

# 長寿命 + 高度な安全性能

「ひと」を中心に捉えた安全の考え方、および長寿命と高度な安全性能を実現した次世代型高品位グラウンドマンホールのご提案



日之出水道機器株式会社

本 社 福岡市博多区堅粕 5-8-18 (ヒノテビルディング) ..... (092)476-0777  
東 京 本 社 東京都港区赤坂 3-10-6 (ヒノテビル) ..... (03)3585-0418

(記載された内容は2018年5月現在のものです。) SC07-1805-2000MD-07

HINODE



## INDEX

真に安全・安心な社会をめざして	1
増大する都市のリスク	2
「ひと」を中心に捉えた安全の実現	4
安全な「歩道」を実現する技術	6
安全な「車道」を実現する技術	8
高度な安全を実現する技術	10
安全性能の「長寿命化」の実現	12
「長寿命」がもたらす4つのバリュー	14
参考資料	
●安全区分の考え方	18
●次世代型高品位グラウンドマンホールの製品バリエーション	20

## 真に安全・安心な社会をめざして

世界規模で多発する地震災害や地球温暖化による集中豪雨の増加、そして超高齢化の進展といった社会環境の大きな変化は、都市におけるさまざまなリスクを顕在化させてきており、公共空間に長期にわたって設置されるグラウンドマンホールに対する安全性への要求水準も、ますます高度に多様化したものになってきています。このような時代環境のなか、当社では、どのようにすれば市民が安全・安心に暮らせる生活環境を提供できるのかということを真剣に考え、グラウンドマンホールに要求される安全性を限界状態設計法で根本から見直しを行い、より高いレベルの安全性能と標準耐用年数を超える長寿命の実現をめざしてまいりました。

より安全・安心で快適な生活環境を実現するために。  
「ひと」を中心に捉えた安全の考え方、および長寿命と高度な安全性能を実現した次世代型高品位グラウンドマンホールについてご提案いたします。

# 増大する都市のリスク

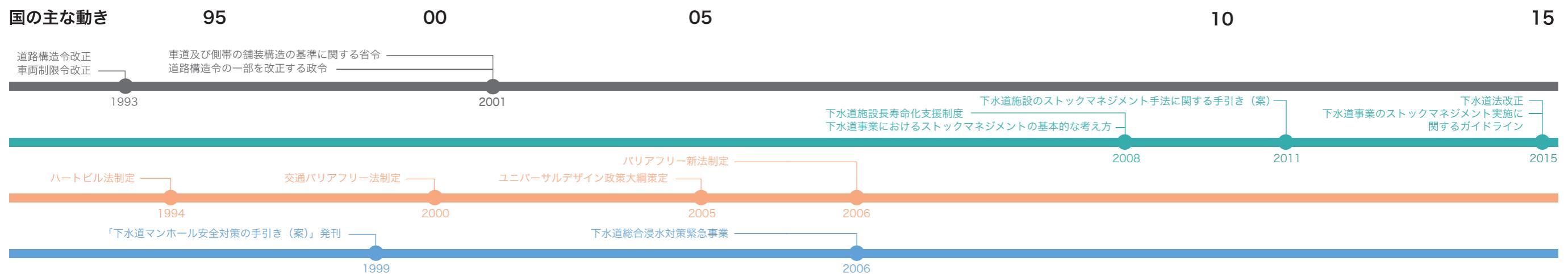


## 大型車の激増による過剰食い込み

1993年(平成5年)に道路構造令および車両制限令が改正されたことによって車両の総重量が20t超の大型車両が激増、車道に設置されるグラウンドマンホールの多くに過剰食い込みが発生しており、蓋が開けにくくなるばかりか、急激な管路内圧の上昇によって、蓋が衝撃的に飛散するといったリスクが高まっています。

## 老朽化に起因するリスクの増大

布設50年以上経過した下水道老朽管は約1万kmといわれており、2013年には年間で3500箇所もの道路陥没事故が発生しています。このように公共施設においても、既に更新時期を過ぎて危険な状態にあるものが都市にはまだ多数存在しており、グラウンドマンホールも例外ではありません。

