

### 8.5.3 走行速度の影響

走行速度の違いが揺動に与える影響を検討した。比較した走行速度は約 22cm/sec と約 36cm/sec の 2 種類である。安定度 (5 度, 10 度) と付加質量搭載位置 (上部搭載, 中央搭載) を変えて実験を行った。その結果, 全ての実験ケースにおいて, 走行速度の違いによる影響は非常に小さく, 平坦で均質なウレタンフォーム地盤では走行速度の影響が小さいことが明らかになった。

### 8.5.4 地盤側条件による影響

#### (1) 傾斜角に与える影響

関東ロームを用いて作製方法の異なる 3 種類の模型地盤を作製し, 地盤条件の違いが実験結果に与える影響を調べた。作製した地盤は, せん断強度のバラツキが小さい「平坦均質地盤」, せん断強度のバラツキが大きい「平坦不均質地盤」, 地表面起伏を有する「起伏地盤」である。平坦地盤では, 不均質地盤の傾斜角は均質地盤の約 2 倍であり, せん断強度のバラツキが大きい場合, 生じる傾斜角および揺動が大きくなることが確認された。また, 平坦均質地盤と起伏地盤の結果の比較では, 起伏地盤の傾斜角, 標準偏差ともに大きく顕著な差が見られた。

#### (2) 接地圧の変動に与える影響

地盤条件の違いが接地圧変動に与える影響の検討を行った。接地圧変動については, 揺動が大きいほど接地圧分布割合の平均値が小さく, 標準偏差が大きいことがわかった。

### 8.5.5 地盤の破壊に対する危険性の解析

遠心場走行実験から得た接地圧分布割合の変動係数と, ハンドベーン試験により得たせん断強度の変動係数を用いて, 信頼性工学的手法に基づいた地盤の破壊確率と支持力安全率の関係について検討を行った。その結果, 平坦な地盤においても, せん断強度のバラツキが大きい場合, 生じる揺動が大きくなり, 地盤の破壊確率が顕著に大きくなることが明らかになった。また, 起伏を有する地盤では, せん断強度のバラツキを有する地盤よりも地盤の破壊確率が高かった。そのため, せん断強度のバラツキが大きく, かつ起伏を有する地盤では地盤が破壊する確率が著しく大きくなることが明らかになった。

### 8.5.6 転倒に対する危険性の解析

転倒に対する危険性を評価するために地表面起伏を指標化し, 地盤起伏が機体の傾斜に与える影響を確率的に評価した。その結果, 平坦地盤では安定度の違いによる転倒に対す

る危険の確率  $P_T$  に大きな差はないものの、起伏地盤では安定度の違いによる差が顕著であり、安定度 5 度の  $P_T$  は 10 度に比べ著しく大きな結果であった。そのため、密度が均質で支持力のバラツキが少ない地盤であっても、起伏が存在する地盤では転倒の危険性は大きくなることが分かった。安定度の増加は地盤の不均質さや起伏により生ずる揺動を緩慢にすることが分かった。従って、施工現場に生じる予期せぬ沈下や起伏による転倒を防止するためには、安定度の値を高く設定して作業することが望ましいことが分かった。

自走中の機体に存在する正味の安定度が 5 度以下になる確率を解析した。これは車両系建設機械構造規格に定められた基準を自走中に下回らない傾斜安全率を検討するためである。くい打機に 10 度の安定度が備わる場合は、現場地盤の最大勾配を約 1.5 度(約 2/100)以下とすることで、ほぼ基準を満足できることが分かった。

表 8-5-1 ウレタンフォームで平坦かつ均質な地盤を再現して行った遠心場走行実験の結果一覧

ファイル名	走行速度	付加質量 搭載位置	安定度	付加質量	重心位置			速度 cm/sec	安全率 Fs	傾斜角			接地圧分布割合 (FS)				
					Gy	Gy/B	Gy/H			平均値	標準偏差	変動係数	理論値	実験値	標準偏差	変動係数	実験値/理論値
2009Mobile_1104D05	通常走行	上部搭載	5	980	25.981	1.856	0.306	40	1.5	1.120	0.533	0.476	0.865	0.534	0.085	0.160	0.61755591
2009Mobile_1104D03			10	440	20.151	1.439	0.237	36	1.5	0.930	0.274	0.295	0.415	0.540	0.073	0.135	1.301611036
2009Mobile_1104D01			15	150	16.509	1.179	0.194	36	1.5	0.774	0.212	0.274	0.353	0.468	0.092	0.196	1.325207395
2009Mobile_1105D01		中央搭載	5	980	21.809	1.558	0.257	36	1.5	1.098	0.247	0.225	0.604	0.635	0.093	0.146	1.050926616
2009Mobile_1105D02			10	440	18.158	1.297	0.214	36	1.5	0.907	0.241	0.266	0.435	0.592	0.101	0.172	1.360575043
2009Mobile_1105D04			15	150	15.806	1.129	0.186	36	1.5	0.866	0.267	0.308	0.360	0.448	0.086	0.192	1.244006659
2009Mobile_1104D04	低速走行	上部搭載	10	440	20.151	1.439	0.237	22	1.5	0.924	0.255	0.276	0.415	0.540	0.087	0.161	1.301924561
2009Mobile_1105D03		中央搭載	10	440	18.158	1.297	0.214	22.5	1.5	0.918	0.243	0.265	0.435	0.552	0.098	0.177	1.270247269
2009Mobile_1106D03	通常走行	上部搭載	5	980	25.981	1.856	0.306	35	0.8	1.733	0.952	0.549	0.539	0.418	0.049	0.117	0.775517018
2009Mobile_1106D01			10	440	20.151	1.439	0.237	36	0.8	1.452	0.685	0.472	0.415	0.363	0.067	0.185	0.876591742
2009Mobile_1105D11			15	150	16.509	1.179	0.194	37	0.8	1.211	0.581	0.480	0.353	0.357	0.061	0.169	1.010928962
2009Mobile_1105D09		中央搭載	5	980	21.809	1.558	0.257	37	0.8	2.402	1.466	0.610	0.604	0.520	0.114	0.219	0.861164936
2009Mobile_1105D06			10	440	18.158	1.297	0.214	37	0.8	1.937	0.754	0.390	0.435	0.503	0.027	0.053	1.157285796
2009Mobile_1105D05			15	150	15.806	1.129	0.186	37	0.8	1.249	0.436	0.350	0.360	0.345	0.037	0.108	0.956132075
2009Mobile_1106D02	低速走行	上部搭載	10	440	20.151	1.439	0.237	22.5	0.8	1.530	0.754	0.493	0.415	0.366	0.059	0.162	0.883344588
2009Mobile_1105D07		中央搭載	10	440	18.158	1.297	0.214	22.5	0.8	2.040	0.981	0.481	0.435	0.538	0.040	0.074	1.237308798

