

技術推進機構

土木学会「技術評価制度」の適用第12号  
マンホールの重量化による液状化時の  
浮上防止技術『インナーウェイト工法』

土木学会 技術推進機構

土木学会は、国内外で新しく研究・開発された土木技術（材料も含む）について、第三者の立場で公平に評価することにより、当該技術開発の成果の普及、ひいては土木技術の発展に寄与することを目的に、2001年度に技術評価制度を創設した。

2010年6月に、(株)福原鋳物製作所、日本水工設計(株)からマンホールの重量化による液状化時の浮上防止技術『インナーウェイト工法』(以下「本工法」という)に関する技術評価の依頼を受けた。

技術推進機構では、濱田政則氏(早稲田大学教授)を委員長とする技術評価委員会を設置し、評価対象項目について厳正かつ慎重に審議し、評価を行った。

今般、本工法について技術評価の報告書を取りまとめ、技術推進ライブラリーとして発行したので、ここにその概要を報告する。

1. 本工法の開発経緯・目標

新潟県中越地震(2004年)、新潟県中越沖地震(2007年)をはじめ、これらの

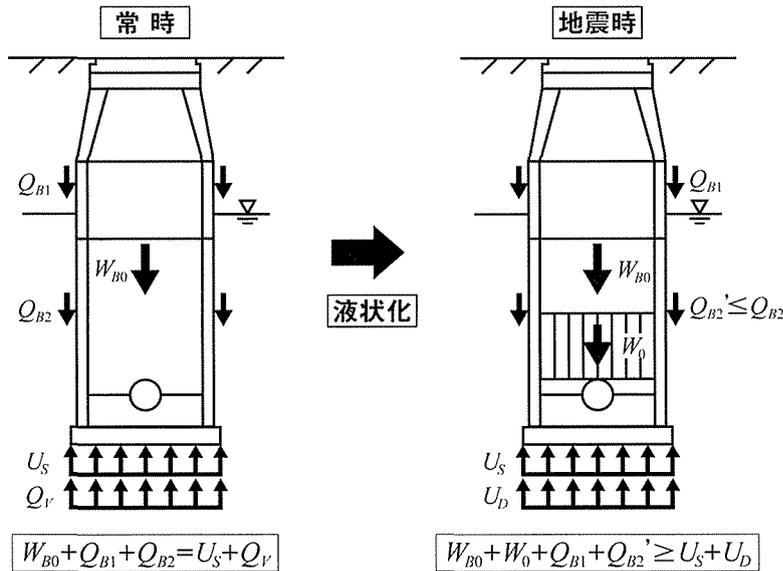
地震においては地盤の液状化に伴う下水道マンホールの浮上がり被害が多数見られた。中でも新潟県中越地震の際は、埋戻し土の液状化が顕著に発生し、1400個以上もの下水道マンホールが浮上し、ライフラインとしての流下機能の阻害だけでなく、車両による緊急輸送路での物資輸送や緊急対応が妨げられ、大きな社会問題にもなった。

マンホールの浮上防止技術の原理には、ドレーンによる方法、アンカー杭による方法、重量化による方法、地盤改良による方法などがある。本工法の開発にあたっては、これらの原理を整理した上で、原理が比較的単純かつ明快であることに加え、既設マンホールにおいて車両交通流を阻害することのない施工性が確保できることにも配慮し、「マンホール内側を重量化する方法」が採用された。また、本工法による浮上防止の目標値は、「下水道の地震対策マニュアル2006年版」(社)日本下水道協会)に規定される被害程度を考慮し、車の走行に支障はあるものの、走行不能とならない10cm未満とされた。

2. 評価対象技術の概要

本工法の基本的な浮上防止のメカニズムは、マンホールの内側に重錘(カウンターウェイト)を積載して重量化することにより、マンホール底面に作用する揚圧力(静水圧、過剰間隙水圧)と平衡させることにある(図1)。

マンホール内側に取り付ける重錘については、比重の大きい鋳鉄製(FCねずみ鋳鉄)の小版をマンホールの内壁面に噛み合わせて設置する方法を採用している。この鋳鉄製の小版は「インナーブロック」と呼称されている(図2)。



- $W_{B0}$  : マンホール重量
- $W_0$  : インナーブロックの重量
- $Q_{B1}$  : 非液状化層の壁面摩擦抵抗
- $Q_{B2}$  : 液状化層の壁面摩擦抵抗
- $U_S$  : 静水圧
- $U_D$  : 過剰間隙水圧
- $Q_V$  : 地盤反力

図1 インナーウェイト工法の原理

インナーブロックの必要量は、「共同溝設計指針」(社)日本道路協会)等の考え方を準用し、液状化時のマンホール底面に作用する静水圧と過剰間隙水圧とを考慮して算定される。

本工法には、次の特徴がある。①重量化のすべての作業をマンホール内側から行うことができ、マンホール周辺の埋設物、舗装、道路交通流へ影響を与えないため、車両交通の多い幹線道路・緊急輸送路でも施工を容易に行える。②重量化の原理が比較的簡単であ

