

2 1. 敷鉄板の敷設方法と地盤支持力に関する実験的解析

敷鉄板の敷設効果

(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

1. はじめに

基礎工事中用建設機械（以下、くい打機という）の転倒災害は、建設現場内で作業している労働者のみならず、その周辺にも被害が及ぶことがあり、社会的影響力の大きな労働災害の一つである。過去に発生した転倒災害を調査すると、くい打機が現場内を移動中、履帯が敷鉄板の端部に位置した際に転倒した事例や、敷鉄板の敷設が不十分だったことが原因で転倒に至った事例が見られた。写真-1 に転倒災害の一例を示す。履帯直下には大きな沈下が見られ、敷鉄板の端部に履帯が位置していたことがわかる。

労働安全衛生規則第 173 条¹⁾では、くい打機の転倒を防止するため、履帯の沈下防止措置として敷板、敷角等の使用を義務付けている。しかし、現在の規則やマニュアル等^{2),3)}では敷鉄板の定量的な設置基準は述べられていない。

くい打機の安定設置に関する現行の検討方法では、地盤上に敷鉄板を設置する場合、敷鉄板の荷重分散効果を考慮して接地圧を求めている。その際、敷鉄板の中央付近に履帯が位置した状態を想定している。しかしながら、くい打機は施工時に現場内を移動するため、敷鉄板端部に履帯が位置した際に、荷重分散効果が小さくなると考えられる。

本研究では、敷鉄板模型を作製し、敷鉄板の重ね敷きの敷設方法について分類分けし、それぞれの敷設効果について検討を行った。

2. 実験の概要

2.1 敷鉄板模型の製作

敷鉄板模型は一般的に使用されている敷鉄板（1.5m×6m×25mm）の1/25 スケール（60mm×120mm×1mm）で作製した。敷鉄板模型の長さについては、実験装置の都合上 1/50 とした。

2.2 地盤のモデル化

模型地盤は、ウレタンフォーム（ $\rho=28\text{kg/m}^3$ ）を用いて作製した。本材料を用いた理由は、模型地盤の一様性を高めて、再現性を確保し、基礎的なデータを効率的に蓄積するためである。模型地



写真-1 転倒災害の様子

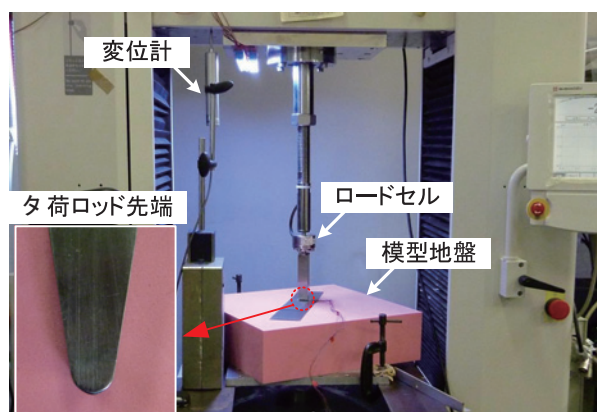


写真-2 試験の様子

盤の寸法は 360mm×360mm×100mm である。

2.3 実験装置

本研究で用いた載荷装置は、島津製作所製の精

表-1 敷鉄板敷設方法の分類

大分類	中分類	小分類
<ul style="list-style-type: none"> 一枚敷き 二枚敷き $\frac{d_1 + d_2}{L} = 0$	<ul style="list-style-type: none"> 部分重複 全体重複 $0 < \frac{d_1 + d_2}{L} < 1$ $\frac{d_1 + d_2}{L} = 0$	<ul style="list-style-type: none"> 半面交互 偏心交互 完全重複 $d_1 = d_2$ $d_1 \neq d_2$ $d_1 = 0, d_2 = L$

