

膨張型遊具の転倒事故原因解明のための実験結果報告

1. 転倒事故の概要について



山形市若宮3丁目のイオンモール山形南の1階イベントスペースで2020年2月9日午後2時ごろ、ビニール製の滑り台が倒れ、遊んでいた3～7歳の男児と女児計4人が頭などを打つ軽いけがをした。滑り台は同店が委託したイベント会社が設置しており、山形署は設置方法や安全管理に問題がなかったかなどを含め、業務上過失傷害の疑いで担当者から事情を聴き、原因を調べている。

同署によると、滑り台は空気を入れて膨らませる靴形の「シューズライダー」と呼ばれる遊具で、高さ5.5メートル、幅5メートル、奥行き9メートル。1～12歳が対象の外国製で定員は10人。1階専門店間に設けられたイベントスペースに設置されていた。けがをした4児の他、20代の女性も救急搬送されたがけがはなかった。

滑り台の利用は有料で、この日は同店が委託したイベント会社「キッズ・ライフ・エンターテイメント」（東京都）の仙台営業所の男性スタッフ4人が対応しており、横倒しになった際は、このうち3人が現場にいたという。

当時の状況を2階から目撃した女性は「地震のような大きな音と、子どもたちの悲鳴で（横転に）気が付いた」、別の買い物客の男性は「子どもたちが泣き叫んでいてパニック状態だった」と話した。

同社は5年ほど前から月1回程度、この遊具を使ったイベントを各地で請け負っており、同店で開催するのは昨年4月に続いて2回目。同店には8日も設置しており、9日は午前10時～午後6時まで利用を受け付ける予定だったという。

イオンリテール東北カンパニーの広報担当者は山形新聞の取材に対し「けがをされた方々におわび申し上げる。原因究明と再発防止に努める」と話した。

<山形新聞 https://www.yamagata-np.jp/news/202002/09/kj_2020020900190.php>

2. 膨張遊具の概要について



通常、この種の膨張型遊具は左上の写真のように前後にも左右にも底面を広く確保して安定した形に造形しているが、右上のシューズ型のタイプは横幅が狭く左右方向の安定性がやや乏しい形態となっている。



まず、この形状の重心位置については前後方向では一般的に後部に寄った左上の×印の近傍、左右方向では右上の×印のようにほぼ中央部と考えられる。×印を基準点として考えると前後方向には底面が広くとってあるので転倒に対して安定した形状と判断できる。しかし、左右方向では重心位置から横方向の面積が狭く、横方向への転倒（横転）については横方向外力が作用した場合に不安定になることが懸念される。

構造物の転倒に関しては、力学的に「転倒モーメント」と「復元モーメント」の大小関係で転倒の有無を検討する必要がある、外力が作用した場合でも「転倒モーメント」>「復元モーメント」の条件にならないよう設計することが要求されている。

つまり、前方や後方からの外力（風荷重、積載荷重、地震荷重、積雪荷重など）に対して

は転倒に対して遊具の上部に外力が作用しても復元モーメントが大きく、比較的安定な形状であると判断できるが、左右方向に対しては横方向の幅が小さいため横方向外力に対しての復元モーメントが大きくできない形状である。また、風荷重に対しては前後方向に対して横方向の見付面積がかなり大きくなる形状のため、横方向の転倒に対して十分な転倒防止対策が必要となる。本件は屋内での事故であるので風荷重の影響は考えにくいですが、今後は室内換気の影響も配慮すべきである。



3. 遊具転倒事故防止のための実証実験

今回の事故の主な要因を検討するため数回の実証実験を実施した。

① 最初にイオンモールでの設置条件と同様にグラウンドアンカーを設置せずに今回の事故時の 300 kg を積載した負荷条件での実験を実施した。負荷条件は上図に示すように膨張遊具の頂部踊り場中央に 65 kg と左側階段部に体重 40 kg の子供 6 名を想定した 235 kg の静荷重を負荷し、膨張遊具の安定性を観察した。