表 8-5-2 関東ロームで平坦な地盤を再現して行った遠心場走行実験の結果一覧

ファイル名	搭載位置	モーター回転数	安定度	付加質量	重心位置			速度 cm/sec	安全率 Fs	傾斜角			接地圧分布割合 (FS)					ハンドベーン			地盤の破壊確率				備考
					Gy	Gy/B	Gy/H			平均値	標準偏差	変動係数	理論値	実験値	標準偏差	変動係数	実験値/理論値	平均値	標準偏差	変動係数	FS=1.5	FS=2.0	FS=3.0	FS=4.0	
2009Mobile_1113D05	上部	25000	5	980	25.981	1.856	0.306	36	3.8	1.012	0.415	0.410	0.539	1.000	27.569	27.569	1.855	94.280	19.561	0.207	0.4919	0.4855	0.4710	0.4566	平坦不均質
2009Mobile_1113D03	上部	25000	10	440	20.151	1.439	0.237	36	3.8	0.887	0.296	0.334	0.415	0.204	42.742	209.181	0.493	94.280	19.561	0.207	0.4994	0.4980	0.4959	0.4937	
2009Mobile_1117D01	上部	25000	5	980	25.981	1.856	0.306	35	3.8	0.399	0.482	1.209	0.539	0.661	0.225	0.340	1.226	73.151	12.821	0.175	0.1222	0.0202	0.0007	0.0000	平坦均質
2009Mobile_1117D02	上部	25000	10	440	20.151	1.439	0.237	34	3.8	0.395	0.465	1.179	0.415	0.604	0.262	0.434	1.457	73.151	12.821	0.175	0.1621	0.0364	0.0017	0.0000	
2009Mobile_1119D02	上部	25000	5	980	25.981	1.856	0.306	37	3.8	1.007	0.343	0.340	0.539	0.474	0.301	0.635	0.879	73.605	26.043	0.354	0.2729	0.1465	0.0530	0.0266	平坦不均質
2009Mobile_1119D01	上部	25000	10	440	20.151	1.439	0.237	36	3.8	0.925	0.315	0.340	0.415	0.368	0.217	0.590	0.888	73.605	26.043	0.354	0.2644	0.1389	0.0499	0.0253	

