

### 省電力型最大応答部材角測定装置の開発

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○仁平 達也 正会員 岡本 大  
 (株) 計測リサーチコンサルタント 非会員 宮本 則幸 正会員 濱田弘志  
 曙ブレーキ工業(株) 非会員 西條 敦志 非会員 安齋 眞

#### 1. はじめに

柱端部に生じる最大応答部材角と損傷レベルの関係は概ね把握されているため、最大応答部材角を効率的に測定できれば、地震後早期に柱の損傷レベル評価が可能となり、復旧作業の効率化やダウンタイムの減少が期待できる。これらの観点から、これまでに著者らは、地震時の鋼板巻き補強柱を含む、RC 高架橋柱の最大応答部材角を直接測定することが出来る、最大応答部材角測定装置の開発を行ってきた<sup>1)2)</sup>。今回、この装置(以下、旧装置)を改良し、**図1**に示す、時刻歴応答を測定出来る特長を有する省電力型最大応答部材角測定装置を開発した。これに関して、**図2**に示す、精度検証試験を行った。

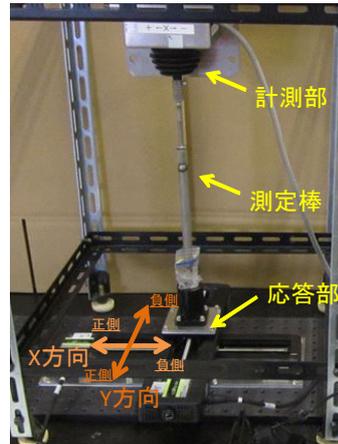


図1 開発した装置



図2 精度確認試験

#### 2. 省電力型最大応答部材角測定装置の概要

旧装置は地震後の線路方向(X方向)、線路直角方向(Y方向)のXY方向の最大応答部材角のみを記録する装置であった。しかしながら、実際の構造物の挙動については、例えば、不整形な構造物の場合等、X方向やY方向に卓越した応答になるとは限らない<sup>3)</sup>ことや、軸方向鉄筋が座屈するような損傷を受けた場合には、応答の繰返しにより損傷が進行する場合があること<sup>4)</sup>が考えられる。そのため、地震後の構造物の被害解析を行う場合には、時刻歴のデータを用いることで、より精緻な検討が出来ると考える。また、大規模地震時に実構造物のモニタリングシステムは各種提案されているが、実構造物の応答値について、加速度センサーや速度センサー等から算出する場合等においては、応答方向等も含め、直接的に地震時の変形挙動を把握することは難しいと考える。これらを考慮し、大規模地震時において、直接的にXY方向の時刻歴の部材角の測定が可能な機構とした。

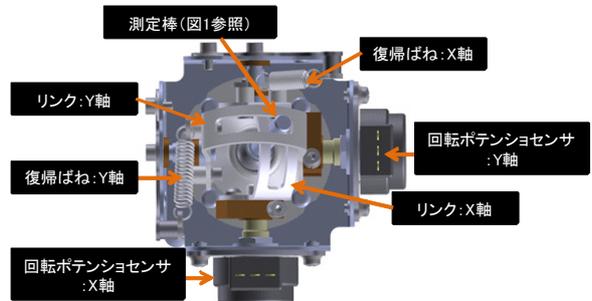


図3 計測部の内部構造(見上げ図)

