

日本鋼管(株)土建建設部 正員 三浦 勇七

日本鋼管(株)土建建設部 正員○坂東 幸一郎

(株)大林組 技術研究所 正員 後藤 洋三

1. まえがき

日本鋼管(株)京浜製鉄所(扇島)コークス炉の基礎構造に設けられた水平スライド機構の耐震性と免震効果を検討するため一連の実験と解析を行なった。この報告は数値解析の結果を示したもので、最初に前報¹⁾で示した模型実験の結果をスライド要素を含めた動的モデルで解析し、次に実物を想定した地震応答計算を行なって強震時におけるスライド機構の挙動と各定数値の影響を検討した。

2. 解析モデルと数値計算法

前報¹⁾で示したコークス炉を図-1に示す1質点のスライドモデルに置換した。スライド機構は理想的なクーロン摩擦要素Fと粘性ダッシュポット要素Dおよび制振バネ要素Kでモデル化されている。粘性要素Dの値は実験結果を考慮してスライド速度に依存するものとし、図-2に示すバイリニヤーの特性を持つものとした。運動方程式の解法は線型加速度法によるstep by stepの数値積分で、スライドしている状態とスライドしていない状態の運動方程式を用意し、step毎に条件判定を行なって使いわける方法を採用した。

3. 模型実験の解析

前報¹⁾で示したB模型の実験結果に対する解析例を以下に述べる。計算に必要な定数値の内、摩擦係数は静的な加力試験の結果から求め、粘性要素Dの値は前報図-10のすべり係数¹⁾と速度の関係から求めた。入力する地震波には振動台上で実測した加速度記録を用いた。図-3は実験結果と計算結果の変位波形の1例を比較したものである。図-4は入力最大加速度と変位の関係を、図-5は入力最大加速度と模型上最大加速度の関係をそれぞれ示したもので、実験結果と計算結果はほぼ一致した。

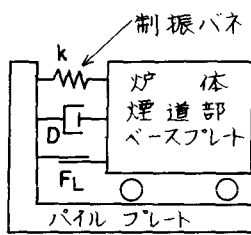


図-1 解析モデル

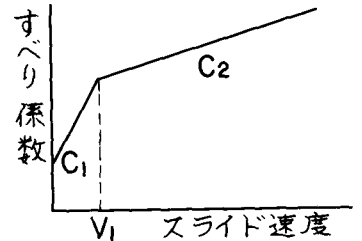


図-2 粘性要素の特性

B 模型(グラファイトグリス, 八戸港)