表 8-5-3 関東ロームで起伏を有する地盤を再現して行った遠心場走行実験の結果一覧

ファイル名	搭載位置	モーター 回転数	安定度	付加質量	重心位置			速度 cm/se c	安全率 F <sub>s</sub>	地表勾配			傾斜角			接地圧分布割合 (FS)					ハンドベーン試験			地盤の破壊確率					備考
					Gy	Gy/B	Gy/H			平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	理論値	実験値	標準偏差	変動係数	実験値/理論値	平均値	標準偏差	変動係数	FS=1.5	FS=2.0	FS=3.0	FS=4.0	FS=5.0	
2009Mobile_1218D02	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	0.775	0.634	0.818	1.336	1.973	1.476	0.415	0.279	0.310	1.111	0.673	70.331	5.125	0.073	0.327	0.186	0.039	0.005		
2009Mobile_1218D01	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	0.775	0.634	0.818	1.375	1.752	1.274	0.415	0.261	0.186	0.710	0.631	70.331	5.125	0.073	0.243	0.084	0.004	0.000		
2009Mobile_1224D03	上部	25000	5	980	25.98 1	1.856	0.306	36	3.8	1.937	2.22	1.146	1.107	1.828	1.652	0.539	0.727	1.403	1.930	1.348	64.935	6.916	0.107	0.398	0.303	0.153	0.065	0.023	
2009Mobile_1224D01	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	1.937	2.22	1.146	0.624	1.513	2.426	0.415	0.703	1.379	1.961	1.695	64.935	6.916	0.107	0.400	0.306	0.157	0.068	0.025	
2009Mobile_1224D02	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	1.937	2.22	1.146	2.068	1.271	0.615	0.415	0.596	1.107	1.857	1.437	64.935	6.916	0.107	0.394	0.296	0.144	0.058	0.019	
2009Mobile_1224D04	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.937	2.22	1.146	0.382	3.834	10.036	0.415	0.806	1.201	1.491	1.943	64.935	6.916	0.107	0.369	0.253	0.095	0.027	0.006	敷鉄板
2009Mobile_1224D05	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.937	2.22	1.146	-0.620	2.504	-4.038	0.415	1.267	1.274	1.006	3.055	64.935	6.916	0.107	0.312	0.165	0.029	0.003	0.000	敷鉄板二枚敷き
2010Mobile_0105D01	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	2.033	1.654	0.814	1.193	4.549	3.814	0.415	1.657	61.177	36.918	3.996	74.242	9.287	0.125	-	-	-	-	-	
2010Mobile_0105D02	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	2.033	1.654	0.814	2.272	5.582	2.456	0.415	0.892	1.616	1.812	2.151	74.242	9.287	0.125	0.392	0.292	0.140	0.055	0.018	
2010Mobile_0105D04	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	2.033	1.654	0.814	2.568	2.422	0.943	0.415	0.944	2.043	2.163	2.278	74.242	9.287	0.125	0.409	0.323	0.181	0.088	0.038	敷鉄板一枚敷き
2010Mobile_0105D05	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	2.033	1.654	0.814	1.073	0.896	0.835	0.415	0.852	1.490	1.749	2.055	74.242	9.287	0.125	0.388	0.286	0.132	0.050	0.016	敷鉄板二枚敷き
2010Mobile_0105D06	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NY	2.033	1.654	0.814	1.282	0.855	0.667	0.415	1.044	0.683	0.654	2.519	74.242	9.287	0.125	0.231	0.077	0.004	0.000	0.000	敷鉄板二枚敷き 25g
2010Mobile_0107D04	上部	25000	5	980	25.98 1	1.856	0.306	36	3.8	1.34	1.319	0.984	2.511	2.009	0.800	0.539	0.426	0.567	1.331	0.791	74.424	6.228	0.084	0.354	0.228	0.070	0.014	0.002	
2010Mobile_0107D01	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	1.34	1.319	0.984	1.597	1.251	0.783	0.415	0.324	0.858	2.652	0.781	74.424	6.228	0.084	0.425	0.353	0.226	0.131	0.068	
2010Mobile_0107D02	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	1.34	1.319	0.984	1.774	1.652	0.932	0.415	0.459	0.585	1.275	1.106	74.424	6.228	0.084	0.348	0.218	0.062	0.011	0.001	
2010Mobile_0107D05	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.34	1.319	0.984	1.307	1.406	1.076	0.415	0.327	0.571	1.748	0.789	74.424	6.228	0.084	0.388	0.285	0.129	0.046	0.013	敷鉄板一枚敷き
2010Mobile_0107D08	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.34	1.319	0.984	0.931	0.996	1.070	0.415	0.615	0.591	0.961	1.484	74.424	6.228	0.084	0.303	0.153	0.022	0.002	0.000	敷鉄板二枚敷き
2010Mobile_0113D02	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	1.463	1.397	0.955	0.415	0.615	1.484	0.415	0.330	0.634	1.922	0.796	81.669	8.342	0.102	0.398	0.302	0.152	0.063	0.022	
2010Mobile_0113D03	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	1.463	1.397	0.955	1.501	2.767	1.843	0.415	0.339	0.536	1.580	0.817	81.669	8.342	0.102	0.376	0.265	0.107	0.033	0.008	
2010Mobile_0113D05	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.463	1.397	0.955	1.055	1.828	1.733	0.415	0.498	0.855	1.717	1.200	81.669	8.342	0.102	0.386	0.282	0.126	0.045	0.013	敷鉄板一枚敷き
2010Mobile_0113D06	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.463	1.397	0.955	1.449	2.143	1.479	0.415	0.302	0.565	1.874	0.727	81.669	8.342	0.102	0.395	0.298	0.146	0.059	0.020	敷鉄板一枚敷き 1.0mm
2010Mobile_0113D11	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.463	1.397	0.955	1.097	1.925	1.755	0.415	0.412	0.613	1.489	0.994	81.669	8.342	0.102	0.369	0.253	0.094	0.026	0.006	敷鉄板二枚敷き 1.0mm
2010Mobile_0113D12	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.463	1.397	0.955	1.894	2.304	1.217	0.415	0.522	0.358	0.686	1.258	81.669	8.342	0.102	0.238	0.081	0.004	0.000	0.000	敷鉄板一枚敷き 25g
2010Mobile_0115D04	上部	25000	5	980	25.98 1	1.856	0.306	36	3.8	1.549	1.485	0.959	2.332	2.300	0.986	0.539	0.355	0.812	2.291	0.658	83.640	8.883	0.106	0.414	0.332	0.194	0.099	0.044	
2010Mobile_0115D01	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	3.8	1.549	1.485	0.959	1.356	1.694	1.250	0.415	0.253	0.739	2.922	0.610	83.640	8.883	0.106	0.432	0.366	0.248	0.155	0.089	
2010Mobile_0115D03	上部	15000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	23	3.8	1.549	1.485	0.959	1.518	2.108	1.388	0.415	0.235	0.539	2.299	0.566	83.640	8.883	0.106	0.414	0.332	0.194	0.100	0.045	
2010Mobile_0115D05	上部	25000	15	150	16.50 9	1.179	0.194	36	3.8	1.549	1.485	0.959	1.211	1.952	1.612	0.353	0.291	0.485	1.669	0.824	83.640	8.883	0.106	0.383	0.276	0.120	0.041	0.011	
2010Mobile_0115D07	中央	25000	10	440	18.15 8	1.297	0.214	36	3.8	1.549	1.485	0.959	1.857	2.395	1.290	0.435	0.461	0.571	1.238	1.061	83.640	8.883	0.106	0.344	0.213	0.059	0.011	0.001	
2010Mobile_0115D06	中央	25000	15	150	15.80 6	1.129	0.186	36	3.8	1.549	1.485	0.959	1.451	2.051	1.413	0.604	0.326	0.501	1.538	0.540	83.640	8.883	0.106	0.373	0.260	0.101	0.030	0.007	
2010Mobile_0115D10	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.549	1.485	0.959	1.284	1.506	1.173	0.415	0.429	0.741	1.726	1.035	83.640	8.883	0.106	0.386	0.283	0.127	0.046	0.013	敷鉄板一枚敷き
2010Mobile_0115D11	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.549	1.485	0.959	1.515	2.211	1.460	0.415	0.483	1.471	3.045	1.165	83.640	8.883	0.106	0.435	0.372	0.257	0.165	0.098	敷鉄板一枚敷き 1.0mm
2010Mobile_0115D12	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.549	1.485	0.959	1.293	1.376	1.064	0.415	0.550	0.747	1.358	1.327	83.640	8.883	0.106	0.357	0.233	0.076	0.017	0.003	敷鉄板二枚敷き 1.0mm
2010Mobile_0118D01	上部	25000	10	440	20.15 1	1.439	0.237	36	NC	1.549	1.485	0.959	1.824	1.735	0.951	0.415	0.674	0.452	0.672	1.624	83.640	8.883	0.106	0.235	0.078	0.004	0.000	0.000	敷鉄板一枚敷き 25g

## 8.6 参考文献

- 1) 越 昭三：数理統計概論，学術図書出版社，1983.
- 2) 星谷勝，石井清：構造物の信頼性設計法，鹿島出版会，1997.
- 3) CIRIA：Crane Stability on Site, Supecial Publication 131, 2003.
- 4) 松尾稔：地盤工学，技報堂出版，1984.

## 第9章 Code of practice の提案

英国基準(British standard, BS)では、個別の各基準とは別に Code of practice という規範を示している。これは基準化されたルールとは別に示す安全上有効な「実用上の規範」であり、基準に準じた推奨事項となっている。

本章ではこの Code of practice を参考に「建設現場におけるくい打機の安定自走のための実用上の規範」(Code of practice for safe tramming of drill rigs on construction sites)を検討した。この中では安定に必要な具体的な条件を挙げ、その達成に必要な推奨値も示した。この推奨値は安全の余裕を加算したものとなっている。従って、最低基準を定める国内規則等の値とは異なっている。

本検討では特に転倒の危険が高い自走時の安定問題に着目して、必要な条件を検討した。以下に項目とその閾値を列挙する。なお、本提案はこれまでの研究による実験的解析に基づいて述べるものである。今後更に研究課題として検討が進められて技術的に発展し、また専門家による議論のもとになることを期待するものである。

### (1) 安定度

くい打機が自走する際の安定度は10度以上とする。なお、この値は後述する支持力安全率と地盤の起伏条件が同時に満足された場合である。両条件が満足されない場合は、その影響により生じる機体傾斜増分を安定度(10度)に加算し、値を適宜修正するものとする。

