

第 I 部門

初期応力を有する鋼棒の打音による非破壊検査法に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○池田 敬之 (株)日本工業試験所 正会員 Luiza H. Ichinose
 大阪市立大学院工学研究科 正会員 北田 俊行 大阪市立大学院工学研究科 正会員 松村 政秀

1. 研究背景と目的

鉄筋コンクリート(RC)構造物は、引張力を鉄筋で、圧縮力をコンクリートで受け持つ合理的で、かつ、施工性に優れた構造物である。これまで RC 構造物は、メンテナンスフリーな構造物として考えられてきた。しかし、RC 構造物も適切な維持管理が行われていない場合、劣化が進行することが明らかになり、RC 構造物の維持管理手法の開発の重要性が認識され始めている。また、外観目視点検などによる定期点検により、コンクリート表面のひび割れなど外部に現れた損傷・劣化が認められる場合には、かなりの応力が RC 部材に作用していると推察できる。ここで、現行の RC 構造物の現有応力は、鉄筋の応力を測定することによって算定できるため、鉄筋切断法(鉄筋応力解放法)が採られている。鉄筋切断法では、応力が作用している状態下の鉄筋にひずみゲージを貼り付け、鉄筋を切断し、切断前の状態をゼロとし、切断後のひずみの変化量から現有応力を算定する方法である。しかしながら、この方法では、応力を精度良く計測できるものの、鉄筋を切断する必要がある、RC 構造物自体に何らかのダメージを与えかねないという危険性がある。さらに、切断した鉄筋を溶接したり、専用の接続治具を設置したりして再度接続するための修復が必要となる。

そこで、本研究では、RC 構造物内の鉄筋に作用している応力を、打音試験により算定する定量的かつ客観的な評価法を開発するための資料を得ることを目的として、打音試験を実施している。

2. 打音試験による応力測定

計測対象物をテストハンマー等で打撃すると、対象物は振動し、打撃と共に振動による空気振動が励起される。この時に発生する振動の測定方法には、変位計により振動を直接計測する振動計測法と、空気伝播する振動をマイクロフォンを介して音として計測する音響計測法とがある。両計測法から得られるデータは、ほぼ同一であると考えられ、得られた振動波形を周波数解析し、固有振動数を求めることが可能である。得られた固有振動数と初期応力との関係に着目すると、打音試験結果に基づいて、RC 構造物の健全性の評価が可能であると考えられる。

3. 実験概要

RC梁部材から、コンクリートをはつり、鉄筋のみを露出させた状態を再現すべく、図-1 に示す治具を製作した。この実験治具に両端にネジ加工を施した丸鋼および異形鉄筋(D22, JIS G 3112)を設置し、ナットで締め上げることにより、丸鋼(ty1)および異形鉄筋(ty2)に圧縮力、あるいは引張力を作用させる。軸力 P は鋼棒の降伏点の公称値($235\text{N}/\text{mm}^2$)を用いた降伏軸力 P_y に対する割合(%)で、-10, 0, 10, 20, 40, および 60 の 6 パターンとした。ただし、-を圧縮、+を引張とする。また、鋼棒の両端部をクランプで固定し、さらに、クランプ間1ヶ所も同様に固定する

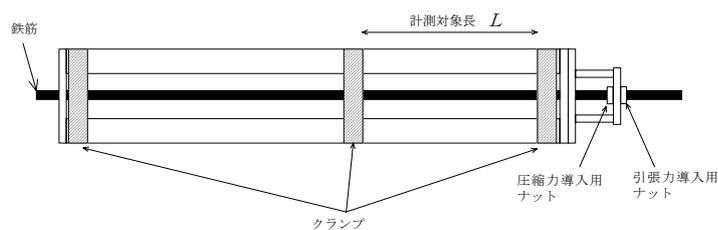


図-1 実験治具全景

表-1 実験パターン

鉄筋種類	丸鋼棒, 異形鉄筋
計測対象長さ L [mm]	400
軸力 P [%]	-10, 0, 10, 20, 40, 60

ことにより計測対象長さ L を調節する。打音試験では圧縮力、あるいは引張力を作用させた鋼棒の計測対象長さ L の中央部を垂直方向にインパルスハンマーで打撃する。加振波形、および打撃の際に発生する音をコンデンサーマイククロホンで測定した。サンプリングは10kHzとし、16384 データ、約 2 秒間計測を行った。

