

III-227 光弾性実験によるロックボルトの応力分布

東京都立大学 正員 山本 稔
東京都立大学 正員 山崎 良一

1. はじめに

既報の研究¹⁾によって、ロックボルトの応力分布が光弾性実験法によって調査できることを明らかにすることができた。この研究は、常温において自立したボルト付きの落し戸を地山材料とともに光弾性実験炉中に置き、応力凍結実験を行なうもので、ボルトに二次元光弾性材料を用いれば、応力凍結過程で発生する新しい力のつり合いによる応力がボルトに凍結されることを明らかにしている。ただし、この研究においては原理の説明に重きが置かれ、実験の詳細についてはなお検討の余地が残っている。かかる見地から、実験法を改良して行なった補足実験とアンカーヘッド付きのボルトに関する応力実験について述べ、参考に供することにする。

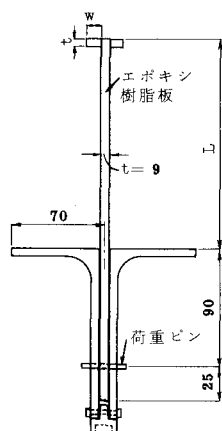
2. 実験概要

光弾性実験法による落し戸の実験手法は既報の通りであり、ボルト材としては高温硬化のエポキシ樹脂板、地山材料としては鉛散弾を用いている。鉛散弾は、砂のような塑性地山または破砕が極度に進んだ地山を想定して選んだものであるが、自重が大きく、熱伝導率および流動性が良好で、実験中性質の変動が少なく、光弾性実験用地山材料として通している。なお、散弾の粒径は約2mm、密度は 11.2 g/cm^3 、単位体積重量は 6.8 g/cm^3 、内部摩擦角は三軸圧縮試験によるもので $25^\circ \sim 30^\circ$ 、線膨張係数は $2.9 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ である。

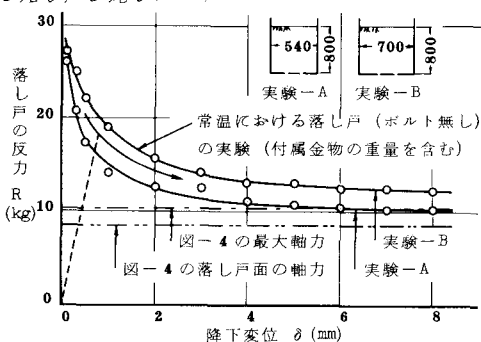
ヘッドをもたない先の実験¹⁾ではボルトを直接落し戸に接着したため、落し戸近傍におけるボルトの応力分布には落し戸による拘束の影響が明らかであった。このため、ボルトの応力分布から繰り荷重を推定するに当たっても不明確なところを残すことになった。この欠点を除去するため、補足実験においては、ボルトと落し戸を落し戸から離れて結合する機構を作った。図一にその詳細を示すが、落し戸に作用する荷重は、落し戸の荷重作用面から90mm下の位置に挿入した荷重ピンを介して中央のボルトに伝達されるようになっている。この機構を構成するため、落し戸はアルミ材を不等辺山形に加工し、その長辺の下端に厚さ10mmのスベイスを挟んで背中合わせに固定し、そのすき間にボルトが挿入されている。実験に用いた散弾箱は、周囲を溝形鋼で補強したアルミ板製の箱で、内法は $700 \times 101 \times 800 \text{ mm}$ である。

表一に実験内容を示した。実験結果をI, II, IIIに分類して示したが、実験一は既に報告したものである。実験一は実験一工の補足実験であり、実験一Ⅱはヘッド付きロックボルトに関する実験である。

実験一Ⅱに用いた試験片でボルト頭部の張り出し部は、ボルトと同厚のエポキシ樹脂



図一 落し戸部の詳細



図二 落し戸の反力と降下変位の関係

表一 実験内容

実験	記号	落し戸の幅 B cm	落し戸およびボルトの奥行 D cm	ボルトの長さ L cm	散弾の詰め込み高さ H cm	ヘッドの有無	落し戸の自立変位 δ mm
※ I	14 B-65 L-	14	9.70	65 ~ 45	80	無	
	14 B-45 L-						
II	14 B-55 L-101	14	10.00	55	75	無	10.20
	14 B-55 L-102						10.50
III	14 B-55 L-20 W-1	14	10.00	55	75	有	8.02
	14 B-50 L-20 W-1			50			7.95
	14 B-45 L-20 W-1			45			7.84
	14 B-40 L-20 W-1			40			10.40

※ 参考文献 1) 参照

板を接着したものである。また、この試験片の記号でBは落し戸幅、Lはボルトの長さ、Wはヘッドの張り出し幅を示している。従って、例えば、14B-55L-20W-1は、落し戸幅14cm、ボルト長55cm、頭部の片側張り出し幅が2cmのモデルによる1回目の実験ということになる。

