室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

緻密骨衝撃引張試験方法の確立（出力不良原因の検討）

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本機械学会 公開日: 2016-09-12 キーワード (Ja): キーワード (En): Impact tension test, Impact compression test, Split Hopkinson bar method, Impact load 作成者: 泉, 亮典, 藤木, 裕行 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009003

G0300103

緻密骨衝撃引張試験方法の確立
（出力不良原因の検討）

泉　亮典[*1]，藤木　裕行[*2]

Methodology to Construct Impact Tension Test Equipment for bone
(Consideration of defective output)

Ryosuke IZUMI[*1] and Hiroyuki FUJIKI

[*1] Muroran Institute of Technology
Mizumoto 27-1, Muroran, Hokkaido, 050-8585 Japan

Now, aging is progressing all over the world. Therefore, prevention of bone fracture is required. In order to do it, it is necessary to analyze deformation behavior of bone when a person falls down. However, the mechanical properties of bone have not been investigated when impact load acts on it. This study focuses on impact tension property of bone and constructs impact tension test equipment as a purpose. The theory of the split Hopkinson stick method was applied to the impact tension test. But various problems have occurred on the impact tension test equipment. The fixed method of lead wires produced a wave problem at Gauge2 and this problem was improved by using straws. The biggest problem is occurred at Gauge1, which is unstable output from Gauge1. But the confirmation of this problem is difficult by experimental method. So, the relationship between the incident stress and the influence of collision of leaned striker with Flange were clarified by numerical analysis.

Key Words : Impact tension test, Impact compression test, Split Hopkinson bar method, Impact load

1. 緒　　言

近年，日本の総人口に占める高齢者の割合は 24.1%を超え(1)，高齢化が深刻な問題となっている．高齢者は年齢を重ねるにつれ身体機能が低下し転倒しやすくなる．加えて骨密度の低下が原因となり転倒時の衝撃荷重によって骨折が発生しやすくなる．今後も高齢者人口は増加傾向にあるため高齢者の骨折発症件数は増加すると考えられ，予防することが求められている．しかし予防対策に必要な骨の変形挙動はそれほど解明されていない．なぜなら骨の変形挙動の解析に必要な機械的特性が未解明だからである．骨の機械的特性を評価する方法として引張・圧縮試験を実施することが挙げられる．骨の静的な引張・圧縮特性および衝撃圧縮特性は多方面で研究されているが，衝撃引張特性に関しては試験が困難であるため明確に解明されていないのが現状である．本研究では骨の衝撃引張試験方法としてスプリット・ホプキンソン棒法を応用した試験方法を適用している．しかし試験片に応力波が到達する以前の波形の出力不良や試験の再現性がないという問題点が発生している．そこで，本論文では現段階で発生している問題点の原因追究および対策を行い，骨の衝撃引張試験方法の確立を目的とする．

2. 衝撃引張試験

2・1　試験方法および試験装置

図 1 に試験装置の概略図を示す．骨の衝撃引張特性を調べるため，衝撃圧縮試験方法であるスプリット・

[*1] 学生員，室蘭工業大学大学院　工学研究科（〒050-8585　北海道室蘭市水元町 27-1）
[*2] 正員，室蘭工業大学
E-mail: 14042008@mmm.muroran-it.ac.jp

