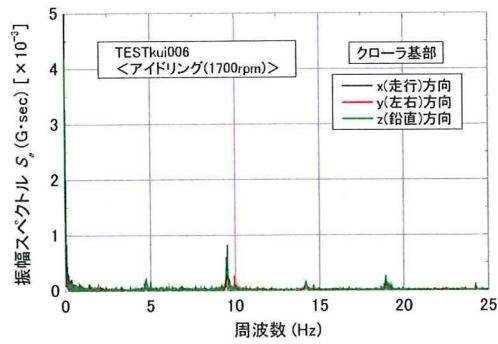


a) リーダー上部における振幅スペクトル

b) リーダー下部における振幅スペクトル



c) クローラ基部における振幅スペクトル

図 4-7-26 スタート地点におけるアイドリング(1700rpm)時の振幅スペクトル(TESTkui006)

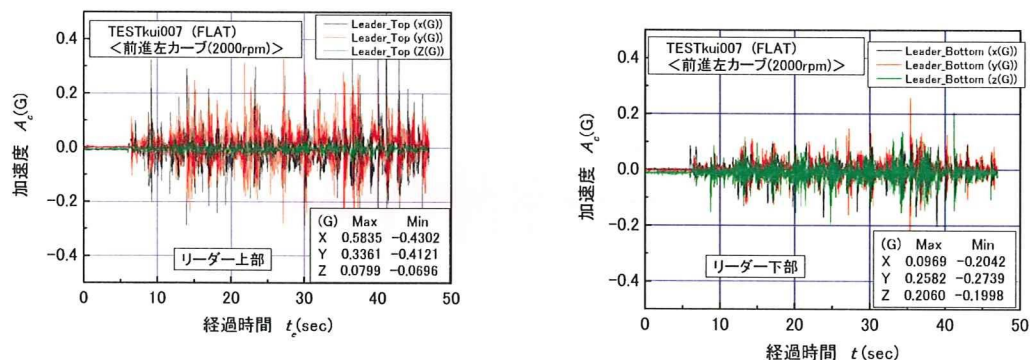
4.7.9 TESTkui007の結果

この計測は機械を前進させながら左にカーブさせた際に行ったものである。平均の曲率半径は前述の通り約 28m であり、カーブ走行は左側の履帯に細かな制動を繰り返し与えることによって行われた。これまでの計測に比べて最も大きな A_c が各箇所計測された。

図 4-7-27 は各個所の応答加速度を x, y, z 成分について時系列的に示す。リーダーでは上部での応答が下部に比べて大きく現れており、明らかな増幅傾向が見られる。特に上部では x と y 成分の応答が顕著に現れており、両成分の最大値はほぼ同レベルである。カーブ走行では大きな動揺が現れており、前述した直進時における応答とは傾向が異なっている。

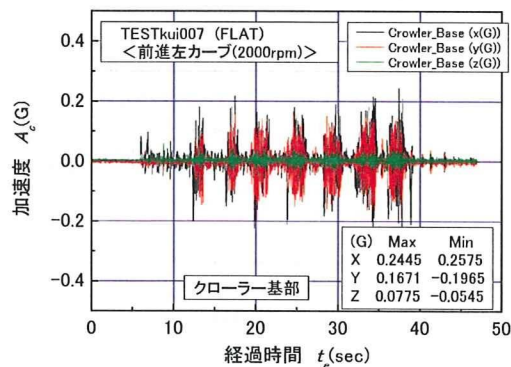
図 4-7-28 は a) に x 方向の加速度応答を上下に配置し、b) に y 方向のそれを配置して傾向の比較を示す。x 方向成分を比較すると、リーダー下部(Acc2)とクローラ基部(Acc3)の波形には類似性が見られるが、リーダー上部(Acc1)のそれには違いが見られる。Acc1 の値は正負にほぼ対象な分布を示すが、Acc2 と Acc3 では負に大きな応答が見られ片振りの状況が見られる。これは履帯に細かな制動を与えて進路を修正する際の特徴的な反応である。

Acc3 ではこの制動に伴うパルス状の大きな反応が見られる。なお、波形の比較からはこの制動による x 成分応答の増幅が見られない。一方、y 方向については顕著な増幅傾向が見られ上部の Acc1 が最も大きな応答を示している。



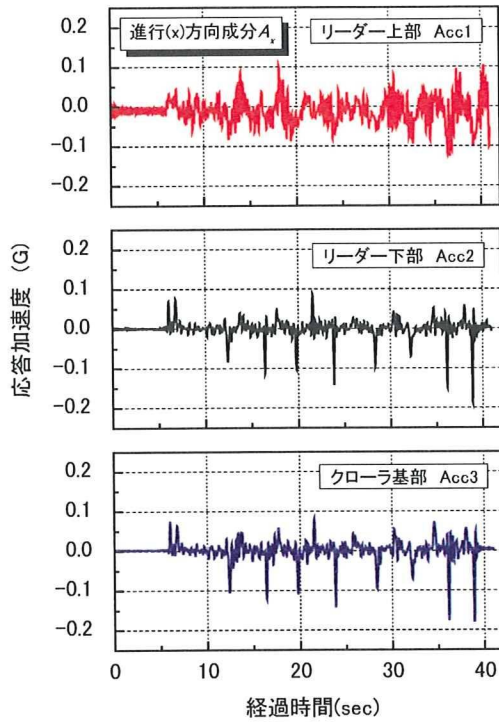
a) リーダー上部における応答

b) リーダー下部における応答

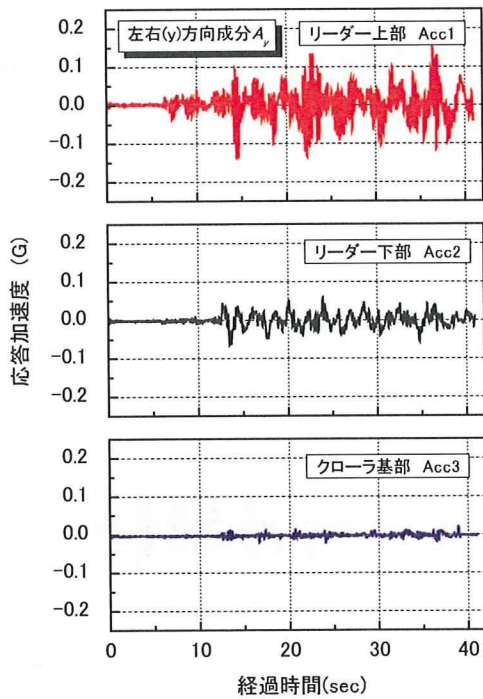


c) クローラ基部における応答

図 4-7-27 中速 (2000rpm) カーブ時の加速度応答 (TESTkui007.dat)



