

等分布荷重を受けるアンボンドPC梁の解析

鹿児島大学 学生員 野村 佳範
鹿児島大学 正員 松本 進
鹿児島大学 学生員 二宮 仁志

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。一方では、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、分布荷重を受けた曲線配置のアンボンドPC梁の解析ならびに実験結果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曲げの解析を試み、さらに等分布荷重を作用させたアンボンドPC梁の曲げ試験を行うことによって解析の妥当性を確かめようとするものである。以下に、解析の概要と実験結果について示す。

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。解析では、図-1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) ひび割れ未発生範囲の場合(2) ひび割れ発生時の範囲でコンクリートの圧縮緑歪 ϵ_{cx} が降伏歪 ϵ_o より小さい範囲の場合(3) コンクリート圧縮緑歪が、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。以下、紙片の都合上3つの場合におけるコンクリートの載荷による伸び歪の変化の合計 Δ_1 、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_u と伸び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。この場合の、曲げに関する解析のフローチャートを図-2に示す。

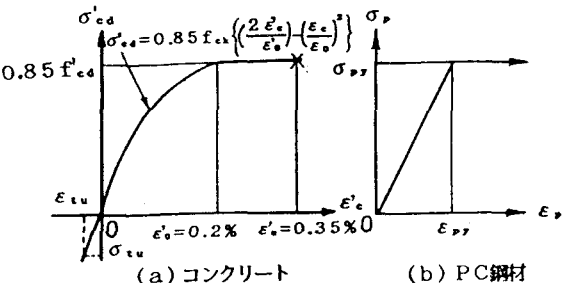


図-1 解析用応力ひずみ曲線

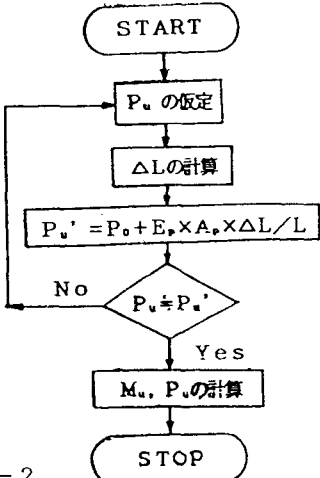


図-2 曲げのプログラムフローチャート

$$\Delta_1 = \frac{1}{\cos(\beta)} + \frac{1}{Ec} + \frac{(P_{0h} - P_{uh})}{Ac} + \frac{(P_{0h} - P_{uh})}{Ic} \frac{e x^2}{2} + \frac{M_x e x}{Ic} \quad \text{①}$$

$$M_x = M_u \cdot (2 \times (X/L) - (X/L)^2) \quad \text{②}$$

$$X_1 = L - L \sqrt{[1 - \{C_1 \{2/3 (h - n_x) + y_{cx}\} - P_{uh} (D_x - y_{cx})\}] / M_u} \quad \text{③}$$

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

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

記号:

M_x : 任意点の曲げモーメント, M_u : 破壊モーメント, X_1 : 曲げひび割れ位置, y_{cx} : 上縁からの圧縮合力位置,
 C_1 : コンクリートの引張合力, n_x : 任意点の中立軸, L : スパン, h : 高さ, P_{0h} : 初期緊張力の水平成分,
 P_{uh} : PC鋼材引張力の水平成分, A_c I_c : コンクリートの断面積および2次モーメント

3. 実験の概要

図-3は、実験供試体を示したもので断面は20×20cm、長さは2.4mで、P C鋼材を曲線配置させたものである。P C鋼材の曲線配置の形は、死荷重などによる分布荷重を受ける梁に対応させて2次曲線とした。なお載荷方法は等分布載荷を考え、図-3に示すような載荷方法による疑似的方法によって行った。併せて、中央1点集中載荷も行った。実験に使用したコンクリートの機械的性質を表-1に示す。同様に、使用P C鋼材および鉄筋の機械的性質を表-2に示す。

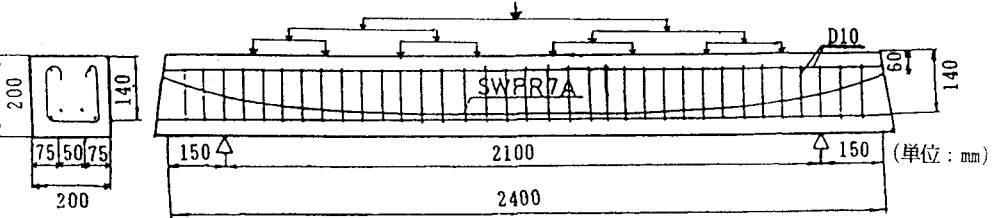


図-3 実験供試体および載荷状況

表-3は、ひび割れ発生モーメントおよび破壊モーメントの実測値と理論値との比較を一覧にしたものである。なお、破壊形式はNo. 1, No. 2, No. 3ともに供試体中央断面付近における曲げ圧縮破壊であった。ひび割れ発生モーメントはプレストレスの大きさによって異なり、初期に導入する緊張力が大きいもの程ひび割れ発生モーメントも大きくなる傾向にあると言える。一方、同表から、破壊モーメントの実測値と理論値を比較すると、理論値においてはひび割れ発生時と同様に初期に導入する緊張力が大きくなるに従って破壊モーメントも大きくなる傾向にあり、また実測値においても差は少ないながら同様な傾向があると言える。しかしながら、実測値と理論値との差が大きく、この点に関してはP C鋼材とシースとの摩擦、あるいは供試体断面に対して組立筋の断面積が大きいために組立筋の影響など何らかの原因があると考えられる。なお、P C鋼材に導入する緊張力がほぼ同じで、載荷条件が異なるNo. 1およびNo. 3をみると、曲げひび割れ発生時期は両者とも同一だが、破壊モーメントについては集中載荷の方の耐力は劣るようである。

表-1 コンクリートの機械的性質

圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ³)
425	21.8	3.07

表-2 使用鋼材の機械的性質

種類	呼び径	降伏点応力度 (kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (×10 ⁴)
鉄筋	D10	3547	4947	2.1
P C	SWP7A10.8	14295	17509	2.0

表-3 ひび割れおよび破壊モーメントの実験値および理論値

供試体	実験時 有効緊張力 (ton)	実 験 値				理 論 値		実 験 値		破壊モーメント		破 壊 形 式
		ひび割れ 同 (ton)	ひび割れ モーメント (t・cm)	縦 横 同 (ton)	縦 横 モーメント (t・cm)	ひび割れ モーメント (t・cm)	縦 横 モーメント (t・cm)	理 論 値		ひび割れモーメント		
								ひび割れ	縦 横	実験値	理論値	
No.1	16.45	5.0	131.25	11.77	308.96	149.67	238.41	0.88	1.30	2.353	1.593	曲げ圧縮破壊
No.2	7.44	4.0	105.00	10.68	280.35	83.71	146.03	1.25	1.92	2.670	1.744	曲げ圧縮破壊
No.3	15.63	2.5	131.25	6.27	329.18	143.66	206.95	0.91	1.59	2.508	1.441	曲げ圧縮破壊

* No. 3は中央1点集中荷重

4. おわりに

紙片の都合上、等分布荷重を受けるアンボンドP C梁のひび割れ発生状況ならびに詳細な解析結果は講演当日発表する積もりである。

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
- 3) 松本、ほか：アンボンドP C梁のせん断解析について、土木学会西部支部研究会発表講演概要集、平成4年