

アンボンドPC梁の終局曲げ耐力に関する提案式

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 学生員 馬 庭 道 治

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が随所で適用されるようになってきた。一方で、外ケーブルとしてのPC鋼材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未解決の問題も多く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。問題視されている耐力算定の計算が面倒で実用向きでないことを鑑みて、本研究ではコンピュータによる曲げの解析と実験の結果を基にアンボンドPC梁の終局耐力に関する提案式の作製を試みたものである。以下に解析の概要と結果について示す。

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、さらに載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載荷による伸び変化が等しいとして曲げの弾塑性解析を行う。解析において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)ひび割れ未発生の場合(2)ひび割れ発生時の範囲でコンクリートの圧縮縁歪 ϵ_{cx} が降伏歪 ϵ_0 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 より小さい範囲の場合の3つに分類できる。3つの場合において水平力の釣合と曲げモーメントの釣合よりコンクリートの載荷による伸び歪の変化を求めその合計を Δl にて表す。

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_u と伸び(Δl)の計算から求められる引張力 P_u' が等しくなれば、解析が終了することになる。解析上3次方程式を解く必要があり、ここではニュートン・ラプソン法及びカルダノの解法を用いた。曲げに関する解析のフローチャートを図-2に示す。

3. 提案式の概要

式②は、PC鋼材を直線配置させた場合のアンボンドPC梁の終局耐力の提案式を示したものであり、提案式の作製にあたっては実験的に真と証明されたプログラムによる解析結果をもとに行った。尚、破壊形式は曲げ圧縮破壊を対象にしている。式①より終局耐力は終局時のPC鋼材引張力($=P_u$)の関数として表されることより P_u を確定するために P_u をPC鋼材の初期緊張力($=P_0$)に6種の条件からなる係数を乗じた形で表した。

係数の条件には、アンボンドPC梁終局耐力の決定に大きく起因していると考えられる「せん断スパン」「コンクリート強度」「PC鋼材比」「 P_0 /PC鋼材降伏強度」「F値」「載荷条件」を考慮した。以下、紙片の都合上鋼材を直線配置させた場合の各係数の関係についてのみ以下に示す。

$$M_u = P_u (d - 0.416 \eta_x) = P_u \left(d - 0.416 \frac{P_u}{0.85 f_{cd} b} \right) \dots\dots\dots ①$$

$$P_u = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \zeta \cdot P_0 \dots\dots\dots ②$$

記号：

M_u ：破壊モーメント d ：有効高さ η_x ：中立軸位置 f_{cd} ：コンクリートの圧縮強度 b ：幅 e ：偏心距離
 L ：スパン L_1 ：載荷点距離 L_0 ：定着部距離 P_0 ：PC鋼材初期緊張力 P_y ：PC鋼材降伏強度
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \zeta$ ：せん断スパン、コンクリート圧縮強度、PC鋼材比、 P_0/P_y 、F値の影響に対する係数

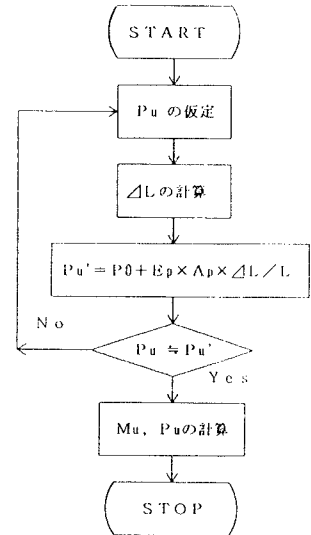


図-1

曲げのプログラムフローチャート

図-2は係数を定める各条件のうち1条件のみ変化させたケースにおいてコンピュータによる曲げ解析を試み、解析結果より変化させた条件に対応する影響を調べ、アンボンドPC梁終局耐力の決定に起因している条件それぞれに応じた係数をグラフ化したものである。

4. 解析結果および考察

表-1は、曲げ圧縮破壊を起こしたアンボンドPC梁の終局モーメントの実測値と前述した解析方針にしたがって開発したプログラムを用いて計算した同初期条件の梁の理論値との比較である。実測値と理論値は、ほぼ一致しておりプログラムは信頼できる精度であることが分かる。

表-2は、終局モーメントをプログラムにより計算したものと式①、②および図-2に示される各係数を用いて計算したものととの比較である。

尚、解析の範囲は実設計において使われる範囲にて行っている。プログラムの解析誤差を±5%としておりプログラムによる計算値と提案式による計算値の誤差もほぼ5%以内にあることより、提案式の精度の信頼できることが分かる。今回の解析結果よりアンボンドPC梁の解析において今回の提案式を用いることにより終局曲げ耐力の算定は比較的容易となり、将来的にみると、せん断性状さえ確立すればアンボンドPC構造物の設計の実用化は図れると考える。

表-2 提案式による理論値とプログラムによる理論値との比較

$\frac{L_1 - L_0}{L - L_0}$	$\frac{f_{cd}}{f_{350}}$	$\frac{A_p}{b \cdot d}$	$\frac{P_0}{P_y}$	$\frac{e}{d}$	Mu (tf·m)	Mu* (tf·m)	精 度
0.667	0.857	0.01	0.8	0.286	3.519	3.500	1.005
0.667	1.143	0.01	0.8	0.286	3.995	3.910	1.022
0.667	1.429	0.01	0.8	0.286	4.376	4.274	1.024
0.667	1.429	0.01	0.6	0.286	3.912	3.868	1.011
0.667	1.429	0.01	0.7	0.286	4.141	4.116	1.006
0.667	1.429	0.01	0.8	0.286	4.376	4.274	1.024

5. おわりに

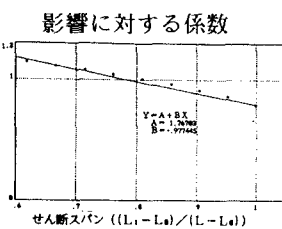
アンボンドPC梁の終局曲げ耐力に関しての種々の要因を考慮した式②を用いることによって簡単にかつ精度良く推定できることが判明した。

参考文献

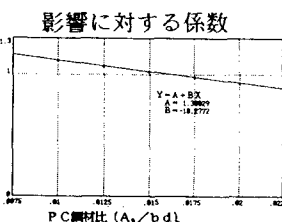
- 1) 坂、ほか：付着のないPC梁の曲げ破壊耐力、日本建築学会論文報告集、第60号、昭和33年
- 2) 坂、ほか：付着のないPC梁の亀裂および曲げ破壊耐力、日本建築学会論文報告集、第60号、昭和33年
- 3) 松本進、ほか：等分布荷重を受けるアンボンドPC梁の解析、土木学会西部支部研究会発表講演概要集、平成5年

図-2 終局時曲げ耐力算定における提案式の係数

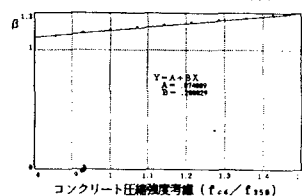
α : せん断スパンの影響に対する係数



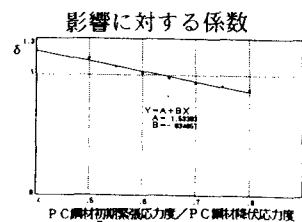
γ : PC鋼材比の影響に対する係数



β : コンクリートの圧縮強度の影響に対する係数



δ : P_0/P_y の影響に対する係数



ζ : PC鋼材のF値の影響に対する係数

