31. 敷板の形状および偏心荷重が接地圧分散に与える影響

積載形トラッククレーンの転倒防止に関する研究

(独)労働安全衛生総合研究所	○ 堀 智仁
(独)労働安全衛生総合研究所	玉手 聡
(独)労働安全衛生総合研究所	吉川 直孝

1. はじめに

積載形トラッククレーンは、荷下ろし用のクレ ーンと荷台を備えている移動式クレーンである。 運搬に加えて、荷の積み下ろしが可能であり、そ の利便性の高さから多業種で使用されている。一 方で、当該クレーンによる転倒災害が多く発生し ている。その原因には支持地盤の破壊に起因する ものも見られ、アウトリガーの沈下防止対策を講 じていない事例がほとんどであった。したがって、 地盤破壊に起因する転倒災害を防止するためには、 敷板を用いて接地圧を低減させる必要がある。

そこで本研究では、アウトリガー接地圧を低減 させるために有効な敷板の形状および偏心荷重が 荷重分散に与える影響について実験的に明らかに することを目的としている。

2. 実験方法および実験条件

2.1 敷板形状が支持力に与える影響

本実験では、島津製作所製の万能精密載荷装置 (AG-100kNIS)を用いて、変位制御(1mm/min) で荷重を与えた。

模型地盤は,強度と密度のバラツキが少なく, 実験データの再現性が良いポリエチレンフォーム (*p*=30kg/m³)を用いて作製した。

作製した模型基礎は同じ面積を有する3種類の 形状(円形,正方形,三角形)であり,大きさの 異なる3組(全9種類)である。本研究では,円 形(Circle),正方形(Square),三角形(Triangle) の英単語の頭文字から,それぞれをC,S,Tと呼 ぶことにする。また,直径2cm,3cm,4cmの円形 基礎に対応する,正方形基礎をS2,S3,S4とし, 三角形基礎をT2,T3,T4とそれぞれ定義した。 表1に作製した模型の寸法を示し,図1に実験の 様子を示す。

2.2 偏心荷重が支持力に与える影響

荷重の偏心に伴う支持力低下の影響を調べる実 験では、3種類(円形,正方形,三角形)の形状を 有するアルミ製の敷板模型を作製し,敷板中央部

	模型基				
		• • •			
and		• • •			
ANN -	R				
レーザー変位計	OGRADH				
		e 20% 0			
———————— 模	擬地盤(ポリエチ	レンフォーム)			
	and a				

図1 実験の様子

表1 模型基礎の寸法

	円形		円形 正方形		方形	Ξ	角形	
形状			← b →				面積 (cm ²)	
	а	(cm)	b	(cm)	с	(cm)		
	C2	2.00	S2	1.77	T2	2.69	3.14	
寸法	C3	3.00	S3	2.66	T3	4.04	7.07	
	C4	4.00	S4	3.55	T4	5.39	12.57	

より偏心量 e を 5mm ずつ増加させて載荷実験を行った。敷板模型は,直径 50mmの円形と,それと同一面積を有する,正方形,三角形である。敷板の厚さは 1mm とした。図2 に載荷位置を示す。正方形および三角形に関しては,中央より長軸方向と短軸方向にそれぞれ載荷実験を行った。本研究では,長軸方向の偏心量を e_L,短軸方向の偏心量を e_sと定義した。**表2** に実験条件および実験名称を示す。



図3 載荷荷重と沈下量の関係

3. 実験結果

3.1 敷板形状が支持力に与える影響

図3にC3, S3 およびT3の載荷荷重Fと沈下量 sの関係を示す。荷重の増加に伴い,沈下量も増加 し,その傾きは次第に緩くなるものの,荷重-沈下 量関係に明確なピークは見られない。本研究では, 屈曲点前後の接線の交点を極限荷重F_uと定義した。

図4は、模型基礎の寸法の違いが試験結果に与 える影響を調べるため、大きさの異なる円形基礎 の載荷応力 q と沈下比 s/D の関係を比較した図で ある。沈下比とは、沈下量 s を基礎の直径 D で除 した値である。図より、3 つの曲線はほぼ一致して いることがわかる。すなわち、本研究で作製した 模型基礎は、寸法の違いにかかわらず q-s/D 関係が 等しいことがわかった。なお、この傾向は、正方 形基礎および三角形基礎においても同様の結果で あった。

