

防衛大

正員 竹田 仁一

防衛庁技術研究本部

立川 博之

防衛大

正員 ○藤本 一男

1. まえがき

軟鋼棒に高速にせん断荷重を加えると、ある速度以上では、せん断時の吸収エネルギーが激減し、脆性的に破壊するようになる。このことは筆者等の一部がすでに報告している¹⁾。実際の鋼構造物でも、地震時には、接合ボルトに $30\text{mm/sec} \sim 100\text{mm/sec}$ の平均変位速度のせん断力が作用する場合も考えられ、設計上、変位速度、または載荷速度はなおざりにし得ない問題であると思われる。この報告は、接合部に7Tボルトを使用した場合、ボルト接合部の力学的性質に与える載荷速度の影響を実験的に研究したものである。

2. 実験方法

図-1に載荷装置、および試験体の取付け方法を示した。実験に使用したボルトは7Tボルト(φ16)であり、接合鋼板(SS41)の板厚は6mm、および9mmの2種類である。実験における平均変位速度は、 $0.01\text{mm/sec} \sim 900\text{mm/sec}$ 間の4段階で、それぞれ静的(記号S、平均変位速度 $\bar{\delta} = 0.01 \sim 0.02\text{mm/sec}$)、準静的(記号S', $\bar{\delta} = 0.1 \sim 0.2\text{mm/sec}$)、中速(記号D、 $\bar{\delta} = 4 \sim 9\text{mm/sec}$)、および高速(記号D、 $\bar{\delta} = 250\text{mm/sec} \sim 900\text{mm/sec}$)である。載荷は油圧式中速破壊試験機、および同高速度破壊試験機を使い、行った。荷重、および変位は、試験体に直結したロードセル、およびポテンシオメーターにより測定し、荷重は搬送波周波数20KHzの増幅器で増幅し、変位と共にデータレコーダーに記録した。なお、ポテンシオメーターで測定した変位には、ボルトと接合鋼板の両方の変形が含まれているが、この実験では、両者を分離することは試みなかった。実験用ボルトは、実験前450kg-cmのトルクで締め付けた。接合部は接合鋼板の厚さにかかわらず、すべてボルトの破断によって破壊した。

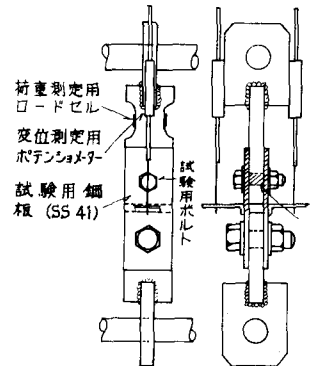


図-1. 載荷装置

数20KHzの増幅器で増幅し、変位と共にデータレコーダーに記録した。なお、ポテンシオメーターで測定した変位には、ボルトと接合鋼板の両方の変形が含まれているが、この実験では、両者を分離することは試みなかった。実験用ボルトは、実験前450kg-cmのトルクで締め付けた。接合部は接合鋼板の厚さにかかわらず、すべてボルトの破断によって破壊した。

3. 実験結果と考察

この実験の考察の基礎となった平均変位速度は、最大荷重に対応する変位を最大荷重に達するまでの時間で割った値であるが、上述のように、この変位には、ボルトと鋼板の両方の変位が含まれている。

