出した床版表面のひずみと比較するとよく一致する。この結果を図-5に示す。以上のことから、実橋においてもひびわれの間隔を仮定すると、ひびわれ幅はひびわれ間の曲げひずみの積分値で与えられることがわかった。

4. 設計床版におけるひびわれ幅の推定 供試体実験での結果をもとに、実橋におけるひびわれ幅の推定式を提案する。推定方法は、実橋床版表面の仮想ひずみを算出し、ひびわれ発生間隔を仮定して行うものとする。

$$\epsilon_{surf} = Y_c / Y_r \times \epsilon_{bar} \quad (1)$$

ここに、 ϵ_{surf} ：床版表面の仮想ひずみ、 Y_c ：実橋中立軸から床版表面までの距離（cm） Y_r ：実橋中立軸から鉄筋までの距離（cm）、 ϵ_{bar} ：鉄筋のひずみ、 $\epsilon_{bar} = \sigma_{bar} / E_s$

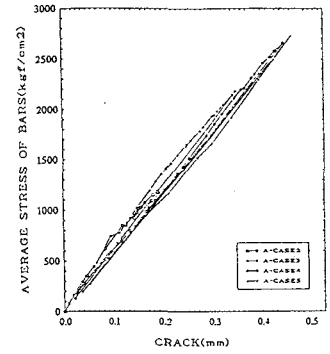
σ_{bar} ：設計鉄筋応力（kgf/cm²）、 E_s ：鉄筋のヤング係数（kgf/cm²）

そして、推定ひびわれ幅は、床版表面仮想ひずみと仮定ひびわれ間隔との積となり、その発生間隔が小さいとしてひずみは直線分布すると考えると、次式が成り立つ。

$$W_i = \epsilon_{surf} \times B_i \quad (2)$$

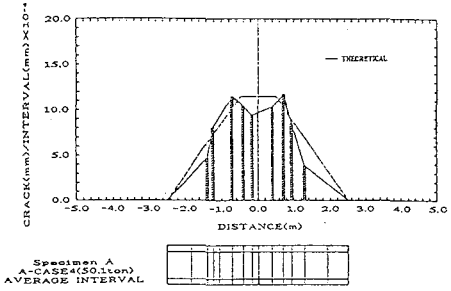
ここに、 W_i ：推定ひびわれ幅（cm）、 B_i ：仮定ひびわれ間隔（cm）

ひびわれの最小間隔は、一般にコンクリートスラブ厚程度である。また、合成床版ではデッキプレート上面に多数スタッドが溶接されており、このスタッドの頭付近からひびわれが発生すると思われる実験結果から、仮定ひびわれ間隔はスタッド間隔の1～2倍および設計床版のコンクリートスラブ厚を用いるものとする。設計断面より $\sigma_{bar} = 1679\text{kgf/cm}^2$ とし、 $E_s = 2.1 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$ 、 $Y_c = 149.23\text{cm}$ 、 $Y_r = 143.33\text{cm}$ とすると式(1)および(2)より表-3のような結果になり、いずれのひびわれ間隔でも、許容ひびわれ幅の範囲内にあることがわかった。



（供試体A・b断面）

図-4 鉄筋応力とひびわれ幅



（供試体A）

図-5 仮想ひずみと床版表面ひずみ

表-3 推定ひびわれ幅

仮定ひびわれ間隔 (mm)	推定ひびわれ幅 (mm)
125	0.1041 < 0.295
200	0.1665 < 0.295
250	0.2081 < 0.295