

高炉原料装入ベルトコンベアの地震応答

九州大学 工学部 正員 小坪 清 真
 九州工業大学 正員 高西 照 彦
 九州工業大学 学生員 山下 龍 武

1. まえがき

我国では、製鉄所を初めとして原材料などの輸入の関係上多くの工場が臨海地域の埋立地などに建設されている。そのため比較的基礎地盤が弱く、工場にある主要構造物の耐震性の検討が必要である。

本論で解析の対象とした構造物は、溶鉱炉に鉄鉱石やコークスなどを送り込むための高炉原料装入ベルトコンベアである。これは比較的高い支柱群に支えられた構造物であり、製鉄所の中でも重要な構造物の一つである。本論では、新日本製鉄釜石製鉄所内(岩手県釜石市)にある高炉原料装入ベルトコンベアの3次元の振動特性の解析を行い、さらに地震応答計算を行い、その耐震性に関する検討を行うことを目的としている。また、先に行った常時微動観測による振動試験結果と本解析結果とを比較して2.3の検討を行った。

2. 振動特性の解析理論

2.1 ベルトコンベアの概要 解析の対象とした高炉原料装入ベルトコンベアの概略図を図-1に示す。このベルトコンベアは立体トラス構造中に設置されており(図-2)

溶鉱炉口までの高さが約6m、全長約150mで、図-1のように途中3箇所で支柱群に支えられた構造物で、支柱の長さはいずれも約37m、短いものでも約20mある。

2.2 解析上の仮定及び境界条件 本論で動的解析に際して用いた仮定は次の通りである。(1)ベルトコンベアが設置されているフレームは図-2に示すような立体トラス構造である。本論ではこれをラーメン構造として解析した。(2)ベルトコンベア本体の重量及び付属物の重量は周辺のトラス部材の重量に配分した。(3)溶鉱炉及び建屋の剛性、重量が明らかでないため、常時微動観測による振動試験結果より得られた溶鉱炉の一次共振振動数と思われる振動数から弾性係数を $2.1 \times 10^7 (\text{t/m}^2)$ として、溶鉱炉及び建屋を片持梁とみなして等価な断面二次モーメント等を求めた。(4)支柱群は図-3に示すように剛性頂板をもつラーメン構造物と考えた。

2.3 解析方法 本論の解析方法としてはベルトコンベアを3次元ラーメンとして厳密に解析することはその未知数の多さ(1000以上)のために現在使用されている大型計算機を用いてもその解析は非常に困難である。したがって本論では、部分構造法を用いて未知変数の削減を行った。部分構造法とは解析を行う構造物を幾つかの部分構造に分割してその部分構造の節点変位を数個の節点変位に代表させて未知変数の削減を行う解析方法である。本論では図-1に示すベルトコンベアを支柱群や溶鉱炉、建屋構造物も含めて18の部分構造に分割した。総節点数約300、部材総数約950のベルトコンベアを部分構造法を用いることにより節点数が63に削減された。

3. 解析結果及び考察

本論により、得られた結果は次の通りである。表-1はベルトコンベアの固有振動数について、理論値と常時

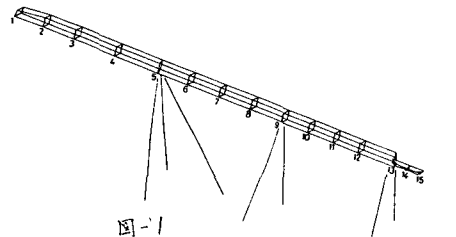


図-1

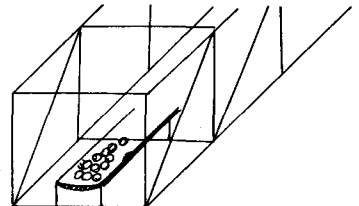


図-2

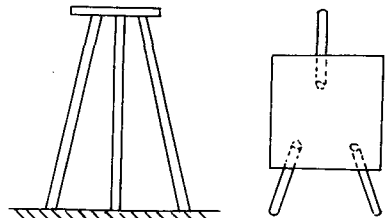


図-3

微動観測によって得られた実測値とを比較して示したものである。表には振動型が比較的良好に一致するものを対応させて示した。実験はトラス軸直向水平及びトラス軸方向の加速度についてなされているが、理論値は3次元解析の結果であるので、両者の対応は必ずしも1対1にはなっていない。また、後に述べるように、溶鉱炉及び建屋のモデル化が新当でなかったためあって、理論と実測値とは良く一致しているとはいえないようである。

次数	解析値	実験値	備考
1	1.39	—	
2	1.57	—	
3	1.72	1.76	軸水平方向
4	1.73	1.76	
5	1.88	—	
6	1.96	—	
7	2.24	2.20	
8	2.50	2.37	支柱の軸水平
9	2.64	—	
10	2.77	—	張り
11	2.82	—	
12	2.86	2.69	中央スパンの横振

表-1 固有振動数

図-4は計算により得られた振動形の一例を示したものである。実線が原形を実験振動形を示す。

図-5は軸直向水平方向の振動形に対して実測値と計算値とを比べたものである。図の番号は、図-1に示した番号に当るトラス構造の下部材の振動形を示すものである。3次以前に述べた溶鉱炉の一次共振振動数と思われる振動数の振動形である。これとみると左端の角(溶鉱炉)において両者の差が大きい。これは溶鉱炉を単純に片持梁にモデル化したことが適当でなかったことを示すものである。また、7次振動は建屋の振動数と思われる振動形であるがこれも中央スパンにおいて両者の位相が異なる。さらに支柱の一部についても同じことがいえる。9、12次振動について、トラス部分の振動形は両者は比較的良好に合っているといえるが、短い方の支柱について一部両者の位相が異なるようである。

上記のことからいえることの一つは、溶鉱炉はその重量が大きいために、特に低次振動においてはその振動の影響が大きく、したがってそのモデル化には十分な考慮を払う必要がある。

実験結果と理論値とを見ても、固有振動数2~5 Hzの間にトラス構造部分と支柱群の振動が入ってしまうため耐震性の検討が必要ではないかと思われる。

なお、地震応答計算結果等については講演時発表の予定である。

<参考文献>

小坪・高西・島野・松下：高橋脚3スパン連続トラス橋の地震応答特性，土木学会論文報告集No.266，1977.10

小坪清真著「土木振動学」

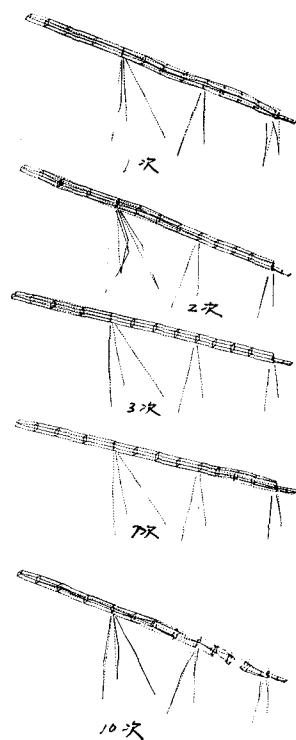


図-4 振動

