

顧問 技術研究所 正員 藤田 圭一

同上 正員 古賀 哲決

同上 正員 山口 靖紀

1. はじめに

杭頭打撃応力度の算定式として波動方程式系の式が多く使用されているが、それらの式の多くは、打撃応力度の大きさにラム重量が関与しないために、一般に理解されにくい面があった。

著者らは、打撃応力度とラム重量の間に、明確な相関性があることを実験的に見出した。さらに、その結果と多くの実測データを用いて既存の算定式を経験的な手法によって修正し、新たな杭頭打撃応力度算定式（最大圧縮応力度）として提案することとした。

2. 打撃応力度とラム重量との関係

図-1に示す装置において、モンケンの断面積は一定として重さを3種類に変化させた時の打撃応力度を、ひずみゲージ（4枚）→動ひずみ計（DPM-307A）→データレコーダ（RF-270）の計器構成で測定した。

その結果、杭頭打撃応力度 σ とラム重量 W_H との間に、図-2に示すような関係があることが判明した。

3. 打撃応力度算定式の提案

(1) 算定式の誘導

実験結果から $\sigma \propto W_H^{0.52}$ の関係が成立することが分かった。そこで、試算を行い W_H をハンマによる係数として $\alpha_0 = 10^3 \sqrt{W_H / (A_H E_H)}$ の形で取り入れることとした。この α_0 を後に示す道路橋下部構造指針の式（②式）に導入し、打撃応力度の計算値と実測値の比 Cr を求めれば図-3に示すようになる。この結果から Cr と $A_H / (\beta * A_p)$ の間に相関性が見られる。両者の関係は、ハンマの種類によらずPC杭であるか鋼杭であるかによって、それぞれ図中に示す式で回帰できる。従って、道路橋下部構造指針の式（ただし $e = 0.6$ ）、 $\alpha_0 = 10^3 \sqrt{W_H / (A_H E_H)}$ および図-3に示す回帰式より、次式が提案できる。ただし、諸数値は表-1に示す値を用いた。

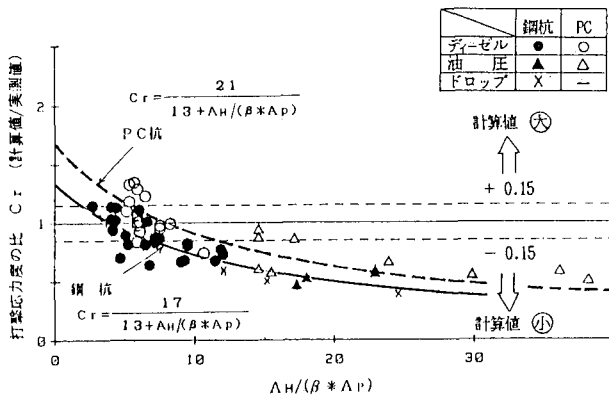
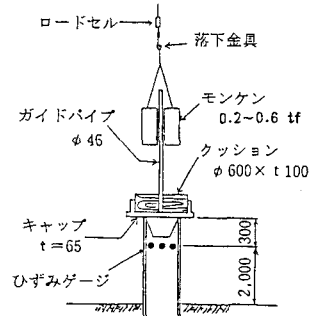


図-3 道路橋式に α_0 を適用して求めた Cr と $A_H / (\beta * A_p)$ の関係



鋼管杭φ355.6 x t6 x L21000mm

図-1 打撃装置

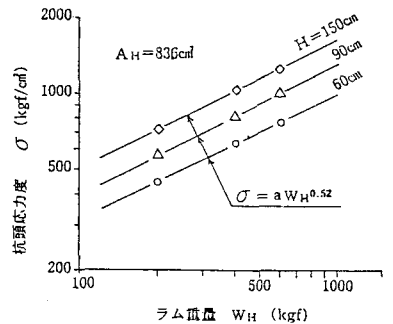


図-2 杭頭応力度とラム重量との関係

表-1 計算に使用した数値

記号	説明	数 値	
		鋼 杭	PC杭
σ	打撃応力度 (kgf/cm ²)	添字の説明 H: ハンマラム P: 杭材 C: クッション材	
H	ラム落下高さ (cm)		
A_H	断 面 積 (cm ²)		
A_p	アンビル断面積	杭径相当断面積	
E_H	弾性係数 (kgf/cm ²)	2.1×10^6	2.1×10^6
E_p		2.1×10^6	4.0×10^5
E_c		1.0×10^5	1.0×10^5
ρ_H	密 度 (kg/cm ³)	7.85×10^{-3}	7.85×10^{-3}
ρ_p		7.85×10^{-3}	2.40×10^{-3}
ρ_c		1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}
W_H	ラムの重量 (kgf)	1.00	0.245
β	$\sqrt{E_p \rho_p} / \sqrt{E_H \rho_H}$	5.12×10^{-5}	4.04×10^{-5}
C_p	弾性波速度 (cm/s)	980	980
g	重力加速度 (cm/s ²)	980	980
t	ラム打撃後の経過時間	1.5×10^{-2} sec	2.2×10^{-2} sec
e	打撃応力に対する効率	0.7	0.6
記号	説 明	ディーゼル	油圧、ドロップ
e_f	効率	0.8	0.6
a	ハンマによる係数	$\sqrt{2}$	1