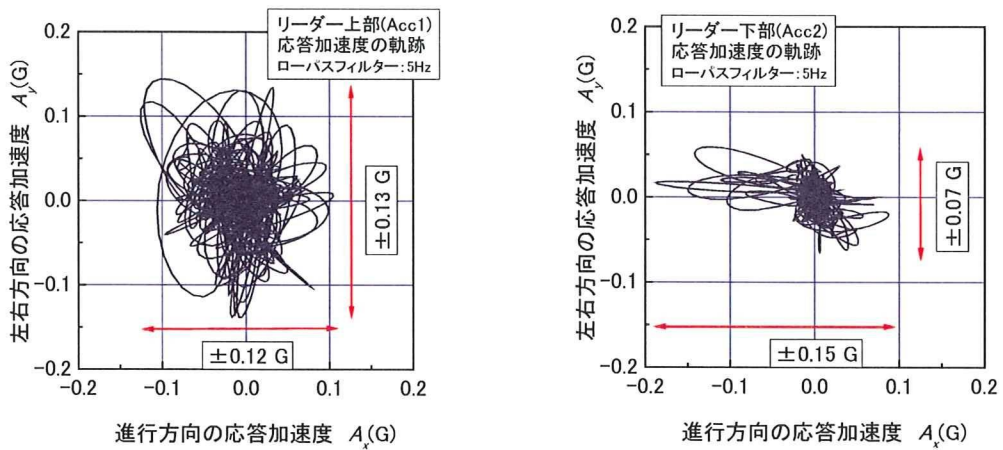
a) 進行(x)方向成分



b) 左右(y)方向成分

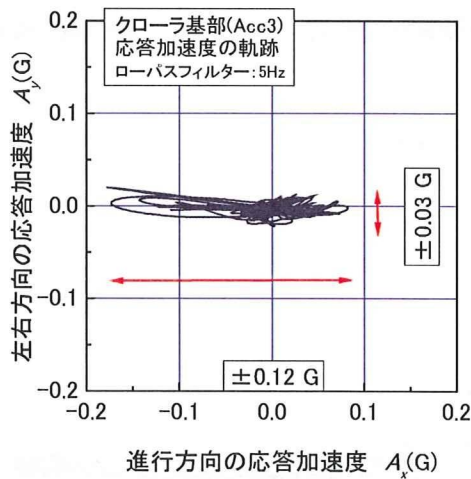
図 4-7-28 応答加速度の上下方向比較(ローパス 5Hz) (Testkui007)

図4-7-29は応答加速度のx成分とy成分を平面上に軌跡で示す。リーダー上部の軌跡は円形に近い楕円状に分布している。 A_y にはほぼ対称な動揺が見られ、振幅は約0.13Gである。 A_x については約0.12Gである。リーダー下部(Acc2)とクローラ基部(Acc3)では A_x に大きな動揺が見られ、値は負側には大きな軌跡が一部に含まれている。Acc2における A_x の最大値と最小値を平均して求めた振幅の値は約0.15Gである。 A_y のそれは0.07Gと明らかに小さい。Acc3については A_x の振幅が約0.12Gであり、 A_y のそれは約0.03Gである。



a) リーダー上部

b) リーダー下部



c) クローラ基部

図4-7-29 応答加速度の平面軌跡(Testkui007)

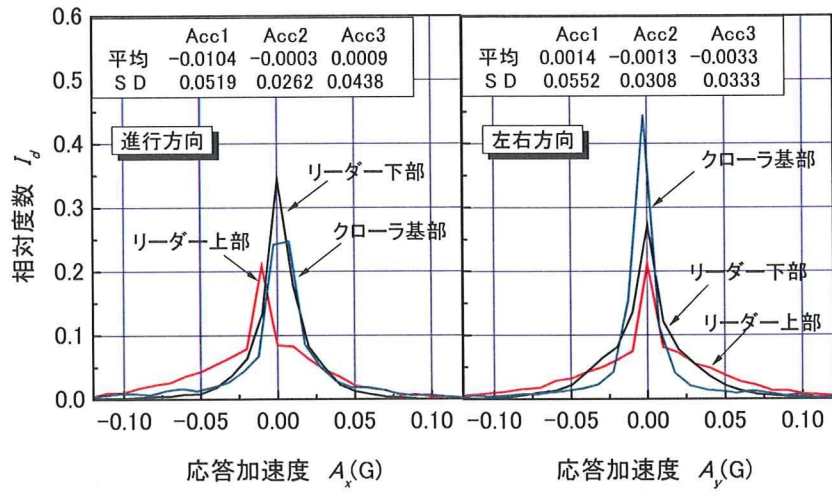
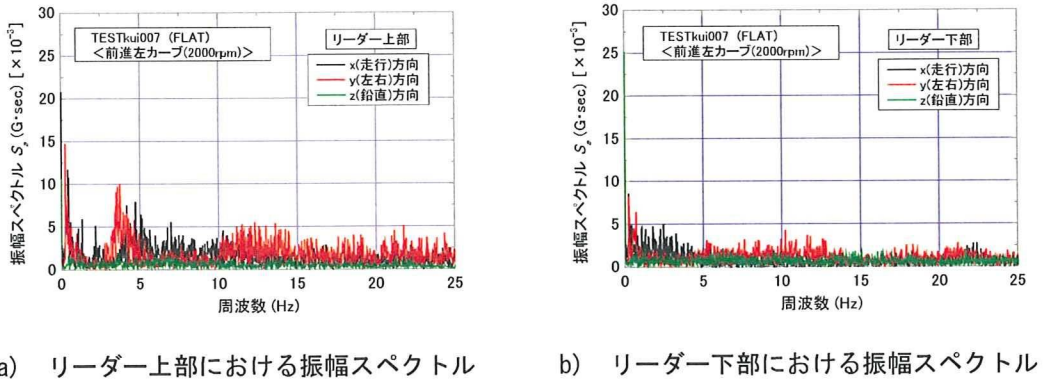
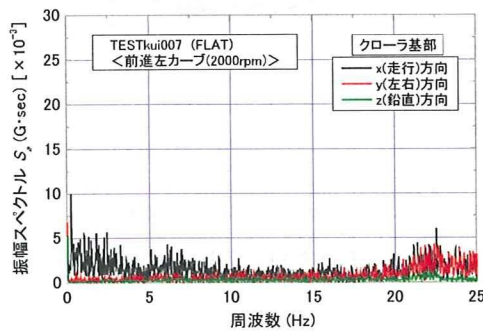


図 4-7-30 応答加速度の相対度数分布 (Testkui007)



a) リーダー上部における振幅スペクトル

b) リーダー下部における振幅スペクトル



c) クローラ基部における振幅スペクトル

図 4-7-31 中速(2000rpm)カーブ時の振幅スペクトル (TESTkui007)

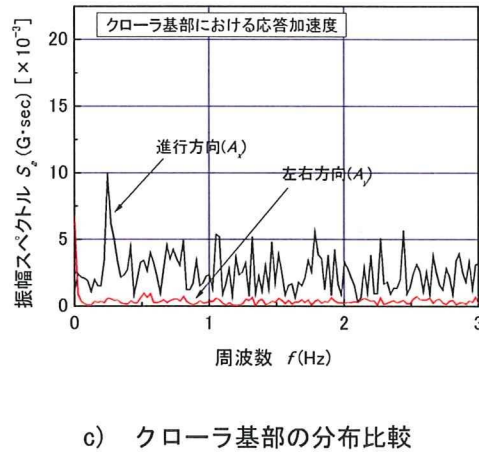
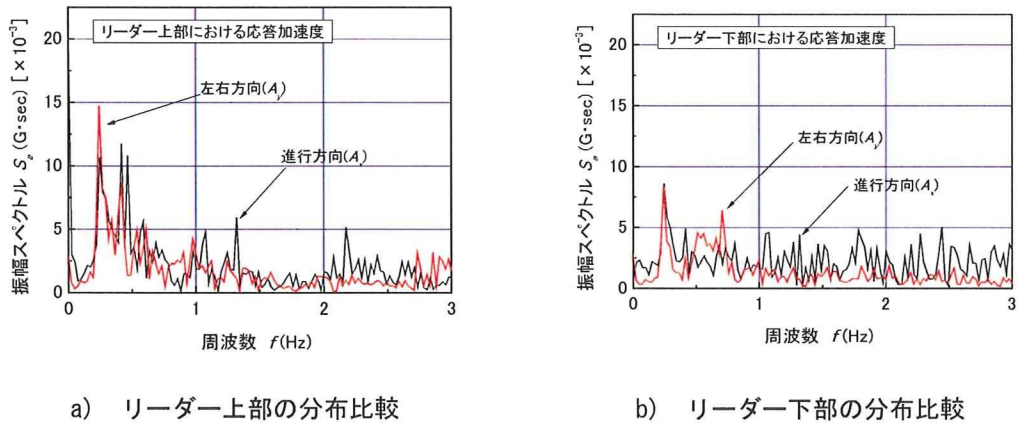


