

マグマロック工法による 耐震化工事追跡調査結果 (中間報告)



日本スナップロック協会 会長 喜多島 恒

1 はじめに

近年、国内で発生したマグニチュード (M) 6.0 を超える大地震は、阪神・淡路大震災以降も、新潟県を二度にわたって襲った新潟県中越地震、新潟県中越沖地震をはじめ多発している。そうしたなか、この度の東日本大震災は、東北地方と関東の一部を含む広範囲にM 9.0 と、これまでに記録のない超大規模であるうえに繰り返し襲い来る津波を伴い、未曾有の被害をもたらした。被災後、早くも4ヵ月以上が経過して、下水道施設の被害状況調査も一部の地域を除き大半で終了し、全容が徐々に明らかとなった。その中で、管きよとマ

ンホールの接続部の耐震化を目的に実施された「マグマロック工法 NGJ」の現場も2件含まれていた。

1件目は宮城県石巻市内の北上川下流東部流域下水道女川幹線に実施したマグマロック工法 NGJ、2件目は新潟県津南町に実施したマグマロック工法 mini・NGJ で、目視による調査が行われた。以下に、2件の被災後の追跡調査結果について、その中間報告を行う。

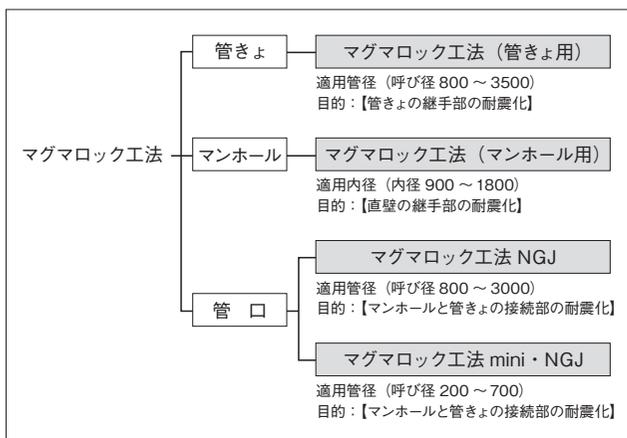
2 マグマロック工法の 開発経緯

マグマロック工法は、既設の耐震性を有しない管路をレベル2地震動に耐える耐震構造に改善することを目的に開発した非開削の耐震化工法である。現在、マグマロック工法には、①管きよと管きよの継手部の耐震化を図る耐震技術、②マンホールの直壁の継ぎ手部の耐震化を図る耐震技術、③マンホールと管きよの接続部の耐震化を図る耐震技術——がある。図-1 にマグマロック工法の種類と施工目的、「マグマロック工法」および「マグマロック工法 NGJ」の概略図を図-2 に示す。

(1) マグマロック工法

マグマロック工法は、基本技術であるスナップロック工法が持つフレキシ

図-1 マグマロック工法の種類と施工目的



ブルな性能をさらに高め、管きょおよびマンホールの継手部を非開削でレベル2地震動に耐える水密性能を発揮する耐震工法として開発した。継手部に求められる耐震性能は、地震動によって発生する水平方向の拔出しおよび屈曲による拔出しに対して水密性を維持することにより下水道機能を維持することである。

マグマロック工法の耐震性能の確認は、『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、以下『本指針』と云う）、『下水道施設耐震設計例－管路施設編－前編』（2001、日本下水道協会）に基づき、地震による地盤の永久ひずみを、現在最も厳しいといわれるレベル2地震動（地盤のひずみ1.5%）に対する継手部の水平方向も拔出し量（ δ ）と屈曲による拔出し量に対する水密性能の確認によって行った。管長2,430mmの拔出し量（ δ ） $= 2,430 \times 0.015 = 36.6 \approx 37.0\text{mm}$ となる。耐震性に伴う水密性の確認試験は、