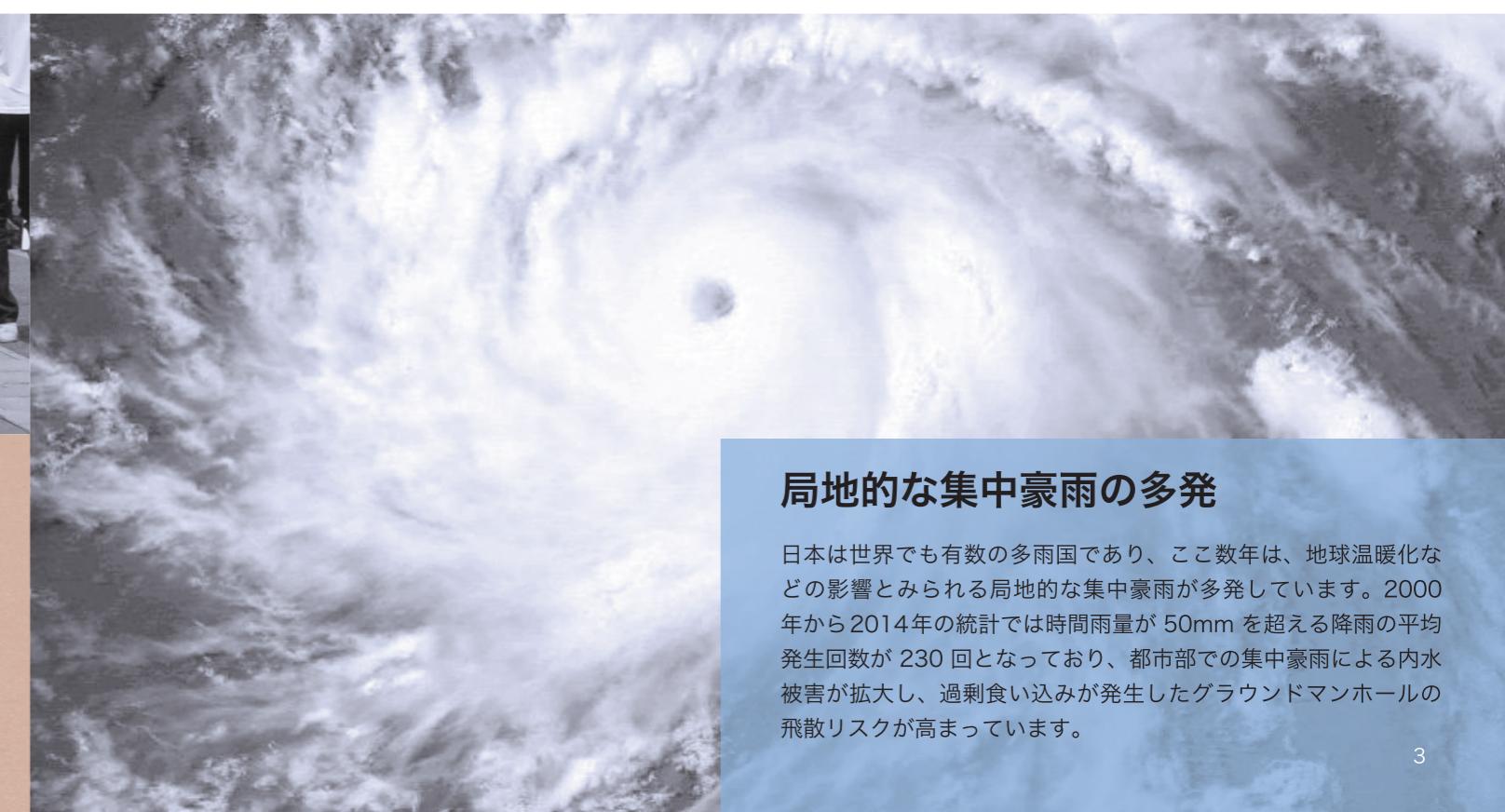


## 加速する超高齢化

日本は主要先進国の中で最も高齢化が進んでおり、2015年には国民の4人に1人が65歳以上の高齢者という超高齢社会になっています。こうした中で、生活の主要な移動経路となる歩道のバリアフリー化は、国の重要課題となってきており、グラウンドマンホールにも歩行者を対象とした安全性能が求められています。

## 局地的な集中豪雨の多発

日本は世界でも有数の多雨国であり、ここ数年は、地球温暖化などの影響とみられる局地的な集中豪雨が多発しています。2000年から2014年の統計では時間雨量が50mmを超える降雨の平均発生回数が230回となっており、都市部での集中豪雨による内水被害が拡大し、過剰食い込みが発生したグラウンドマンホールの飛散リスクが高まっています。



# 「ひと」を中心に捉えた安全の実現

超高齢社会が到来し、ユニバーサルデザインによるまちづくりが求められる中、主要な移動経路となる道路環境の整備は国レベルでの重要な課題となっています。特にグラウンドマンホールは、道路上のあらゆる場所に設置されるものであり、雨で濡れると滑りやすくなったり、路面との段差が通行障害になるなど、高齢者や障害者の方々にとってバリアとなっています。

当社では高齢者、障害者などの歩行弱者のみならず、すべてのひとが安全・安心・快適に利用できる都市空間を実現するために、ユニバーサルデザインの考え方を基本とした技術・開発に取り組んでいます。

## ユニバーサルデザイン Universal Design

### 雨天・集中豪雨

- ・スリップ防止
- ・浮上・飛散防止
- ・転落防止

### 歩行・車両走行

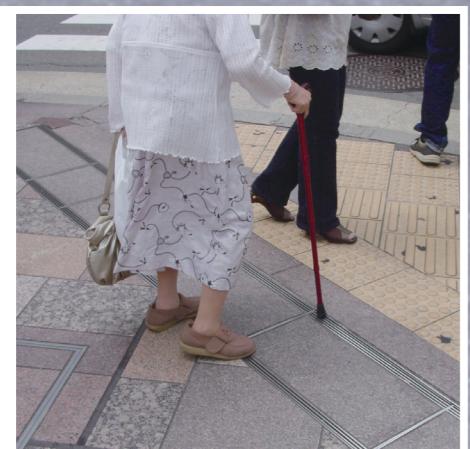
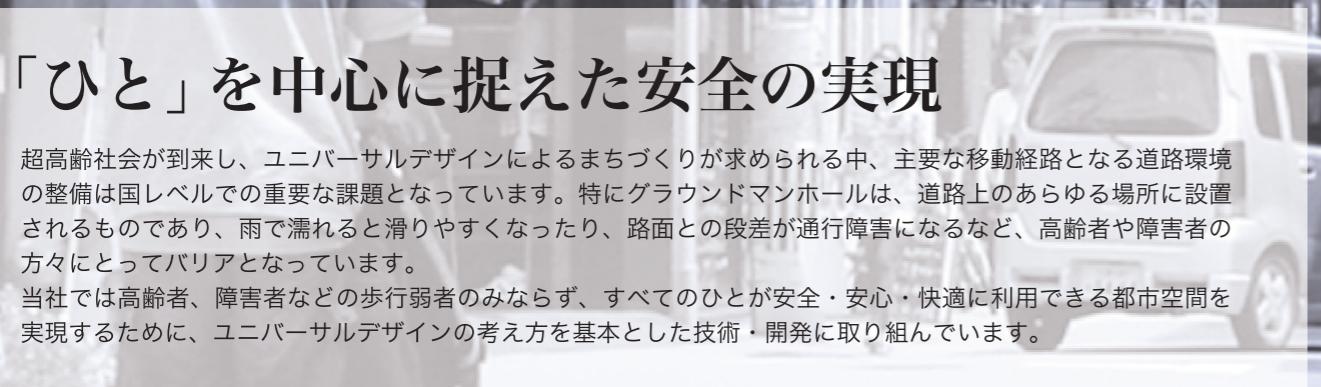
- ・ガタツキ防止
- ・段差・振動防止
- ・破損防止

