

V-69

RC梁の曲げ変形状解析

東北学院大学大学院 工学研究科 学生会員 ○鈴木 貴丈
東北学院大学 工学部 正会員 遠藤 孝夫

1. まえがき

現在、鉄筋コンクリート(RC) 構造の変形状を解析するための曲げ変形理論はいくつかあるが、各々の理論が実際の程度有効であるか検証した例は少ないように思われる。

そこで本研究では、佐藤¹⁾が導いた、曲げと軸力を同時に受けるRC部材を対象にした、ひびわれ分散過程、拘束モーメント、平均ひびわれ幅、鉄筋応力度および付着応力分布等を統一して解析できる、付着に基づいた非線形解析法に着目し、これを用いて数値解析を行い、青柳²⁾が行った実験結果と比較してこの理論式の妥当性の検証を試みることにした。

2. 基礎方程式

ここでは、佐藤¹⁾が導いた基礎方程式を示す。

任意断面 x から dx 離れた $x+dx$ における応力とひずみの分布より、変形の適合条件および軸方向力と曲げモーメントに関する釣り合い条件を適用し、さらにすべり量とひずみの関係および鉄筋ひずみと付着応力の関係を用いることにより最終的に次の基礎方程式が導ける。

$$\frac{d^2\delta_x}{dx^2} = \frac{U_s}{A_s E_s} \{1 - G(y)\} \tau_x, \quad \frac{d\delta_x}{dx} = f(y) \quad (1)$$

ここで、 U_s は鉄筋の周長、 E_s は鉄筋の弾性係数、 A_s は鉄筋の断面積および $G(y)$ 、 $f(y)$ は中立軸高さ y のみの関数であることを意味し、部材の断面諸元や材料物性値を表す定数も含まれている。上式は τ_x と δ_x の関係を与えれば、2階の微分方程式として完全付着領域と付着破壊領域の有無に応じた境界条件を用いて解くことができる。

3. 青柳らの実験²⁾の概要

青柳²⁾は、LNG貯蔵用RCタンクの基礎資料を得ることを目的として、RC曲げ破壊試験を常温、 -60°C および 120°C において実施し、はりのひびわれ、降伏、終局耐力ならびにひびわれ・変形状について検討した。試験体は、断面 $20 \times 40 \text{ cm}$ 、全長 330 cm で、水中養生後試験体の表面を透明ゴムでシールし、湿潤状態に保って試験を行った。はりのたわみおよび曲率の測定には、低温用に開発、製作された差動トランス型変位計(精度 $1/1000 \text{ mm}$ 、図1参照)を用いた。試験に供した供試体は全部で13体であり、そのうち低温試験に供したものは7体である。供試体の形状・寸法については、図2に1例を示す。

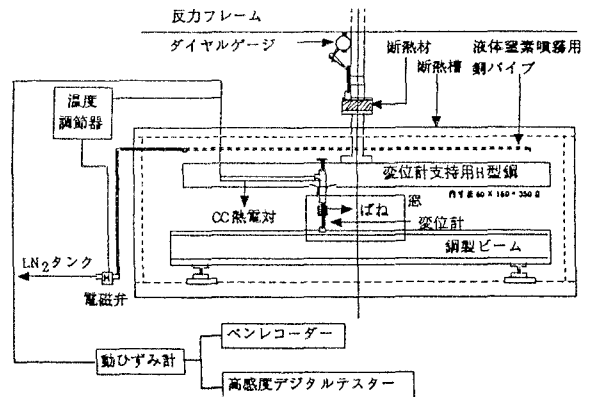


図1 差動トランス型変位計

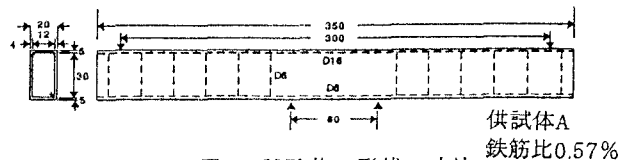


図2 試験体の形状・寸法

4. 解析結果と実験値の比較

4.1 モーメントと曲率の関係

図3は、本解析値と実験値²⁾およびCEB-FIPコード式による値をそれぞれ鉄筋比で比較した結果を示したものである。この図によれば、各式による計算値はおおむね実験値に等しいが、いずれも高荷重レベルにおいてモーメントを大きく評価する傾向がある。これは、ひびわれモーメントの計算値が実験値よりも大きいことのほかに定着域(この場合はせん断領域)からの鉄筋の抜け出しも原因の1つと思われる。

