

真空パッドを利用した全自動セグメント搬送・供給システムの開発(その1)

— 真空パッドの要素実験 —

(株)大林組 正会員 風間慶三 井上幸芳
三井造船(株) 松中信恭 小黒謙治

1. はじめに

シールド工法は工事の大型化・長距離化にともない、作業の自動化・省力化に関する研究開発が最近盛んに行われており、施工の全行程にわたる自動化・システム化が提案されている。今回、坑内切羽部でのセグメント搬送・供給の自動化を進めるにあたり、セグメントの把持手段として真空パッドの利用に着目した。一般に真空パッド方式を利用した搬送システムは、物流・メカトロニクス分野では盛んに行われているものの、土木分野での応用例は少なく、経験的データも乏しいのが現状である。

ここでは、重量物であるセグメントの搬送に際し、真空パッドの持つ性能を検証し、安全性・信頼性の高いシステムを開発するために行なった真空パッド要素実験の結果を報告する。

2. 実験の概要

①垂直・剪断荷重試験

図-1に垂直・剪断荷重試験の概要を示す。垂直荷重試験は、箱型形状の鋼製フレーム内に装備された真空パッドにてセグメントを吸着把持する。セグメント下部にはロードセルおよび油圧シリンダーが連結されており、シリンダーを鉛直方向に作動させて強制的に真空パッドとセグメントを離脱させる。この時、吸着面に働く垂直荷重、真空圧力、変位を計測するとともに、真空圧、セグメント表面状態、偏心量を変化させて同様の実験を行い、これらの要因がどのような影響をもたらすかを検証した。

剪断荷重試験は、上記試験と同じ要領で油圧シリンダーを水平方向に作動させて行った。

②衝撃荷重試験

図-2に衝撃荷重試験の概要を示す。試験は単振り子方式を利用した衝突試験で、真空パッドにて吸着把持されたセグメントをクレーンに吊り、所定の速度が得られる角度に設定する。次にこのセグメントを切り離して前方に設置した他のセグメントと衝突させ、この時発生する衝撃力、加速度、真空圧力の変動、変位量を計測した。本試験においても垂直・剪断荷重試験と同様、真空圧やセグメントの表面状態等を変化させて行った。

3. 実験結果と考察

①垂直荷重試験

・図-3に示す通り、ワークがセグメントであっても、垂直方向の吸着能力は理論値とほぼ一致、

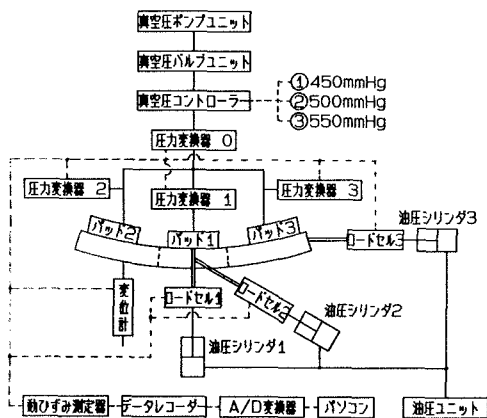


図-1 垂直・剪断荷重試験概要

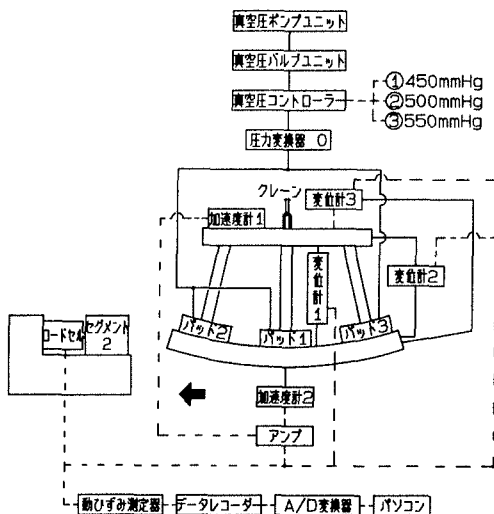


図-2 衝撃荷重試験概要

設定真空圧に比例して増加した。また、セグメントの表面状態の違い（ドライ／ウエット）による明らかな差異は認められなかった。

- ・吸着能力は偏心量に反比例し、偏心量の増大につれて低下した。図-4に示すように、偏心量が0の場合と比較して、偏心量25mmで8%、偏心量50mmで9~12%の低下となっている。これは、パッドに均等な荷重が働かなくなることからモーメント荷重が作用して局部的に過荷重状態となり、パッドのシール性が限界に達したところで真空破壊したものと考えられる。