図 4-7-32 中速(2000rpm)カーブ時における動揺の周波数分布 (TESTkui007)

図 4-7-30 は A_x と A_y の頻度分布 (I_d) を示す。3 つの計測箇所における A_x の I_d 分布を見ると平均値はほぼゼロである。 I_d の最大値はリーダー下部が最も大きくリーダー上部が小さい。標準偏差(SD)はリーダー上部(Acc1)とクローラ基部(Acc3)で大きくそれぞれ 0.052G と 0.044G である。

A_y についても I_d はゼロを中心として対象に分布しており、その最大値はクローラ基部が最も大きくリーダー上部が最も小さい。SD は Acc1 が他の 2 つに比べて大きく 0.055G である。

図 4-7-31 は振幅スペクトル S_a の周波数分布を示す。リーダー上部では低周波数域に x 方向成分と y 方向成分のピークが見られる。一方、リーダー下部とクローラ基部では S_a に若干の値の増加は見られるもののピークは明確でない。

図 4-7-32 は 3Hz 以下の周波数域を拡大して示す。リーダー上部では A_x と A_y のピークは 0.2Hz と 0.4Hz に見られる。リーダー下部においても A_x と A_y のピークが 0.2Hz に見られるものの、その S_a の値は小さくあまり明確な発生とは見られない。クローラ基部では A_y の S_a 値がとても小さい。

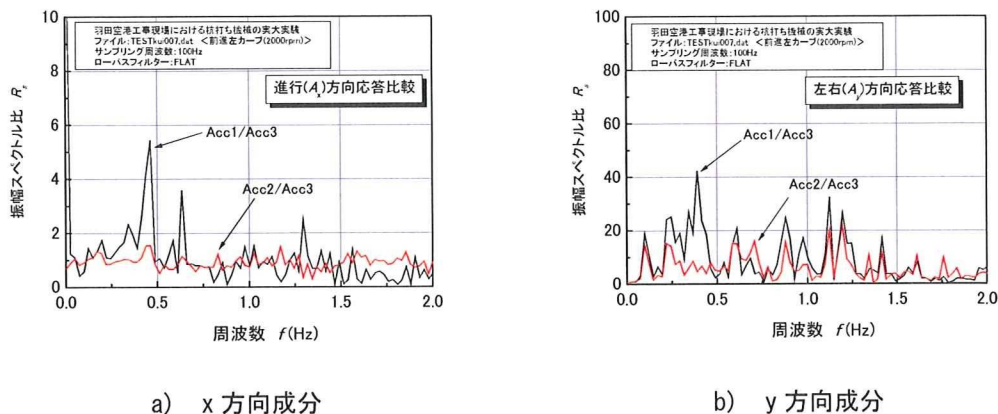


図 4-7-33 クローラ基部に対するリーダー下部と上部における加速度振幅の応答比較 (TESTkui007)

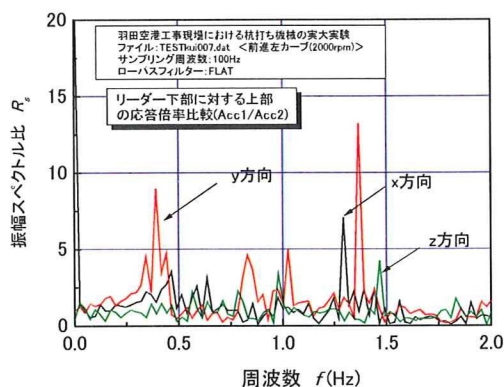


図 4-7-34 リーダー下部に対する上部の応答倍率比(x, y, z 方向の 3 成分) (TESTkui007)

図 4-7-33 はクローラ基部に対するリーダー下部と上部の加速度の応答倍率を示す。x 成分については Acc1/Acc3 が 0.4Hz と 0.6Hz にピークが見られるこれは動揺が増幅していることを示す。一方 Acc2/Acc3 についてはピークが見られない。従って、Acc1/Acc3 に生じた増幅はリーダー長によるもの、すなわち動揺は高さ方向に増幅していると見なされる。y 方向成分については Acc1/Acc3 が約 0.4Hz 付近にピークが見られるが Acc2/Acc3 では明確でない。

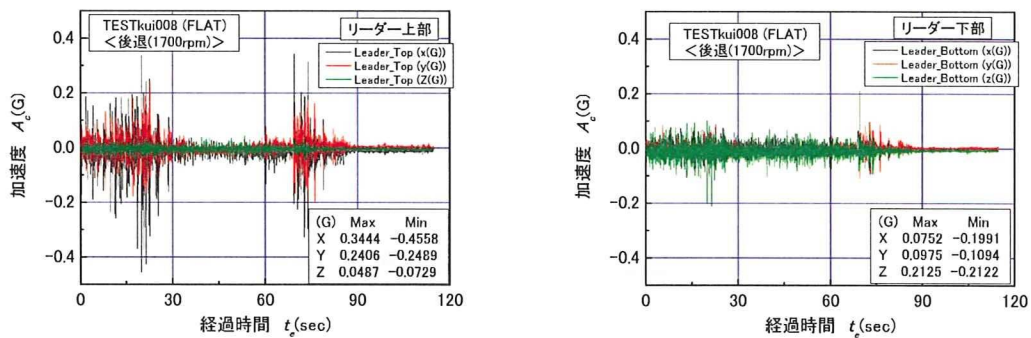
図 4-7-34 はリーダー下部に対する上部の応答倍率比を示す。各方向成分のピーク時周波数には差が見られる。y 方向成分では 0.4Hz と 1.4Hz に、x 方向成分では 1.3Hz にピークが見られる。一方、z 成分については明確なピークが見られない。

4.7.10 TESTkui008 の結果

この計測は先のカーブ前進(TESTkui007)の後に車両を後進させてスタート位置に戻す際に行ったものである。先の走行によってくい打機は敷鉄板の左側に位置していた。そのため後進では制動による進路の修正が行われ、前進時と同様に比較的大きな加速度応答が発生した。