3. 実験結果と考察

図-3に実験一Ⅱ、一Ⅲの等色線写真の一部を示した。また、図-4にはこれから実験写真の対称軸上の諸次数をプロットしたボルトの軸力分布を示した。落し戸板に作用する荷重は、図-1に示す機構でボルトに伝わるが、その様子は図-3（実験一Ⅱ）の荷重ピンを含むボルトの等色線写真からうかがうことができる。図-3によれば、ピンホルの加工精度が悪いために、4つのピンホルの荷重分担に多少の相違が見受けられる。しかし、ボルトの応力分布に与える影響は小さいと見てよい。

実験一Ⅱの軸力分布状態は実験一Ⅲのそれと同じである。また、ヘッドを付けた場合においても定着部を別として吊り下げ部の状態は同じである。同じヘッドを有する実験では、定着部の軸力変化はボルト長さが短いほど激しい。これは、ボルトが短いほど自立に至る変位の大きいことに対応すると考えられる。

図-4から明らかなように、ボルトの張力につり合って落し戸が自立する限り、吊り下げ部の軸力分布、特にボルトの最大軸力とその発生位置が、実験条件によって変わらないことには注目する必要がある。これはまた図-2に示すように、応力凍結法による落し戸の実験では、自立変位が大きく、落し戸は実験条件にかかわらずほぼ同じ状態でつり合いに達する結果として説明できると思われる。

図-4の軸力の最大値を図-2と比較すれば、この最大値がボルトのない場合の緩み土圧にほぼ同じであることは明らかである。また、最大値の発生位置は落し戸幅を底辺とする正三角形の頂点付近である。

4. おわりに

ロックボルトをもつ落し戸の光弾性実験は、その軸力分布から自己つり合い作用を説明する目的で計画したものである。実験結果によれば、ヘッド付きボルトの実験にみられるように、実験条件を変更しても落し戸が自立する条件は同じであることを明らかにすることができた。この実験が、自己つり合い作用の理解を通じ、ロックボルトの挙動を説明する上で役立つよう願っている。終りに、本学の深見弘君の助力があつたことを記し謝意にかえる。

参考文献 1) 山本稔, 山崎良一: ロックボルトをもつ落し戸の光弾性実験, 土木学会第34回年次学術講演会, Ⅱ-281, 1979-10.

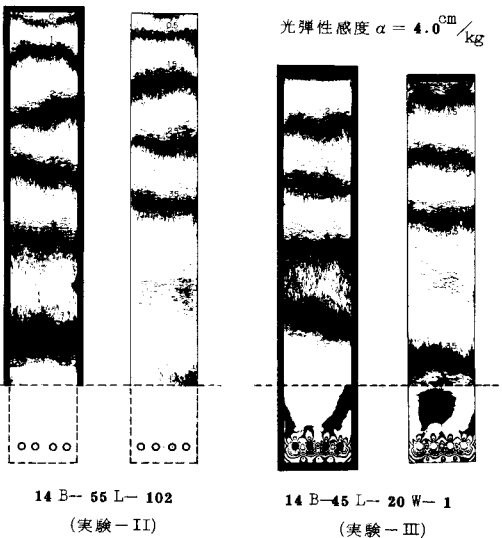


図-3 等色線写真

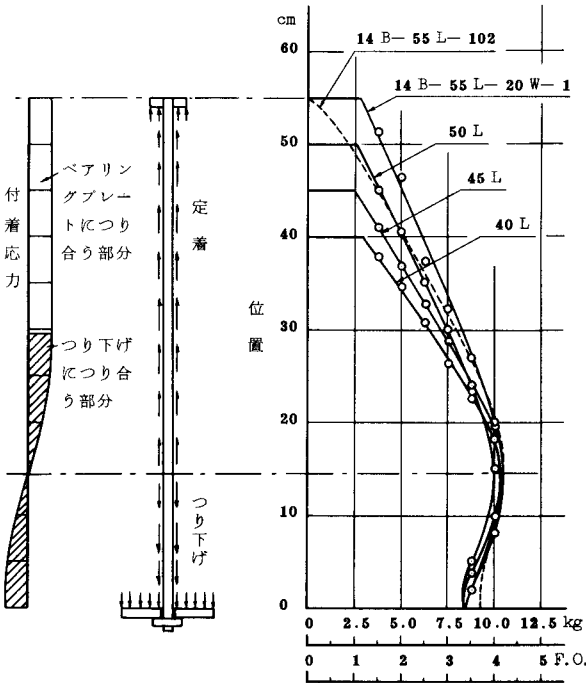


図-4 ボルトの軸力と付着応力