

神戸大学 正 面村 昭, 藤井 学, 宮本 文穂
(株)横河橋梁製作所 ○正 育藤 功
神戸大学大学院 学 小笠 勝

1. まえがき

本報告は、鉄筋コンクリート部材のひびわれ面でのせん断荷重伝達機構の中で、特に重要であると考えられる Aggregate Interlock (以下 AI) 作用に注目し、ひびわれ面性状・拘束力等の各要因が AI 作用に及ぼす影響を実験的に検討したものである。また、従来、不規則性のために取扱われにくかったひびわれ面の形状の定量化を行い、Jimenezら¹⁾によるせん断伝達剛性の提案式の修正を行なった。

2. ひびわれ面形状の定量化

本研究では、ひびわれ面の形状を定量化する手法として、ひびわれ面の凹凸の傾きの標準偏差を取り上げた。測定は、図1に示す測定装置により、15cm×15cmの断面について、粗骨材の寸法を考慮し、1ラインごと5mm間隔29点について行った。測定ラインはFIP Technical Report²⁾を参考し、縦・横方向に等間隔に5本ずつとした。

上記の測定値を用い、ひびわれ面の形状係数 S を次式のように定義した。

$$S_n^2 = \frac{1}{27} \left\{ \sum_{i=1}^{28} (x_{i+1,n} - x_{i,n})^2 - \frac{1}{28} (x_{29,n} - x_{1,n})^2 \right\}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{n=1}^{10} S_n^2} \quad (1)$$

ここで、

$x_{i,n}$: n ラインにおける i 番目の測定値(mm)

S_n^2 : n ラインの傾きの分散

3. 実験方法

実験装置及び供試体を図2に示す。供試体には切欠き部を設け、挿入する鉄板厚によりひびわれ幅を制御できるようにした。載荷装置は、拘束力及び交番せん断荷重を与えるように考案したものであり拘束力は図中②の万能試験機により与え、交番せん断荷重は回転可能な載荷桁を介して油圧ジャッキにより与えた。

4. 実験結果及び考察

まず、ひびわれ面形状以外の条件(初期ひびわれ幅、拘束力等)をすべて同一とした場合の各供試体に対する載荷試験結果から得られたせん断力 Q -せん断変形 δv 関係を図3に示す。これより明らかに、ひびわれ面形状の Q - δv 関係に及ぼす影響は大きいことがわかる。さらに、 Q - δv 関係を直線近似し、傾きを単位変形量当りの応力に換算したものを AI 作用のせん断伝達剛性 K_a と定義し、図4に K_a と形状係数 S との関係を初期ひびわれ幅 $Cw_0 = 0.2$ および 0.4 mm の場合について示す。図より S が大きいものほど、また Cw_0 が小さいものほど K_a が大きくなる。そこで、図の関係を指数関数 $K_a = \alpha \cdot \exp(\beta S)$ とみなし回

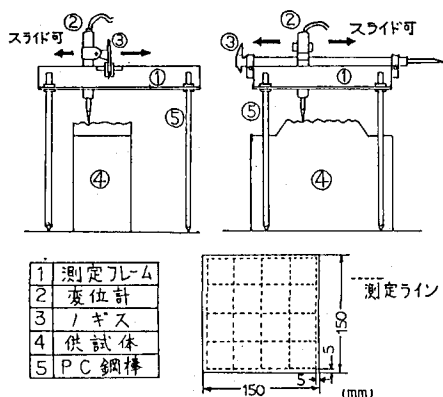


図1. ひびわれ面測定装置

及び測定ライン

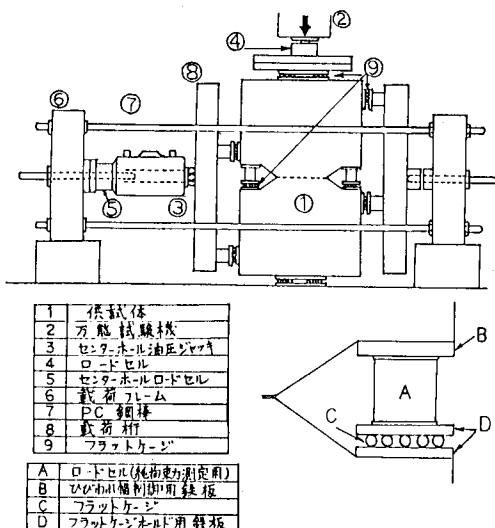


図2. 載荷装置及び切欠き部の詳細図

帰したものを図中に併記した。次に、拘束力のみを種々変化させた場合の試験結果において、 $Q=0$ 時に、ひびわれ面に作用する拘束力をせん断面積で除いた値を初期純拘束応力 σ_{Ni} と定義した。 σ_{Ni} と K_a の関係を種々の初期ひびわれ幅について図5に示す。これより、 σ_{Ni} の増加に伴い K_a は増加し、 C_{wo} の増加に伴い K_a は減少することが明らかである。以上の K_a と諸要因との関係を定性的にまとめたものを表1に示し、各要因の K_a に及ぼす効果を考慮し一般式を次のように合成した。

