822 2, 3の新しい動的材試験法に関する数値解析による検討

Evaluation of a Few Dynamic Material Tests by Using Numerical Simulation

○正 榎田 努 (阪府大) 正 三村 耕司 (阪府大) 正 谷村 眞治 (愛知工科大学)

Tsutomu UMEDA, Koji MIMURA, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka

Shinji TANIMURA, Aichi University of Technology

In order to extend our knowledge about characteristic behaviors, especially stress-strain relations, of materials under various strain rates, it is important to conduct dynamic material tests accurately. In this study, some numerical evaluations mainly about non-coaxial Hopkinson bar and sensing block methods were conducted. Both of these material testing methods have some advantages, respectively, and have newly developed in recent years.

Key Words : Non-coaxial Hopkinson bar method, Sensing block method, Dynamic material test, Stress wave, FEM

1. 緒 言

材料の高速変形特性を把握するには、準静的材料試験法とは原理および構造的に大きく異なる試験法がよく用いられ、その代表的なものに Hopkinson 棒法を挙げることができる。この方法は圧縮試験に用いられることが多いが、その一方で、変形特性の重要な指標は引張試験により求める必要があり、種々の工夫を凝らした引張型 Hopkinson 棒法が提案されてきた^{(1)~(3)}。しかし、これらの方法では構造が複雑になり、構成要素の2次衝突や振動が生じやすいという問題点もある。また、基本的に有効な計測時間が応力棒の長さにより制限される。

本研究では、主に、最近になって開発され、いずれも比較的単純な構造と利点を有する非共軸 Hopkinson 棒法⁽⁶⁾⁽⁵⁾と検力ブロック式試験法⁽⁶⁾⁽⁷⁾について、数値解析を中心に用いて、その妥当性を確認した。

2. 非共軸 Hopkinson 棒法⁽⁶⁾⁽⁵⁾に対する検討

2.1 非共軸 Hopkinson 棒法の概要 図1(a)に非共軸 Hopkinson 棒法引張試験機の概要を、同図(b)に試験片取り付け部付近の詳細を示す。入・出力棒はともに長さ2000mm、直径10mmの工具鋼製で、中央部の左右側面(中立軸上)に2枚のひずみゲージが貼付される。このように、試験片と入・出力棒が同一軸上にないため、入・出力棒には偏心荷重が作用し、応力棒の試験片側端部に発生した曲げモーメントは曲げ波として入・出力棒中を伝播する。厚さ1.0mmの軟鋼板試験片を用いた実験において記録された曲げモーメントの値は、有効計測時間内で1.0Nm程度であったが、曲げ波は分散性を有するため、発生時点ではこれより大きいことが予想される。

2.2 曲げ波の影響の検証 図2に出力棒の有限要素モデルを示す。図中のA~F点における出力棒断面の上下点(P, Q点)の曲げモーメント時刻歴とその実測時刻歴を図3に比較する。実測曲げモーメントはA~F点の上

(a) Schematic illustration

(b) Details of the Part A (unit: mm)

Fig. 1 Configuration of non-coaxial HPB

Fig. 2 FE model of non-coaxial HPB

下面に別途2枚のひずみゲージを貼付して計測した。たわみによる軸力の測定精度への影響は、図4に示すように、B~F点で計算された軸力時刻歴が、与えた軸力時刻歴にほぼ一致し、実用上問題ないことが確認された。

3. 検力ブロック式試験法⁽⁶⁾⁽⁷⁾に対する検討

3.1 検力ブロック式試験法の概要 圧縮試験用の検力ブロックの例を図5(a)に、その検力小突起部の詳細を

Fig. 3 Comparison of bending moments at several points between calculated and experimental results

Fig. 4 Comparison of transmitted axial forces at several points

Fig. 5 Example configuration of sensing block

図 5(b) に示す。比較的大きな体積と質量を持つ円柱状基部ブロック部と、その上の基部ブロック部に比べて十分小さい検力小突起部から構成され、小突起上端面に設置した試験片を上方から別のブロックで圧縮して試験を行う。その他の詳細については省略する。

3.2 妥当性の検証 図 6(a) に示すように、検力ブロック、打撃ブロックおよび試験片からなる有限要素モデルを作成し、打撃ブロックに図 6(b) の速度時刻歴を与えて解析した。小突起と基部ブロックの接触面は剛体接合、基部ブロック下端面は完全拘束とし、その他の接触面は摩擦有りとした。図 7 の 1006 鋼試験片の結果例のように、小突起への入力応力 σ_i と出力応力 σ_g の差 $\delta\sigma$ の最大値 $\delta\sigma_{\max}$ を求めて、図 8 に 2024-T351 アルミニウム試験片の結果とともに示す。実用的な小突起の高さ $h = 22.5$ mm で $\delta\sigma_{\max}$ を 3 % より小さくするには、 T_i を約 21 μ s 以

Fig. 6 Example model of sensing block

Fig. 7 Examples of results (1006 steel, $h = 22.5$ mm, $A_v = 4$ m/s, $\delta\sigma_{\max} > 3\%$)

Fig. 8 Relation between h and T_i

上にすればよいことがわかった。(結言省略)

文 献

- (1) Magd, E., Hellwig, K.J., et al., *Steel Res.*, **58** (1987), 33.
- (2) Nicholas, T., *Experimental Mechanics*, **21** (1981), 171.
- (3) 東健司・向井敏司・海津浩一・土田信・谷村眞治, 材料, **39**-12 (1990), 1619-1624.
- (4) 谷村眞治・栗生直樹, 機構論 (第 2 回機械材料・材料加工技術講演会講演論文集), No.940-36 (1994), 144.
- (5) Miura, K., Takagi, S., Hira, O., Furukimi, O. and Tanimura, S., *SAE Technical Paper Series*, **980952** (1998).
- (6) 谷村眞治・饗庭雅博, 機論, **49**-448, A (1983), 1565-1571.
- (7) 三村耕司・平田晋・中馬義孝・谷村眞治, 材料, **45**-8, (1996), 939-944.