### 「ひと」

- ・高齢者
- ・障害者

### 建設・維持管理

- ・開放性（過剰食い込み防止）
- ・取扱い性（重量軽減）
- ・施工性（システム施工）



# 安全な「歩道」を実現する技術

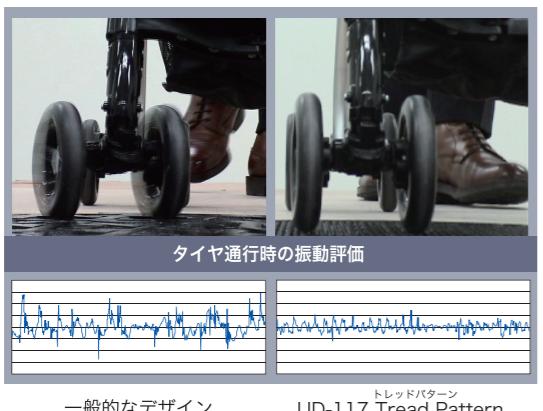
あらゆる人々が利用する歩道に設置されるグラウンドマンホールの表層構造には、スリップやつまずきを防止するだけでなく、ユニバーサルデザインの視点から、車いすの通行時のタイヤのとられ防止や、万が一の転倒時のケガの軽減などに配慮された専用の表層構造が必要となります。

ユーティ・イ・イチナナ トレッドパターン

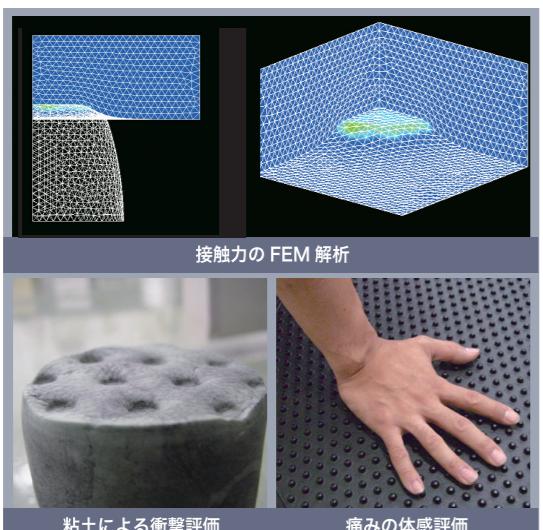
UD-117 Tread Pattern®は、歩道用に設置されるグラウンドマンホールに求められるあらゆる安全性能を満たした歩道用高機能デザインです。



歩行試験による安全性評価  
高齢者の歩行状況をシミュレートして、表層構造の違いによる滑りとつまずきを評価する。



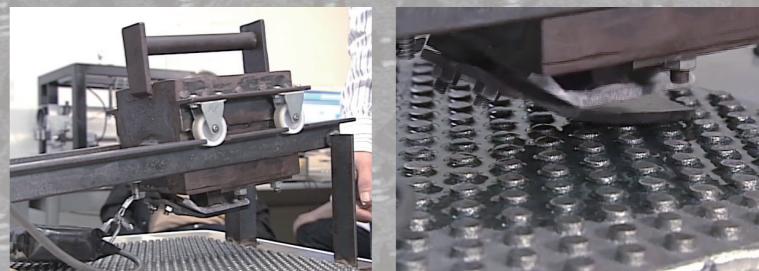
タイヤ通行時の振動評価  
車いすやベビーカーを通行させた際の振動の大きさや、杖やハイヒールなどのはまり込みを評価する。



人体に及ぼす接触力の評価  
グラウンドマンホールの表層構造における先端部の角や突起全体の形状が転倒時の人体に及ぼす接触力を FEM 解析等で評価する。

## 滑り抵抗の評価 (C.S.R)

滑り抵抗の評価方法としては BPN 等があるが、フラットな床面から凹凸の大きな床面まで、人の滑り感覚に対応した評価方法として広く採用されている C.S.R で性能評価を行った。

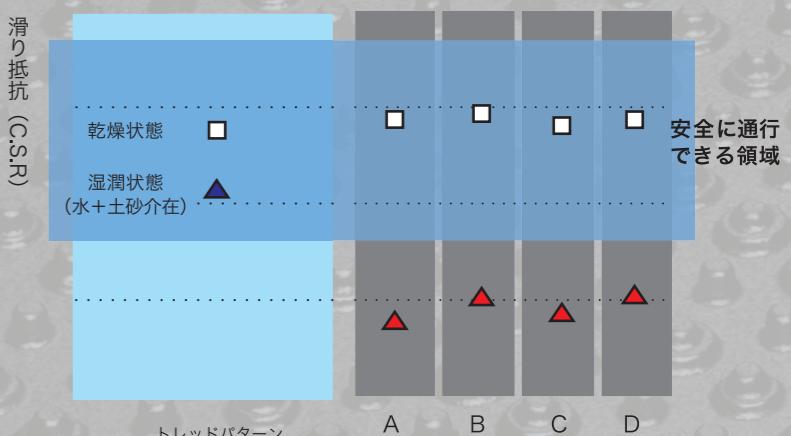


## 最適な表層構造の開発

### 滑り抵抗の評価 (C.S.R)

## 滑り抵抗測定試験：耐スリップ性能

歩道用高機能デザインと、一般的なデザイン蓋の滑り抵抗 (C.S.R) を測定した結果、歩道用高機能デザインは、乾燥時・雨天時の両方において、歩行者が安心して通行できる安全領域にあることが確認された。