#### <解説>

安定度とは転倒支線に対する機体の限界傾斜角を意味する。安定度はくい打機の安定性を左右する最も重要な機械側の安定条件である。車両系建設機械構造規格に安定度の基準が示されており、その最低値は5度となっている。この値は機体が不利な条件に対して満足しなければならない。欧州規格ではこの値を機種に応じて8度と10度に設定している。

自走中の機体に生じる傾斜角と安定度の関係を実験的に調査したところ、安定度を増加させると、揺動は小さくなることが確かめられた。例えば先の図 8-1-1 に示したとおり、平坦均質地盤を走行させた際のくい打機の平均傾斜は安定度の増加に対して、ほぼ直線的に減少することがわかった。一方、傾斜角の変動係数は、安定度を5度から10度に増加させた場合には明らかな減少を示すものの、10度から15度に増加させた場合にはその減少は顕著でなかった。従って、安定度を10度に増加させると変動は減少する。また、安定度が10度の場合は、自走中の正味の安定度が5度以下にならないことも確認された。以上より、後述する支持力安全率と地盤の起伏条件が同時に満足させると同時に、安定度は10度以上とすることを推奨することとした。

**(2) 設置地盤の支持力安全率**

設置地盤の支持力安全率の値は 3 以上とする。

## &lt;解説&gt;

支持力安全率( $F_s$ )は設置地盤に働く載荷圧力( $q_a$ )に対する極限支持力( $q_u$ )の比と定義する。

$$F_s = \frac{q_u}{q_a} \quad (9-1)$$

$F_s$ はくい打機に生じる傾斜を左右する地盤側の重要な指標と言える。先に述べたとおり、労働安全衛生規則ではくい打機を設置する場合に脚部の沈下を防止するための措置を義務づけている。また、車両系建設機械構造規格では安定度を設定する前提として設置地盤は水平かつ堅固であることを条件としている。

業界団体等では  $F_s$  の値に 1.5 以上を推奨しているものが見られる。国土交通省の道路橋施工指針・同解説では、基礎底面地盤の許容鉛直支持力の安全率について、 $F_s = 3.0$  は常時の安全率、 $F_s = 2.0$  は防風時レベル 1 地震時の安全率としている。また、日本建築学会の建築基礎構造設計指針では  $F_s = 3.0$  を長期許容支持力の安全率、 $F_s = 1.5$  を短期の安全率としている。くい打機による施工は一時的(短期的)とも見られるため、 $F_s = 1.5$  が用いられているようである。なお、欧州規格には地盤側の安定条件についての記述が見られない。

くい打機が自走する際の  $F_s$  は安全の余裕をどの程度見込むかによって値が異なる。従って、 $q_a$  と  $q_u$  の不確かさを考慮した検討が必要となる。先の図 8-3-4 に、関東ロームで模擬した 2 つの模型地盤を走行させた場合の、 $F_s$  と地盤の破壊確率( $P_F$ )の関係を示した。平坦均質な模型地盤では  $q_u$  の変動係数( $C_{vg}$ )が 0.175 であった。この地盤を走行させた時は、接地圧力( $q_a$ )の変動係数( $C_{vp}$ )が 0.434 であった。両変動係数が一定であることを仮定して、 $F_s$  と  $P_F$  の関係を計算すると、 $F_s = 1.5$  の場合にも  $P_F = 0.15$  程度の破壊確率が存在し、その値は小さくはないことがわかった。しかし、 $F_s = 3.0$  に増加させると  $P_F$  は 0.01 程度に減少する。従って、支持力安全率( $F_s$ )には 3.0 以上を与えることを推奨することとした。なお、 $C_{vg}$  が大きくなると  $C_{vp}$  にも増加が生じ、同一  $F_s$  に対する  $P_F$  は大きくなる。従って、現場の地盤養生の状態により  $F_s$  の値は適切に加算される必要がある。また、支持力安全率は地盤に生ずる沈下量も考慮して決定する必要がある。

**(3) 施工現場の起伏**

施工現場において起伏を含む地盤の勾配は 1.5 度以下(約 2/100 以下)とする。

## &lt;解説&gt;

施工現場には掘削や埋め戻しによって起伏が生じやすく、平坦性の確保は必ずしも容易でない。また、敷鉄板を表面に設置すると元の地盤の起伏を確認することが難しくなる。

そこで、ここで推奨する値は施工現場に敷鉄板を敷設する前の地盤の勾配とし、起伏により生じる勾配も対象に含めるものとする。なお、この起伏は波長( $L$ )が式(9-2)に示す一定の間隔以上のものであり、その間隔が短いものは含めない。

$$L > 2 \times G_x \quad (9-2)$$

ここで、 $G_x$ は転倒支線から重心までの水平距離である。

社団法人日本材料学会はソイルミキシングウォール(SMW)設計施工指針(改訂版)において転倒防止のための重点管理基準例を示している。この中で敷地内地盤の高低への対応を述べており、「作業床 1/100 以内、通路部 1/10 以内(約 5 度)」とすることを推奨している。

本研究では支持力安全率が 4.5 以上を与えて、任意な起伏を模型地盤に再現し、くい打機を走行させた。地盤の起伏は 6.1.2 節に述べた方法で指標化し、機体に生ずる揺動との関係を調査した。転倒危険度( $F_t$ )を式(9-3)で定義し、転倒に対する危険の確率( $P_T$ )との関係を解析した。

$$F_t = \frac{\theta_a}{\theta_{bv}} \quad (9-3)$$

ここで $\theta_a$ は機体の安定度であり、 $\theta_{bv}$ は各波長毎に存在する最大勾配の平均値である。

$P_T$ と $F_t$ の関係を解析し、最大勾配は 1.5 度以下(約 2/100 以下)とすることとした。その理由を以下に概説する。

$F_t$ を増加させると転倒の危険は小さくなる。例えば先に示した図 8-4-1 に示した関係より、 $F_t=3.0$  のときに  $P_T$  は 0.01 以下となり危険は小さくなる。さらに、自走中の機体に存在する正味の安定度が 5 度以下になる確率( $P_{T5}$ )と  $F_t$  の関係を解析した。これは車両系建設機械構造規格に定められた基準を自走中に下回らない起伏条件を検討するためである。先の図 8-4-10 では  $F_t$  に対する  $P_{T5}$  の関係を、3 種類の地盤条件について示した。全ての地盤条件において、 $F_t$  の増加に対して  $P_{T5}$  は減少を示す。しかし、同一  $F_t$  に対する  $P_{T5}$  の値は地盤の条件によって異なる。同一  $F_t$  に対する  $P_{T5}$  の値は平坦均質地盤(FU 地盤)が最も小さい。次いで、平坦不均質地盤(FN 地盤)、起伏地盤(UD 地盤)の順に大きくなる。

