

38 鉄筋コンクリート梁の破壊機構に関する考察

(鉛直ひびわれより斜めひびわれへの転移過程)

日本大学工学部 正 員 原 忠勝

○ 学生員 大塚 孝義

緒 言

鉄筋コンクリート梁の斜めひびわれ破壊に対する所説は多くの所説者によってなされてきていて、現象的には意見の一致を見ているようである。しかし、その理論の展開に於ては主にひびわれ発生後の内力系を独立したモデルで置き換えている点^{1)~3)}、コンクリートの不均一性、及びその応力-ひずみ曲線の非線形等の点から未だ統一的な見解が成されていない。この問題を有効に解析する為には破壊現象に似合う理論の検討のみならず、併せて実験的な検討が必要であるように思える。そこで、本報告に於ては、解析基本を鉛直ひびわれの発生を見た鉄筋コンクリート梁に置いて、これから斜めひびわれへの転移過程と、それらの関係式について考察したものである。

鉛直ひびわれの発生した鉄筋コンクリート梁⁵⁾

第1の分配が行はれたR.C.梁は多くの歯 (CONCRETE-TEETH) を持つ櫛に似ているとし¹⁾³⁾、これらの一つの歯 (ティース) に於て、ティースの幅 Δx 、鉛直ひびわれの高さ z 、梁の幅 b とした場合、梁の圧縮部にアンカーされた片持梁としての機能より、 Δx 間に於ける力を ΔT とし、アンカー部断面に於ける破壊極限の応力、及びひずみ分布の釣合い条件より、片持梁としてのティース・モーメント M_{ct} は次式で示される。

$$M_{ct} = \left\{ \frac{1}{\sigma_{ct} \cdot E_{su}} \int_0^{\epsilon_{su}} f(\epsilon_i) \epsilon_i \cdot d\epsilon_i \right\} b n^2 \sigma_{ct} z = \bar{\epsilon}_2 b n^2 \sigma_{ct} z \quad \dots \dots (1)$$

こゝに、 σ_{ct} は円柱試体引張強度であり、 $[\sigma]$ はコンクリート・ティースに於ける場合を示す。

又、コンクリート・ティースの梁機構より見た釣合いを考へるために Fig-1 のような釣合いを考へ、O 点をそのモーメントの中点にとれば、 $\Sigma M = 0$ より、

$$S \Delta x + \Delta S (\Delta x - n^2) - \Delta T \cdot z - b \int_0^{\bar{\epsilon}_2} \sigma_{ct} \cdot y \cdot dy = 0 \quad \dots \dots (2)$$

こゝで、二項目は微小であるとして、 $\Delta S (\Delta x - n^2) \div 0$ とすれば、又、四項目はティースの Δx 間に於ける梁圧縮応力度の増加分として、(1) 式に於けると同様の性質が成立するとして、(2) 式を整理すれば、

$$S/d = (\bar{\epsilon}_2 R^2 \Delta x/d + \bar{\epsilon}_3 R^2 d/\Delta x) b \sigma_{ct} \quad \dots \dots (3)$$

を得る。こゝで、 $M = T j d = T \cdot z$ より、(3) 式に有効高さ d を代入して、鉛直ひびわれ発生後の任意断面に於ける引張力 T は、

$$T = (\bar{\epsilon}_2 R^2 \Delta x/d + \bar{\epsilon}_3 R^2 d/\Delta x) \frac{b d \sigma_{ct}}{j} (M/Sd) \quad \dots \dots (4)$$

よって、応力の第1分配が行はれた梁に対する抵抗モーメント M_{CR} は、

$$M_{CR} = (\sigma_2 k^2 \Delta x / d + \sigma_3 k^2 d / \Delta x) b d^2 \sigma_{ct} (M / S d) \quad \dots \dots (5)$$

となり、又、(3) 式より斜めひびわれへの転移点におけるせん断応力度を τ_{CR} とすると、

$$\tau_{CR} = \frac{S_{CR}}{b d} = (\sigma_2 k^2 \Delta x / d + \sigma_3 k^2 d / \Delta x) \sigma_{ct} \quad \dots \dots (6)$$

斜めひびわれへの転移

鉛直ひびわれの発生しているR.C.梁はさらに載荷量が増加する事によって、主筋より ΔT 以上の力を受けてティース引張応力 σ_{ts} 以上にになりアンカー部引張側よりひびわれが進展する断面が生じてくる。これより斜めひびわれ発生による「釣合い機構の変化の謎」の解明には、斜めひびわれ間のコンクリートを除去して、タイド・アーチ、タイド・ラーメン²⁾、残留アーチ¹⁾等に変化する事に注目しているが、本研究に於ては鉛直ひびわれによる曲げ破壊を想定して、この仮想曲げ破壊と斜めひびわれ破壊による圧縮側コンクリートの応力分布に着目し推論を進めて見ると、仮想曲げ破壊時の圧縮域の深さを $\eta = k d$ 、斜めひびわれによる場合を $\eta = k' d$ とし、仮想曲げ破壊時の平均圧縮応力度を σ_{cx} 、斜めひびわれによる場合は二軸方向の圧縮力の影響を考慮して¹⁾、 $k_0 \sigma_{cx}$ 倍である一様分布とし、応力中心距離の差を微がみであるとして無視すると、鉛直ひびわれによる仮想曲げ破壊時のモーメントを M_{FL} 、斜めひびわれによる抵抗曲げモーメントを M_{CR} とすると、

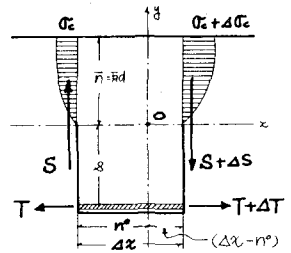


Fig-1

$$\frac{M_{CR}}{M_{FL}} = \frac{C'}{C} = \frac{R_0 R'}{R} \quad \dots \dots (7)$$

となり、次式が得られる。

$$M_{CR} = \left\{ \frac{2 k_0 \sigma_3 P \sigma_{ct} (d / \Delta x)}{\tau_{CR} (\tau_{CR} \pm \sqrt{\tau_{CR}^2 - 4 \sigma_3 \sigma_2 k^2 \sigma_{ct}^2})} \right\} M_{FL} \left(\frac{S d}{M} \right) \quad \dots \dots (8)$$

よって、(5)、(8) 式より、同一の梁に対しては、載荷条件によって梁の耐力性状を知る事が出来る。以上、応力の第1分配が行はれた場合を解析基本として、ひびわれ進展に沿って考察を進めてきたが、(8) 式に於て、斜めひびわれが進展する要因としてせん断応力による言はれている通り、本式に於ても言はれる。しかし、本研究はその性質上、多くの未知数、或いは実験係数を含んでいる点、充分な実験検討を必要とするものである。

参考文献

- 1) G.N.J. Kani ; "The Riddle of Shear Failure and Its Solution", A.C.I. Journal, Vol. 61, No. 4
- 2) 神 山 一 氏 ; "鉄筋コンクリート梁のせん断破壊機構", コンクリート・ジャーナル, Vol. 6, No. 8
- 3) D. Ngo and A.C. Scordelis ; "Finite Element Analysis of R.C. Beams", A.C.I. Journal, March 1967
- 4) James G. Macgregor and J.R.V. Walters ; "Analysis of Inclined Cracking Shear in Slender Reinforced Concrete Beams", A.C.I. Journal, Oct. 1967
- 5) 原 忠 勝 ; "R.C. 梁の破壊機構 第1, 第2, 第3報" 日本学工学部第12, 13回学術研究報告