

東海大学工学部 正会員 宇都一馬

正会員 ○冬木 衛

正会員 近藤 博

1. まえがき 「道路橋下部構造設計指針・くいの基礎の施工篇」における打撃応力の算定式は、くい頭に発生する応力と変動がくいを伝播する間に生じるくい体応力とに区別しており、原案作成に当たった筆者らの考え方はすでに明らかにした⁽²⁾⁽³⁾。これによると、くい頭打撃応力 σ_0 は、 $\sigma_0 = \frac{e\sqrt{2E_p\delta_p H}}{\{1 + (A_p/A_H) \cdot \sqrt{E_p\delta_p/E_H\delta_H}\}} \cdots$ 同指針(1)式、あるいは、 $\sigma_0 = \frac{e\sqrt{2E_p\delta_p H}}{(A_p/A_H = 10 \sim \infty)} \cdots$ 同式(2)で算定することになっている。ここで、 H はラムストローク、 $A_p, A_H, E_p, E_H, \delta_p, \delta_H$ はそれぞれくいおよびラムの断面積、弾性係数および単位体積重量を表わし、 e は応力効率で0.7(鋼ぐい)⁽¹⁾の値をとる。しかし、この算定式によればくい頭応力が鋼材の降伏強さを越えることはなく、ちやうど座屈、くい頭のめくれなどが現実に発生するという事実と反することが指摘されている。今回鋼管ぐいで打撃面に極めて近い位置で得られた偏心打撃応力の実験値をもとに、上記問題点や実験値と同指針の算定式との関係について考察する。以下の記述では、式(1), (2)式で $e=1$ としたものをそれぞれ $\sigma_{0i}, \sigma_{0cr}$ とする。

2. 実験方法 本実験は、千葉県東総郡御宿町の清水橋架設工事において実施されたもので、図-1に同地点の土質柱状図を示す。試験ぐいは $\phi 50.8 \times 9.5, l=24\text{m}$ の鋼管ぐい2本で、ハンマーはIDH-22を使用した。応力測定は図-2に示した位置にストレーンゲージ(箔ひずみゲージ, KFC-2-500-C1-11, ゲージ率2.15)を貼付し、直流ブリッジ回路の一辺とし、出力電圧は直流増幅器(コパル電子製, 周波数特性DC~100kHz)で増幅して、データレコーダ(フィリップス製 Analog 7, 周波数特性DC~10kHz)で記録した。なお、計測に関する詳細は文献(4)を参照されたい。解析はデータレコーダを再生してメモリスコープ(岩通製 MS5103B)あるいはペン書きレコーダ(日立製 QAS-4Z, ただし再生スピードを $1/2$ に落す)によって記録して行なった。

本実験は、くいのシームの強度試験を目的としたものであったので、打止りの状態(打止りまで約600回打撃)から約3000回の強制打込みを行なったが、最終的に2本のくいとも、くい頭に座屈、変形現象は見られなかった。

3. 結果の検討 図-3は、ハンマーをできるだけ偏心して打撃した時の観測波形の一例(N6.2ぐい)で、打撃面から10cm下方の V_1, V_2 ゲージには著しい偏心のようすが窺われる。しかし、打撃面から4m下方の V_3, V_4 ゲージでは偏心の影響は見られず同形の波形となっている。

(1). 偏心打撃応力 ここで、設計施工上問題となるであろう V_2 ゲージの応力について考察する。図-4は偏心状態での V_2 ゲージのピーク応力値をラムストロークに対してプロットしたもので、図中の2本の理論曲線は前述の $\sigma_{0i}, \sigma_{0cr}$ に相当するものである。ここで注目すべきことは、 σ_{0i} (くい、ラムの断面積を考慮)に対する効率が1を越える事実であり、これは指針の値 $e=0.7$ より大きくなる。すなわち、極端な偏心打撃を受けるような場合、くい頭の極めて打撃面に近い部分には、単時間ではあるが指針で算定したくい頭応力より大きな偏心応力が発生する可能性があることになる。また、同時に、この図から偏心打撃応力が σ_{0cr} の値を越えない事も読取れる。この σ_{0cr} の値は、くいのほんの一部をラムが打撃するような極端な状態($A_p/A_H = \infty$)に発生するもので、これはラム、くいの断面積に無関係にくいの材質、ラムストロークによって決まるくい頭打撃応力の限界値というべきものである。(図-6) くい頭とラムの間は複雑な構造をしており、ラムが偏心するような場合には、くいのごく一部が打撃されるような状態が生じ得ることはわかる。この事実は、各ゲージの圧