FN 地盤では  $P_{T5}$  を 0.01 以下とするために必要な  $F_t$  の値は 6.9 であった。先の式(8-4-3)に  $F_t$  の値と安定度( $\theta_a$ )を代入すると、地盤傾斜の平均値( $\theta_{bv}$ )が得られる。この値を現場起伏の最大勾配に置き換えて考えると、 $\theta_{bv}$  は約 1.5 度となる。従って、くい打機の安定度が 10 度の場合は地盤勾配を約 1.5 度(約 2/100)以下にすることによって、 $P_{T5}$  は 0.01 以下となり、基準をおおむね満足できることがわかった。そのため、地盤の勾配は 1.5 度以下とすることを推奨することとした。



## 第10章 まとめ

### 10.1 概説

本研究は基礎工事中大型建設機械の転倒防止を目的に、安定設置に必要な支持地盤の要件を検討したものであり、平成19年度から21年度までに3年間で実施された課題である。

本研究は大きく6つの内容から構成され、1)災害調査、2)安全基準の国際比較、3)現場実大実験による自走挙動の計測、4)遠心場走行実験による転倒危険要因の解明、5)履帯基礎の支持力と敷鉄板の養生性能に関する実験的解明、6)機体の揺動と履帯接地圧力に与える安定度と支持力条件の影響である。本章では、各章で得られた知見を要約する。

### 10.2 第1章の要約

第1章は序論であり、本研究の背景、目的ならびに構成が述べられている。主な内容は、次の通りである。

- 1) 労働安全衛生規則では施工現場におけるくい打機械の設置に際して沈下防止の措置が義務づけられている。しかし、そのために必要な地盤の支持力条件については詳細が述べられておらず、その判断は事業者に委ねられている。
- 2) 車両系建設機械構造規格では、くい打機械の安定度（限界傾斜角）を定めている。しかし、設置地盤は水平堅固が仮定されており、沈下により生ずる機体傾斜が厳密には考慮されていない。
- 3) 都市開発における地盤改良工事や大型建築における基礎工事は不可欠である。その結果、くい打機の使用は近年増加しており、転倒防止措置の検討は急務な問題である。
- 4) 本研究で着目する機体と地盤の不安定要因を示し、その解明に必要な研究事項を示した。くい打機械に関する地盤工学的な問題点と本研究の構成が述べられている。

### 10.3 第2章の要約

第2章は二件の災害事例に基づく調査結果と転倒原因の考察が述べられている。発生時の作業状および災害原因の解明を目的に災害事例を分析した。主な内容は次の通りである。

- 1) 転倒したくい打機の安定度は、いずれも車両系建設機械構造規格に定められた5度以上の基準を満足するものであった。しかしながら、その値は水平堅固な地盤に対する設置を前提としたものであり、くい打機の設置に伴って地盤に生じる不等沈下はくい打機を傾斜させる。さらに凹凸のある地盤を自走すると機体は揺動し、この揺動はくい打機を動的に不安定化させる。従って、施工中のくい打機には安定度を減少させる

要因が潜在している。そのため、機体の安定度には、この減少を補うための十分な余裕を予め与えておく必要がある。

- 2) くい打機の設置に際して地耐力の照査と養生対策について、事前に十分な検討がなされていなかった。くい打機は大型であり、その自重は数十トンに達する。この安定設置に必要な地盤の支持力については、目視や踏査のみで判断することは現実的に難しく、経験的判断のみによって評価すべきではない。すなわち、工学的な地盤調査の結果に基づいて地盤支持力を求めなければならない。そして、くい打機の諸元と作業方法を考慮して履帯に働く最大接地圧を求める。得られた支持力と接地圧力の比較に基づいて安全性を検討し、安定設置に必要な地盤養生の方法を決定しなければならない。
- 3) 建築現場の基礎工事では、一般的に狭い敷地内を大型建設機械が移動しながら施工する特徴があり、広い敷地内を自走する土木現場とは異なった安全対策が必要である。削孔の周辺地盤は軟弱化しているため、機械の安定を確保するためには確実な養生が不可欠である。
- 4) 施工現場の地盤養生については、安定要件の基準化を求める声も聞かれる。古い建築物の解体工事では、埋め戻し等によって土質条件や埋設物の状態、ならびに表層地盤の支持力は不明確な場合も多い。しかしながら、現場地盤の養生基準は明確ではなく、十分な費用も積算されていない現状がある。基礎工事の安全化には、定性的な注意に加えて定量的な基準を示し、事業者が具体的な対策を講じられるようにすることも必要と考えられる。また、降雨や地震などの想定外の問題が生じた場合は、地盤調査による支持力の確認が必要である。

#### 10.4 第3章の要約

第3章は転倒防止に関する安全基準の国際比較が述べられている。主な内容は次の通りである。

- 1) 安定度(the stability angle)はくい打機の転倒を防止するうえで重要な基準の一つである。安定度は国内外の基準に定められているが、その値と適用条件には差も見られた。我が国の安全基準に示された安定度をはじめとするその他の基準は、最低限満足されなければならないものである。従って、その意味では欧州規格と値は一致する。しかしながら、欧州基準ではさらに、実施上の要件や適合条件からレベルに応じた値などを詳細に示しており、基準を満足させるための検討がわかりやすく示されている。
- 2) 転倒事故の発生が多い自走時の安定度については、欧州基準で閾値を高く設定して示している。しかしながら、施工時における動的安定度のように自走時の不安定要因は示されておらず、閾値だけを高く設定している。従って、閾値の差によってもたらされる安全の効果が十分なものは明確でなく、再確認する必要がある。また、自走時の転倒に与える危険要因とその影響程度は明らかでなく、解明の必要がある。また機械側の条件には詳細な記述が見られるものの、地盤側の安全条件については、国内外

において多くは触れられていない。その結果、地盤養生は事業者に委ねられている現状も見られ、地盤工学的な危険性の解明も必要であることが明らかになった。

## 10.5 第 4 章の要約

第 4 章は東京国際空港国際線地区エプロン等整備事業が行われているエリアの南西部において行った実大現場実験について述べられている。主な内容は次の通りである。

- 1) 水平で堅固な地盤条件で実大走行実験を行った。機体の 3 箇所に加速度計を設置して自走時の揺動を計測した。Acc1 (リーダー上部) と Acc2 (リーダー下部) の応答加速度を比較すると、Acc1 の応答が幾分大きく、機体の揺動は上方で増幅が見られた。また、Acc1 の最大値は約  $0.1G(0.98m/sec^2)$  であった。
- 2) リーダー上部における応答加速度について、 $A_x$ (前後方向成分) と  $A_y$ (左右方向成分) を平面上に投影してその軌跡を調査した。その結果、その分布は原点に対してほぼ対称であり、その形状は楕円状であった。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。
- 3) 応答加速度の周波数解析を行った結果、 $A_x$  と  $A_y$  にはそれぞれ  $0.4Hz$  と  $0.3Hz$  にピークが見られた。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。すなわち、走行時には長周期的な揺れが生じることが計測で明らかになった。
- 4) 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。定常的な直進時の揺動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、顕著な差はみられなかった。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揺動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。