旧装置は機械式のセンサーと治具により構成されており、装置内に遊間が生じる機構であった。そのため、正負とも0.003 (rad) 程度の、測定不能となる範囲(不感帯)が存在していた。この程度の範囲は、一般的なRC ラーメン高架橋柱においては軸方向鉄筋が降伏し、柱が塑性化する部材角(損傷レベル1と2の閾値)以下であるものの、可能な限り微小な柱の応答を測定することはモニタリング上望ましいと考える。これらを踏まえ、本装置は、**図3**に示すように、測定棒の変位を角度に変換し、測定棒の端部を球面上かつフォーク状に囲んで構成する一対のリンク機構を同一平面上に設けた。一方のリンクにはX軸用の回転ポテンショセンサを他方のリンクには、Y軸用の回転ポテンショセンサを固定し、リンク機構部には復帰バネが取り付けられ、常に測定棒とリンク機構のガタを片方に押し付ける様に計測部を構成した。これにより可能な限り遊間をなくす機構とした。また、旧装置は機構上、測定後に手動でリセットする必要があり、上層梁柱接合部付近に設置している装置のリセット設定は、高所作業車や足場等を用いる必要があった。そのため、リセットされていない状態で大規模な余震が発生した場合、測定が困難となる可能性があった。そこで、本装置は、0点設定ができるソフトウェアを有した電気回路と通信部を有し、測定後に通信によりリセット設定が可能な機構とした。

本装置による測定方法は、大規模地震時の構造物の応答加速度(50gal程度)をトリガーとし、XY方向ともに50Hz、連続的に60秒測定することを基本とした。なお、測定終了後は、直ちに、FOMA等の電話回線により基地局まで最大測定値のみを伝送し、事前に検討している非線形応答解析結果から構造物の各部材の損傷状況を把握する評価システムに接続すること、および、地震後の随時検査において、Zigbee等の無線により、本装置近傍から時刻歴のデータを取得する評価システムに接続することを想定している。これらに必要な電源は、太陽光パネルにより蓄電した電力を用いる

キーワード 最大応答部材角測定装置、ピークセンサー、損傷レベル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 鋼・複合構造 Tel: 043-573-7280

ことを想定している。

3. 精度確認試験の概要

精度検証試験は、本装置に正弦波および模擬地震波 (L2G3 地震波) により生じる柱天端の応答部材角を静的に与え、入力値と測定値を比較するものである。本試験における測定棒の測定棒全長は 1550mm (実構造物は塑性ヒンジ長以上の 1000~2000mm 程度を想定) とした。表 1 に試験に用いた波形を示す。合計 4 ケース実施した。既往の検討<sup>4)</sup>と同様に、線路直角方向の非線形動的解析により得られた柱天端部における各時刻歴での応答部材角を、測定棒先端の応答部与える変位量に逆算し、図 1 に示す、X 方向と Y 方向に与えた。

4. 精度確認試験結果および考察

図 4 に Case1, 図 5 に Case4 の試験結果を示す。表 2 と図 6 に測定精度の検討結果を示す。入力値は測定中に経験した最大応答部材角とし、旧装置の精度<sup>1)</sup>との比較により検討した。

各ケースにおいて、本装置は正負側ともに時刻歴で測定し、入力値に対して追従することが可能であることを確認した。また、旧装置では計測が困難であった範囲±0.003 (rad) 以下でも応答することを確認した。しかしながら、この範囲は、非常に微小な範囲 (例えば、応答部の移動量 0.001 (rad) =1.55mm) であり、測定精度にバラつきが生じやすいことが分かった。すなわち、旧装置と比べてその影響は小さいものの、図 3 の計測部内に存在する遊間の影響を受けることが分かった。

図6に示すように、旧装置に比べて、測定値/入力値は若干小さくなったものの、標準偏差や変動係数は小さく、測定値のバラつきは小さいことが分かった。また、一般的な鉄道RC ラーメン高架橋柱の損傷レベル1 と 2 の閾値程度である最大応答部材角0.01 (rad) 以上においては、測定精度がより向上し、測定値/入力値の平均値が0.958、変動係数が5.5%となった。旧装置が0.988、6.6%であり、旧装置と概ね同等の測定精度であることを確認した。