様々なデザイン蓋の中からデザインパターンの類似傾向を分析し、代表的なモデルを4つサンプリングして測定したもの。

ユーティ・イ・イチナナ トレッドパターン®は、(株)グラウンドデザイン研究所で開発された歩道用高機能デザインです。

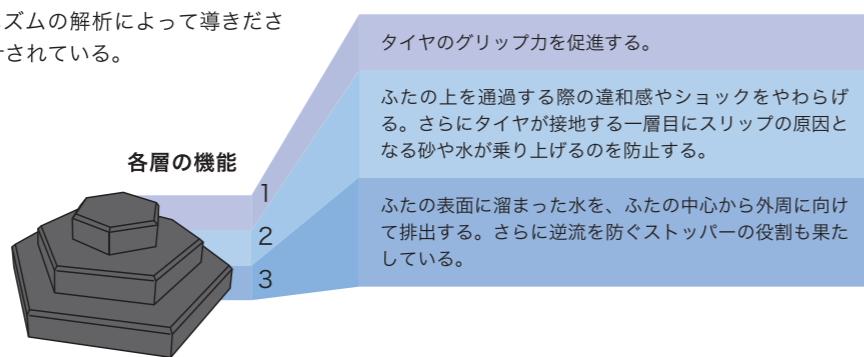
# 安全な「車道」を実現する技術

ASD®(Anti-Slipping Design) は、雨の日でも道路の一部として安心して安全に走行ができるグラウンドマンホールをめざして開発に着手し、蓋表面に接地するタイヤのグリップメカニズムの解析によって導き出された理論に基づいて設計した表層構造技術で、一般的な舗装道路であるアスファルト路面と同等以上の走行安定性を実現しました。



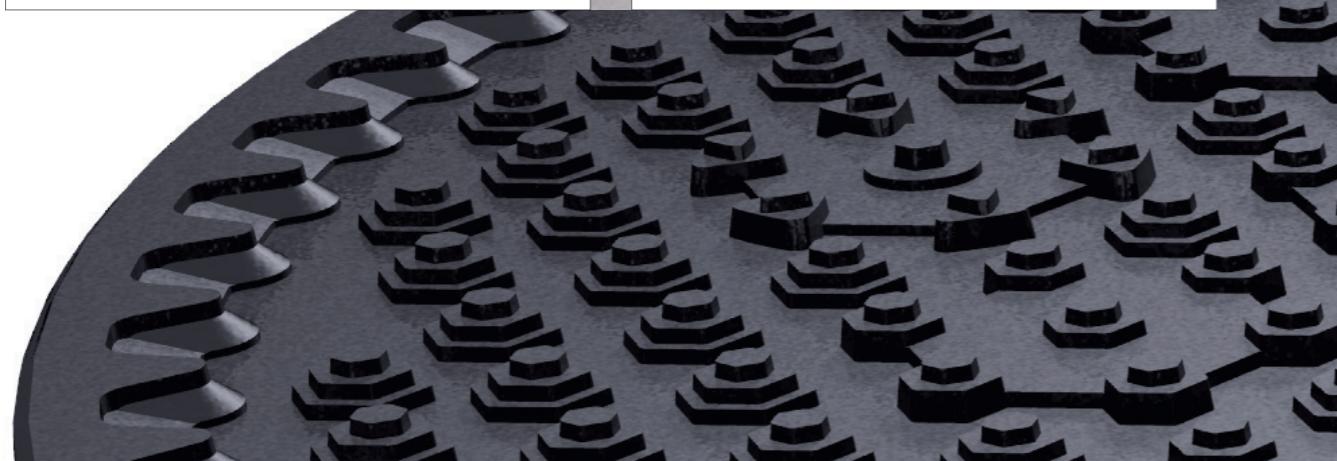
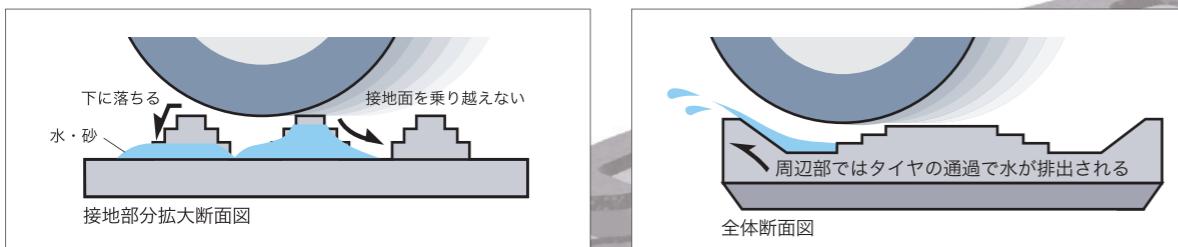
## 走行安定性を実現する三層構造

ASD は、タイヤのグリップメカニズムの解析によって導きだされた理論に基づいた三層構造で設計されている。



## スリップの原因となる水や砂を効率的に排出

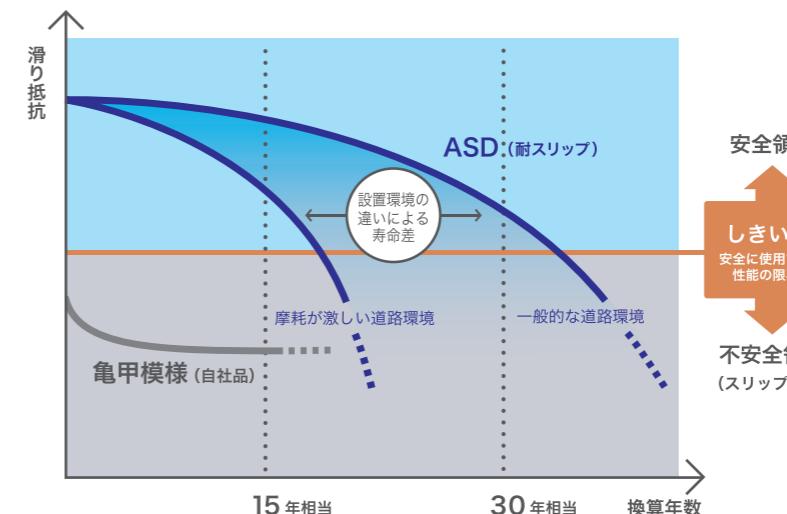
雨のときには、水や砂がタイヤとふたの表面の間の膜となり滑りやすくなる。そこで、できるだけふたの表面に水や砂が乗らない独立形状による構造とすることで、ふたの表面に溜まった水や砂をマンホールふたの外に効率的に排出する。



## 長寿命耐久性試験：耐スリップ性能

DF テスター R85 を用いて、グラウンドマンホールが設置される道路環境の違いを想定した試験を実施。蓄積された膨大な技術データや知見に基づいて、滑り抵抗の経年変化を推計して、寿命を年数に換算した。