る。③インナーブロックに用いるねずみ鋳鉄は、主に廃品鉄材の再生品(リサイクル材)であり、環境負荷の軽減にも役立つ。

なお、依頼者の福原鋳物製作所は、鋳物で有名な埼玉県川口市に拠点を置く企業である。その地の利や経験、歴史を生かした本工法は、その土地ならではの発想に基づいている。

### 3. 評価対象項目と技術評価

技術評価の対象項目は、本工法による液状化時の浮上防止効果、設計方法、材料および施工方法である。

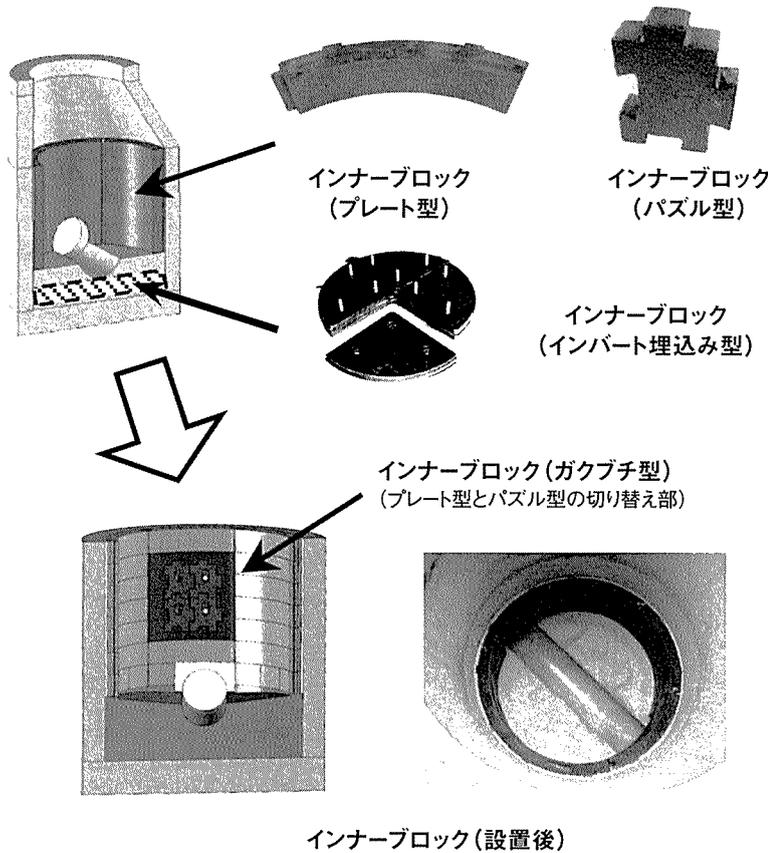


図2 インナーブロックの種類

#### (1) 液状化時の浮上防止効果に関する評価

依頼者側が実施した模型振動実験においてレベル2地震動に相当する地震波を入力し、液状化層の深さを模型地表面からマンホールの中深さまで種々変えて行ったマンホール模型の変位状況に基づき、本工法を適用しマンホール内側を重量化したマンホールは、無対策のマンホールに比べて液状化時の浮上防止効果が認められることを確認した。

なお、マンホール内側を重量化する際は、液状化時の傾斜防止のため、鉛直方向の重心が対策前よりも上がらないように配慮す

る必要がある。

#### (2) 設計方法に関する評価

本工法におけるマンホールの重量化に必要なインナーブロックの重量の算定方法および重量化後のマンホール本体への影響について、以下の事項を確認した。

- ① インナーブロックの必要重量は、「共同溝設計指針」(社)日本道路協会)等)に示された液状化時の過剰間隙水圧を考慮した浮上りに対する安全率の考え方を準用して求めることができる。
- ② レベル1およびレベル2地震動を受けた際の重量化後のマンホール内壁面の応力度については、「下水道施設の耐震対策指針と解説 2006年版」(社)日本下水道協会)に示された耐震計算方法等に準拠して計算した結果、組立マンホール、場所打ちマンホールのいずれも許容値以下になった。また、組立マンホールでは、組立ブロック間での目地開きが基準値以下に収まっている。

- ③ 重量化後のマンホール底版の応力度については、「日本下水道協会規格J S W A S A 11」(社)日本下水道協会)に示された考え方に準拠し、かつインパート内への荷重分散も考慮した計算方法により計算した結果、組立マンホールでは許容値以下に収まっている。

#### (3) 材料および施工方法の評価

本工法に用いられる材料と施工方法について、①作業がマンホール内部で行えること、②インナーブロックとマンホール内壁面との隙間

に充填される裏込め材として、レベル2地震動に相当する水平加速度の作用下で、インナーブロックが剥離しない引張強度(材齢1日)を有する材料が選定されていることを確認した。静的な引張試験および動的な振動実験の結果からは、嵌合されたインナーブロックは同様の水平加速度が作用しても外れることはないと考えられる。

#### (4) 適用範囲

本工法は既設マンホールのみならず新設マンホールにも適用可能であるが、以下を適用範囲とする。

- ① 液状化によるマンホールの浮上が想定されること。
- ② 適用内径として、インナーブロック設置後に750mm以上であること。
- ③ 内径の扁形が著しくないこと。
- ④ マンホール内部は著しい腐食環境にないこと。
- ⑤ マンホールポンプ室または伏越しマンホールとして利用されないこと。

なお、本工法の実施工への適用にあたっては、重量化されたマンホール自体の沈下に対する安全性は、地盤条件や液状化の度合いにより異なると考えられることから、これらを十分考慮する必要がある。

#### 活用への期待

本浮上防止技術が普及し発展していくことにより、地震時にも緊急車両の交通を確保でき、下水道が継続して利用できる環境が実現することを期待するものである。