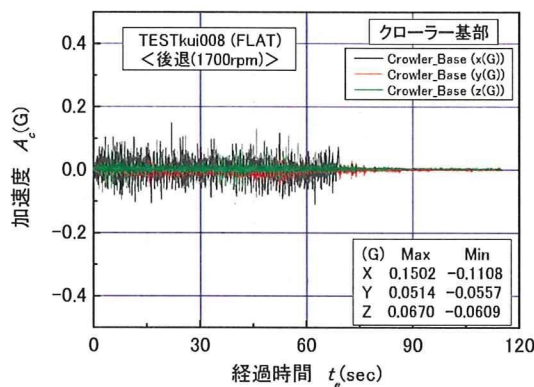
図4-7-35はリーダー上部、リーダー下部、クローラ基部における応答加速度の経時変化を示す。リーダー上部では、経過時間(t_e)が11~24秒と68~78秒において大きな反応が現れている。その反応はx方向とy方向成分が成分に比べて大きい。

$t_e=11\sim 24$ 秒では後進カーブ走行が行われ、履帯に繰り返しの制動が与えられた。 A_c のx方向とy方向に見られる大きな反応は、この走行に対応している。その後の直線的な後進では A_c の振幅は小さくなっている。 $t_e=68\sim 78$ 秒においてもカーブ走行が行われ A_c は大きな反応を示している。



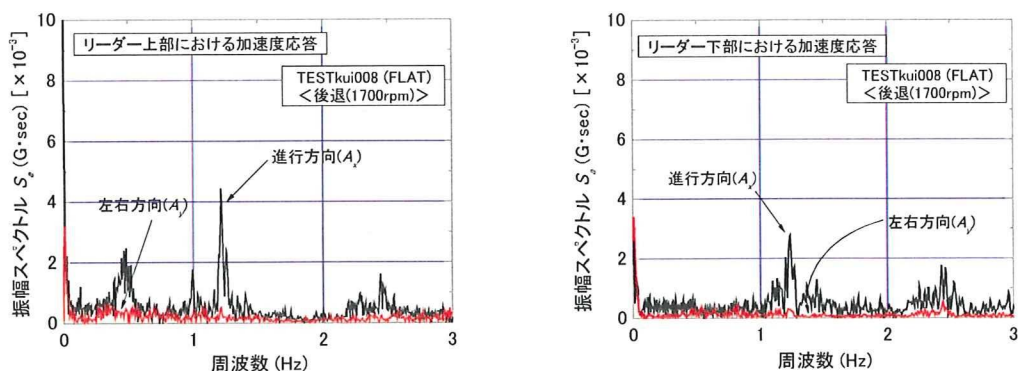
a) リーダー上部における応答

b) リーダー下部における応答



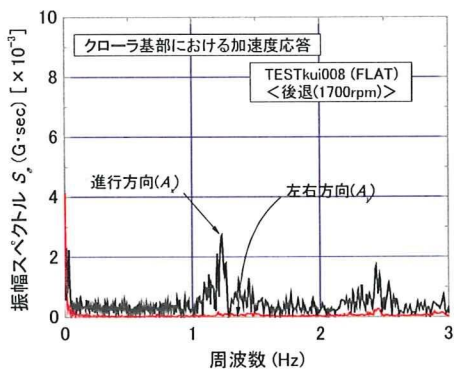
c) クローラ基部における応答

図4-7-35 3つの機体測定点における時刻歴環境振動 (TESTkui008)



a) リーダー上部における振幅スペクトル

b) リーダー下部における振幅スペクトル



c) クローラ基部における振幅スペクトル

図 4-7-36 3つの機体測定点における振幅スペクトル (TESTkui008)

図 4-7-36 は振幅スペクトルと周波数の関係を示す。リーダー上部における S_a の分布を見ると、3Hz 以下では A_x 成分の反応が A_y に比べて明らかであり、0.5, 1.0, 0.2Hz にピークを示す。1.2Hz における A_x のピークはリーダー下部とクローラ基部にも共通している。リーダー上部の A_x に見られる 0.5Hz と 1.0Hz の反応は前進および前進カーブにも見られており、打機械の自走時に生じる特徴的な同様であると考えられる。

4.8 まとめ

本研究では東京国際空港国際線地区エプロン等整備等事業が行われているエリアの南西部において実大のくい打機械を用いた自走実験を実施した。この機械は機体重量が100トンを超える大型のサンドコンパクション用機械であった。本節では現場実大実験により明らかになった事項を述べる。

4.8.1 走行路の地盤特性

(1) 走行路の起伏について

走行路に1.8m間隔の格子状に測点を設定し水準測量を行った。その結果、走行路の高低差は最大値が約10cmと非常に小さく、ほぼ平坦な地盤であることが分かった。

(2) 地盤の支持力について

走行路の地盤支持力を調べるために平板載荷試験を行った。試験結果は載荷応力(q_a)と、沈下量(s)を載荷盤の直径 D で除した沈下比(s/D)との関係で整理した。その結果、3回の試験より得られた q_a - s/D 曲線には、共通して s/D が0~0.1の範囲では s/D 増分に対する q_a 増分が大きく、その傾きには一致が見られた。また、曲線は $s/D=0.1$ 付近で屈曲点を示した後、ほぼ単調に増加し明確なピークを示さない。ここで屈曲点前後の2つの接線の交点における q_a 値を極限支持力(q_u)と定義し、求めた値は478~623kPaであった。本実験で使用したくい打機械の最大接地圧 p_{max} は194kPaであり、 $q_u > 2.4p_{max}$ であることがわかった。

4.8.2 自走時におけるくい打機の挙動について

(1) 動揺の計測について

機体の3箇所に加速度計を設置した。Acc1はリーダー上部、Acc2はリーダー下部、Acc3は履帯支持棒の中央に設置した加速度計である。応答加速度は各個所において進行方向成分(A_x)とこれと直交する左右方向成分(A_y)をサンプリング周波数100Hzで計測した。走行速度は約1.0km/hと1.2km/hの2種類であり、走行方法は前方直進、後方直進、前方カーブの3種類であった。

(2) 高さ方向の動揺増幅について

3箇所計測した A_x と経過時間の関係から応答を比較すると、Acc1がAcc2とAcc3に比べて幾分大きく、機体の動揺は上方で増幅が見られた。Acc1の最大値は約0.1Gである。また、 A_y 成分については A_x 成分に比べて増幅傾向がより明らかに見られた。

(3) 動揺方向成分と周波数について

リーダー上部における応答加速度について A_x と A_y を平面上に投影してその軌跡を調査した結果、その分布は原点に対してほぼ対称であり、その形状は楕円なことがわかった。前方直進時における加速度の最大振幅は A_x が0.1G、 A_y は0.15Gである。走行方向に比べて左右方向に幾分大きな応答が見られた。

周波数分布を見ると、 A_x と A_y にはそれぞれ0.4Hzと0.3Hzにピークが見られる。これは本実験におけるくい打機械の動揺特性を示すものと考えられる。なお、1.1Hzに見られるもう一つの A_x のピークは、つり下げられた装備の振動や風による影響と見られた。

(4) 加速度の頻度分布について

3 個所で計測された 2 つの応答加速度成分 A_x と A_y について、頻度分布を調査した結果、相対度数(I_d)と応答加速度の間には正規的な分布が確認された。各 A_x と A_y の分布は原点に対してほぼ対称である。標準偏差(SD)は進行方向と左右方向に共通してリーダー上部の Acc1 が最も大きく、その値は約 0.03G であることがわかった。