ASD の耐スリップ性能は、JIS 模様や一般的な絵柄デザインに比べ、摩耗の進行により異なるが、安全性が 6~13 倍長く確保されることが想定される。



ASTM ロックムトレーラーによる試験

DF テスター R85 は、アスファルト舗装の滑り抵抗を測定する DF テスターをグラウンドマンホール専用に改良し開発された試験機で、ASTM<sup>※1</sup> の規格に準拠したロックムトレーラー<sup>※2</sup> と同等の信頼性をもって滑り抵抗が測定できる。

※1 ASTM (米国材料試験協会 :American Society for Testing and Materials) は工業材料や試験法の規格を作成する世界最大の機関で、同協会の発行する規格は、米国国内だけではなく多くの国で利用されている。

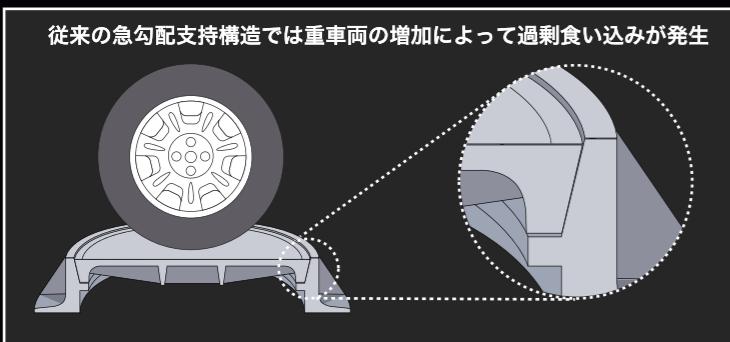
※2 トレーラーを走らせ、ブレーキをかけたときの滑り抵抗を測定する試験。実車を使用して行なうため正確に測定できるが、専用トレーラーを使用し広大なスペースが必要となるため、大がかりな試験になる。



DF テスターは、路面の滑り抵抗を測定するために開発されたポータブルで高精度の機器として、ASTM<sup>※1</sup> で認証された測定機であり、NASA(アメリカ航空宇宙局)や世界各地の空港において、滑走路のすべり等を測定するためにも使用されている。

# 高度な安全を実現する技術

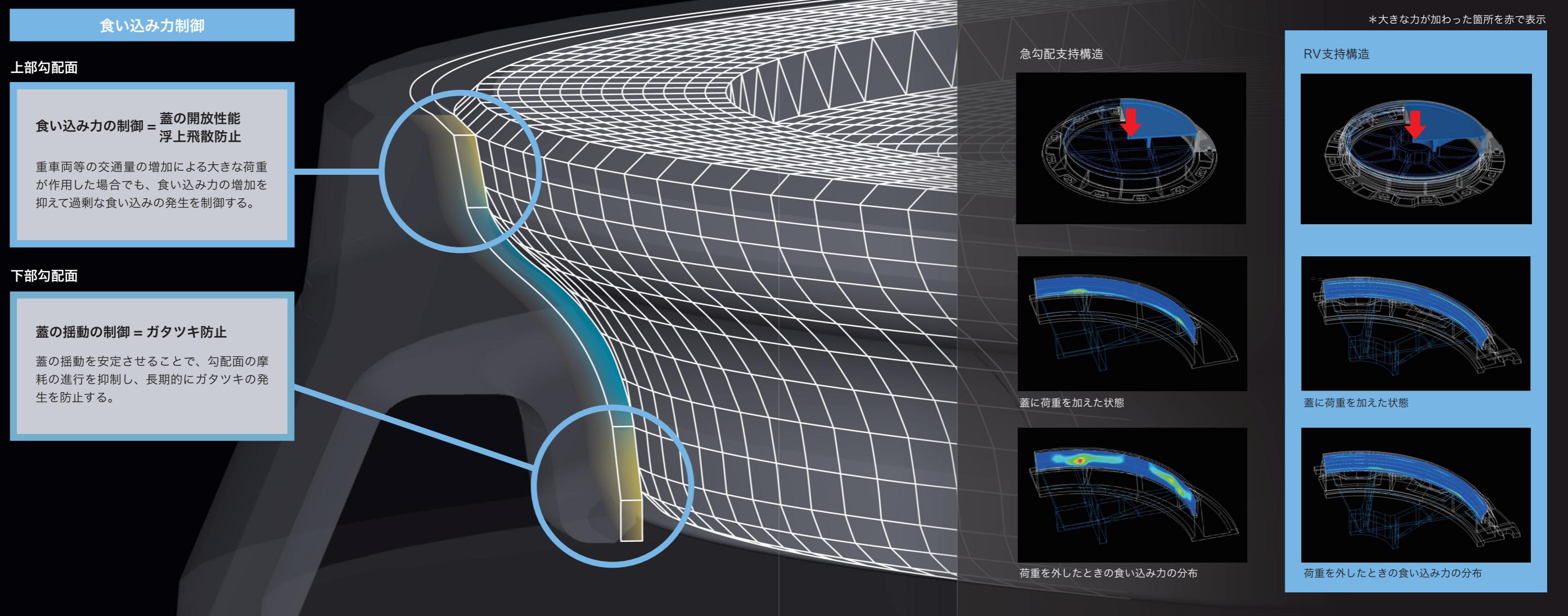
1993年（平成5年）の車両制限令改正による車両の総重量制限緩和により、20t超の重車両が急増、これにより蓋の過剰食い込みが頻発し、グラウンドマンホールの蓋が開けにくいという維持管理上の大変な問題が発生する一方、集中豪雨などによる管路内圧力上昇時には、圧力を正常に解放する性能が働くことなく飛散するという重大事故につながる危険な状況にありました。次世代型基本構造「RV支持構造」は食い込み力制御によって、これまで技術的に不可能とされてきたガタツキ防止性能と開放性能（食い込み力）の両立という二律背反する課題を解決しました。



車両通行により枠の勾配面で摩擦力（食い込み力）が発生する。適度な食い込み力ならば問題ないが、過剰な食い込み力が発生した場合には、集中豪雨時の蓋の飛散現象の原因になり危険であるだけでなく、日常の維持管理作業、緊急点検時の作業効率を低下させることになる。