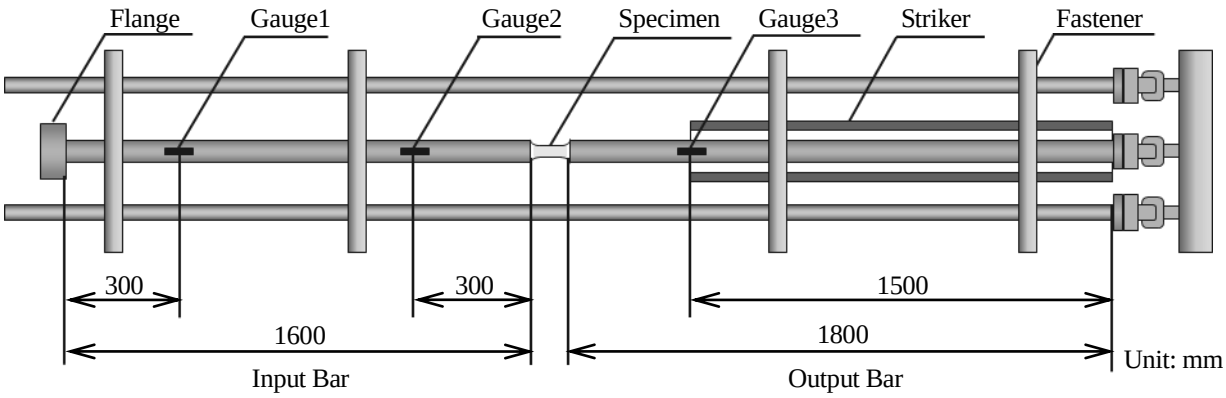

Fig. 1 Impact Tension Tet Equipment of split Hopkinson bar test

ホプキンソン棒法[2]を応用した落すい式衝撃引張試験装置を用いた．入出力棒にはジュラルミン（A2024），衝撃管には高圧配管用炭素鋼鋼管（STS370）を用いている．本研究は予備試験の段階であるため，試験片にはジュラルミンを用いた．衝撃管を高さ 300mm から自由落下させフランジに当て入力棒に衝撃荷重を入射する．入力棒内を伝ぱする応力波を Gauge1，Gauge2 により測定し，また試験片内を往復する応力波を Gauge2 および Gauge3 によって計測することで試験片の特性を算出できる．

2・2　試験結果および考察

図 2 に試験結果の一例を示す．この試験結果の問題点は 150μs～350μs において Gauge2 に入射応力が到達する以前の波形が乱れていること，250μs～650μs における Gauge1 の波形が直線的ではないことの二つである．

まず Gauge2 に応力波が到達する以前に波形が乱れる問題点は，リード線の入力棒への固定により生じることが判明した．試験装置のリード線はテープを用いて入・出力棒に直接固定しているため，応力波が伝ぱする際に生じる入力棒の伸縮とともにリード線も伸縮し，ノイズが発生していると考えられる．そこでストロを使用して入力棒の長手方向の伸縮に対してリード線が影響を受けない固定方法に変更した．

図 3 にこれらの対策を行った試験結果を示す．この試験結果より Gauge2 の立上がり以前の波形の乱れはなくなっている．そのためストロを用いた固定方法が有効であることが判明した．次に Gauge1 の波形が直線的ではないという問題点については片当たりが要因であると考えられる．片当たりとは衝撃管が傾いた状態でフランジに衝突することである．しかし片当たりが入射応力に与える影響は定量的に示されておらず，また片当たり現象を実験的に検証することは困難であるため，数値解析によって片当たりの影響を解明していく．

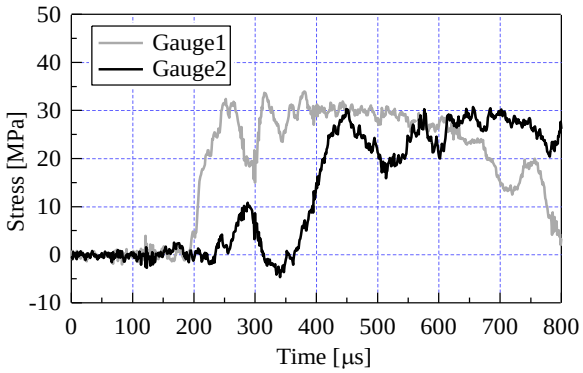

Fig. 2 Stress-time diagram

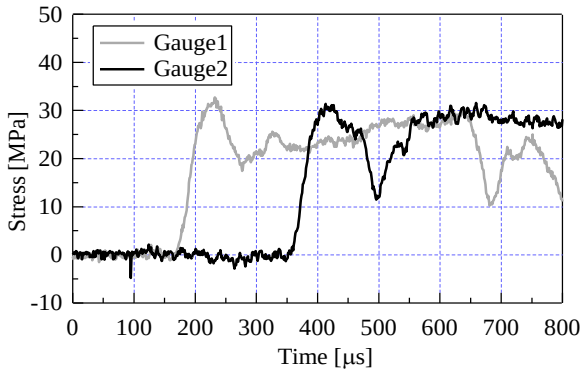

Fig. 3 Fixing lead wire using straw

3.　数値解析

3・1　解析方法

片当たりの影響を検証するため，汎（はん）用 FEM 解析コード LS-DYNA を用いた数値解析を行った．また片当たりの検証を行うにあたり衝撃圧縮試験を模した．これは衝撃引張試験ではフランジを介して応力を入射して