図5に極限荷重 F_u と基礎面積の関係を示す。円 形基礎と正方形基礎については明確な差は見られ ない。それに対して、三角形基礎は、その他の基 礎に比べて高い値を示している。作製した3組の 模型基礎の面積はそれぞれ等しいため、理論的な 接地圧は等しいと考えられる。このように、基礎 形状の違いにより結果に差が生じた原因として、 基礎の周長の影響が考えられる。 \mathbf{x} 3に模型基礎 の周長を示す。面積が同じであっても、基礎の形 状の違いにより周長 L_p が異なることがわかる。す なわち、円形基礎の周長に比べ、正方形は1.13倍、 三角形では1.29倍である。図6に F_u と L_p の関係 を示す。図より、 F_u と L_p には強い正の相関関係が

表2 実験条件および実験名称

偏心量	<u>ст т</u> е	正プ	与形	三角	角形
(mm)	円形	短軸	長軸	短軸	長軸
0	CC	SC	SC	TC	TC
5	C05	SS05	SL05	TS05	TL05
10	C10	SS10	SL10	TS10	TL10
15	C15	SS15	SL15	TS15	TL15
20	C20	SS20	SL20		TL20
25	_		SL25	-	TL25
30	_	_	—	_	TL30



図4 基礎寸法が支持力特性に与える影響



図5 極限荷重と基礎面積の関係

見られ、その相関係数は R²=0.91 であった。以上の 結果から、同一面積であっても基礎の周長が大き い場合、極限荷重が大きくなることがわかった。 この原因として、周長の増大に伴い地盤と接する 部分が大きくなり、荷重が広い範囲に影響したと 考えられる。

図7にC2(円形基礎)を基準とした極限荷重比 R_{Fu} と基礎面積比 R_A を示す。ここで、 R_{Fu} は、各極 限荷重 F_u をC2の F_u で除した値であり、 R_A も同様 に、各基礎面積AをC2のAで除した値である。 なお、同一接地圧条件では、荷重と面積は反比例 の関係にあるため、理論値として図中に示した。

C2 をアウトリガーフロートと仮定した場合,基礎形状の違いによりやや差はみられるものの, *R*₄が大きくなるに従い実験値と理論値はおおむねー

表3 模型基礎の周長							
基礎の形状	円形		円形 正方形		三角形		
	C2	6.283	S2	7.090	T2	8.081	
周長 L _p (cm)	C3	9.425	S3	10.635	T3	12.121	
	C4	12.566	S4	14.180	T4	16.161	

60

表3 模型基礎の周長



図7 極限荷重比と基礎面積比の関係

致していることがわかる。このことから、アウト リガーフロートと敷板の面積比から荷重の分散効 果を予測可能であることがわかった。

3.2 偏心荷重が支持力に与える影響

円形の敷板模型に対して, 偏心荷重を与えた実験結果を図8に示す。偏心量の増加とともに, 載荷荷重が小さくなっており, 偏心量の増加とともに荷重の分散効果が低下している。

各載荷条件での極限荷重 F_u と偏心量 (e_{s,e_L})の 関係を図 9 に示す。全ての結果において,偏心量 の増加とともに極限荷重が一様に低下している。 各形状の結果を比較すると、円形が最も小さく三 角形が最も大きいことがわかる。この傾向は、図 6 に示す結果と同じである。また、正方形および三 角形における、短軸方向と長軸方向の同一偏心量 の F_u を比較すると、正方形については大きな差が 見られないのに対して、三角形では e<10mm の範 囲で、長軸方向の結果がやや高くなっているもの の、その他についてはほぼ一致している。