## FEM解析による食い込み力の分布

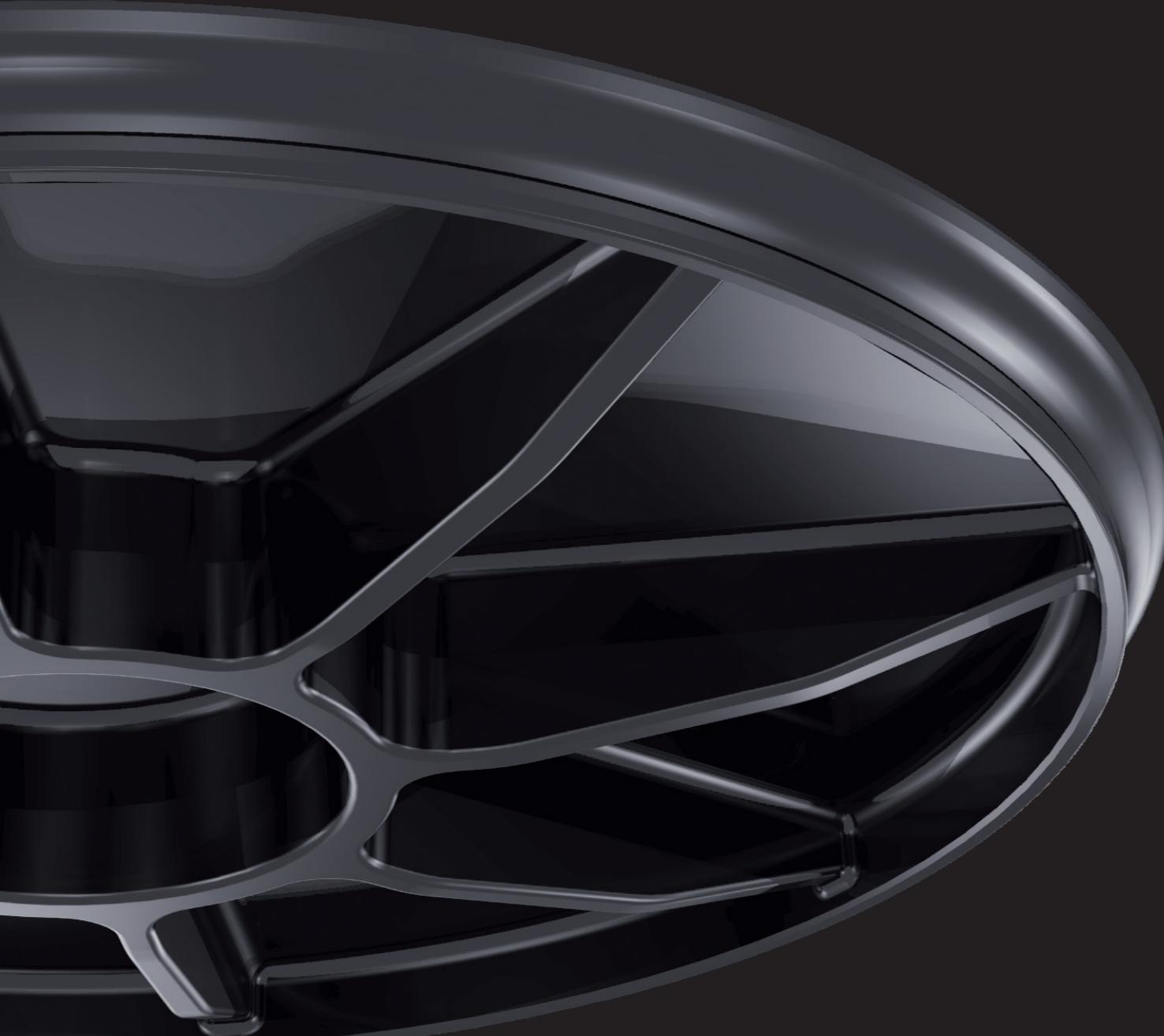
「急勾配支持構造」は上を通過する車両に繰り返し踏みつけられることによってどんどん蓋が沈み込んで接触面にしっかりと蓋枠が密着し、結果として開けるのに相当な力を必要とする場合がある。つまり、踏みつけられて蓋が沈むほど食い込み力が大きくなる構造となっている。しかし「RV支持構造」では、どんなに荷重をかけても一定の沈み量に達すると、上部勾配面とR曲面の働きによって、食い込み力をそれ以上に増加させない構造になっている。



# 安全性能の「長寿命化」の実現

次世代型基本構造「RV支持構造」は、食い込み力制御によって、これまで技術的に不可能とされてきたガタツキ防止性能と開放性能（食い込み力）の両立という二律背反する課題を一挙に解決。さらに長寿命耐久試験を実施した結果、「RV支持構造」が持つガタツキ防止性能と開放性能（食い込み力）は、従来の急勾配支持構造に比べて2倍以上の長寿命を有することが確認されました。

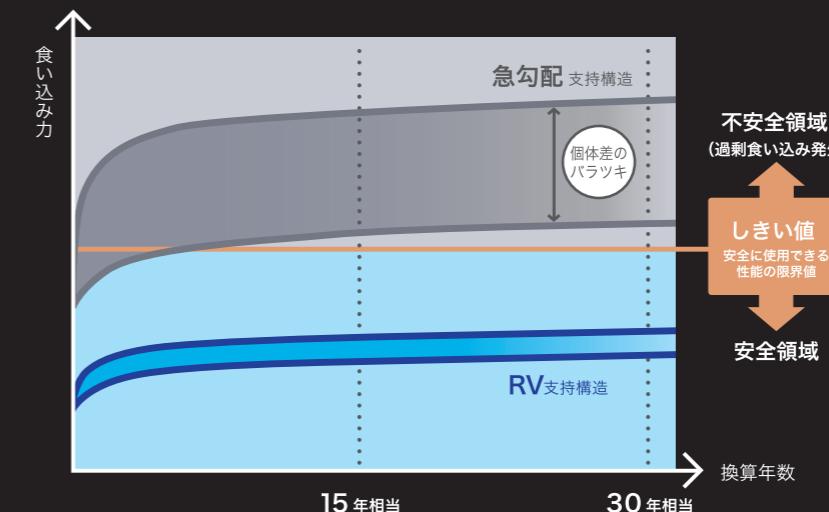
「RV支持構造」によって、市民の安全を守る上で不可欠となる高度な安全性能が確実に保持されながら、長期にわたって持続することが可能になりました。