## 10.6 第 5 章の要約

第 5 章はくい打機のモデル化と実験装置の開発および実験条件が述べられている。主な内容は次の通りである。

- 1) くい打機模型を  $1/25$  スケールで設計し、実機と重心位置が等しくなるよう、モーターや減速機を配置し、重心の位置と機械の安定度は付加質量の搭載位置を変えることで自由に変えられるようにした。年度毎に模型のいくつかの点において小規模な改善を行った。その結果、実験システムを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出来た。
- 2) 遠心模型実験装置やデータ収録装置、センサー、高速度ビデオカメラ、実験容器、模型地盤を作製するための試料に関する項目について記述した。
- 3) 遠心場走行実験の実験条件について述べた。本研究では、ポリエチレンフォームと関東ロームを用いて、支持力分布の変動性(ばらつき)と平坦さを変えた模型地盤を作

製した。機械側の条件では、安定度、重心位置、走行速度を変えて実験を行った。

## 10.7 第6章の要約

第6章は遠心場走行実験のデータ整理の方法と、代表的な実験結果の一例を示した。主な内容は次の通りである。

- 1) 実施した遠心場走行実験は全部で55ケースであり、その内訳はウレタンフォーム地盤16ケース、関東ローム39ケースである。
- 2) ウレタンフォーム地盤では、くい打機の挙動解析を行う上で基礎的なデータを得るため、安定度や走行速度、支持力安全率を変えて実験を行い、それぞれの影響について調べた。関東ローム地盤では、作製方法の異なる3種類の模型地盤（せん断強度のばらつき的大小、起伏の有無）を作製して、安定度や走行速度、重心位置を変えて実験を行った。

## 10.8 第7章の要約

第7章は履帯基礎の支持力と敷鉄板の養生性能を調べる実験の概要と実験結果を示した。主な内容は次の通りである。

- 1) 履帯模型を作製し、支持力実験を行った。履帯模型の中心から偏心量を変えて載荷実験を行った。実験結果では、中央載荷での載荷荷重が最も大きく、偏心量の増加に伴って低下することがわかった。
- 2) 敷鉄板模型を作製し、支持力実験を行った。中央に載荷した荷重と偏心量を与えた際の荷重を比較すると、敷鉄板模型端部に載荷した場合には、中央載荷に比べ0.2程度に減少することがわかった。
- 3) 敷鉄板の敷設の状態を示す指標を定義した。敷設の状態を示す指標として重複量( $R_L$ )と偏心度( $R_E$ )の定義を行った。重複度が増加する事で、下部敷鉄板の間隔が小さくなる。また、偏心度が増加する事で、上部敷鉄板が偏心して敷設された状態となる。
- 4) 敷鉄板模型を重ね敷きにして支持力試験を行った結果、敷き方の違いにより得られる支持力が大きく異なることが明らかになった。重複度が大きく、かつ偏心度が小さい条件では、最も敷設効果が大きく、また、重ね敷きであっても、完全重複条件では、一枚敷きと同等の敷設効果であることがわかった。くい打機が敷鉄板上を移動する際には不同沈下を生じ、それによって機械が傾斜する危険性がある。そのため、敷鉄板を適切に敷設することは非常に重要である。

## 10.9 第8章の要約

第8章は遠心場走行実験の結果を解析し、自走中のくい打機の挙動に与える要因として、

機械側条件（安定度，重心位置，速度等）と地盤側要件（平坦性，強度のばらつき，起伏）の影響について検討を行った．主な内容は次の通りである．

- 1) 走行中のくい打機模型の挙動を高速度カメラで撮影し，解析を行った．平坦で強度のバラツキが非常に小さいウレタンフォーム地盤に対して，機体の安定度，付加質量の搭載位置，接地圧条件（弾性支持条件，塑性支持条件）を変えて遠心場走行実験を実施した．本実験結果から，安定度の増加とともに走行中に生じる傾斜角とその標準偏差が小さくなることがわかった．また，接地圧条件の違いによる比較をすると，弾性支持条件 ( $F_s=1.5$ ) に比べ，塑性支持条件 ( $F_s=0.8$ ) の傾斜角が大きいことが分かった．
- 2) 走行中に最も大きな接地圧が作用する FS（前輪）に着目し，走行時の揺動に伴う接地圧変動に与える影響を調べた．FS の接地圧分布割合の平均値は安定度の増加とともに減少する傾向が見られ，前述した傾斜角と同様の傾向であった．FS の標準偏差については，安定度の違いによる差は見られなかった．接地圧条件の違いにより比較すると，弾性支持条件 ( $F_s=1.5$ ) は，塑性支持条件 ( $F_s=0.8$ ) よりも大きく，前述の傾斜角の結果とは異なる傾向を示した．この原因として，塑性支持条件では走行中に大きな揺動が発生し，それに伴い前輪だけではなく後輪にも大きな接地圧が作用したため，前輪の接地圧力分布割合が弾性支持条件よりも小さくなったことが考えられる．
- 3) 機械の重心位置が試験結果に与える影響について検討した．重心位置と傾斜角の関係に着目すると，高重心化に伴い傾斜角の平均値および標準偏差は増加傾向を示した．すなわち，トップヘビーになるほど，走行中に生じる傾斜および揺動が大きくなることがわかった．接地圧力分布と重心位置の関係も同様の傾向を示し，重心位置が高い場合，FS の接地圧力分布割合が大きくなる傾向を示した．
- 4) 走行速度の違いが揺動に与える影響を検討した．比較した走行速度は約 22cm/sec と約 36cm/sec の 2 種類である．安定度（5 度，10 度）と付加質量搭載位置（上部搭載，中央搭載）を変えて実験を行った．その結果，全ての実験ケースにおいて，走行速度の違いによる影響は非常に小さく，平坦で均質なウレタンフォーム地盤では走行速度の影響が小さいことが明らかになった．
- 5) 関東ロームを用いて作製方法の異なる 3 種類の模型地盤を作製し，地盤条件の違いが実験結果に与える影響を調べた．作製した地盤は，せん断強度のバラツキが小さい「平坦均質地盤」，せん断強度のバラツキが大きい「平坦不均質地盤」，地表面起伏を有する「起伏地盤」である．平坦地盤では，不均質地盤の傾斜角は均質地盤の約 2 倍であり，せん断強度のバラツキが大きい場合，生じる傾斜角および揺動が大きくなることが確認された．また，平坦均質地盤と起伏地盤の結果の比較では，起伏地盤の傾斜角，標準偏差ともに大きく顕著な差が見られた．
- 6) 遠心場走行実験から得た接地圧分布割合の変動係数と，ハンドベーン試験により得たせん断強度の変動係数を用いて，信頼性工学的手法に基づいた地盤の破壊確率と支持力安全率の関係について検討を行った．その結果，平坦な地盤においても，せん断強度のバラツキが大きい場合，生じる揺動が大きくなり，地盤の破壊確率が顕著に大き