(5) 自走速度の影響について

前方直進と後方直進においてそれぞれ 1.0km/h と 1.2km/h の速度で走行させた。定常的な直進時の動揺には速度増加に伴う加速度振幅の増加が見られるものの、顕著な差は見られなかった。しかしながら、進路方向の修正時に与えられる履帯の制動は機体に大きな動揺を発生させることが明らかになった。この制動によって生じる加速度応答の最大値は速度の増加に伴って増加する傾向が見られた。

(6) 直進走行とカーブ走行の比較について

カーブ走行に伴って機体に生じる動揺は履帯の制動に伴うものであり、リーダー上部における加速度が最大値を示した。直進走行時とカーブ走行時におけるそれぞれの最大値には顕著な差が見られず 0.1G 程度であった。しかしながら、頻度分布には大きな差が見られ、カーブ走行における A_x と A_y の SD は直進のそれに比べて約 1.7 倍に増加することが明らかになった。

4.9 参考文献

- 1) (社)地盤工学会：地盤調査法，pp.384-396，1995.
- 2) 大木正喜：測量学（建設工学シリーズ），1998.
- 3) (社)地盤工学会：地盤調査法，pp.344-361，1995.
- 4) (社)日本建設機械化協会：建設機械用語集，1997.
- 5) 労働調査会：安衛法便覧Ⅱ 平成19年度版，pp.512-516，2008.

第5章 くい打機のモデル化と実験装置の開発

本研究では、現場内を自走するくい打機の転倒危険性を明らかにするために、その実験的な解明を行った。この実験では新たに、くい打機の小型モデルを開発し、遠心場走行実験を行った。従って、くい打機のモデル化とその実験装置の開発は、本研究における重要なテーマに位置づけられる。

平成19年度にくい打機の第一段階の小型モデルを試作し、これを用いたパイロットスタディーを行った。遠心場においてモデルを走行させて、実大と同様な挙動を再現することが可能かを検討するためのものであった。

遠心力を小型モデルに与えることにより実機と同レベルの接地圧力が再現された。これと同時に、小型モデルには遠心力に対して必要十分な強度を与える必要があった。また、動の実験に関する相似則を満足させるために、重心等を一致させた物理モデルを製作すると共に、実大と同じ速度を再現できる走行性能を与える必要があった。

平成19年度は第一段階のモデルを開発し、これを用いた性能確認実験を行った。その結果、モデル化の問題点を明らかにできた。平成20年度は、この問題を解決するために大がかりなハード面の改修を行った。これにより実験の精度が高められ、データを効率的に蓄積することができた。

平成21年度は前年度(平成20年度)の実験結果を詳細に検証し、さらなる検証を行った。そして、後述するいくつかの項目について小規模な改善を行った。また、過去2年間に実施した一連の実験によって、小型モデルは損傷を受けていたため部材等の交換も併せて実施した。その結果、平成21年度は実験システムをさらに高度化することができ、信頼性の高いデータを蓄積することができた。

本章では、現場内を自走するくい打機のモデル化とこれを再現するために開発した小型モデルの概要を紹介し、次いで、今年度に改善した部分を述べる。そして、実験方法および用いた実験装置を整理し、模型地盤に与えた条件とその評価、ならびに機械側条件について述べる。

5.1 小型くい打機械模型の作製

5.1.1 くい打機のモデル化

くい打機の小型モデルを遠心場走行実験用に作製するにあたって、図5-1-1に示すくい打機をモデルにモデルを開発することとした。表5-1-1にモデル化の元にしたくい打機実機の諸元を示す。この機械は全装備重量が542.02kN(55.3t)であり、この種の機械としては中型のものと言える。

各部の重心座標はフロントスプロケットで支持された履帯の接地面、すなわち転倒支点からの距離であり水平距離 x は車体後方を正とし、鉛直距離 y は上方を正とした。

機体全体の重心(G_x , G_y)より得られた安定度は8.2度である。機体重量を履帯の全接地面積で除して得られる平均接地圧力は101kPaである。

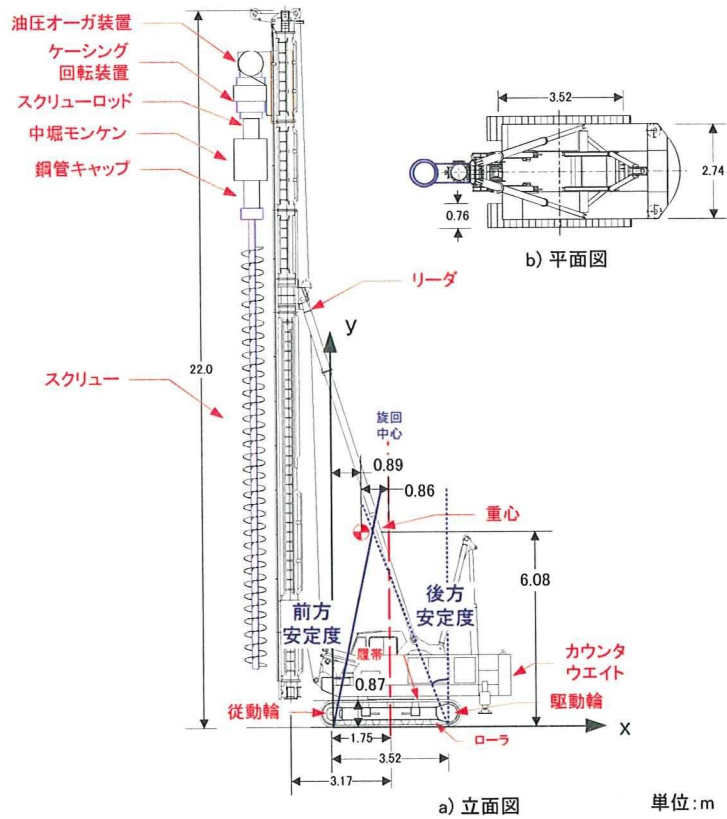


図 5-1-1 モデル化に用いたくい打機の概略図

表 5-1-1 モデル化したくい打機の実機の諸元(近畿イシコ(株)M50B)

	各部の名称	重量(kN)	水平距離 x_i (m)	鉛直距離 y_i (m)	水平モーメント (kN·m)	鉛直モーメント (kN·m)	長さ(m)
下部 走行体	機体合計重量	336.24	2.58	1.43	868.17	482.17	
	追加ウエイト	0.00	4.30	2.20	0.00	0.00	0
リーダー 一部	リーダー合計重量	99.27	-1.42	9.99	-140.77	992.14	20.5
	チェーン ASSY	7.53	-1.75	19.70	-13.17	148.27	22
	圧入引き抜き駆動装置	27.44	-2.25	19.20	-61.74	526.85	2.3
アース オーガ 類	油圧オーガ装置	14.70	-2.45	18.60	-36.02	273.42	1
	ケーシング回転装置	2.94	-2.45	17.80	-7.20	52.33	0.5
	スクリューロッド	0.98	-2.45	17.80	-2.40	17.44	0.6
	スクリューロッド-2.5m	1.96	-2.45	16.25	-4.80	31.85	2.5
	中堀モンケン	29.40	-2.45	16.45	-72.03	483.63	1.5
	鋼管キャップ	9.80	-2.45	15.20	-24.01	148.96	1
	スクリュー-600-2m	3.63	-2.45	14.00	-8.88	50.76	2
	スクリュー-600-5m	8.13	-2.45	10.50	-19.93	85.41	5
合計		542.02			477.21	3293.23	
重心座標		$G_x=0.89m, G_y=6.08m$		安定度		8.2 度	
履帯幅(m)		0.76		設置面積(m ²)		5.35	
履帯長(m)		3.52		平均接地圧力 (kPa)		101	
実機トレッド(m)		2.74		走行速度(km/h)		1.6 (45cm/sec)	