この結果の写真を下図に示す。左下の写真が試験前の設置状況で、右下の写真が転倒後の写真である。左下の写真から分かるように負荷前は設置基準を満たす内部空圧を確保しており、安定して設置されているように見受けられる。しかし、負荷した直後に本体右側面方向への屈曲変形（座屈）が生じ、これと同時に右下の写真のように右方向への回転を伴いながら横方向に転倒した。横方向転倒に際して右回転を伴った原因は転倒までの過程で、一旦、本体前方が浮き上がり下図イラストのような状態になった。この段階で本体の荷重を支える支点が後方右側面（踵部分の右側側面）に移動し、この支点の鉛直線上から負荷点の一部が外側に移動したことにより、「転倒モーメント」 > 「復元モーメント」の関係に移行したことによる転倒と考えられる。この際、右側面に負荷が集中したことで右ねじりの転倒モーメントも合成されたものと推定される。

以上より適正な内部空圧を確保した状況でも、グラウンドアンカーを配備していない状

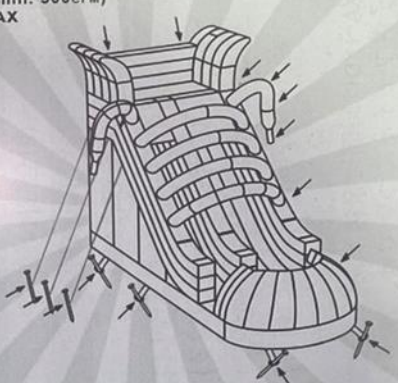
況では一定以上の負荷をかけると膨張遊具が簡単に転倒することが判明した。



下に示した図は今回の膨張遊具を設計製造した会社の設置マニュアルである。
設置条件として記載の通り、最大搭載定員は3名、最大搭載重量は113 kg/人であるので、
前述の負荷条件300 kgでの実験は妥当な積載荷重と判断できる。また設置条件では、14箇
所に設けられたアンカー締結治具に50ポンド(22.68 kg)以上の固定用重り、またはアン

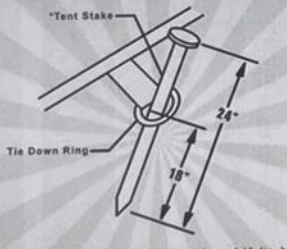
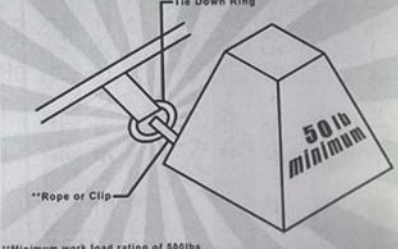
カーを打ち込むことを設置要件にしている。今回の事故では先の実験の結果も踏まえ、この設置要件を遵守していなかったことが、事故の最大要因と目される。

Game Specifications: Shoe Slide	
Inflated DIMS.	29'L x 15'W x 19'H
Deflated DIMS.	51'L x 41"W x 35"H
Utility Safety Zone	20' Clearance
Unobstructed Zone	5' Clearance
Game Weight	458 lbs
Blower	1 - 1.5HP (min. 500CFM)
Wind Speed Operation	15 mph MAX
Tie Down Rings	6
Tie Down Ropes	8
Player Requirements:	
Max. Players	3
Max. Player Height	N/A
Min. Player Height	34"
Max. Player Weight	250 lbs



→ (Indicates Anchor Point Locations)

Anchoring Requirements: 14 Tent Stakes or (14) 50lbs weights

Soft Ground Anchoring	Hard Ground Anchoring
 <p>*Tent Stake</p> <p>Tie Down Ring</p> <p>*Alloy steel with minimum 5/8" dia. stake and 1" dia. head</p>	 <p>Tie Down Ring</p> <p>**Rope or Clip</p> <p>50 lb minimum</p> <p>**Minimum work load rating of 500lbs</p>

