

(V-33) RC診断用最大ひずみ記憶センサーの実用化実験

木更津高専 正会員 嶋野慶次

(株)計測リサーチコンサルタント 正会員 羅 黄順

(株)千葉みらいコンサルタンツ 正会員 下見成明

木更津高専 正会員 黒川章二

1. まえがき

TRIP 鋼は、外力によるひずみが増大すると非磁性体のオーステナイト（面心立方格子構造）から強磁性体のマルテンサイト（体心立方格子構造）へ変態し、一旦変態した結晶構造は荷重を取り除いても元に戻らない特性がある。この特性を利用すれば地震作用、過積載車両などの過大荷重を履歴した RC 構造物における鉄筋の最大ひずみを記憶させることができる。最大変位記憶用のセンサーは、すでに使用されている。^{1), 2)} 本研究では、TRIP 鋼を主鉄筋に用い、それを最大ひずみ記憶体とする RC 梁の荷重試験を行い、最大ひずみの記憶特性について考察する。

2. 計測方法

TRIP 鋼は、引張力を受けると、あるひずみが生じた時点から結晶構造がオーステナイトからマルテンサイトに変態しはじめ、その変化の割合がひずみに対応し、除荷後においてそのまま残ると考えられる。すなわち、非磁性体の TRIP 鋼は、引張力を受けると、あるひずみから磁性を持ちはじめ、ひずみの増大につれて磁性が強くなる。したがって、TRIP 鋼においてはひずみと透磁率との間に相関性があるとみられる。そこで、TRIP 鋼にリアクタンス素子としてのコイルセンサーを取り付けければ、交流ブリッジを用いて履歴ひずみの最大値に対応した出力電圧を測定することができる。

3. TRIP 鋼の引張試験

表 1 に TRIP 鋼の材料特性を示す。TRIP 鋼の直径は、 $\phi 13\text{mm}$ である。普通鋼と比較して降伏点は同程度であるが、ヤング率は 15%程度低く、高張力鋼並の破断強度が期待できるが破断までの伸びが 1.5 倍程度ある。応力とひずみとの関係は、降伏点が明瞭に現れない高張力鋼と同じようなカーブを示した。図 1 は、TRIP 鋼の繰り返し引張試験を行った際に求めた TRIP 鋼の荷重とコイル出力電圧との関係を示したものである。コイル出力電圧は、鉄筋の弾性範囲を超える 0.2%ひずみ程度から増加をはじめ、荷重の最大値に追従し、コイル出力電圧もピークを示すことがわかる。除荷時にコイル出力電圧が減少するのは、オーステナイトが変態したマルテンサイトのうち、不安定なマルテンサイトはオーステナイトに逆変態するためと考えられる。

表 1 TRIP 鋼の性質

0.2%耐力 (N/mm^2)	280.8
引張強度 (N/mm^2)	713.9
破断伸び (%)	48.0
ヤング係数 (kN/mm^2)	175

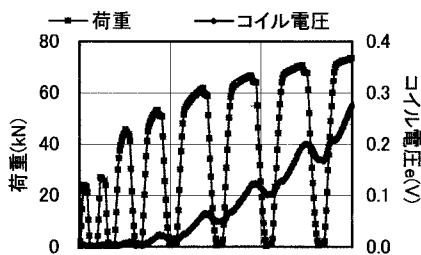


図 1 荷重とコイル出力電圧の時間変化

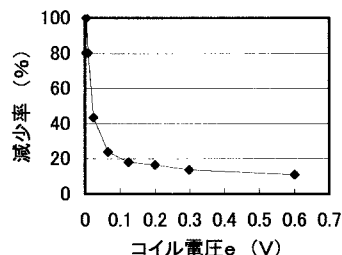


図 2 コイル出力電圧と減少率との関係

キーワード：RC 診断，最大ひずみ記憶センサー，TRIP 鋼，RC 梁，荷重試験

連絡先：〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-1-1 TEL 0438-30-4000 FAX 0438-98-5717

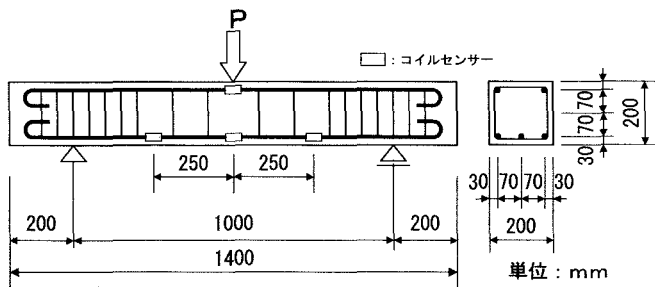


図3 RC梁供試体

この減少率とコイル出力電圧との関係を図2に示す。減少率は、コイル出力電圧が小さい時には大きい、電圧が大きくなるに従い小さくなる。すなわち、ひずみが増大すればオーステナイトが安定したマルテンサイトに変態し、除荷後の透磁率が荷重ピーク時のそれに近くなるといえる。以上のことから塑性化後の履歴最大ひずみの計測が可能になる。