5.1.2 模型の構成と諸元

模型の重心と安定度を明らかにするために、模型を構成する部材の質量とその重心位置を調査した。表 5-1-2 は模型を構成する部材の名称とその質量，ならびに各部材中心までの水平距離(x)と鉛直距離(y)を示す。なお，座標の原点は図 5-1-1 と同様に，前輪車軸の接地面を原点とした。x は機体後方側を正とし，y はリーダー上端方向を正とした。

機体のみ合計質量 (M) は，3102.8g であり，全体の重心位置(G_x, G_y)は(5.4cm, 14.5cm)である。

表 5-1-2 模型の構成部材と質量分布

部材名称		質量(g)	水平距離 ¹⁾ x(mm)	鉛直距離 y(mm)	
下部走行体	筐体	1230.0	70.0	27.0	
	バッテリー	130.3	128.0	105.0	
	制御ボックス	333.9	43.0	90.0	
	キャッチホーク	54.1	-31.0	33.0	
	ギアボックス	376.5	130.0	63.0	
	動力モーター部	210.0	159.0	107.0	
上部構造体	リーダー部	3点支持棒(2本)	61.3×2	65.0	230.0
		リーダー(上部)	312.0	-57.0	615.0
		リーダー(下部)	291.0	-57.0	235.0
	アースオーガ類	載荷板	42.4	-72.0(= x_b)	830.0(= y_b)
		付加質量	m (変数)	-102.0(= x_a)	840.0(= y_a)
合計(付加質量を除く)		3102.8(=M)	54.0(= G_x)	145.0(= G_y)	
履帯幅(mm)		30.0	設置面積(mm ²) 8400.0		
履帯長(mm)		140.0	平均接地圧力 ²⁾ (kPa) 90 (at 25g 場)		
実機トレッド(mm)		115.0	標準走行速度(km/h) 1.6 (444mm/sec)		

- 1) 前輪を原点とした各部材重心までの距離
- 2) 付加質量を含まない場合の値

表 5-1-3 実機と模型における主要諸元の比較

	くい打機						
	実物 ¹⁾			1/25 模型 ²⁾			
重量と重心距離 ³⁾	重量(kN)	水平 x(m)	鉛直 y(m)	重量(N)	水平 x(mm)	鉛直 y(mm)	
下部走行体	336.24	2.58	1.43	22.9	84.7	53.5	
上部構造体	リーダー部	134.24	-1.61	12.42	7.1	-36.4	397.6
	アースオーガ類	71.54	-2.45	16.00	0.4	-7.2	830.0 ⁴⁾
合計重量	542.02kN			30.4N (25g 場では 760N)			
接地圧力(kPa)	101			90			
走行速度(km/h)	1.6 (=444mm/sec)						

- 1) アースオーガ類に施工機械を含む
- 2) アースオーガ類に付加質量を含まない
- 3) 前輪を原点とした各部材重心までの距離
- 4) 載荷板をリーダーの上端にセットした場合

くい打機の実機と模型の主要諸元の比較を表 5-1-3 に示す。1g 場における走行模型の自重は 30.4N である。しかし、25g の遠心場では自重が 25 倍に増加する。これによって、遠心場模型の履帯面に働く接地圧力は実機と等しく再現することができる。従って、小型模型の筐体は 760N の自重を支持可能な強度を有しなければならない。

動の実験の相似則を満足するためには、走行速度が実機と小型模型において等しく再現する必要がある。従って、小型模型は 25g の遠心場で 444mm/sec の速度で自走可能な動力性能を備える必要がある。

写真 5-1-1 は小型模型の外観を示す。機体に対する相対的な重心位置を実機と小型模型の間で等しく再現できるように、モーター、減速機ならびにバッテリー等の部材を配置した。

写真 5-1-2 は動力モーター部を示す。最大回転数が 4 万回転の小型モーターを 2 個搭載する。2 つのモーターは左右の履帯を独立して駆動する。モーター軸にはピニオンギアが備わり、後述するスパーギアに接続する。ピニオンギアの歯数は 20 である。ピニオンギアの下部には検知盤が備わる。検知盤は軸対象な位置に切り欠き部が設けられている。センサーで単位時間における切り欠き部のカウント数から回転数を計算しこれを、後述する制御ボックスにて演算処理して走行速度をフィードバック制御する。

写真 5-1-3 は制御ボックスである。前述のモーター回転数に関する制御するための電子回路が備わる。さらに、走行模型はワイヤレスで走行が操作される。そのため走行に係わる命令信号の送受信を行うための電子回路も備わる。