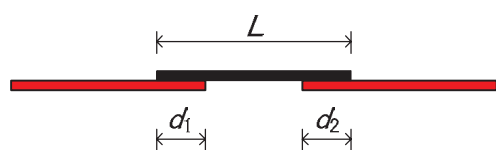


図-1 敷鉄板重複方法

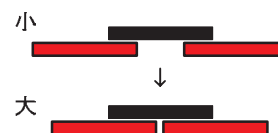


図-3 重複度の増大に伴う敷設の変化

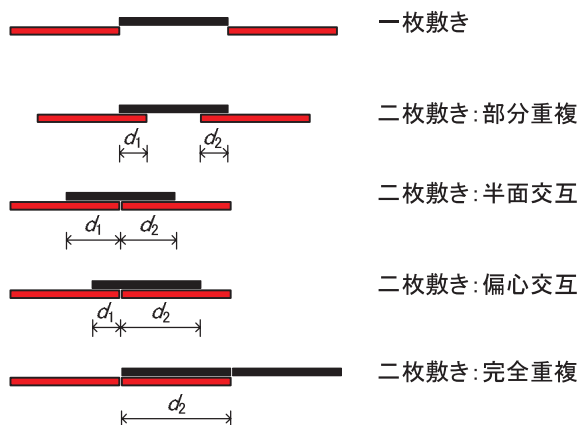


図-2 敷鉄板の敷設方法の概要

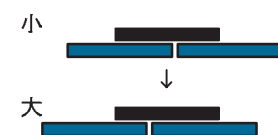


図-4 偏心度の増大に伴う敷設の変化

密万能載荷試験装置 AG-100kNIS (Autograph) である。この装置は圧縮試験及び引張試験を行うことができ、高精度の定速ひずみ制御により最大負荷容量 100kN まで載荷することが可能である。載荷荷重はくい打機のフロント荷重を模擬した載荷ロッドを介して線荷重を与えた。写真-2 に載荷試験の様子を示す。

3. 実験条件

3.1 敷鉄板敷設方法の分類

敷鉄板を重ねて敷設した場合、荷重が作用する有効面積が大きくなり、地盤が作用する圧力が小さくなることが期待される。敷鉄板を敷設する際

には、種々の条件が考えられる。そこで、本研究では、敷鉄板を2次的にモデル化し、敷鉄板の長さを L 、両端における、隣接する敷鉄板との重複長さを d_1 および d_2 と定義した。図-1 にその概要を示す。

表-1 に敷鉄板敷設方法の分類を示す。大分類として、「一枚敷き」と「二枚敷き」に分類した。次に、中分類として二枚敷きに関して、「部分重複」と「完全重複」を定義した。部分重複は $(d_1 + d_2)/L < 1$ であり、全体重複は $(d_1 + d_2)/L = 1$ である。すなわち、部分重複は下部敷鉄板に隙間があるのに対して、全体重複は隙間がない状態である。小分類として、全体重複に関して、 d_1 と d_2 の値の違いにより、「半面交互」、「偏心交互」、「完全重複」と定義した。その概要を図-2 に示す。

3.2 敷設の状態を示す指標

敷鉄板の重複設置を行うにあたり、敷設の状態を示す2つの指標を定義した。一つは重複度であり、もう一つは、偏心度である。

3.2.1 重複度

重複度(R_L)の関係式を式(1)に示す。重複度の値

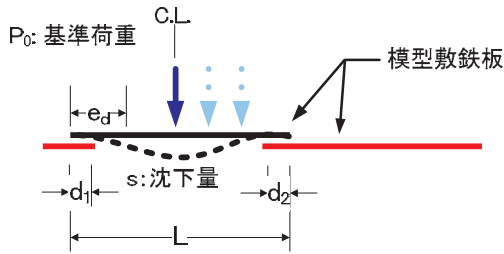


図-5 重複敷設の荷重の荷重位置の概要

表-2 敷鉄板に対する移動荷重の荷重位置

変数	荷重位置						
e_d/L	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625	0.75	0.875

表-3 実験名称と敷鉄板敷設条件

実験名称	重複度 R_L	偏心量 R_E
sl_1	0	0
sl_2	1/4	
sl_3	2/4	
sl_4	3/4	
sl_5	4/4	
sl_6	4/4	1/4
sl_7	4/4	2/4
sl_8	4/4	3/4
sl_9	4/4	4/4