$$\sigma = \frac{\alpha_0 \cdot e \sqrt{2 E_p \rho_p H}}{1 + \frac{A_p}{A_H} \sqrt{\frac{E_p \rho_p}{E_H \rho_H}}} \times \frac{1}{C_r} = \frac{0.849 \alpha_0 \sqrt{E_p \rho_p H}}{1 + \frac{A_p}{A_H}} \times \frac{13 + \frac{A_H}{A_p}}{17} \approx 0.05 \alpha_0 \sqrt{E_p \rho_p H} \cdot \frac{13 + \frac{A_H}{A_p}}{1 + \frac{A_p}{A_H}} \text{--- 鋼杭}$$

$$\sigma = \frac{0.849 \alpha_0 \sqrt{E_p \rho_p H}}{1 + 0.245 \frac{A_p}{A_H}} \times \frac{13 + \frac{A_H}{0.245 A_p}}{21} \approx 0.04 \alpha_0 \sqrt{E_p \rho_p H} \cdot \frac{13 + 4 \frac{A_H}{A_p}}{1 + \frac{A_p}{4 A_H}} \text{--- PC杭}$$

$$\text{ここに } \alpha_0 = 10^3 \sqrt{W_H / (A_H \times E_H)}$$

(2) 他の算定式との適合性の比較

提案式と次に示す4種類の算定式について、計算値と実測値との比較を行った。(式省略)

- ① 建築基礎構造設計規準の式¹⁾
- ② 道路橋下部構造設計指針の式²⁾
- ③ 鋼管杭協会の式(但し t は異なる)³⁾
- ④ 藤田の旧式(ディーゼルハンマ用)⁴⁾

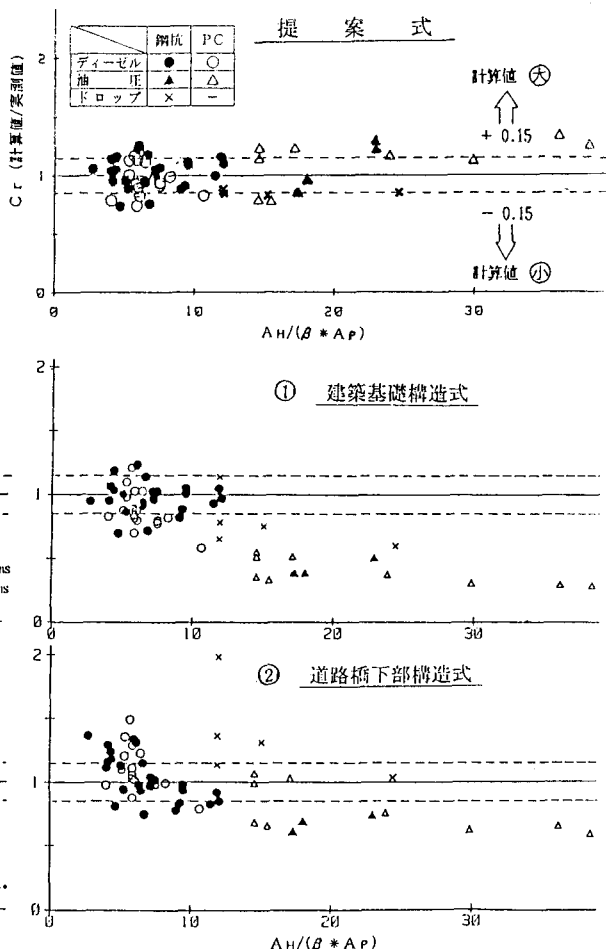


図-4 杭頭打撃応力度の実測値と計算値との比較

その結果を図-4に示す。この図で用いた各ハンマによる実測値は、それぞれの杭の根入れ長さ3~4ヵ所で測定した値の平均値である。提案式は、ディーゼルハンマ、油圧ハンマ(通常の自由落下式のもの)およびドロップハンマで杭を打撃する際の、杭頭打撃応力度を およそ±15%の精度で推定できることを示している。

4. おわりに

この提案式は、文献5)で提案した式において ① α の算出法、②図-3の回帰式、を修正して再提案するものである。データ数の関係から主としてディーゼルハンマ用に提案するものであるが、図-4から明らかなように他のハンマに適用しても差しつかえないと考えられる。

参考文献

- 1) 建築基礎構造設計規準・同解説、1974年
- 2) 道路橋下部構造設計指針、1968年
- 3) 鋼管杭協会：鋼管杭の打撃応力と適性ハンマ、1982年
- 4) 藤田・古賀：波動方程式を基にした杭頭打撃応力算定式、第31回土木学会年次学術講演会、1975年
- 5) 藤田・古賀・山口：ラム重量一杭頭応力関係の実測値とその算定式の提案、杭の貫入性・打撃性に関するシンポジウム、土質工学会、1984年