## 長寿命耐久性試験：開放性能（食い込み力）

サーボ・パルサーを用いて、繰り返し荷重試験（70kN）を実施。蓄積された膨大な技術データや知見に基づいて、蓋と枠の食い込み力の経年変化を推計して、寿命を年数に換算した。

RV支持構造は、従来の急勾配支持構造と比較して個体差のバラつきが少なく、耐用年数の2倍である30年相当でも過剰食い込みが発生していないことが確認された。



サーボ・パルサー

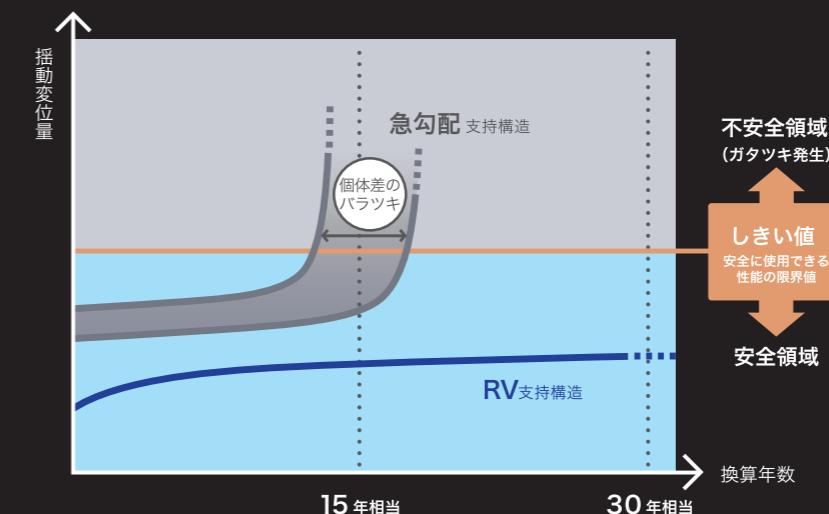


開放力測定

## 長寿命耐久性試験：ガタツキ防止性能

輪荷重走行試験機を用いて、繰り返し移動荷重（100kN）の促進試験を実施。蓄積された膨大な技術データや知見に基づいて、揺動量の経年変化を推計して、寿命を年数に換算した。

RV支持構造は、従来の急勾配支持構造と比較して個体差のバラつきが少なく、耐用年数の2倍である30年相当でもガタツキが発生していないことが確認された。



輪荷重走行試験機



揺動量測定

# 「長寿命」がもたらす4つのバリュー

次世代型高品位グラウンドマンホールΣ-RVは、ガタツキ防止と開放性能(食い込み力)の両立という、これまで技術的に困難とされてきた二律背反する課題を解決。さらに長期にわたる耐久性試験の結果、耐用年数の2倍以上(当社の急勾配支持構造の製品との比較)という、予想を遥かに超えた長寿命であることが確認されました。

これによって、過剰食い込みに起因する蓋の飛散事故の抑制や、維持管理時の開閉作業の効率化、さらに災害時・緊急時の復旧作業のスピードアップなど、長期にわたって安全性・経済性を飛躍的に向上させることが可能となりました。



## 1 安全性と維持管理

次世代型基本構造「RV支持構造」によってガタツキ防止と開放性能(食い込み力)の両立という二律背反する課題を解決することで、過剰食い込みによる集中豪雨時の蓋の飛散防止、また維持管理時の蓋の開放が長期にわたって確実に行えるようになりました。

## 2 経済性

グラウンドマンホールの耐用年数の2倍以上の長寿命を実現することによって、ライフサイクルコストが大幅に低減でき、さらに蓋の確実な開放性能により維持管理業務効率がアップし、作業時間短縮など間接コストの引き下げ也可能になります。

## 3 環境

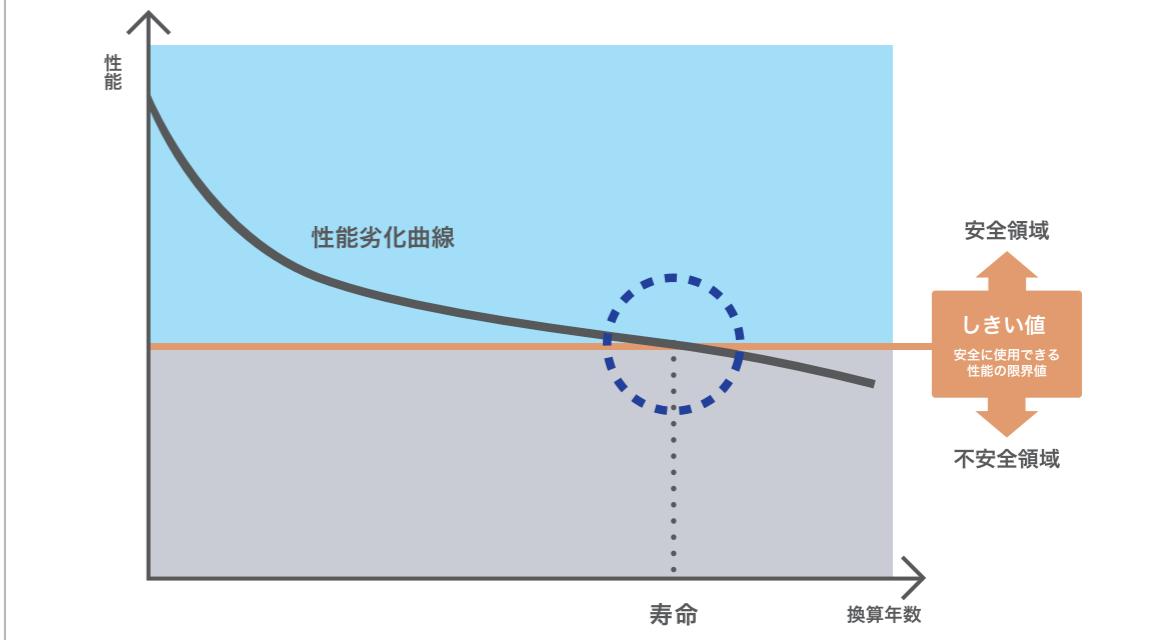
限界状態設計の導入によって「必要な部分を必要なだけ」補完しつつ、無駄な部分をそぎ落とすことが可能になり、製品重量が従来の製品に比べて10%以上の軽量化を実現しました。また、長寿命の実現によって将来のグラウンドマンホールの更新期間が長くなり、コスト・エネルギー・環境負荷の最小化に大きく寄与します。

