

(持) 関 組 正 員 ○ 藤 田 圭 一
古 賀 哲 夫

1. まえがき

さき、適正なディーゼルハンマーの選定を行なうために、ハンマーと実測打撃力の関係から応力度を基準とした図表を提案した。しかしながら、同一のハンマーにおいて、くいの断面が小さいときには打撃力が小さく、逆のときには大きいという事実を十分に説明するまでには至っていない。

くい打ち時に発生するくい頭打撃応力度を算定する方法として、このほかには道路橋下部構造設計指針—くい基礎の施工篇¹⁾に波動方程式系のものが取り上げられ、図表²⁾が与えられているが、くいの断面が小さいところではや過小の値を与えているようであるので、この修正を試みることにした。

2. 従来の計算式

文献3)の式を展開すると次式のようになる。

$$\sigma_p = \frac{\alpha \sqrt{2cE_p \delta_p h}}{\left(1 + \frac{A_c \sqrt{E_c \delta_c} + A_p \sqrt{E_p \delta_p} + A_p \sqrt{E_p \delta_p}}{A_H \sqrt{E_H \delta_H}}\right)} \quad \dots (1)$$

== には、 σ_p : 打撃応力度 (kg/cm²) 添字

A; 断面積 (cm²) H; ハンマーラム

E; 弾性係数 (kg/cm²) C; フォション

δ ; 単位体積重量 (kg/cm³) P; く

h; ハンマーの落下高さ (cm)

α ; 係数

e; ハンマーの効率 = 0.8

文献3)の式は式(1)の分子の $\alpha \sqrt{e}$ → e, 分母の第2項と第3項を0にしたものと同じになる。

$$\sigma_p = \frac{e \sqrt{2E_p \delta_p h}}{1 + \frac{A_p \sqrt{E_p \delta_p}}{A_H \sqrt{E_H \delta_H}}} \quad \dots (2)$$

== には、e: 応力に対する効率 = 0.6

3. 式(2)による計算値と実測値の比較

打撃応力度の実測値と式(2)による計算値を比較したのが図-1である。この図から、くいの断面が小さいときには過小な計算値を与え、しかもある傾向をもっていることが判明し、図に示すような修正係数がえられる。

4. 提案式とその精度

式(2)と図-1の修正係数によって、次のような式を求めるとができる。

$$\text{鋼 ぐ い} \quad \sigma = \frac{10.9 \sqrt{h}}{1 + \frac{A_p}{A_H}} \times \frac{12 + \frac{A_H}{A_p}}{16.27} \approx \frac{6.7 \sqrt{h} (12 + \frac{A_H}{A_p})}{1 + \frac{A_p}{A_H}} \quad \dots (3)$$

$$\text{P C ぐ い} \quad \sigma = \frac{26.7 \sqrt{h}}{1 + 0.245 \frac{A_p}{A_H}} \times \frac{12 + \frac{A_H}{0.245 A_p}}{19.07} \approx \frac{1.4 \sqrt{h} (12 + 4 \frac{A_H}{A_p})}{1 + \frac{A_p}{4 A_H}} \quad \dots (4)$$

表-1 計算に使用した諸数値

項目	種別	ハンマー	フォション	鋼ぐい	PCぐい
E (kg/cm ²)		21×10 ⁶	1.0×10 ⁵	21×10 ⁶	40×10 ⁵
δ (kg/cm ³)		7.85×10 ⁻³	1.0×10 ⁻³	7.85×10 ⁻³	2.5×10 ⁻³

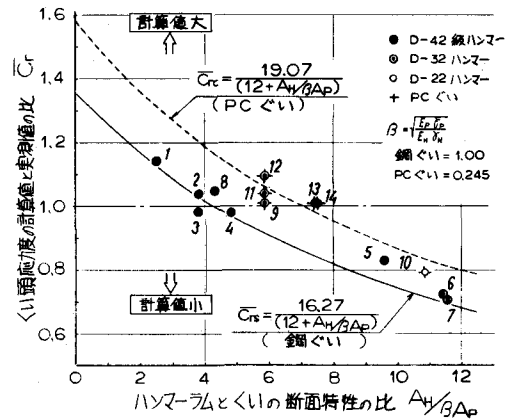


図-1 C_r と $A_H/\beta A_p$ の関係式(2)