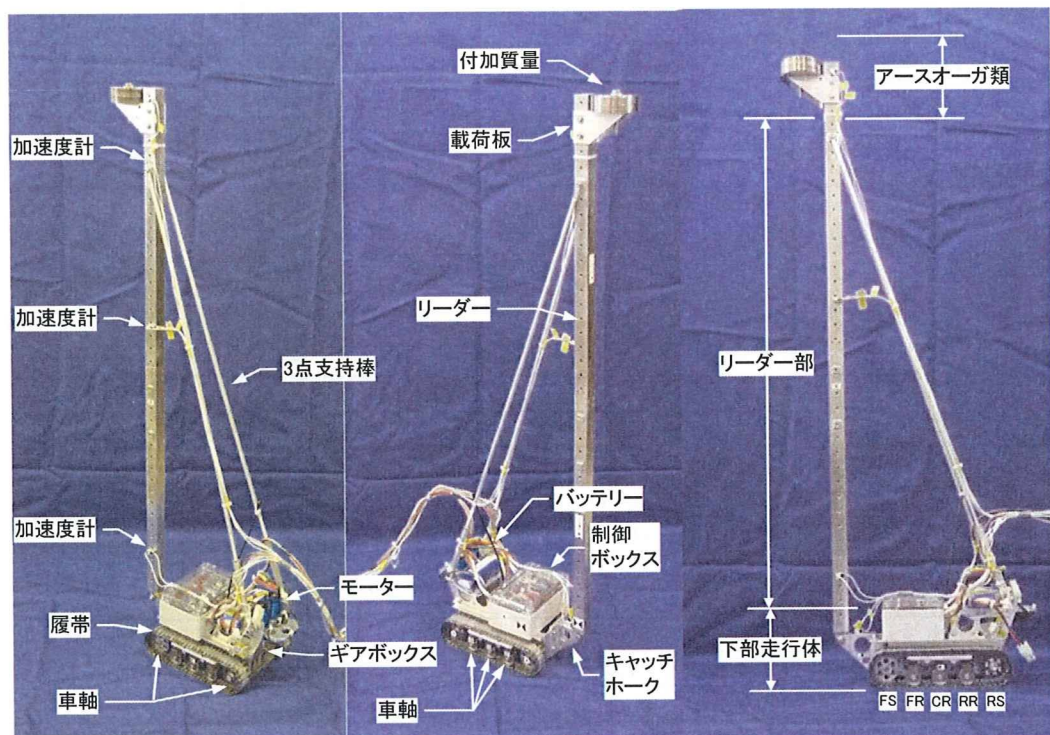


写真 5-1-1 作製したくい打機模型

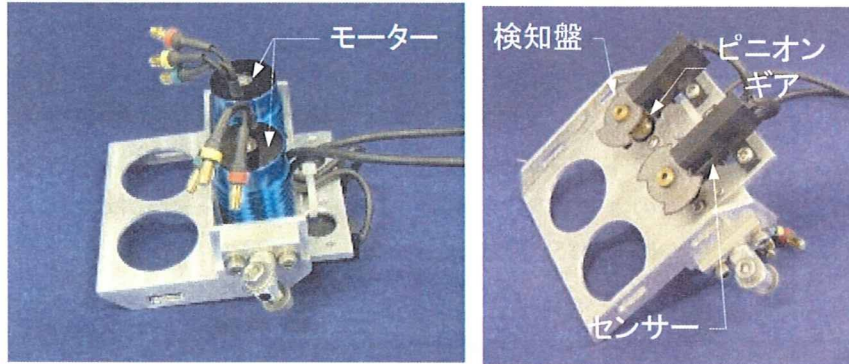


写真 5-1-2 動力モーター部(左：上側，右：裏側)

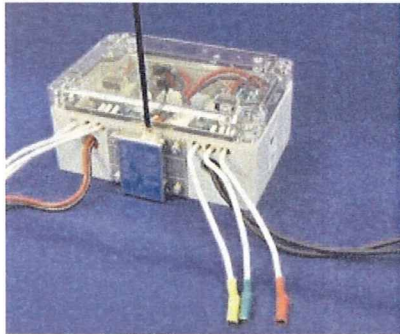


写真 5-1-3 制御ボックス

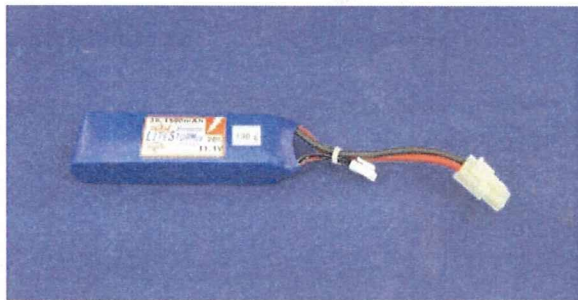


写真 5-1-4 リチウムバッテリー

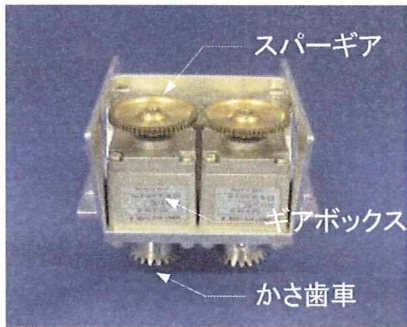


写真 5-1-5 ギアボックス

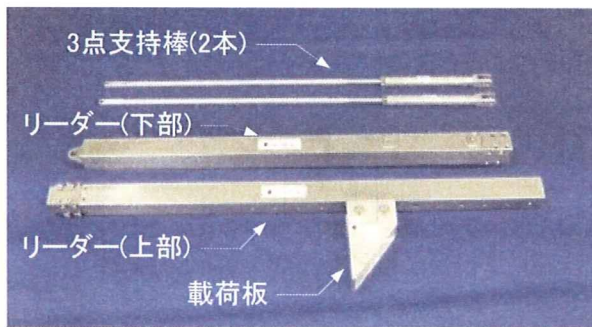


写真 5-1-6 リーダー・3点支持棒・載荷板

写真 5-1-4 は動力用のリチウムバッテリーである。このバッテリー1つで走行と通信の電力を供給する。写真 5-1-5 はギアボックスである。写真 5-1-2 に示すピニオンギアがスパーギアに噛み合わさる。スパーギアの歯数は 60 である。従って、ピニオンギアからスパーギアへの伝達において、回転数は $1/3$ に減速される。さらに、ギアボックスでは $1/50$ に回転を減速して、かさ歯車を駆動する。

写真 5-1-6 はリーダーと 3 点支持棒である。リーダーは上部と下部に分割して構成され、連結した全長は 800mm である。リーダー(下部)はキャッチフックにボルトで連結し、さらに 3 点支持棒で固定する。その上に取り付けられるリーダー(上部)には載荷板を固定する。載荷板に付加質量を搭載することで、実機のリーダーに備わる掘削用のオーガーやサンド

コンパクション等の装備を再現する事ができる。さらに、載荷板の固定位置は 2cm ピッチで変更が可能であり、異なる付加質量の搭載高さを再現できる。

写真 5-1-7 は遠心場走行実験においてくい打機をラジコン操作するための遠隔操作装置を示す。この装置はコントローラと送信機から構成される。コントローラはラジコンのプロポ型のものである。スロットルレバーで前進と後進及び、その速度が制御できる。方向レバーでは右方向と左方向のカーブ走行が制御される。コントローラには 2 つのシリアルポートが内蔵される。一つは RS485 であり、もう一つは RS232C である。

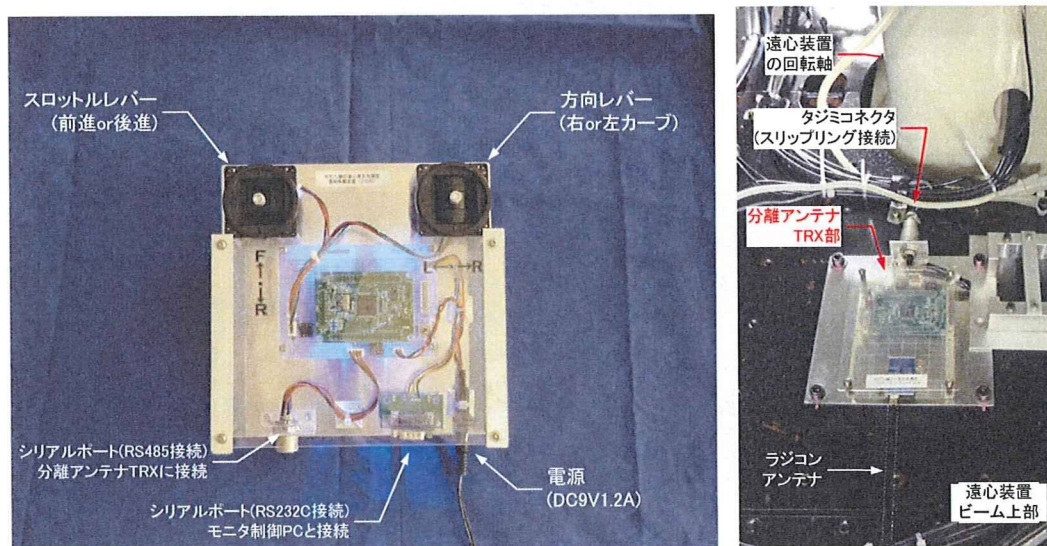


写真 5-1-7 くい打機模型の遠隔操作装置(左：コントローラ，右：送信機)