## 4 更新のやり易さ

従来のグラウンドマンホールでは推定が不可能だった製品の余寿命が、性能劣化曲線<sup>\*</sup>が明らかになったことで推定できるようになりました。これにより維持管理の方法や効率的・計画的な更新計画の策定と実施が行いやすくなり、グラウンドマンホールの事故の未然防止やライフサイクルコストの最小化を目的としたグラウンドマンホールのストックマネジメントの仕組みづくりに大きく貢献できるようになりました。

### ※性能劣化曲線

「性能劣化曲線」とは、グラウンドマンホールの性能劣化要因と、影響を受ける性能との関係を体系的に整理して、蓄積された膨大な技術データや知見に基づいて、性能の経年変化を推計した曲線。これに安全に使用できる性能の限界値である「しきい値」の設定を加え、交点を求ることによって、これまでグラウンドマンホールでは考えられなかった「寿命」の推計が可能になった。



*Long Life Safety, Long Life Economy.*

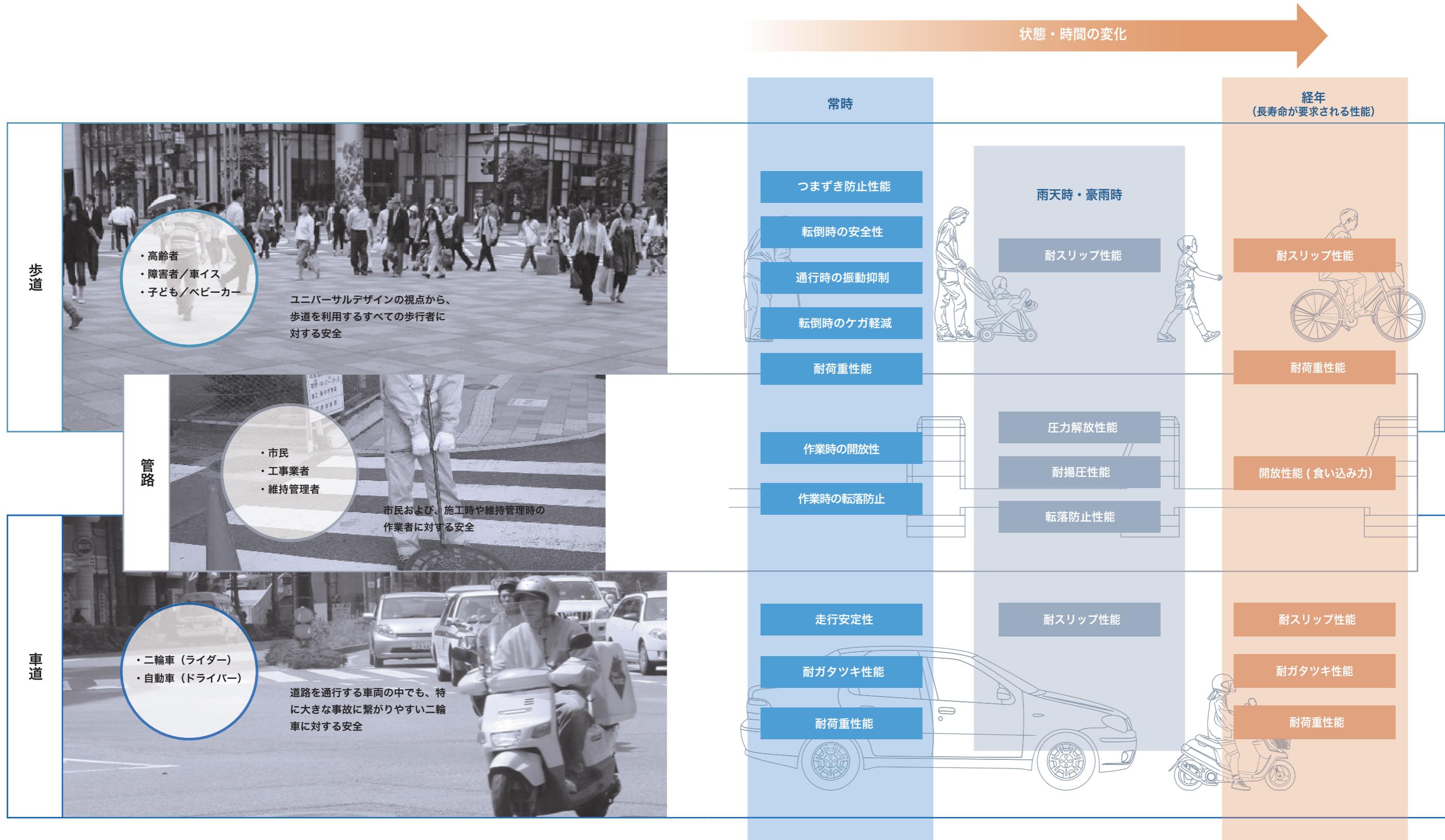
## 参考資料

---

- 安全区分の考え方
- 次世代型高品位グラウンドマンホールの  
製品バリエーション

# 安全区分の考え方

これからのグラウンドマンホールに求められる安全性能は、設置環境や使用状況に応じて必要となる安全性能を多面的に捉えて整理することが必要です。



# 次世代型高品位グラウンドマンホールの 製品バリエーション

様々な設置環境に対し、要求される性能を備えた高品位グラウンドマンホールを開発しています。

