

東海大学工学部土木工学科 学生会員 佐々木 淳
東海大学工学部土木工学科 正会員 島崎 洋治

(1) 目的

鉄筋コンクリート構造物は、寿命が半永久的でメンテナンスが必要ない構造物として施工されてきた。しかし、古い構造物の中には、構造物内部の鉄筋が施工当時の許容応力度を越えたことで降伏したものや、ひび割れによりこれらが腐食し断面積が変化することで降伏したものがある。このようなことから、鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の応力状態を非破壊で定量的に求める方法が必要とされている。^{2) 3)}

本研究では、鉄筋に作用する引張荷重の変化により、その固有振動数も変化することに着目し、有限要素法による数値解析値とFFTアナライザーによる測定値の比較による診断方法を考察する。

(2) 固有振動数の測定

鉄筋が引張荷重を受けたときの固有振動数を測定するために、直径16mmの丸棒(SR295)を、油圧式万能試験機で図1のように引張荷重を載荷し、固有振動数とひずみを測定する。

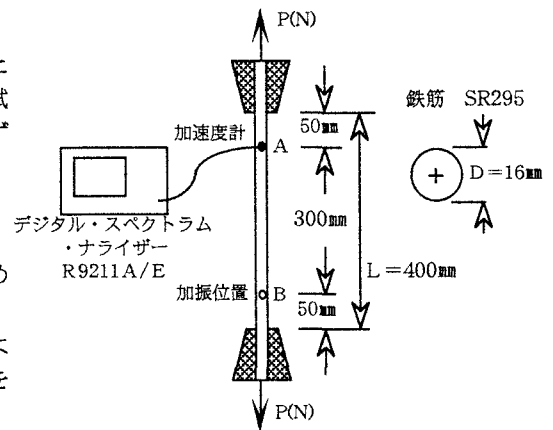


図1 引張試験

(3) 運動方程式

鉄筋の固有振動数を有限要素法により数値解析するために、引張荷重を受けた梁の曲げ振動方程式を求める。¹⁾

まず、図2のような微小部分の水平方向、鉛直方向および曲げモーメントの、それぞれの静的な釣り合い条件式を求める。

水平方向

$$dT \cos \theta = 0 \quad \dots \dots (1)$$

鉛直方向

$$dT \sin \theta = dQ - w dx \quad \dots \dots (2)$$

曲げモーメント

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = \frac{dQ}{dx} \quad \dots \dots (3)$$

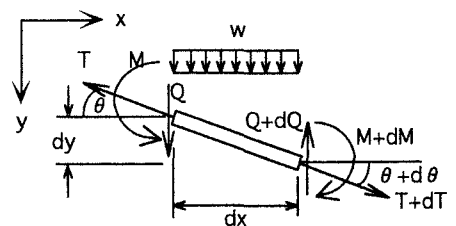


図2 引張荷重を受ける梁の微小部分

次に、上記の3式から引張荷重を受けた梁の静的な釣り合い条件式が次のように求められる。

$$\frac{d^2 M}{dx^2} - T_0 \frac{d^2 y}{dx^2} = w \quad \dots \dots (4)$$

ここで、 T_0 は引張荷重、 Q は剪断力、 M は曲げモーメント、 w は自重および θ は変位角である。

キーワード 固有振動数、鉄筋の降伏、有限要素法

連絡先 (神奈川県平塚市北金目1117・電話0463-58-1211・FAX0463-50-2045)

運動方程式は、式(4)の左辺が下向きの慣性力と等しくすることで求まる。慣性力を $m\ddot{y}$ とし、質量: $m = \frac{w}{g}$ 、加速度: $\ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}$ とすると、引張荷重を受けた梁の曲げ振動方程式は次のように得られる。

$$\frac{d^2M}{dx^2} - T_0 \frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{w}{g} \frac{d^2y}{dt^2} \qquad \dots\dots (5)$$