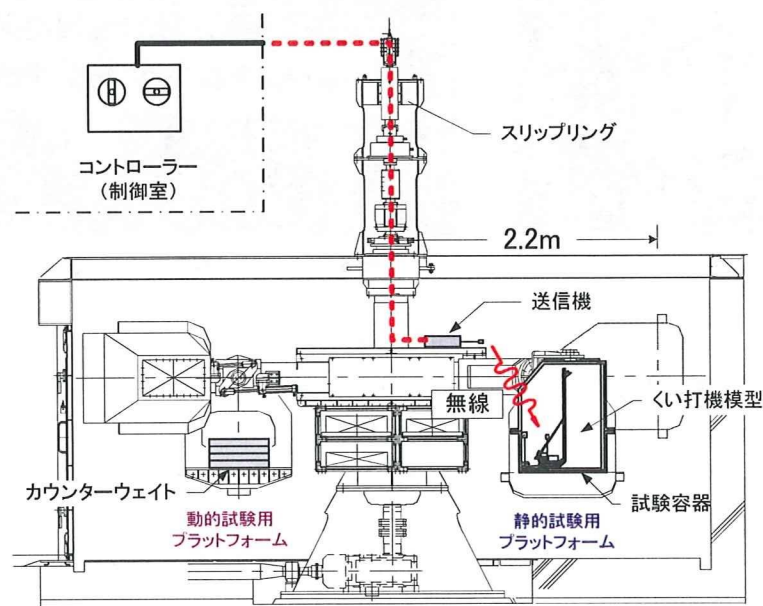


図 5-1-2 遠心場走行実験におけるラジコン制御と通信の方法

RS485 は写真右の送信機(TRX)と接続するポートである。図 5-1-2 は遠心場走行実験におけるラジコン制御と通信の概念を示す。送信機はコントローラと分離した構造となっている。このコントローラと送信機はスリップリングを介して接続されている。

写真 5-1-7 の右が遠心装置のビーム上に設置された送信機(TRX)である。送信機にはアンテナが備わり、プラットフォーム上に設置されるくい打機の模型と無線で通信して走行を制御する。

RS232C はモニタ制御用 PC と接続するためのポートである。写真 5-1-8 は走行条件の設定とその結果をモニタする PC 画面を示す。通信はノート PC のハイパーターミナルを使用し表 5-1-4 に示すコマンドで行った。

「モーター回転数レンジ設定数(rg)」は、モーター回転数の最小値と最大値を入力する。両値の設定は 2000~30000 の範囲で行う。「左右差動比率設定(df)」では左右の履帯に与える回転数の差を設定する。値が 100 の時は左右の履帯の回転数が最大±100%変わる。すなわち、片側は 200%で反対側が 0%となる。本実験では 10 に設定した。「最高スピードレポート(qm)」は走行中におけるモーター回転数の最大値をリクエストするコマンドであり、「現在スピードレポート(qs)」はコマンドリクエストした時の瞬時の値がモニタに表示する。「左右トリム(tr)」は直進性を補正するためにモーター回転数を微調整するコマンドである。

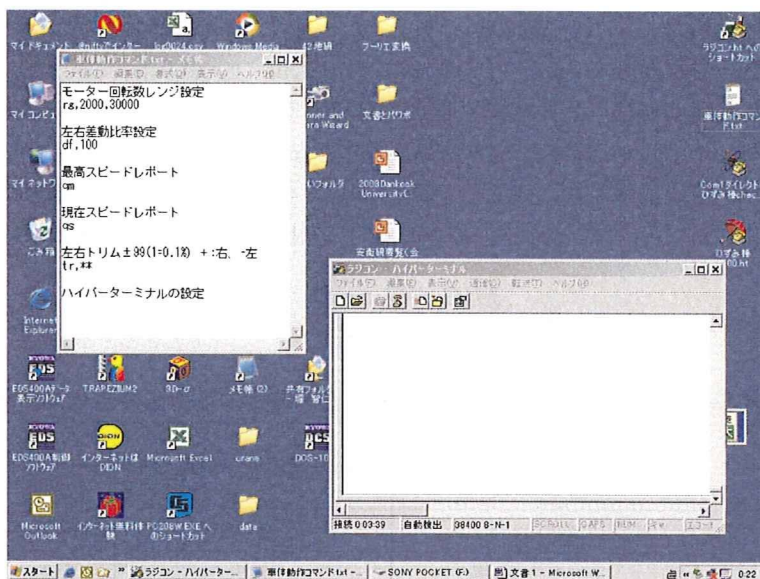


写真 5-1-8 ノート型 PC に表示された走行条件の設定と状況をモニタする画面

表 5-1-4 走行条件に関する設定項目とコマンド一覧

設定項目	入力コマンド
モーター回転数レンジ設定	rg, 最小値, 最大値
左右差動比率設定	df, 値
最高スピードレポート	qm
現在スピードレポート	qs
左右トリム±99(1=0.1%) +:右, -左	tr, ±値

5.1.3 模型の安定度

機体の安定度は重心と転倒支点の間の距離によって求めることが可能であり、付加質量がない場合における機体の安定度(θ_0)は式(5-1-1)で求めることができる。この式に、先に述べた模型の重心($G_x=5.4\text{cm}$, $G_y=14.5\text{cm}$)を代入すると θ_0 は20.4度となる。

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1}\left(\frac{G_x}{G_y}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{5.4}{14.5}\right) \\ &= 20.4(\text{deg})\end{aligned}\tag{5-1-1}$$

付加質量(m)を搭載した場合の機体の安定度(θ')は式(5-1-2)で表される。

$$\theta' = \tan^{-1}\left(\frac{MG_x + mx_a}{MG_y + my_a}\right)\tag{5-1-2}$$

ここで、 M は全質量であり、3102.8gである。 x_a と y_a は、それぞれ転倒支点から付加質量までの水平距離と鉛直距離であり、それぞれ $x_a=-10.2\text{cm}$, $y_a=84.0\text{cm}$ である。

車両系建設機械構造規格¹⁾と日本材料学会の基準²⁾では表5-1-4の通り安定度を定めている。式(5-1-2)を m について解くと式(5-1-3)の通りとなる。

従って、安定度の各基準を θ' に代入し、機体重心と全重量を式(5-1-3)に代入すると、任意な安定度における m の値が得られる。模型に関する計算結果を表5-1-5の下段に示す。

$$m = \frac{M(G_x - G_y \tan \theta')}{y_a \tan \theta' - x_a}\tag{5-1-3}$$

表 5-1-5 くい打機の安定度の関する国内基準等に対応する付加質量

規則・規準		車両系建設機械構造規格	日本材料学会	
			作業時	走行時
安定度の基準値 (θ')		5度以上	7度以上	9度以上
必要な模型の付加質量 (g) (搭載位置：上部の場合)	1g 場	735	552	414
	遠心場 (1g 場での安定度)	1169 (2.0)	877 (3.8)	658 (5.8)

遠心模型実験では供試体に作用する遠心力の値が有効半径(R)に比例して増加する。くい打機の小型模型は図5-1-3に示すとおり、高さ0.84mを有し、 $R=2.25\text{m}$ に対して、比較的大きな値である。すなわち、「アースオーガ類」に相当する載荷板と付加質量(m)に働く遠心力は、「下部走行体」、「リーダー部」に働く遠心力よりも小さい。そのため、遠心模型実験において当初設定した安定度を再現するためには、遠心力の違いを補正した付加質量(m')を搭載する必要がある。 m' の値は式(5-1-4)により求められる。