が増加することにより、連続する下部敷鉄板の隙間が小さくなる。図-3 に概念図を示す。

$$R_L = \frac{d_1 + d_2}{L} \quad (1)$$

ここで、 R_L の値と敷設の状態の関係は次の通りである。

- 一枚敷き $R_L=0$
- 二枚敷き (部分) $0 < R_L < 1$
- 二枚敷き (完全) $R_L=1$

3.2.2 偏心度

偏心度(R_E)の値は、増加することにより、図-4 のように上部敷鉄板が偏心して敷設される。式(2)に偏心度の関係式を示す。

$$R_E = \frac{d_1 - d_2}{L} \quad (2)$$

ここで、 R_E の値と敷設の状態の関係は次の通りである。

- 対称 $R_E=0$
- 非対称 (偏心) $0 < R_E < 1$
- 非対称 (完全) $R_E=1$

3.3 荷重試験条件

敷鉄板模型を種々の敷設方法で設置し、荷重実験を行った。その際、敷鉄板の重複度 R_L 、偏心

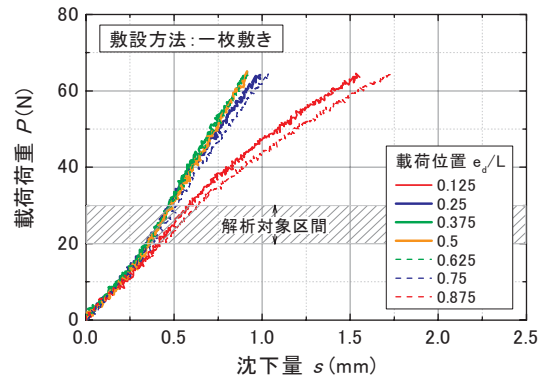


図-6 解析対象区間

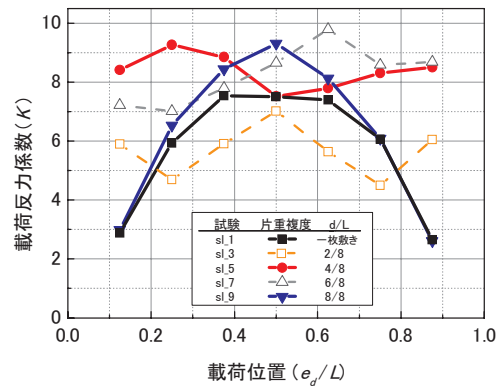


図-7 荷重反力係数と荷重位置の関係

度 R_E および荷重荷重の荷重位置(e_d)を変数とした。荷重試験は上部敷鉄板端部から $L/8 (=15\text{mm})$ ずつ偏心量 e_d を増加させ、全 7 地点において行った。図-5 に概要を示す。表-2 に荷重位置を示す。荷重荷重はウレタンフォーム地盤の弾性範囲内である 100N まで与えた。表-3 に実験名称と実験条件を示す。実験ケースは R_L と R_E を変えた全 9 ケースである。なお、試験は変位制御 (荷重速度 0.5mm/min) で行った。

4. 実験結果

4.1 解析対象区間

一枚敷きの敷鉄板に対して、荷重位置を変えて行った実験結果を図-6 に示す。図中のデータは荷重(P)-沈下(s)関係が直線関係を示す弾性域付近のデータである。荷重位置の違いにかかわらず、 $P=20\sim 30\text{N}$ では、荷重 P と沈下量 s に直線関係が見られる。本研究では、この荷重荷重の範囲を解析対象区間とした。

4.2 荷重反力係数と荷重位置の関係

図-7 に各荷重条件での荷重反力係数(K)と荷重位置(e_d/L)の関係を示す。ここで、 K とは支持力実験での弾性域の荷重-沈下関係から求めた傾きである。図中に示したデータは直線関係を示した

範囲(20N<P<30N)から求めた傾きである。同一荷重に対して発生する沈下量(s)を比較した場合、Kの増加はsを減少させる。したがって、Kの値が大きいほど荷重の分散効果が高いことを意味する。

一枚敷きの実験 sl_1 では、曲線が上に凸の形状を示す。中央荷重($e_d/L=0.5$)に対してKは最大値を示すが、鉄板の両端に対する荷重ではKが小さい。従って、両端に近づくに従って荷重分散効果は減少することがわかる。