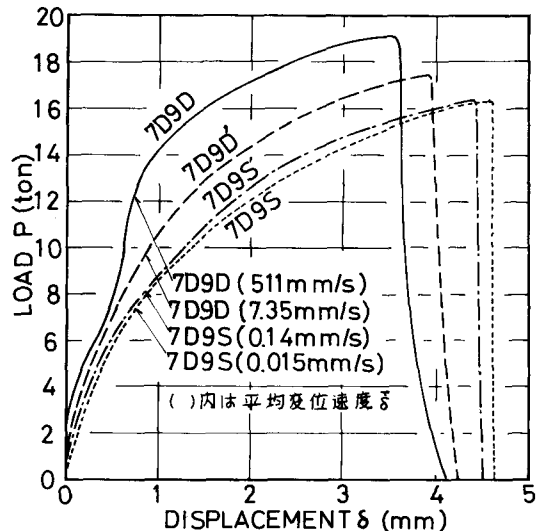
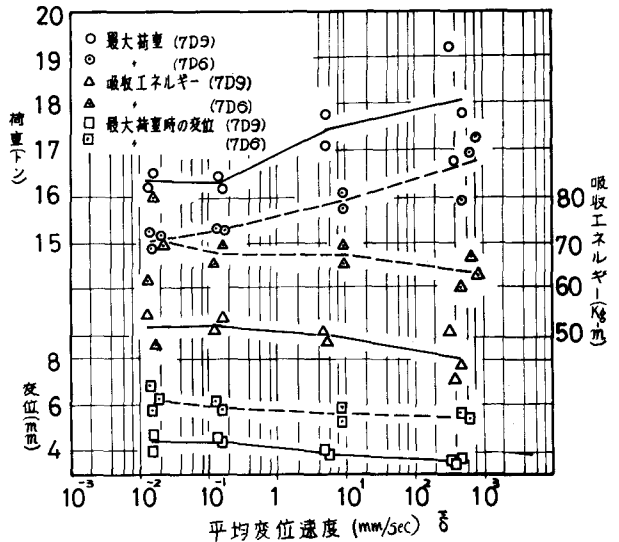


図-2. 平均変位速度による荷重-変位曲線

図-2に平均変位速度による荷重-変位曲線の変化を示した。図から知られるように、最大荷重、載荷初期の接線弾性係数、最大荷重までの割線弾性係数は平均変位速度の増加に伴い増加する傾向がある。しかし、最大荷重に対応する変位量は、逆に減少する。したがって、最大荷重までの吸収エネルギーは減少する傾向がある(個3)。図には、吸収エネルギーの外、最大荷重、および最大荷重時の変位と、平均変位速度の関係を描いた。この図から、最大荷重は変位速度の増加に伴って、増加しているが、前述の吸収エネルギー、および



四-3. 吸収エネルギー-最大荷重、および最大荷重時の変位-平均変位速度曲線

最大荷重時の変位は逆に減少する傾向が見られる。これらの傾向は既報の丸鋼のせん断実験ほど顕著ではないが、その理由は、測定変位がボルトの変位だけではないため、ボルトのせん断変位速度が、図示の値より小さいためであると考えられる。また、接合鋼板の薄い場合、鋼板の変形と相まってボルトに曲げ、あるいは引張も働かせ、せん断との複合応力状態になるので、変位速度の影響も単純ではなくなっていると考えられる。軟鋼の引張実験でも顕著な速度効果があり、ある変形速度以上では、脆性的に破壊することが知られている。しかし、限界速度はせん断より引張の方が高いようである。四-3では、高速荷重時、最大荷重に対応する変位、吸収エネルギー等の顕著な低下は見られないが、ボルトの破断面を観測すると、高速と低速の場合の間には、明瞭な違いが見られる。高速の場合には、破断面がほとんど平面的になっており、延性的破壊の部分の面積が極めて小さい。一方、低速の場合には、破断面の中がえぐられたような形状を示している。このことから、高速荷重時には、ボルトが脆性的に破壊していることが知られる。前述のように、接合鋼板の板厚、6mm、9mmの両方の実験で、最終的には、すべてボルトの破断によって破壊したにもかかわらず、最大荷重には両者に差があり、鋼板の薄い場合、最大荷重は小さくなっている。これは、鋼板が薄い場合、板の変形による曲げ、引張等の影響が大きくなるためと考えられる。吸収エネルギー、および最大荷重時の変位は逆に板厚の大きい方が小さい。これはせん断の影響がより大きく現れるためであろう。この実験は、7Tボルトの外に、4Tボルトを使用したもの、一面せん断を作用させたものも同時に実施したが、4Tボルトを使用した場合は、平均変位速度が10²mm/s以上で、強度の増加があり、一面せん断の場合も、二面せん断の場合と、ほぼ同じ傾向が見られた。

4. あとがき

高速荷重が作用する接合部は、速度の増加に伴って、最大荷重は増加するが、吸収エネルギー、および最大荷重時の変位は減少する傾向にある。この傾向は鋼板の厚い場合に大きく現れる。

参考文献 1) 竹田、立川、丸鋼およびねじ山高速剪断実験、日本建築学会 学術講演梗概集 昭44年8月

2) G. I. Taylor: SCIENTIFIC PAPERS P.516~P.545. 1958