ここで、 g は重力加速度である。解析値としての固有値は式(5)を有限要素法により定式化し、ヤコビ法により求める。⁴⁾

(4) 測定結果および解析結果の考察

図3、図4はそれぞれ1次および2次の固有振動数の測定および解析結果を示したものである。これらの図中の三本のグラフは、固有振動数の小さいほうからそれぞれ両端支持の解析値、測定値および両端固定の解析値を示したもので、測定値が、両端固定と両端支持の解析値の間にあることを示している。これは、試験機のつかみ部分の拘束が不完全なために、両端固定の境界条件を満足していないためである。固有振動数は、すべてのグラフで応力が300 N/mm²まではほぼ直線的に増加して、この値を越えると減少しているのが分かる。この減少は、鉄筋が降伏点に達したためである。さらに、応力を400 N/mm²まで増大させてから荷重を除荷すると、固有振動数は応力の減少に伴い小さくなるが、この値は降伏前より小さい値となっている。ここで、降伏後の固有振動数の解析値については伸びの影響を考慮して求めている。

(5) 結論

本研究では、鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋の応力を推定するために、万能試験機により引張力を載荷された鉄筋の固有振動数を測定した。これを両端支持および両端固定それぞれの境界条件で求めた数値解析値と比較した。その結果、鉄筋に作用する応力は端部の境界条件により固有振動数が明確に変化をすることを明らかにした。現場での鉄筋の応力推定も、固有振動数が端部の境界条件によって大きく影響を受け変化するはずである。この条件を考慮することで、定量的な鉄筋の応力算定が可能である。

参考文献

- 1) 小坪清真、土木振動学、森北出版株式会社(1974)
- 2) 小林豊治・米沢敏男・出頭圭三、鉄筋腐食の診談、森北出版株式会社(1993)
- 3) 魚本健人・加藤潔・広野進、コンクリート構造物の非破壊検査、森北出版株式会社(1970)
- 4) 国井利泰・中村明子・伊藤文子、FORTRAN数値解析とプログラミング、共立出版株式会社(1970)

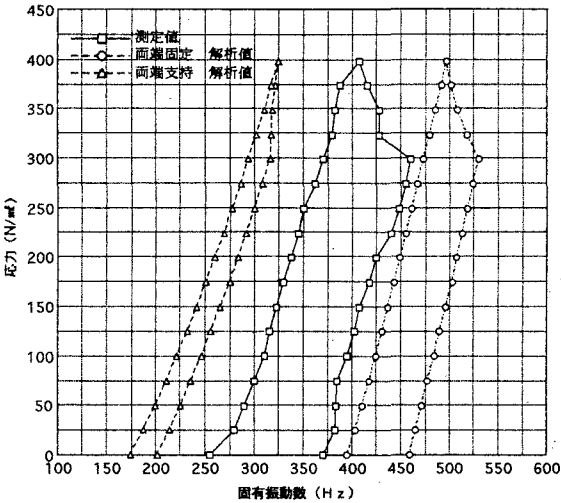


図3 固有値1次モード 応力－固有振動数

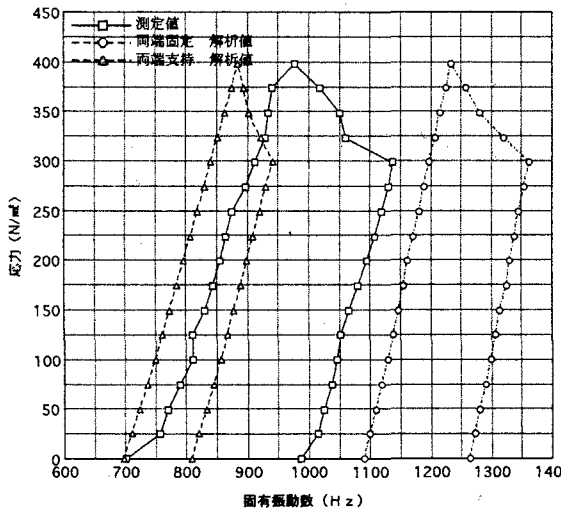


図4 固有値2次モード 応力－固有振動数