実験パターンをまとめて表-1 に示す。

4. 実験結果

実験で得られた時系列データをFFT解析¹⁾し、周波数軸に変換した。一例として、異形鉄筋のL=400mm, P60 の場合についてのFFT解析結果を図-2 に示す。なお、L=500mm以上では、高周波成分が多数出現していた。複数のサイン波からすべてがランダムな状態(ホワイトノイズ²⁾)までの連続した波形が得られる。しかし、ノイズを多く含む結果を得た。これは、実験治具が連続梁としての機能を露呈し、反射波が複雑に重なり合った結果であると考えられる。したがってL=400mmの結果のみ分析対象とすることにした。また、実験中にネジ部が損傷したため、異形鉄筋に対する圧縮力の載荷は計測していない。

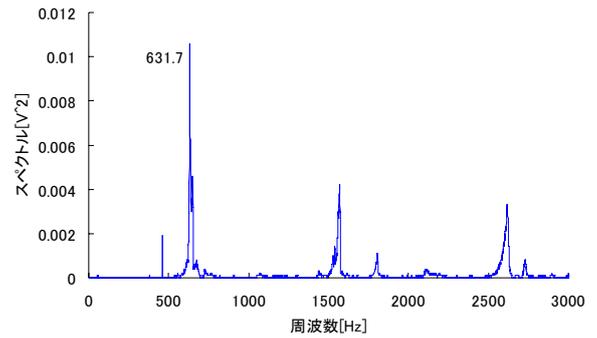


図-2 FFT 解析結果 (ty2L400P60)

表-2 中には、L=400mm のときの一次振動モードについての実験値と解析値とを比較して示す。ただし、解析では、鋼棒両端の支持条件は固定として算出している。振動数 f の2乗値と軸力との関係を、解析値と実験値との線形近似式とともに図-3 に示す。

表-2 実験値と解析結果の比較(L=400mm) (単位:Hz)

軸力P(%)		-10	0	10	20	40	60
丸鋼棒(ty1)	実験値	590.8	598.9	643.9	629.9	679.9	695.8
	解析値	612.2	616.6	621.1	625.5	634.1	642.7
異形鉄筋(ty2)	実験値	—	615.8	609.7	616.5	623.2	631.7
	解析値	—	587.1	591.8	596.3	605.5	614.4

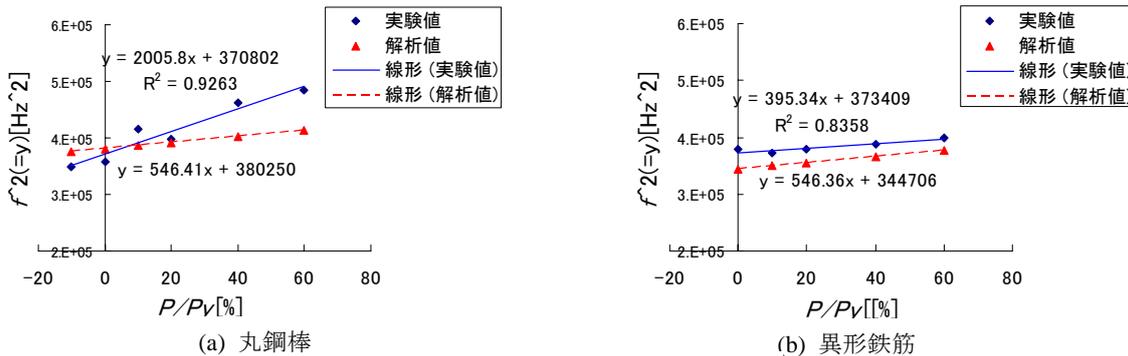


図-3 f^2-P/P_v 関係(L=400mm)

R^2 値(決定係数)から線形近似式にばらつきは少ないことがわかる。丸鋼棒では軸力が大きくなるにつれて解析値との差が広がる傾向にある。異形鉄筋の場合については実験値と解析値とで良い整合性が認められる。

両鋼棒において、軸力の変化に応じた振動数の変化を確認することができた。

5. まとめ

本研究ではRC構造物中の鉄筋に作用している軸力を、打音試験により算定する方法の有効性を検討した。その結果、本実験から、軸力の大きさに応じて振動数の変化が認められた。本実験で得られたデータ数は限られているので、より多くのデータを計測し、線形近似式の精度向上をさせることにより、RC構造物内の鉄筋の応力検査法に打音試験を適用することが可能であると考えられる。併せて、鉄筋の定着部をばね支持として理論計算を行うなど、端部の支持条件を考慮したばね定数についても検討することも必要である。なお、この研究は科学研究費・基礎研究B「過積載を伴う交通荷重計測と社会資本の劣化予測・環境モニタリング手法の開発(研究代表者:名古屋大学 山田健太郎)」の一環として行ったものである。

参考文献

- 1) 大崎順彦著：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，1976。
- 2) 松浦邦男，高橋大弐共著：建築環境工学 I -日照・光・音-，朝倉書店，2001。