

アンボンドPCはりのせん断解析について

鹿児島大学 学生員 〇野村佳範

鹿児島大学 正員 松本進

鹿児島大学 正員 ミョーキン

1. はじめに

近年、アンボンドPCを利用したコンクリート構造物の適用が随所で採用されるようになってきた。一方では、PC鋼材の外ケーブルとしての利用も増大する傾向にある。アンボンドPCに関する研究の歴史は結構長く、我国では30年前よりなされてきている。¹⁾²⁾しかしながら、現コンクリート標準示方書ではこの種の構造の設計には触れてなく、これから整備される状況にある。現在までの所、アンボンドPCはりのせん断解析が余りないことを鑑みて、本研究ではコンピュータによるせん断解析を試みたものである。せん断解析を行うに当たって、まづ曲げによる精密な弾塑性解析を詳細に行い、ついでその結果に基づいて主応力解析を行うことによってせん断解析を行った。

2. 解析の方針

基本的な考え方は、各断面における力と曲げモーメントの釣合式を用い、さらに载荷による緊張材全長の伸び変化と緊張材位置でのコンクリート全長の载荷による伸び変化が等しいとして先づ曲げの弾塑性解析を行い、次いでせん断スパン内の各断面における主応力を計算し、この値がコンクリートの引張強度を超えたときのせん断力をもって、アンボンドPCはりのせん断耐力とするものである。

2-1 曲げの解析方法について

今、図-1に示すような曲線配置されたアンボンドPCはりの終局状態について解析ができれば、任意の外力に対しての解析に対して後で考慮する種々の領域の解析が全部包含されることになる。なお、解析に当たっては図-2に示すようなコンクリートおよびPC鋼材の応力・歪関係を用いた。

曲げ破壊時の任意断面のコンクリートの圧縮応力分布は、(1) ひびわれ未発生範囲の場合(2) ひびわれ発生範囲でコンクリート圧縮縁歪 ϵ_{cx} が降伏歪 ϵ_o より小さい範囲の場合(3) コンクリート圧縮縁歪が、降伏歪より大きく破壊歪 ϵ_u より小さい範囲で、その範囲 x が l_1 より小さい場合(4) $\epsilon_o \leq \epsilon_{cx} \leq \epsilon_u$ の範囲で、その範囲 x が $l_1 \leq x \leq l$ の場合の4つに分類できる。以下、紙片の都合上4つの場合におけるコンクリートの载荷による伸び歪の変化の合計 Δl 、曲げモーメント M_x 、範囲 x 、中立軸 n_x 、 ϵ_{cx} の関係式を(1)の場合についてのみ以下に示す。

上記の場合 n_x は水平力の釣合から求められるが、この場合3次方程式を解く必要があり、ここではニュートン・ラプソン法およびカルダノの解法を用いた。最終的には、それぞれの式は鋼材の引張力 P_u の関数になり、最初に仮定したこの P_o と伸びの計算から求められる引張力 P_o' が等しくなれば、解析が終了することになる。この場合の、曲げに関する解析のフローチャートを図-3に示す。

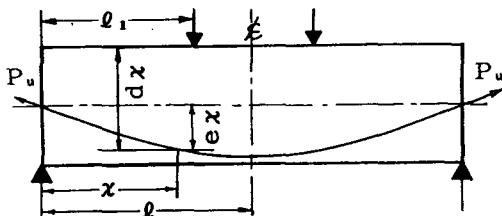


図-1 解析用アンボンドPC梁

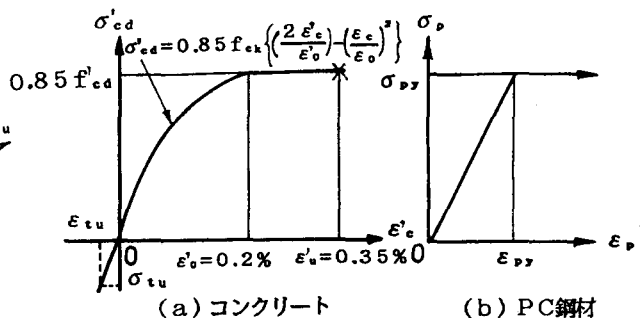


図-2 図解析用応力ひずみ曲線

$$\Delta \ell_1 = \int_0^{\chi_1} \frac{1}{\cos(\beta)} \left\{ \frac{1}{Ec} \left(\frac{(P_{0h} - P_{uh})}{Ac} + \frac{(P_{0h} - P_{uh}) e_x^2}{Ic} \right) + \frac{M_x e_x}{Ic} \right\} dx \quad \text{----- ①}$$