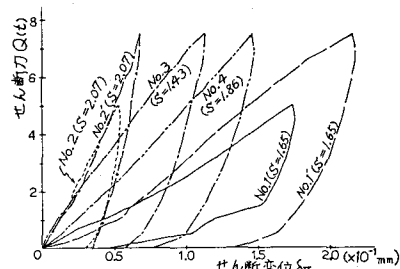


図3. $Q-\delta_v$ 関係 ($C_{wo}=0.4mm$)

$$K_a = h(S) \left(\frac{1}{A_1 C_{wo} + A_2 \frac{K_r}{C_{wo}} + A_3} + A_0 \sigma_{Ni} \right) \quad (2)$$

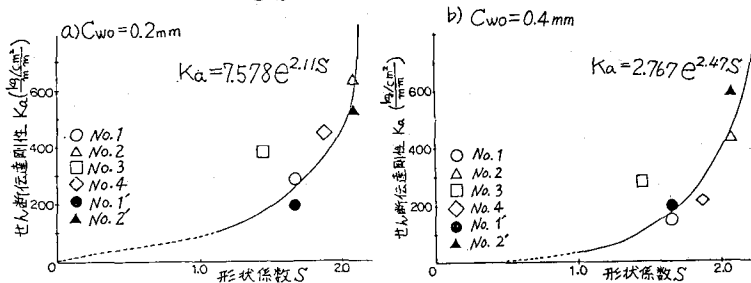


図4. $S-K_a$ 関係

(2) 式の、 C_{wo} 及び K_r の影響を表す括弧内第一項は、Jimenez らの式をそのまま使用した。 σ_{Ni} の影響については図5の $\sigma_{Ni}-K_a$ 関係を直線関係とみなし、 K_a/σ_{Ni} と C_{wo} の関係を図6に示した。次に、 $h(S)$ について、 β はほぼ一定値を示したので実験値の平均をとり、 α については C_{wo} の影響を受けるため、 $h(S) = (\alpha_1 + \alpha_2 C_{wo}) \cdot \exp(2.25S)$ で表わされるものとした。ここで、 $h(S)=1$ とした場合に(2)式から得られる K_a で実験値を除いた値を1とすると、 $\psi/\exp(2.25S)$ と C_{wo} との関係は図7に示すようになり α_1, α_2 が決定される。以上より得られた係数を(2)式に代入することにより、AI作用のせん断剛性予測式が次のように与えられる。

$$K_a = (0.026 - 0.029 C_{wo}) \cdot \exp(2.25S)$$

$$\times \left[\{ 5.55 \times 10^{-2} (C_{wo} - 0.0508) - 5.62 \times 10^{-9} \frac{K_r}{C_{wo}} + 0.013 \}^{-1} + (130.2 C_{wo} - 9.63) \sigma_{Ni} \right]$$

5. まとめ

ひびわれ面形状のせん断伝達剛性に与える影響は大きく、せん断伝達剛性を予測するためには、ひびわれ面形状を予測する必要があることが明らかとなった。そこで、ひびわれ面形状を考慮したせん断伝達剛性の予測式を提案した。しかし、実構造物に対して、ひびわれ面形状を予測することは不可能に近く、今後、確率・統計論的手法を導入するなど分布特性を明らかにする必要があると考えられる。

参考文献 1) R.Jimenez, N.White and P.Gergely: Cyclic Shear and Dowel Action Models in R/C, Proc. of ASCE, Vol.108, ST 5, May 1982. 2) FIP: Shear at the Interface of Precast and In situ Concrete, FIP Technical Report, Aug. 1978.

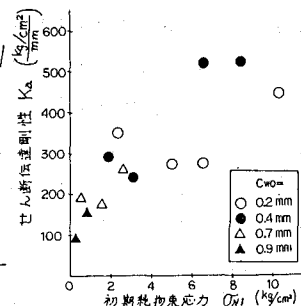


図5. $\sigma_{Ni}-K_a$ 関係

表1. AI作用の各要因の相関性

要 因	記号	要因のせん断伝達剛性への影響	要因の相関性	提案式 ※
初期ひびわれ幅	C_{wo}	大 → 小	独立	$K_a = \frac{1}{A_1 C_{wo} + A_2 \frac{K_r}{C_{wo}} + A_3}$
拘束剛性	K_r	大 → 大	C_{wo} の影響を受ける	
ひびわれ面形状係数	S	大 → 大	C_{wo} の影響を受ける	$h(S) = \alpha \exp(\beta S)$
初期純拘束応力	σ_{Ni}	大 → 大	C_{wo} の影響を受ける	$K_a = A_0 \sigma_{Ni}$

※: $A_1 \sim A_3, \alpha, \beta, A_0$ は実験定数

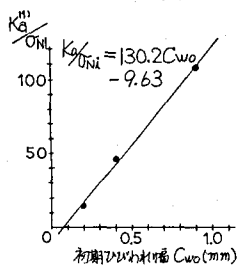


図6. $K_a/\sigma_{Ni}-C_{wo}$ 関係

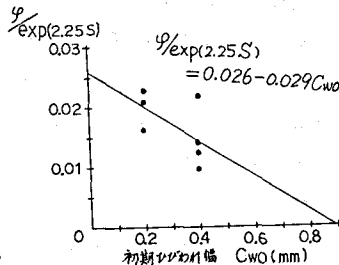


図7. $\psi/\exp(2.25S)-C_{wo}$ 関係 (4)