くなることが明らかになった。また、起伏を有する地盤では、せん断強度のバラツキを有する地盤よりも地盤の破壊確率が高かった。そのため、せん断強度のバラツキが大きく、かつ起伏を有する地盤では地盤が破壊する確率が著しく大きくなることが明らかになった。

- 7) 地表面起伏を指標化し、機械の安定度および走行中に生じた傾斜角から傾斜安全率を定義した。
- 8) 転倒に対する危険性を評価するために、地盤起伏が機体の傾斜に与える影響を確率的に評価した。その結果、平坦地盤では安定度の違いによる転倒に対する危険の確率  $P_T$  に大きな差はないものの、起伏地盤では安定度の違いによる差が顕著であり、安定度5度の  $P_T$  は10度に比べ著しく大きな結果であった。そのため、密度が均質で支持力のバラツキが少ない地盤であっても、起伏が存在する地盤では転倒の危険性は大きくなることが分かった。
- 9) 安定度の増加は地盤の不均質さや起伏により生ずる揺動を緩慢にすることがわかった。従って、施工現場に生じる予期せぬ沈下や起伏による転倒を防止するためには、安定度の値を高く設定して作業することが望ましいことがわかった。

## 10.10 第9章の要約

第9章では英国基準(British standard)に示されている Code of practice を参考に、「建設現場におけるくい打機の安定自走のための実用上の規範」(Code of practice for safe tramming of drill rigs on construction sites)を検討した。Code of practice は基準とは別に示された安全上有効な「実用上の規範」であり、基準に準じた推奨事項となっている。

この検討中では安定に必要な具体的な条件を3つ挙げ、その達成に必要な推奨値を示した。この推奨値は安全の余裕を加算したものとし、国内規則等に示された最低基準とは値が異なる。本検討では特に転倒の危険性が高い自走時の安定問題に着目して、必要な条件を検討した。項目は次の通りである。

- 1) くい打機が自走する際の安定度は10度以上とする。なお、この値は後述する支持力安全率と地盤の起伏条件が同時に満足された場合である。両条件が満足されない場合は、その影響により生じる機体傾斜増分を安定度(10度)に加算し、値を適宜修正するものとする。
- 2) 設置地盤の支持力安全率の値は3以上とする。
- 3) 施工現場において起伏を含む地盤の勾配は1.5度以下(約2/100以下)とする。

なお、本提案はこれまでの研究による実験的解析に基づいて述べるものであり、今後更に研究課題として検討が進められて技術的に発展し、また専門家による議論のもとになることを期待するものである。

### 10.11 健康危険情報

健康に危険を及ぼすような情報はなし。

### 10.12 研究成果による特許権等の知的財産権の出願・登録状況

特になし。

## 第11章 謝 辞

本報告書は厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)により平成19年度から21年度までの3年間に実施した研究課題「基礎工事中大型建設機械の転倒防止に関する研究」について、得られた成果をまとめたものである。本研究の実施するにあたって、多くの方々より頂いたご指導とご協力に対して深く感謝を申し上げます。

とりわけ、東京国際空港国際線地区エプロン等整備等事業大成・鹿島・五洋・東亜・鹿島道路・大成ロテック異工種建設工事共同企業体(羽田空港国際線エプロンJV)の土地章夫統括所長、早瀬宏文課長、土方 遍A工区長及び天野喜勝課長代理には、現場実大実験の計画、調整および実施の全般において大変お世話になりました。頂きました多大なるご協力を心より感謝申し上げます。

同じく、(株)不動テトラの大林淳部長、谷口利久課長、及び鈴木末男工区長には杭打ち機械の諸元や特性についてご指導を頂くとともに、現場では機械オペレータと誘導者に対する指揮監督で大変お世話になりました。ご協力を深く感謝致しております。

また、国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所の竹田康雄室長及び加藤浩司係長には大型プロジェクトの実施で大変ご多忙な中で本実験にご理解を下さり、ご支援を頂きました。ご協力を心よりお礼申し上げます。また浦本康二氏は当研究所にて卒業研究を行ったOBとしての視点から様々な助言を下さいました。心よりお礼申し上げます。

東京都市大学工学部長の片田敏行教授には本研究を実施するにあたり、多大なるご協力を賜り深く感謝致しております。また、本研究を卒業研究として取り組まれ、成果の発展に多大なご協力を下さいました東京都市大学大学院生の前田周吾君、及び元学生の伊藤達彦君と中島崇光君に深くお礼を申し上げます。

また本研究を実施するにあたり当研究所の前田豊理事長はじめ、理事及び研究部長の方々には研究ヒヤリングを通じて大変参考となるご助言やご指導を頂いた。また、総務部の方々には多くの事務手続きでお世話になりました。ここに深くお礼を申し上げます。

最後に当研究所の元研究部長である花安繁郎氏(前 横浜国立大学教授)には、いつも親身なるご指導を頂いていたところでありましたが、平成21年11月26日に亡くなられました。これまでに頂いた沢山のご指導に深く感謝し、ここにお礼を申し上げさせていただきます。

昨年、本研究の途中経過を報告させて頂いた際に花安氏より頂いたご指導の一部を抜粋して以下にご披露させて頂き、結びとさせて頂くことと致します。

日本は安全後進国である。規則も性能規定ではなく、日本独自の現場環境、社会構造、法規などによって、かたちだけのうわべの”安全対策”等を取り入れているだけである。現状のままでは、それらが本質的な対策に結びつくことはなかなか難しい。規格はヨーロッパ、開発は日本、製造は中国、消費は米国、ヨーロッパというのが最近までの製造業を中心とした技術基準をめぐ