図8 偏心量が荷重沈下特性に与える影響



図9 極限荷重と偏心量の関係

敷板中央からの偏心量が同じであっても、敷板の端部からの相対的な距離が異なるため、一概に評価することはできない。そこで本研究では、荷重偏心の程度を示す指標として、偏心度 *R* を定義した。関係式を式(1)に示す。

$$R_e = \frac{e}{e_{\max}} \tag{1}$$

ここで, e は偏心量であり, e_{max}は敷板模型の中 心から端部までの距離を意味している。

図10に荷重低減率 R_{Fr} と偏心度 R_e の関係を示す。 ここで、荷重低減率 R_{Fr} とは、各極限荷重 F_u を中 央載荷条件での極限荷重 F_u で除した値である。図 より、結果にはややバラツキがみられるものの、 偏心度 R_e =0.8 では、敷板の中央部に載荷した場合 に比べ、約 1 割程度にまで減少している。すなわ ち、敷板の端部にアウトリガーを設置した際には、 荷重分散効果が著しく低下することを意味する。 それに対して、図中の破線の中のデータは、敷板 の中央 1/3 のエリアに載荷した条件の結果を示し ている。この結果から、中央 1/3 のエリアに載荷し た場合では、荷重低減率は 0.8 程度であり、このエ リアにアウトリガーを設置した際には、十分な荷 重分散効果が期待できることがわかった。

道路橋示方書¹⁾では,偏心荷重を受ける基礎の 地盤が破壊状態に達した際に,荷重合力の作用点 を中心とする仮想の基礎幅を考え,この部分に荷



図10 荷重低減率と偏心度の関係



図 11 有効面積の算出方法の概念図

重が一様に有効に働くとする Meyerhof²⁾の考え方 を採用している。本研究においても、同手法によ り有効面積 A_e を算出し、敷板の面積 A で除して、 有効面積比 R_{Ae} を算出した。図 11 に各載荷条件で の有効面積の算出方法の概念図を示す。なお、有 効面積の算出方法の詳細については、道路橋示方 書¹⁾を参照されたい。

図 12 に荷重低減率 R_{Fr} と有効面積比 R_{Ae} の比較 を示す。図より、円形については、 R_{Fr} と R_{Ae} はよ く対応している。正方形に関しては、ラインより 上に分布しており、 R_{Ae} に比べ R_{Fr} はやや高い傾向 が見られる。一方、三角形では、結果にバラツキ が見られ、長軸方向に載荷した場合はラインの上 に位置し、短軸方向に載荷した際には、ラインの 下に位置している。 R_{Ae} から R_{Fr} を推定する場合、 ラインの上に位置している場合には安全側の評価 である。そのため、荷重の偏心量から R_{Ae} を求め、 R_{Fr} を推定することが可能と考えられる。

以上の結果から、アウトリガーフロートの面積 と敷板の面積比から R_A を求め、さらにアウトリガ 一設置位置(偏心量)から有効面積比 R_{Ae} を算出す ることで、荷重分散を考慮した推定値を算出する ことが可能と考えられる。

本研究結果から,荷重分散効果の高い敷板の形 状は三角形であることが明らかになった。しかし,



図12 荷重低減率と有効面積比の比較

正方形と三角形の荷重分散効果の差は1割程度で あるため、実務で使用する際には、携帯性および 移動時の固定のしやすさ等を考慮して、形状を決 定する必要があると考える。

4. まとめ

積載形トラッククレーンのアウトリガー接地圧 を効果的に分散させるための敷板の形状および荷 重の偏心による分散効果の低減に関する実験を行 い、以下の知見を得た。

- 同一面積を有する3種類の形状の基礎を作製し、大きさの異なる3組の基礎について載荷 実験を行った。その結果、同一面積であっても周長の大きな三角形基礎の荷重分散効果が 高いことがわかった。
- 2) 荷重の偏心量の増加に伴い、荷重の分散効果 が著しく低下することが明らかになった。ま た、十分な分散効果を期待するためには、敷 板の中央 1/3 のエリアにアウトリガーを設置 する必要がある。
- 3) 荷重低減率 R_{Fr}と有効面積比 R_Aはよく対応していることがわかった。また、アウトリガーフロートの面積および設置位置、敷板の面積から荷重分散効果を推定することが可能と考えられる。

参考文献

- 社団法人 日本道路協会:道路橋示方書(I共通編・Ⅳ 下部構造編)・同解説, pp.269~294, 2002
- Meyerhof, G. G. : The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads, *Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, pp.440~445, 1953