$$M_x = M_{ux} / \ell_1 \quad \text{----- ②}$$

$$\chi_1 = 1 / M_u \{ C_1 \{ 2/3 (h - n_x) + y_{cx} \} - P_{ux} \{ 2/3 (h - n_x) + (n_x - d_x) \} \} \quad \text{----- ③}$$

$$y_{cx} = n_x \cdot (8 \varepsilon_o - 3 \varepsilon_{cx}) / 4 (3 \varepsilon_o - \varepsilon_{cx}) \quad \text{----- ④}$$

$$\varepsilon_{cx} = \varepsilon_{tu} \cdot n_x / (h - n_x) \quad \text{----- ⑤}$$

2-2 セン断の解析方法

上記の曲げの解析によって、任意の外力作用時におけるコンクリート断面内の応力をプレストレス (σ_{cp}) をも含めて算定することができるようになるために、通常の主応力解析が可能となる。この時の主応力を断面図心で表わすと次式のようなになる。

$$\sigma_1 = -\sigma_{cp} / 2 + \sqrt{(\sigma_{cp}^2 / 4 + \tau^2)} \quad \text{----- ⑥}$$

$$\tau = S \cdot Q / (b_w \cdot I) = 1.5 \cdot S / (b_w \cdot h) \quad \text{----- ⑦}$$

従って、この主応力がコンクリートの引張強度に到達するかどうかを逐次計算で追跡すれば、自ずからアンボンド P C はりのせん断耐力を決定することが可能となる。なお、上記の式は断面内に曲げひびわれが生じていないときの場合を想定したもので、断面に曲げひびわれが生じた場合については鉄筋コンクリートの主応力解析と同様に弾性解析をしようとするれば、それは可能である。しかしながら、ボンド付き P C はりのせん断耐力は基本的にはプレストレスの効果を見込むものの、実験式から構成されているのが実情であって、アンボンド P C の場合には現状としてはボンド付き P C はりのせん断耐力式を準用せざるを得ないようである。その根拠としては、曲げの解析の

所で示した (1) 式を見てみると、ひびわれの生じていないはり端部付近では、P C 鋼材の引張力はアンボンド P C が故にボンド付き P C よりは大きくなっていることが予想でき、これが断面図心に作用するプレストレス (σ_{cp}) を大きくし、斜めひびわれの発生を十分に遅らせる要因となっていることが十分に考えられ、この理由のためにボンド付き P C はりの曲げひびわれ発生後のせん断耐力が安全側になる可能性があるかと推測できる。

3. おわりに

本紙では、アンボンド P C はりのせん断解析の基本的な考え方を示すにとどまったが、講演発表時には具体的な数値計算によって、上記した事柄を示す予定でいる。

参考文献

- 1) 坂、ほか：付着のない P C 梁の曲げ破壊耐力、日本建築学会論文報告集、第 60 号、昭和 33 年
- 2) 坂、ほか：付着のない P C 梁の亀裂および曲げ破壊耐力、日本建築学会論文報告集、第 60 号、昭和 33 年

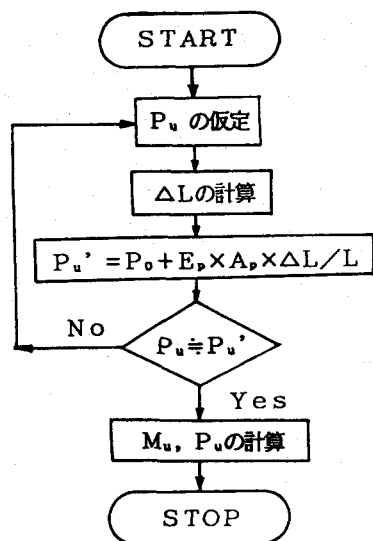


図-3 曲げのプログラムフローチャート