5. おわりに

大規模地震時における高架橋柱の部材角の時刻歴応答を測定出来る装置として省電型最大応答部材角測定装置を開発した。これに関して、模擬地震波等を与えた精度確認試験を実施した。その結果、測定不能な範囲である不感帯はほとんど存在しないことや、これまでに開発した機械式の装置と概ね同等の測定精度であることを確認した。本研究は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献 1) 仁平達也, 曾我部正道, 宮本則幸, 濱田弘志: 鉄道 RC ラーメン高架橋柱の最大応答部材角測定装置の開発について, 土木学会第 61 回年次学術講演会, V-397, 2006 2) 鈴木哲也, 仁平達也, 曾我部正道, 宮本則幸: 鉄道 RC ラーメン高架橋柱の損傷レベル検知システムの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.721-726, 2007 3) 例えば, 谷村幸裕, 渡邊忠朋, 蘆谷讓: 鉄道 RC ラーメン橋台の三次元非線形地震応答解析, 土木学会論文集 E, Vol. 64, No. 3, pp. 400-415, 2008 4) 例えば, 仁平達也, 谷村幸裕, 岡本大, 田所敏弥: RC 柱の載荷履歴が履歴曲線の形状に及ぼす影響について, 土木学会第 60 回年次学術講演会, V-490, 2005

表 1 試験ケース

Case	入力地震波	方向
1	正弦波	X 方向
2		Y 方向
3	L2G3 地盤*	X 方向
4		Y 方向

\*柱高さ 7m の 1 層鉄道 RC ラーメン高架橋を想定

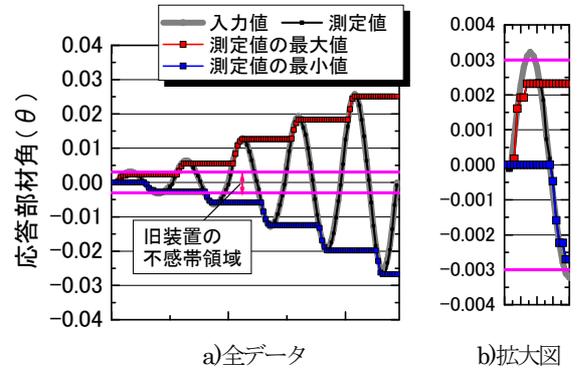


図 4 Case1 の測定結果 (正弦波, X 方向)

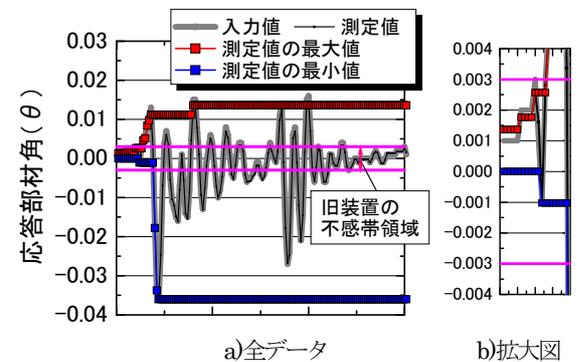


図 5 Case4 の測定結果 (L2G3 地盤, Y 方向)

表 2 測定値/入力値 (括弧内は旧装置)

	全データ	0.003(rad)以上	0.01(rad)以上
平均値	0.918 (0.976)	0.938 (0.976)	0.958 (0.988)
標準偏差	0.147 (0.086)	0.076 (0.086)	0.052 (0.065)
変動係数 (%)	16.0 (8.8)	8.1 (8.8)	5.5 (6.6)

\*旧装置: 全データ=0.003(rad)以上のデータ (0.003(rad)以下は不感帯)

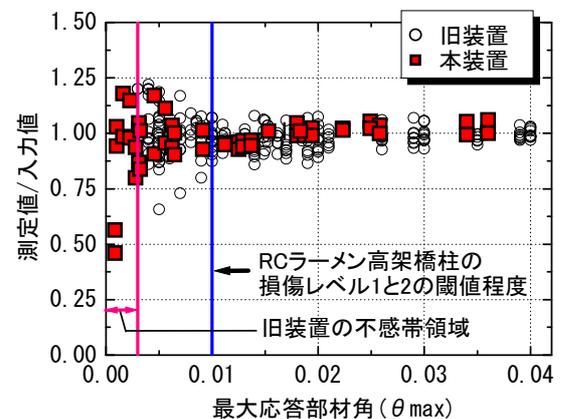


図 6 測定精度 (測定値/入力値)