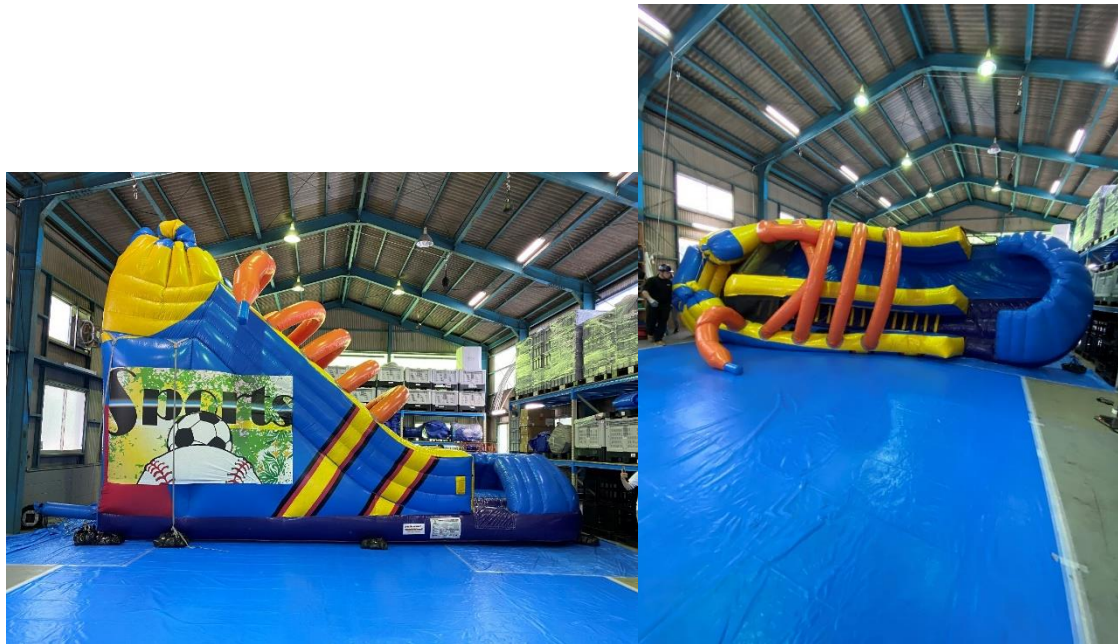
Note: Anchoring weights and stakes are intended to keep inflatable from shifting during normal operation. They are not intended to anchor inflatable during high winds. DO NOT operate inflatable in winds above 15mph. If winds exceed 15mph during operation, evacuate and deflate immediately.

#360 Mohe RD Huangdao, Qingdao, Shandong, China | PHONE: (86) 532-8691-1968 | FAX: (86) 532-8690-7076
www.Leisureactcn.com | info@Leisureactcn.com

50lb=22.6796kg
 250lb=113.398kg

② 続いて上記の設置要件に準じて左下の写真のように14か所のアンカー締結治具に固定アンカー（固定荷重）を設置し、最初の実験と同様の負荷条件で転倒実験を実施した。この結果、300 kgの偏荷重負荷を積載しても静荷重の場合には転倒は起こらなかった。しかし、乗員の移動や踊り場等での跳躍等を想定した動荷重負荷（周期的に横方向に小さく揺らす負荷）を作用させると、右下写真のように真横に転倒した。以上より、アンカーに固定荷重を取り付けて適正な乗員数で運用することで転倒は免れる可能性を確認することができた。ただし、今回の事故のように最大乗員数を超えての運用の場合には転倒事故が生ずる可能性があることを動荷重負荷の実験から実証することとなった。従って、設置マニュアルにな

る設置条件と最大搭載定員は必ず遵守して運用することが必要である。



③ 前述の①、②の実験で設定した内部空圧に対し、2台の送風機を使ってさらに内部空圧を高めた条件で固定アンカーの有無による膨張遊具安定性の相違について検証した。まず固定アンカー無しでも、内部空圧が高い場合は静荷重のみによる転倒は生じなかった。このため、さらに動荷重を負荷したところ②の実験よりも大きな振幅で繰り返し揺らした場合には不安定となる挙動を示した。したがって、内部空圧を高めても固定アンカーは必要であることが判明した。

④ 最後に2台の送風機で内部空圧を高め、固定アンカーを全て設置した条件で負荷実験を実施した。この結果、「内部空圧を高め」、「固定アンカーを全て設置」し、「最大積載定員数を遵守」した場合には、静荷重(300 kg) + 動荷重(周期的に横方向に大きく揺らす負荷)を長時間作用させても安定性を損ない転倒する予兆も生じることはなかった。

以上より、今回の膨張遊具の室内での設置運用に際しては、乗客が遊具内で移動し飛び跳ねるなどの状況を想定しても、「運用時の設置要件が遵守されていること」、「遊具の内部空圧の適正な管理(空圧低下などが生じないように内圧の管理を徹底する)すること」、「遊具内部に一度に入れる定員を遵守すること」によって、転倒は防止できるものと考えられる。

なお、室外においては風圧の影響が伴うため、別途風圧の影響を加味した実証実験の上、運用する必要があることを申し添える。

2020年3月29日

日本大学理工学部・教授・青木 義男