図-2 「マグマロック工法」および「マグマロック工法 NGJ」概略図

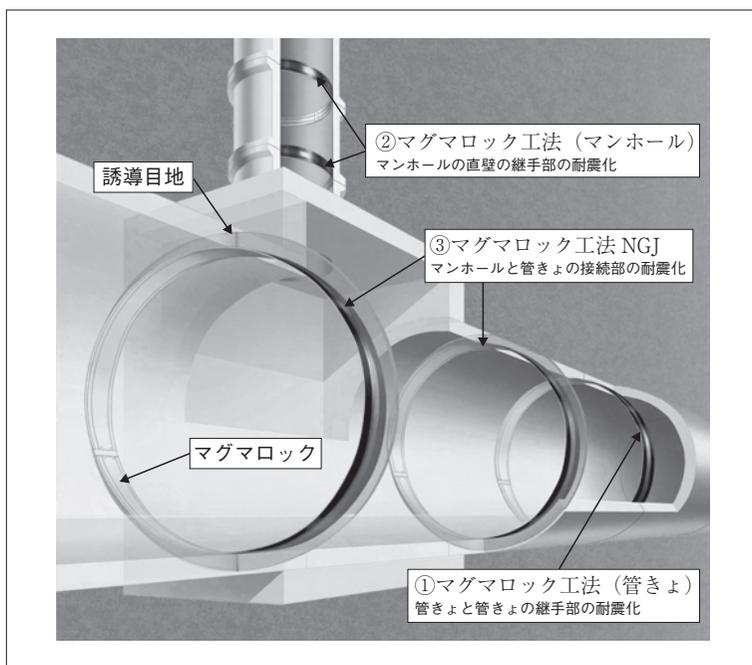


図-3 水密試験の種類

耐震性に伴う水密試験の種類（初期設定隙間35mm、屈曲角度0.8°）		
1	水平水密試験	
2	曲げ水密試験	
3	複合水密試験	

図-3に示す3種類の条件で外水圧0.1MPa、内水圧0.2MPaで行った。

(2) マグマロック工法 NGJ

マグマロック工法 NGJ は、耐震構造を有しないマンホールと管きよの接続部を非開削で、レベル2地震動に耐える耐震構造に改善することを目

写真-1 曲げ試験状況（呼び径 2000）

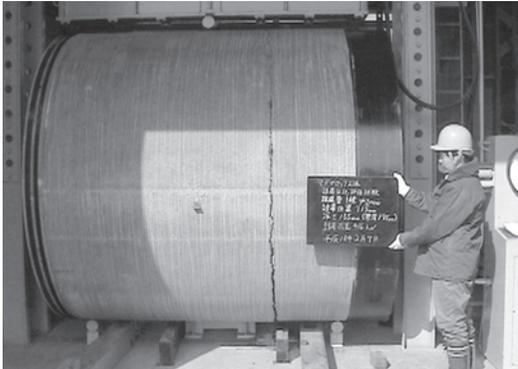
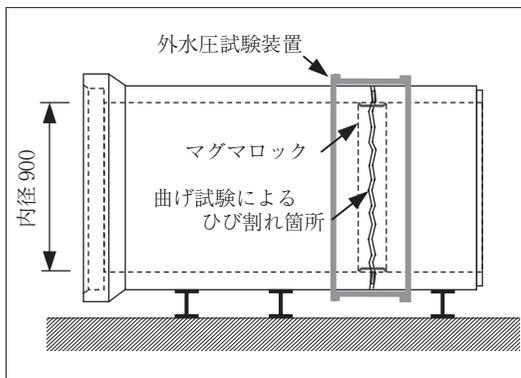


写真-2 外水圧水密試験状況（呼び径 900）



図-4 水密試験状況概要図



的に開発した耐震工法である。

マンホールと管きよの接続部は、地上に達する縦型のマンホールに対して、水平方向に配置した管きよが強固に接続しているため、地震等の地盤のひずみや衝撃によって最も被害が集中する場所となっている。このため『本指針』の3.2.4(3)「耐震方策の解説」で①マンホールと管きよの接続部に対する考え方 (P.84～85) では、「マンホールと管きよの接続部には、可とう継手あるいは継手付きの短管等を設ける」と示している。

本工法は、耐震性構造を有しないマンホールに接続している管きよに対して短管構造とするために、管きよの内側に円周状に一定の深さの切込み (NGJ: New Guide Joint「誘導目地」) を入れ、レベル2地震動に対して耐震性能を有するマグマロックを設置する。

地震時に誘導目地に沿ってひび割れを起こし分離することにより、地震時の衝撃を減衰させるとともに、マンホール側と管きよ側が別々の動きが可能となる。誘導目地に取り付けられたマグマロックは、レベル2地震動に対して追従するため、誘導目地に沿ってひび割れた箇所からの地下水の浸入や土砂の流入を防止する。

本工法の耐震性は、誘導目地の有効性と誘導目地がひび割れた後のマグマロックの水密試験により確認した。誘導目地の有効性については2点支持1点載荷による曲げ試験で、水密試験は曲げ試験で誘導目地に沿ってひび割れた状態の供試体に、継手部の耐震性の確認試験と同様に、外水圧0.1MPa、内水圧0.2MPaで水平、曲げ、複合の3種類の水密試験を行い、水密性を有することを確認することによってレベル2地震動に耐える耐震性を有することを確認した。曲げ試験状況（呼び径2000）を写真-1、曲げ試験結果を表-1、水密試験状況概要図を図-4、水密試験状況を写真-2にそれぞれ示す。