4. TRIP鋼を用いたRC梁の載荷試験

図3は、TRIP鋼を主鉄筋として用いたRC梁である。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度 42N/mm^2 、 $W/C=44\%$ である。コイルセンサーを取り付けた位置には、大ひずみゲージも貼付し、載荷後のひずみ変化の計測を行った。コンクリート打設後は、温度 20°C 、湿度 80% の恒温恒湿室で湿った布を覆い養生し、材齢14日で載荷試験を行った。載荷方法は、変位制御により支間中央1点に繰り返し載荷試験を行った。はじめに $4\delta y$ (δy : スパン中央の鉄筋降伏時たわみ)まで載荷し、その後除荷した。さらに $2\delta y$ づつ載荷と除荷を繰り返し、 $10\delta y$ まで繰り返し載荷試験を行い、ひずみとコイル出力電圧を測定した。

図4は、荷重と変位との関係を示したものである。 $6\delta y$ の時に最大耐力 126kN を示した。支間中心のコイルはひびわれ位置とほぼ一致した。図5は、下段鉄筋の中央位置に取り付けたコイルセンサーの出力電圧と荷重との関係を示したもので、横軸は時間変化である。コイル出力電圧のピークは、最大荷重時に現れている。TRIP鋼の引張試験の時と同様に除荷のときにコイル出力電圧の減少がみられた。TRIP鋼の引張試験で求めたコイル出力電圧とひずみとの関係式で計算したコイル出力電圧は、測定結果とほぼ同じ値を示した。

5. まとめ

- 1) TRIP鋼は最大ひずみ記憶性があり、過去に受けた最大ひずみ履歴を診断することが可能である。
- 2) コイルセンサーの出力電圧は鉄筋の弾性範囲を超えるひずみ 0.2% 程度から増加を始める。
- 3) コイルセンサーによる記憶ピークひずみ測定の精度は、TRIP鋼のひずみの増大につれてよくなる。
- 4) 除荷時の記憶ひずみはピーク荷重時のひずみより小さい。これは、オーステナイトから変態したマルテンサイトのうちの不安定なマルテンサイトが逆変態したことによると考えられる。ピークひずみの推定精度を上げるためには、図2のような補正曲線などによる補正が必要である。

参考文献

- 1) L. Thompson, B. Westermo: PASSIVE AND ACTIVE STRUCTURAL MONITORING EXPERIENCE: CIVIL ENGINEERING APPLICATIONS Proceedings Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation Conference, Montreal, CANADA, July 1999.
- 2) 下見成明, 松井義昌, 新川秀一, 中泉義政: 最大ひずみ記憶センサーを用いた橋梁の診断技術, 土木学会「第3回耐震補強・補修, 耐震診断に関するシンポジウム」講演論文集, 1999. 7

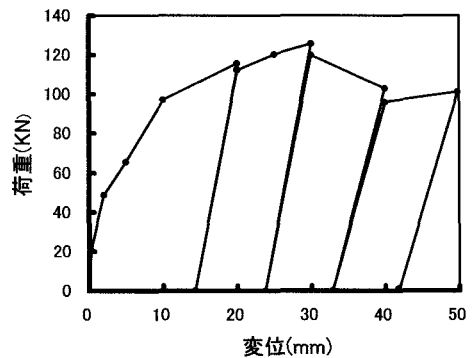


図4 荷重と変位との関係

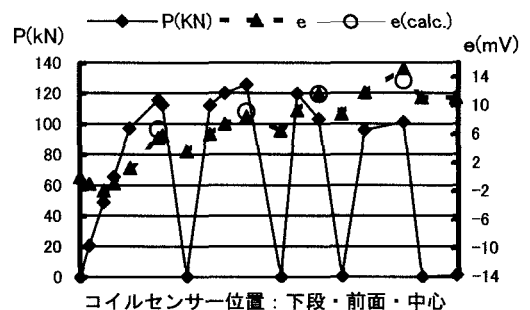


図5 RC梁における荷重とコイル出力電圧との時間変化