また、本解析値はひびわれ発生によるモーメントの低下を示すが、実験値では明確な低下が見られず、この点で異なっていることがわかる。

4.2 剛性残存率と鉄筋応力度の関係

図4は、軸力がなく鉄筋比1.13%の場合における剛性残存率と鉄筋応力度の関係について、本解析値と実験値およびCEB-FIPコード式による値をそれぞれ比較して示したものである。この図に限らず、常温下のRC部材の剛性残存率については、軸力を受けた場合でも、本解析値、CEB-FIPコード式による値は実験値とかなり良く一致していた。

4.3 平均ひびわれ幅の評価

軸力、鉄筋径、鉄筋比等がそれぞれ異なるRC部材の平均ひびわれ幅と鉄筋応力度の関係について、定量評価という観点からそれぞれを比較した結果を表1に示す。なお、各式の比較は同一鉄筋応力度における実験値と計算値の比を用いて行った。この表によれば、本解析法により求めた平均ひびわれ幅が実験値にもっとも等しくかつ標準偏差ももっとも小さいことがわかる。ついで森田の式がかなり高い適用性を示し、CEB-FIPコード式による評価がこれら3式の中では精度が低いという結果が得られた。

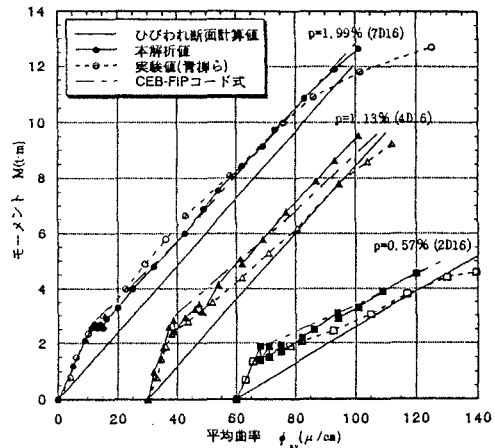


図3 鉄筋比によるモーメント-平均曲率の関係

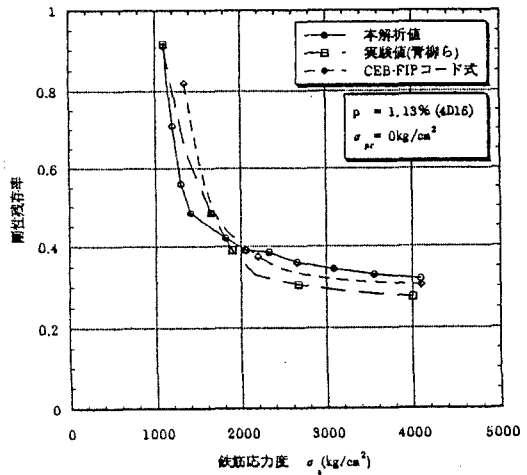


図4 剛性残存率と鉄筋応力度との関係

表1 本解析法、CEB-FIPコード式および森田の式による平均ひびわれ幅の比較

	荷重の種類	森田の式			CEB-FIPコード			本解析値		
		$\bar{x}$	σ_s	N.S.	$\bar{x}$	σ_s	N.S.	$\bar{x}$	σ_s	N.S.
常温下	Max	0.91	0.27	77	1.22	0.34	69	0.96	0.24	77

Max: 外力モーメント
 $\bar{x}$: 平均ひびわれ幅解析値を実験値で割った値
 σ_s : 標準偏差
N.S.: Number of Sample

5. 結論

本研究では、佐藤の導いた曲げ変形理論を用いて数値解析をし、得られた結果と実験値から式の検証を行った。その結果、佐藤が提案した基礎方程式は、RC部材の解析に対して有効であることが示された。

参考文献

1) 佐藤 良一: 低温度下で温度荷重を受ける鉄筋コンクリート曲げ部材の変形・ひびわれ解析法に関する研究, 東京工業大学学位論文, 1982.4
2) 青柳, 阿部, 金津: 低温度下における鉄筋コンクリート曲げ部材の力学的特性, 電力中央研究所報告, 1979, 12