二枚敷きで半面交互させた sl_5 では、Kはほぼ一定の値を示し、荷重位置の違いによるKの差は小さい。すなわち、半面交互では荷重位置の違いにかかわらず一定の荷重分散効果が得られている。

二枚敷きで完全重複させた sl_9 では曲線が上に凸の形状を示し、sl_1 と類似した結果である。中央荷重($e_d/L=0.5$)に対するKの値を比較するとsl_1のそれに比べて大きい。この原因として、敷鉄板を重ね敷きにすることにより鉄板の厚さが2倍になり、曲げ剛性が増加したことが考えられる。しかしながら、両端付近では、Kの増加は見られず、一枚敷きの結果とほぼ同じ値を示している。

部分重複を与えた sl_3 では、sl_1 に比べて曲線がフラットになっており、安定した分散効果が得られているが、sl_5 に比べてKの値は全体的に小さい。また、全体重複で偏心交互させた sl_7 では全体的にKの値は大きくなっているものの、その変動はsl_5 に比べて大きい。

敷鉄板上を通過する移動荷重により生じた沈下量の最大値と最小値の差を不同沈下量(Δs)として、単位荷重増分(ΔP)に対する Δs の割合を不同沈下率(R_D)と定義した。式(3)にその関係式を示す。 R_D が増加すると機体に生じる傾斜は大きくなり、転倒の危険が高くなることを意味する。

$$R_D = \frac{\Delta s}{\Delta P} \quad (3)$$

図-8に R_L および R_E と R_D の関係を示す。 $R_E=0$ すなわち対称に設置され、かつ偏心がない場合は、 R_L の増加に伴って R_D は減少している。そして $R_L=1.0$ の半面交互条件では、 R_D が最小となっている。すなわち、敷鉄板の隙間を小さくすることで、生じる沈下量が減少することを意味する。

一方、 $R_L=1.0$ では R_E の増加に伴い R_D も大きくなり、完全重複($R_E=1.0$)で、 R_L は最大となっている。

以上の結果から、敷鉄板の敷設方法により敷設効果が異なることが明らかになり、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いことがわかった。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

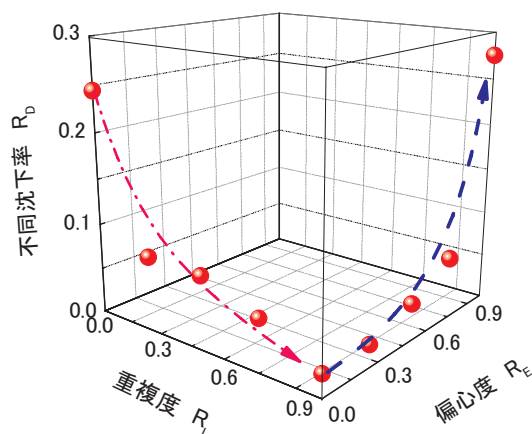


図-8 鉄板の不同沈下率(R_D)に与える重複度(R_L)と偏心度(R_E)の関係

果しか得られないことが明らかになった。

5. まとめ

敷鉄板模型を作製し、敷鉄板の敷設方法を変えて荷重実験を行い、以下に示す知見を得た。

- (1) 敷鉄板の敷設方法の分類を行った。大分類(一枚敷きと二枚敷き)・中分類(部分重複と全体重複)・小分類(半面交互, 偏心交互, 完全重複)と大別した。また、敷鉄板の敷設の状態を示す指標として、重複度(R_L)と偏心度(R_E)の定義を行った。
- (2) 敷鉄板の敷設方法の違いにより敷設効果が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いことがわかった。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しか得られないことがわかった。
- (3) 敷設方法の違いにより不同沈下率(R_D)が異なることがわかった。したがって、くい打機が通過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と考えられる。

謝辞: 本研究は平成19年度厚生労働科学研究費補助金の交付を受け実施したものである。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 労働調査会: 安衛法便覧 I, 労働安全衛生規則第173条, P.967, 2007.
- 2) 指針改定委員会ワーキンググループ: 改訂 移動式クレーン・基礎工専用機械の転倒防止指針, P.27, 1993.
- 3) (社)日本建設機械化協会: 移動式クレーン, 杭打機等の支持地盤養生マニュアル, PP.33-40, 1994.