式(2), (3), (4)により求めた計算値と実測値の関係を整理したのが図-2であるが、式(3), (4)は式(2)よりも精度がすぐれていることが示されている。

5. 式(1)の整理と係数の決定 ----- 鋼ぐいの場合

式(1)に図-3の関係を代入して忠実に整理すると、鋼ぐいについて式(5)がえられる。ただし、 $\alpha = \sqrt{2}$ とする。

$$d_p = \frac{192\sqrt{E}}{1+5.14 \frac{A_p}{A_H}} \approx \frac{190\sqrt{E}}{1+5 \frac{A_p}{A_H}} \quad \text{----- (5)}$$

式(5)による計算値と実測値と比較したのが図-4である。この図から $\alpha = 0.8$ としたときには、 $\alpha = 2$ よりも $\sqrt{2}$ としたほうがよく、精度としておよそ $\pm 10\%$ が期待できることが判明した。

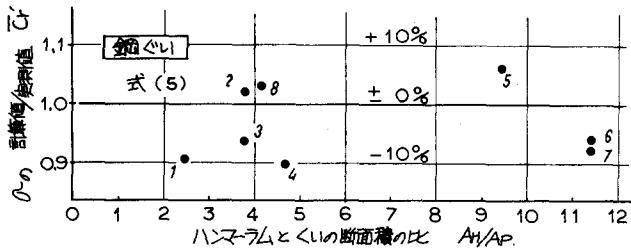


図-4 $\bar{c}_p$ と A_H/A_p の関係式 (1)

6. 打撃応力度の算定図表

提案式のうち、式(3)と式(4)により、ディーゼルハンマーの種類、ぐいの断面積、ラムの落下高に対するぐい頭部の打撃による圧縮応力度の標準値との関係を示したのが、図-5と図-6である。

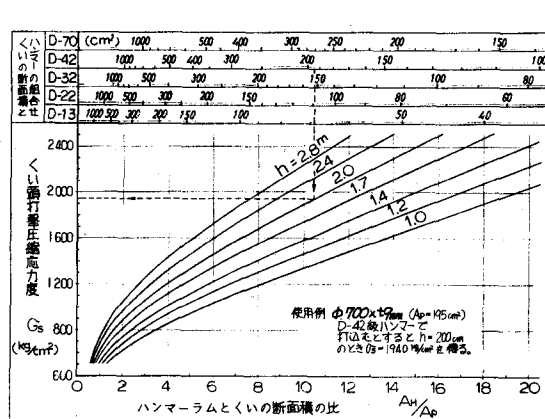


図-5 ぐい頭打撃応力度算定図表 (鋼ぐい)

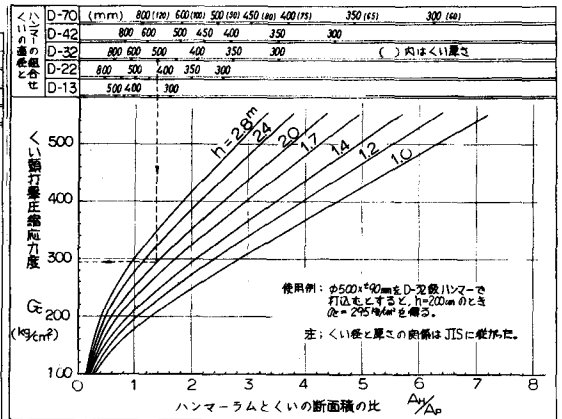


図-6 ぐい頭打撃応力度算定図表 (PCぐい)

7. あとがき

波動方程式系の計算式に、ハンマーの重量、フッションの厚さ、ぐいの落下量とリバウンド量などが考慮されていない点やフッションの弾性係数が変わる点などについて不安を感じるが、精度としておよそ $\pm 10\%$ くらいがえられることが判明した。今後さらに多くのデータを集めることにより精度を向上させることが可能であると考えられる。

図-5と図-6とハンマーの選定図表とするためには、最大圧縮応力度の推定を行わなければならない。図-2から、最大圧縮応力度は平均値のおよそ110%と考えられる。したがって、図表による求めた値を1.1倍した値が材料強度を越えないようにハンマーを選定するといふ。