② 剪断荷重試験

- ・セグメント軸方向における試験では、真空パッドとセグメント表面の密着性はワークが移動しても保持され、パッドの一部がセグメント表面から外れた時に初めて離脱した。この時の摩擦係数は、セグメントの表面状態に関係なく、ほぼ $\mu_1=0.8\sim0.9$ であり、静摩擦係数と動摩擦係数はほとんど同じであった。
- ・一方、セグメント円周方向の試験では、摩擦係数は $\mu_2=1.1\sim1.2$ となった。これは、円弧形状のワークに対し、パッドを水平方向に移動させたため、どちらか一方が抵抗して摩擦係数が大きくなったものと考えられる。

③ 衝撃荷重試験

- ・セグメント搬送装置の走行速度（15m/min）およびその2倍の速度を対象に試験を行なったが、衝撃によるワークの離脱はなかった。このことは、真空パッドが衝撃時に働く衝撃剪断荷重に対して十分な許容剪断荷重を有していることを示している。
- ・図-5は、衝突時の真空パッドフレームとセグメントの変位を表しており、衝突の瞬間は上下方向および水平方向とも変位が見られる。しかしながら、時間の経過につれ原点位置に復帰することから、真空パッドは復元性を持つことが確認できた。

4. おわりに

今回の要素実験の結果、真空パッド方式によるセグメントのハンドリングは十分実現性があり、開発を進めるにあたって考慮すべき設計・製作上の留意点も把握することができた。これらの成果を反映させて製作されたセグメント自動ハンドリング装置は、全自動セグメント搬送・供給システムに組み込まれて今夏、実工事に導入される予定である。

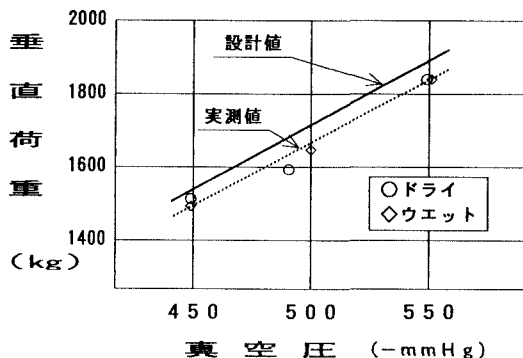


図-3 真空圧と垂直荷重

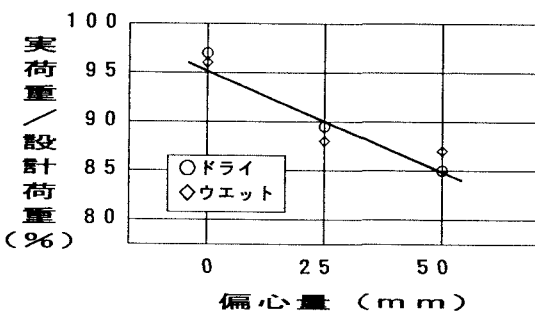


図-4 偏心量の及ぼす影響

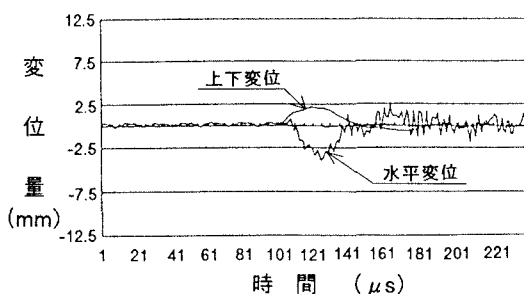


図-5 衝突時のセグメント変位