おり，その形状によって応力波が複雑に伝ぱするため，まずはフランジがない単純な 2 本の中実棒が圧縮衝突する場合を想定した．これらの中実棒の寸法は引張試験装置の入力棒と同様に直径 12mm，長さ 1600mm，材料はジュラルミン（A2024）の物性値を使用し，衝突速度は実験の落下高さ 300mm から算出し，2424.9mm/s とした．衝撃管衝突時に考えられる問題として，片当たりだけではなくフランジに対する衝突位置のずれによる影響も考えられるため，落下時における衝撃棒の位置や傾きを変化させて入射応力波への影響を検証した．解析条件として，衝突位置のずれについては中心軸を 0,2,5mm 移動させた．また傾きに関しては衝撃棒と入力棒との端面の角度を 0,1,3° に回転させて数値解析を行った．入射応力波の測定位置は Gauge1 と同様に衝突端面から 300mm とした．

3・2　解析結果および考察

図 4 に水平移動，図 5 に傾きを変化させた解析結果を示す．なお両図ともに解析結果の線がかさなってしまうため，縦軸の原点位置を 10MPa ずつずらして描いた．水平移動させた場合，その移動距離に関わらず波形に変化はみられなかった．このことは荷重箇所の移動による波形への影響は入力棒の直径の 3 倍以上離れた位置では無視できるというダランベールの原理と一致している．これに対して角度変化については 0° と比較して 1° の解析結果では立上がりが遅くなり，ステップ波形からランプ波形になっている．また 3° の場合，立上がりの波形がより遅くなり，いびつな波形となっている．

このことから衝撃棒が傾いた状態で衝突する場合，端面の端から接触する点荷重から徐々に面荷重に移行するため入射される応力波に時間差が発生し，それぞれの応力波が干渉することでいびつな波形になったと考えられる．このことから衝撃棒の傾きが応力波の乱れに大きく影響しているということが判明した．現在衝撃引張試験装置はねじ締結しているフランジを介して荷重を入射しているため，今後は衝撃圧縮モデルでねじ締結やフランジ形状による入射応力への影響を検証していき，Gauge1 に生じている波形が直線的ではないという問題の原因を解明し対策を行っていく．

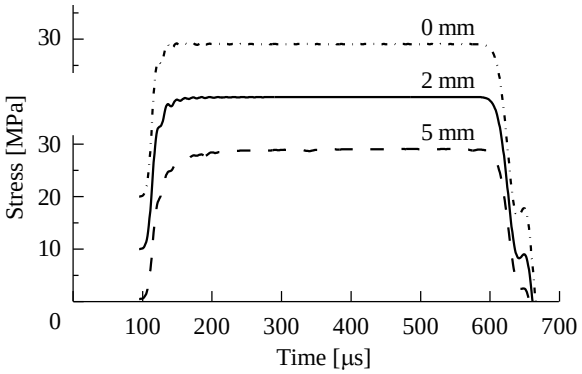

Fig. 4 Angle change of Striker

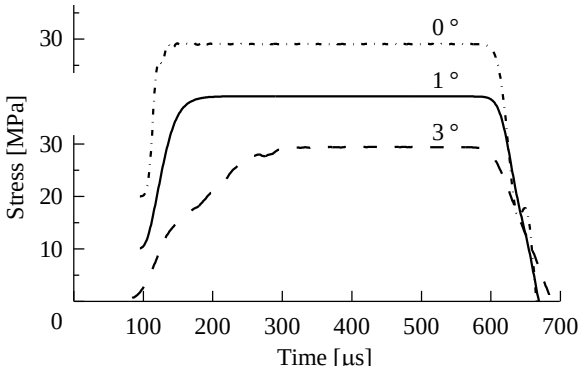

Fig. 5 Movement of central axis of Striker

4.　結　　言

衝撃引張試験装置に発生している問題点について検証を行った結果，以下の結論を得た．

(1) Gauge2 の立上がり以前の波形の乱れはリード線と入力棒が伸縮することが要因であり，ストロを用いた固定方法により解消された．

(2) Gauge1 の波形が直線的ではないという問題点については，衝撃圧縮試験における数値解析を行い入力棒に対する衝撃棒の角度が大きく影響しているということが判明した．

文　　献

(1) 総務省，統計表一覧-政府統計の総合窓口，(2014)，http://www.e-stat.go.jp/SG1/Estat/List.do?lid=000001109855.

(2) 林卓夫，田中吉之助，衝撃工学，日刊工業新聞社，(1988)，pp. 5-15.