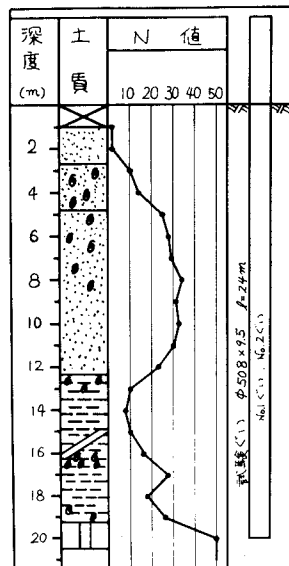


図-1 土質柱状図

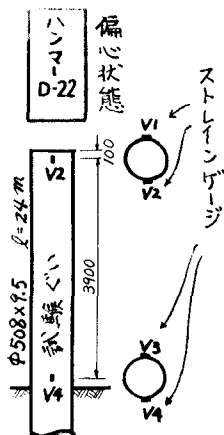


図-2 ストレインゲージ位置

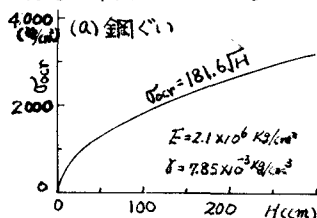


図-6 くい頭限界応力 G_{cr}

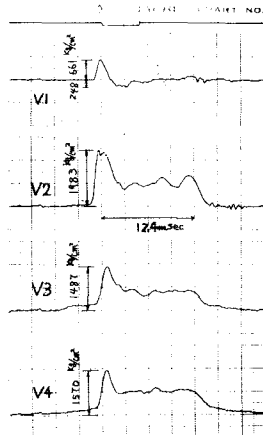


図-3 観測波形の一例 (No. 2)

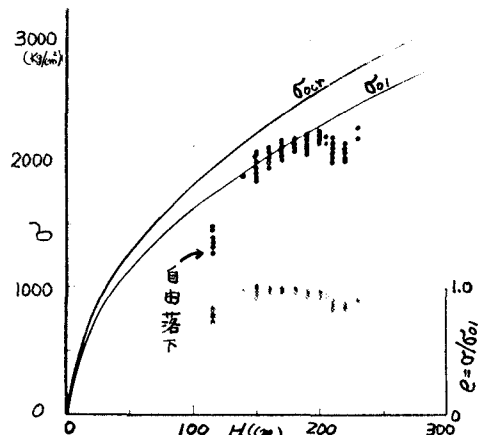
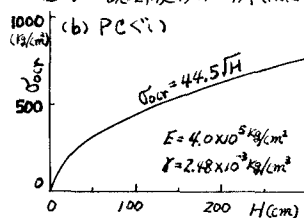


図-4 V_2 ゲージの打撃応力

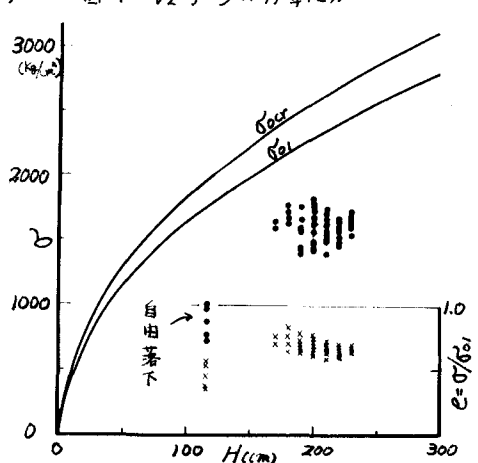


図-5 V_3, V_4 ゲージの打撃応力

縮行程、爆発行程などの応力波形の比較からも類推できる。

(2) くい頭打撃応力 V_3, V_4 ゲージの応力波形は、圧縮行程、ラムへの衝突時、爆発行程ともほぼ同形となり偏心打撃応力の影響は表れぬ。図-5には、 V_3, V_4 ゲージのピーク応力と効手を図示したが、 $e=0.6 \sim 0.8$ 程度となり同指針の値と一致する。

したがってくい体応力の算定に用いるくい頭応力は従来どうの

値によってよい。偏心打撃応力の分散の実験を Kuo が中実丸棒について行っており、今回の実験と同様な傾向の結果を示している。⁴⁾

(3) くい頭座屈 くい頭のちようちん座屈などの変形の現象は、打撃応力の絶対値のみでなく、波長(ラムの重量に対応)、打撃回数、製作時または運搬時に生じるくい頭の初期的な変形、キャップ・フッションの形状などの不陸などの要因と密接な関係があると考えられ、施工に当ってはこれらの点に特に注意する必要がある。

4. まとめ (1) くいが著しい偏心打撃を受けるとき、打撃面付近には応力の偏心がみられ、「道路橋下部構造設計指針・くい基礎の施工篇」のくい頭打撃応力の算定値より大きな値が発生し得る。 (2) その最大値は同指針の式(2)式において $e=1$ として推定してよい。(図-6) (3) この偏心打撃応力は、下方に伝播するに伴い分散し、くい頭からくい径の4~8倍の下方ではほぼ一次元波動となり、くい頭打撃応力は同指針の式(1)式において $e=0.7 \sim 0.8$ として推定してよく、この値をもってくい体応力を算定してよい。 (4) いわゆる、くい頭座屈は打撃応力の絶対値のみでなく、波長、打撃回数、くい頭の初期変形などと密接に関係する。

最後に、本実験は昭和44年12月に実施したもので、当時建設省工本研究所基礎研究室長吉田巖氏、亀甲陽信技官の御指導、御援助も得ました。ここに記して、深く感謝いたします。

参考文献 1) 宇都・小宮・吉村、実験と施工実績を背景とする施工指針の検討(1)、道路(1969.10)。2) 宇都・冬木・近藤、波動理論による打込み時くい頭応力の算定式について、第30回土木学会年次学術講演会(1975)。3) 宇都・冬木・近藤、打込み時にくい頭に発生する打撃応力の算定式について、第31回土木学会年次学術講演会(1976)。4) Kuo, S.S.; Experimental Investigation of Eccentric Longitudinal Impact of Bars; Experimental Mechanics, Pergamon Press, (1963)。