

九州大学 学生員 ○岩 本 和 美
九州大学 正 員 鳥 野 清
九州大学 正 員 小 坪 清 真

1). まえがき

本研究の目的は、新日鉄若松製鉄原料工場内に建設されている鉱石整粒工場において、クラッシャー運転時の基礎および構造物の動的変位を測定し、振動発生の原因を分析した上、振動予測の理論計算法を提案し、整粒工場の振動を軽減する対策を究明すると同時に、今後のこの種の工場建設のための設計資料を得ようとするものである。

2). 測定概要

図-1に本工場の平面図および正面図を示す。ここで、 C_1, C_2 はクラッシャー、 $V \cdot S$ はスクリーンを示す。本工場の基礎地盤は、深さ23mまではN値10以下の非常に軟弱な地盤である。基礎杭は $\phi 406.4 \times 7.5$ mmの中詰め(砂)鋼管を54(9×6)本打設してある。

測定方法としては、速度型電磁式地震計で測定した速度を積分器に通し、変位記録に変換して測定した。図-2に各測点の最大変位振巾を示す。但し、各方向の最大変位の間には位相のずれがあるために、図に示した最大変位の合成変位が最大変位とはならない。クラッシャー C_1, C_2 の稼動振動数はそれぞれ4.25 Hz, 3.83 Hzで、両者の稼動振動数が異なるため、両者の平均である4.0 Hzの振動数で周期2.8秒程度のうなり現象を併せて振動している。

また、本工場の建物の固有振動数とクラッシャーの稼動振動数の関係を知るために、クラッシャーの止まっている時に建物の常時微動を測定した。測定結果のパワースペクトルを求めると、2.3 Hzと4.2 Hzにピークが表れるが、前者の値は地盤の卓越周期と合致するので、基礎を含めた全体系の1次固有振動数は、4.2 Hz程度となる。これは、クラッシャー運転時の振動数4.0 Hzに非常に近い。

測定結果より、基礎の水平変位は3層の水平変位の半分以上もあり、基礎の部分の振動が大きいことを示している。また、y方向に比べて、x方向の水平変位が大きく、しかもクラッシャーが設置してある側の測点の水平変位が大きいことがわかる。一方向、y方向においては、 C_2 側の水平変位が C_1 側に比べて大きい。クラッシャーの

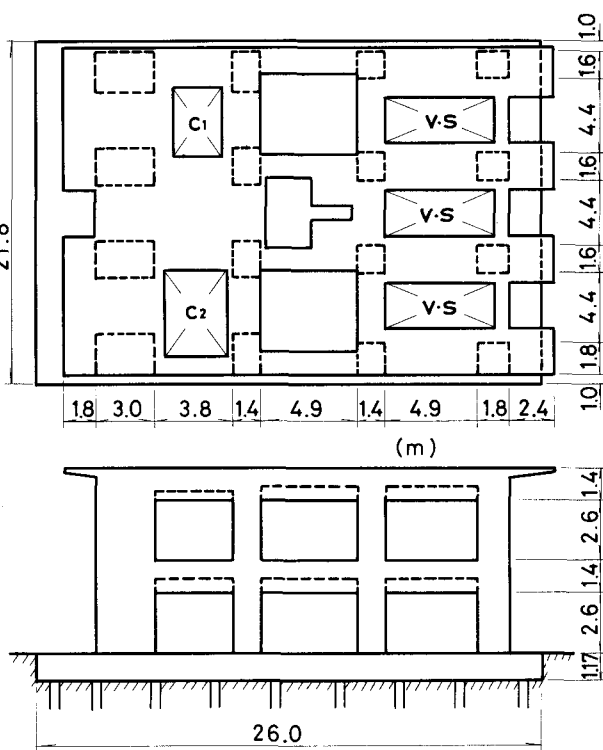


図-1 整粒工場一組図

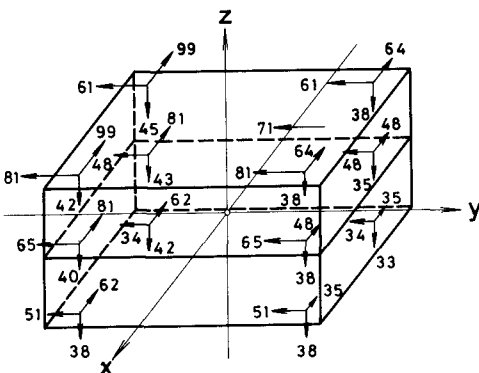


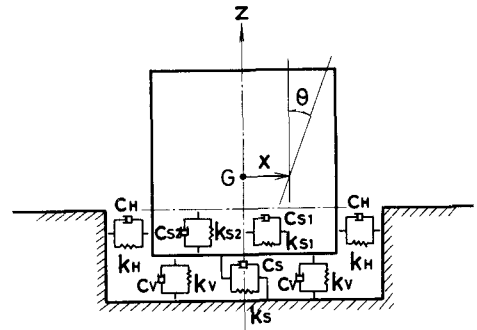
図-2 各測点の最大変位振巾

機能を見ても、 C_1 の方が C_2 に比べて水平方向荷重が大きく、当然 C_1 側の y 方向変位が C_2 側より大きいと予想されるが、結果は逆になっている。原因としては、 C_1 側に比べ C_2 側の基礎杭の水平抵抗が弱いためと考えられる。本整粒工場の変位の特徴は、ラーメンの変形は小さく、基礎の水平変位およびロッキングがきわめて大きいことである。