る流れでした。ヨーロッパの EN 規格を JIS 化するとき、日本独自の現場環境、社会構造、法規を斟酌した、かたちだけの JIS 化では、いつまでたっても”安全後進国”を抜け出すことはできない。その限りにおいて、くい打機の転倒のような事故は相変わらず起き続け、本質解決には迫れない。まず、EN 基準は当たり前のこととして、それを上回る Safety Code of Practice を作ること。経済合理主義ばかりが先行する日本にあって、安全原理主義に徹した取り組みが必要ではないだろうか。

今後も労働現場の災害防止に貢献できるよう、引き続き調査研究に取り組むと共に、成果の公表と普及に努めて参りたいと存じております。皆様には引き続きご指導、ご鞭撻を賜りますようよろしくお願い申し上げます。

2009(平成 22)年 3 月

研究代表者 玉手 聡

## 第12章 研究成果の刊行に関する一覧表

本研究において発表した研究成果を表12-1に示す。

表12-1 本研究において発表した研究成果

発表者氏名	論文タイトル	発表誌	巻号	ページ	出版年
伊藤達彦, 末政直晃, 片田敏行, 堀智仁, 玉手聡	杭打ち機械の小型模型を用いた自走実験の計画	地盤工学会関東支部研究発表会 (Geo-Kanto 2007) 発表講演集	第4回	pp.375-376	2007
堀智仁, 玉手聡, 伊藤達彦	支持力試験における載荷応力と分散計測	地盤工学会関東支部研究発表会 (Geo-Kanto 2007) 発表講演集	第4回	pp.360-362	2007
玉手聡, 堀智仁, 伊藤和也, 末政直晃他	杭打ち機械の自走時における動揺計測実験	地盤工学研究発表会	第43回	CD-ROM	2008
堀智仁, 玉手聡, 末政直晃, 伊藤達彦	杭打ち機械模型の作製と遠心場走行実験	地盤工学研究発表会	第43回	CD-ROM	2008
堀智仁, 玉手聡	くい打機の走行挙動と履帯圧力分布に関する実験的解析	平成20年度建設施工と建設機械シンポジウム	平成20年度	pp.151-156.	2008
堀智仁, 玉手聡	自走式杭打ち機械模型の作製と遠心場走行シミュレーション	土木学会全国大会年次学術講演会	第63回	CD-ROM pp.243-244.	2008
玉手聡, 堀智仁	杭打ち機械における転倒事例の一考察	土木学会全国大会年次学術講演会	第63回	CD-ROM pp.473-474.	2008
玉手聡, 堀智仁, 伊藤和也, 末政直晃 他	杭打ち機械の自走時における動揺計測実験	地盤工学研究発表会	第43回	CD-ROM pp.41-42.	2008
堀智仁, 玉手聡, 末政直晃, 伊藤達彦	杭打ち機械模型の作製と遠心場走行実験	地盤工学研究発表会	第43回	CD-ROM pp.43-44.	2008
前田周吾, 末政直晃,	自走式くい打機の	地盤工学会関東支部研	第5回	pp.375-376.	2008

基礎工事用大型建設機械の転倒防止に関する研究

片田敏行, 堀 智仁, 玉手 聡	遠心実験用模型に 関する一考察	究 発 表 会 (Geo-Kanto 2008)発表講演集			
堀 智仁, 玉手 聡 前 田周吾	自走式くい打機模 型における付加質 量位置の違いが走 行挙動に与える影 響	地盤工学会関東支部研 究 発 表 会 (Geo-Kanto 2008)発表講演集	第 5 回	pp.360-362.	2008
Satoshi Tamate and Tomohito Hori	A Case Study on the Overturning of Drill Rigs on Construction Sites	Proceedings of the International Contemporary Topics in Deep Foundations	Geotechni cal Special Publicatio n NO.185.	pp.135-142.	2009
Tomohito Hori and Satoshi Tamate	Centrifuge Model Tests on Instability of Automotive Pile drivers	Proceedings of the International Contemporary Topics in Deep Foundations	Geotechni cal Special Publicatio n NO.185.	pp.319-326.	2009
堀 智仁, 玉手 聡	実大走行実験によ るくい打機の不安 定化挙動の解析	労働安全衛生研究	Vo.2, No.1	pp.267-274	2009
前田周吾, 末政直晃, 玉手 聡, 堀 智仁	くい打機模型の自 走挙動による応答 加速度と接地圧力 の計測	土木学会関東支部技術 発表会	第 5 回	CD-ROM III 21	2009
堀 智仁, 玉手 聡	敷鉄板の載荷位 置と地盤支持力 に関する模型実 験	土木学会全国大会年 次学術講演会	第 64 回	CD-ROM pp271-272	2009
玉手 聡, 堀 智仁, 前田周吾, 末政直晃	くい打機の自走 挙動に関する実 験的解析 (その 1) —遠心模型実験 のモデル化と実 験条件—	土木学会全国大会年 次学術講演会	第 64 回	CD-ROM pp703-704	2009
前田周吾, 末政直 晃, 玉手 聡, 堀 智 仁	くい打機の自走 挙動に関する実 験的解析 (その 2) — 揺動の画像 解析と接地圧力 変動 —	土木学会全国大会年 次学術講演会	第 64 回	CD-ROM pp705-706	2009

第12章 研究成果の刊行に関する一覧表

前田周吾、末政直晃、片田敏行、堀 智仁、玉手 聡	自走するくい打機の揺動と接地圧力に関する遠心模型実験 －その1:実験手法と揺動解析－	地盤工学研究発表会	第44回	CD-ROM pp.1221-1222	2009
堀 智仁、玉手 聡、前田周吾、末政直晃	自走するくい打機の揺動と接地圧力に関する遠心模型実験 －その2:履帯に作用する接地圧力変動－	地盤工学研究発表会	第44回	CD-ROM pp.1223-1224	2009
玉手 聡、堀 智仁	くい打機の転倒に与える施工現場の支持力要因	平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム	平成21年度	pp.89-92	2009
堀 智仁、玉手 聡	遠心模型実験によるくい打機の最大接地圧と支持力安全率の検討	平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム	平成21年度	pp.93-98	2009
堀 智仁、玉手 聡	くい打機の走行挙動と履帯圧力分布の計測	建設機械	Vo.45, No.8	pp.48-54	2009
堀 智仁、玉手 聡	基礎工事用建設機械の走行挙動と接地圧力変動に関する実験的解析	安全工学シンポジウム2009 講演予稿集	2009年	pp.130-133	2009
玉手 聡、堀 智仁	くい打ち機の転倒と設置地盤に関する一考察	安全工学シンポジウム2009 講演予稿集	2009年	pp.134-137	2009