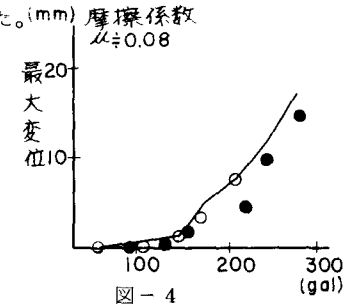


図-4

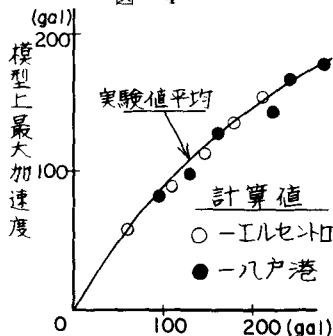


図-5

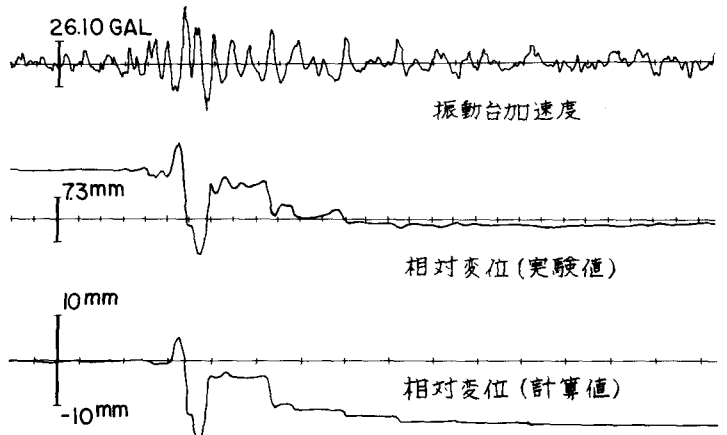


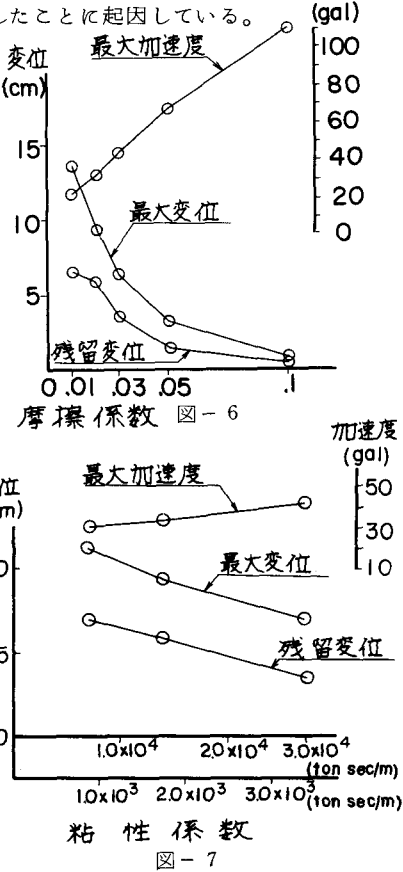
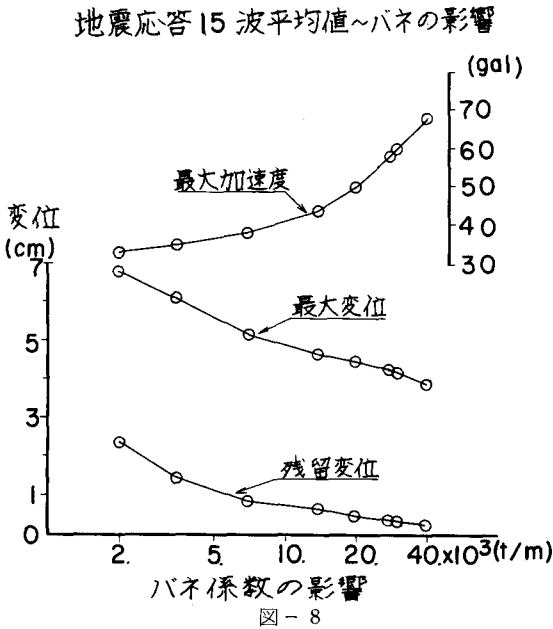
図-3 相対変位の比較

4. 地震応答解析

2. で述べた計算法を用いて実際のコークス炉を想定した地震応答計算を行なった。計算に先行して実際のスライド機構の部分模型を製作し、加力試験を行なって計算に必要な摩擦係数と粘性係数の概略値を決定した。表-1 はモデルの主要な定数値を示したものである。入力地震波には無作為に選定した15種の強震記録を用いており、以下の結果は15波に対する平均応答値である。摩擦係数、粘性係数、および制振バネ係数の大きさが応答値に及ぼす影響を明らかにするため、表-1 の値を基本として各係数を変動させ繰返し計算を行なった。図-6 は摩擦係数をパラメーターに取って最大応答値をプロットしたもので、係数が0.03~0.05 以下になると変位は急激に増加する。図-7 に粘性係数をパラメーターに取った場合で、粘性の影響は摩擦に比較すると小さい。図-8 は制振バネをパラメーターに取った場合である。制振バネの効果は顕著で、弱いバネでも変位の拘束効果があり特に残留変位の減少が著しい。一方、バネ係数が $15 \times 10^3 \text{ t/m}$ 以上になると加速度が急激に増加する傾向を示している。また、図示はしていないが、最大変位のバラツキ(15波の標準偏差)は $7 \times 10^3 \text{ t/m}$ の時最小となりバネ係数が大きくなっても減少しない。この様な現象はマスとバネで構成される1 質点モデルが一部の地震波と共振し大きな応答が発生したことに起因している。

質点重量 (ton)	摩擦係数	$C_1(\frac{\text{ton sec}}{\text{m}})$	$C_2(\frac{\text{ton sec}}{\text{m}})$	$V_1(\frac{\text{m}}{\text{sec}})$
35,000	0.01~0.03	13,780	1,723	0.01

表-1 解析モデルの基本定数



5. まとめ

ここで取り上げたスライド機構は、摩擦を利用したスライド機構と比較すると、摩擦係数が小さく粘性係数が大きいのが特徴である。この報告は、そのようなスライド機構の地震応答が比較的簡単なモデルで解析できることを示し、実際の構造物に使用する場合には、適当な強度の制振バネを設けることによって免震効果を損なうことなく過大な変位の発生を抑制することが可能であることを明らかにした。

参考文献

1) 斉藤他2名；基礎構造に設けられる免震スライド機構の模型振動実験について、土木学会第33回学術講演会講演概要集
2) 日本鋼管(株)京浜製鉄所 扇島第2期工事コークス炉震動実験工事報告書 総括編