なお、鋼ぐいでは圧縮応力度がぐいの材料強度に見合うものであるが、コンクリートぐいでは、引張破壊をおこすことがあるから、図-6からだけではハンマーを選定することができない。しかし、引張応力度は圧縮応力度の0~50%程度の大きさであるから、引張強度と比較することによって推定することが可能である。

材料強度としては、鋼ぐいの場合 2400 kg/cm^2 、PCぐいの場合には引張強度を考慮して 300 kg/cm^2 以下とすることが望ましい。

表-2 使用データ一覧表

番号	くい寸法		くい先形状	断面横	ハンマー	クッション 厚さ(cm)	オシロ ガルバー	計測箇所 の根入れ	AH AP	備考
	直径×厚さ(mm)	長さ(cm)								
1	1524×16	43	無加工	785 ^(cm²)	M-43	18	G-1000 G-1000AF	6	21~40 ^(m)	2.50
2	1200×13	30	"	510	M-40	8~12	G-1000	6	6~20	3.85
3	1200×13	28	"	510	M-40	8~12	G-1000	6	6~20	3.85
4	1200×10.5	30.5	"	420	M-40	10~12	G-1000	3	20~28	4.68
5	800×9	22	補強バンド	224	K-42	17	G-1000AF	6	11~21	9.48
6	508×7.5	30	無加工	145	K-32	12~15	G-1000	5	16~23	11.46
7	508×7.5	30	補強バンド	145	K-32	12~15	G-1000	5	16~26	11.46
8	812.8×16	16	不明	469	M-40	不明	不明	4	14~16	4.19
9	500×90	20	沓付	1159	K-32	上 12~15 下 ボール紙	G-1000	2	10~11	1.39
10	300×60	20	"	452	K-22	上 10~12 下 ボール紙	G-1000	3	11~12	2.64
11	500×90	12~15	"	1159	K-32	上 不明 下 10(合板)	G-1000 G-300	9	9~14	1.39
12	500×90	37	無加工 用蓋	1159	K-32	"	"	7	26~33	1.39
13	500×90	37	"	1159	K-32	"	"	7	26~33	1.39
14	500×90	37	"	1159	K-42	"	"	7	26~33	1.78
15	500×90	37	"	1159	K-42	"	"	7	27~35	1.78

注 鋼ぐいのゲージアロテターは ボルト形 または ゴム捲着形で、リードアロテターは 山形鋼、もしくは 溝形鋼を 断続密着で取付けている。
断面横には リードアロテターを含んでいる。
PCぐいのひずみゲージは 補強筋のない個所のくい表面に 4点以上 取付けている。

参考文献

- 1) 藤田圭一・上田勝基・山口靖紀；くいに生ずる打撃応力度とハンマーの選定について、土木学会第24回年次学術講演会一第Ⅲ部門、昭和44年9月。
- 2) 日本道路協会；道路橋下部構造設計指針—くい基礎の施工篇、昭和43年10月、PP9~14。
- 3) 横山幸高；鋼杭の設計と施工（増補版）、山海堂、昭和47年6月、PP235~240。
- 4) 宇都一馬・小笹太郎・吉村元宏；実験と施工実績と背景とする施工指針の検討(1)—道路橋下部構造設計指針—くい基礎の施工篇解説、道路、1969年10月、PP38~46。
- 5) 大崎順彦・岸田英明；鋼ぐいの支持力・打撃応力に関する2、3の問題(その2)、日本建築学会論文報告集第80号、昭和47年12月、PP24~27。
- 6) 吉成元伸、既製コンクリートぐいの打撃応力・建築技術、No206、1968年10月。
- 7) 東正久・坂本功・山本英彦；PCグイの打込み時の計測例から見た打撃応力推定式の適用性、土工基礎、161号、1971年7月。
- 8) 渡辺清治・金谷祐二・佐藤寛・宮崎祐助；大口径鋼管ぐいの試験報告、大林組技術研究年報、No.4、1970年。
- 9) 古藤田善久雄；グイ打ち公式、コンクリートパイルハンドブック、山海堂、昭和41年8月、PP72~74。