3). 理論解析

図-3に理論解析モデルを示す。ここで、

- k_s, C_s : 水平方向の杭頭復元反力係数および減衰係数
- k_v, C_v : 鉛直方向の杭頭復元反力係数および減衰係数
- k_H, C_H : 圧縮、引張領域の水平方向地盤反力係数、減衰係数
- k_{s1}, C_{s1} : 側面の水平方向すべりによる地盤反力係数、減衰係数
- k_{s2}, C_{s2} : 側面の鉛直方向すべりによる地盤反力係数、減衰係数



測定結果より、ラーメンの変形による水平変位は十分小さいので、ここでは剛体として扱った。また、クラッシャーが偏心しているため 図-3 理論解析モデルに工場は鉛直軸まわりの揺れ振動を生じているが、この振動は x, y 軸まわりのロッキング振動とは独立に分離して解析できるので、ここでは工場を2自由度のロッキング振動系と考えて解析した。地盤のせん断弾性係数 G は、基礎地盤柱状図の N 値曲線より杭の変形曲線を重み関数にヒッて平均化して求めた N 値より求め⁽¹⁾、 $G = 400 \text{ kg/cm}^2$ とした。また、表面近くの地盤の G は 650 kg/cm^2 として計算を行なった。杭頭復元力による反力係数および減衰係数は、単杭 $\phi 406.4 \times 7.5 \text{ mm}$ 中詰め(砂 $\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$)鋼管で杭長 23 m 、地盤の粘性による減衰 0.1 として弾性地盤中の支持杭に対する複素復元力の理論式⁽²⁾より求めた。反力係数については、群杭効果を弾性理論計算⁽³⁾より求め、水平方向では 0.5 、鉛直方向では 0.7 とした。

振動形解析法によって求めた結果(y 軸まわりのロッキングの場合)も図-4に示す。系の固有振動数は1次が 4.82 Hz 、2次が 9.00 Hz となる。理論解析結果を測定値と比較すると、水平変位、回転角共に2倍近い値になっている。振動変位における理論値と実験値との相違の原因として次の諸点が考えられる。(1)杭頭反力係数の過小評価。(2)杭頭減衰係数の過小評価。(3)基礎底面地盤反力の無視。(4)基礎底面よりの減衰の無視。(5)クラッシャーの起振力の過大假定。(6)地盤の非線形性の無視、これらのうち、(1)(3)については、地盤構造物系の固有振動数が実測されているので反力のみを大きく取れば固有振動数が大きくなり実測振動数に合はな。 (5)についても、クラッシャーの起振力が実際よりとほほど過大に見積られることはなからう。最大の原因は、減衰係数の過小評価ではなからうか。したがって、減衰について再検討を行ない、かつ本実験のような数 10μ の振動においても、ヒステリシスによる減衰を考慮しなければならいのではないかと思われる。また、本工場のような構造物の振動を軽減する方策としては、ラーメンのみを剛にするよりも、斜杭を設けることによって基礎杭の水平方向反力係数を増大させ、全体系の固有振動数を上げてやるのが考えられる。斜杭の効果については、目下検討中である。

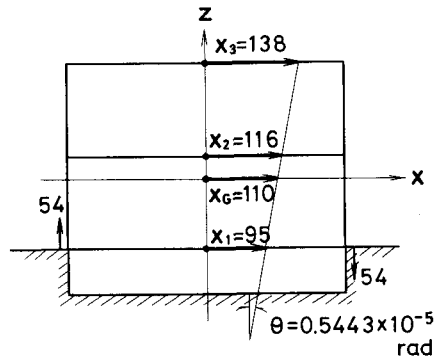


図-4 理論解析結果(単位 μ)

参考文献

- (1) 井原 孝雄, 吉村 正義 「軟弱地盤における弾性波速度と力学特性」 土と基礎 1970, 1.
- (2) T.NO GAMI, M.NO VAK "Soil-Pile Interaction In Vertical Vibration." Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.4, 1976
- (3) 小坪 高西 「横方向群杭効果に対する理論的考察」 工学会論文報告集 NO. 241 1975, 9.
- (4) 野沢 逸男, 他 「クラッシャー基礎の振動性状」とその設計法についての考察」 第32回土木学会学術講演会概要集