3 地震発生後の追跡調査結果

東日本大震災発生から4ヵ月以上が経過し、下

表-1 曲げ試験結果

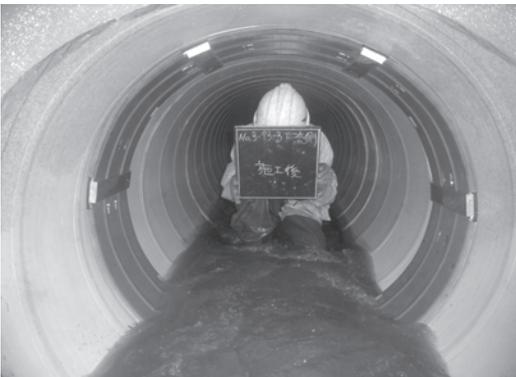
管種	呼び径	切削深さ	残り代	合否	水密試験
外圧管1種	250	18	10	合格	0.1MPa
外圧管1種	500	27	15	合格	0.1MPa
外圧管1種	800	33	33	不合格	
外圧管1種	800	44	20	合格	
外圧管1種	900	55	20	合格	0.1MPa
推進管1種	1350	80	45	不合格	
推進管1種	1350	105	20	合格	0.1MPa
推進管1種	1650	130	20	合格	
推進管1種	2000	155	20	合格	0.1MPa

水道の被害状況調査については一部の地域を除き、大半が終了した。その中にマグマロック工法 NGJ の施工を実施した現場が2現場含まれていたため、次に調査結果について報告する。

写真-3 複合管（ダンビー工法）への施工状況（誘導目地の設置状況）



写真-4 複合管（ダンビー工法）への施工状況（マグマロック設置完了）



3.1 宮城県女川幹線

1件目は、宮城県東部下水道事務所発注の、宮城県東部に位置する石巻市の海岸線に沿った「女川幹線管渠改築工事及び耐震化工事」で、2006年度から3年間にわたり48ヵ所の施工を行った。対象の管きょは、既設管径が呼び径800～1200で、いずれも更生済みの複合管で、更生工法は、SPR工法、ダンビー工法、3Sセグメント工法の3工法で、更生後、裏込め材の養生を待ってからの施工であった。施工状況を写真-3～6、マグマロック工法 NGJ の耐震工事内容を表-2に示す。

写真-5 複合管（SPR工法）への施工状況（誘導目地にマグマロックを設置）



写真-6 複合管（SPR工法）への施工状況（マグマロック設置完了）



表ー2 マグマロック工法 NGJ の耐震工事内容

施工時期	呼び径	更生工法名	施工数量
平成 19 年 5 月	1100	3Sセグメント	10カ所
平成 19 年 6 月	800 1100	SPR工法、 ダンビー工法	4カ所 2カ所
平成 20 年 4 月	1100 1200	ダンビー工法、 ダンビー工法	10カ所 6カ所
平成 20 年 11 月	1100 1200	SPR工法、 SPR工法	4カ所 2カ所
合計			48カ所

女川幹線が流下する石巻東部浄化センターは、今回の地震で壊滅的な被害を受けたため、震災後、管内は長時間下水が滞留したままの状態であった。幹線のルートは海岸線沿いの道路下に埋設されているが、すでに道路周辺の瓦礫は片付けられており、マンホールの位置や状態が確認できる状態であった。女川幹線にほぼ併設している公共下

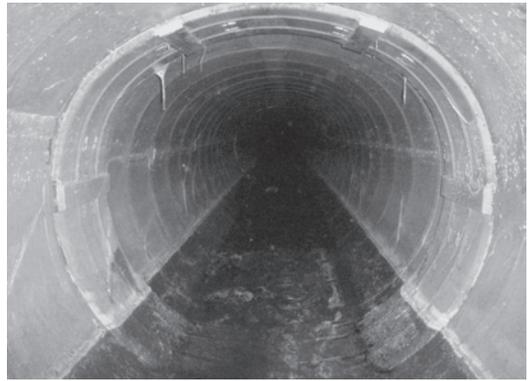
水道はマンホールの浮上が見られたものの、女川幹線側のマンホールには浮上は見られなかったが、浄化センターに近づくに従って道路の起伏が大きくなり、処理センター手前のマンホールは隆起が無いもののマンホールの直壁の継手部には10cmを超える大きな横ズレが2カ所発生した状態であった。災害査定を実施するため、管内水位を一時的に下げたが、長期間下水が滞留した状態だったため管内は黒色の汚れやノロの付着で激しく汚れていた。しかし、マグマロックは管口の近くにあるため、状態をよく目視観察することができた。

調査結果は、48カ所のすべての設置箇所はズレや外れ、浸入水の発生等の異常がないことが確認され、管理者からも耐震性を認めるとの言葉をいただいた。地上のマンホールの状態と管内のマ

写真ー7 浮上したマンホール（公共下水道）



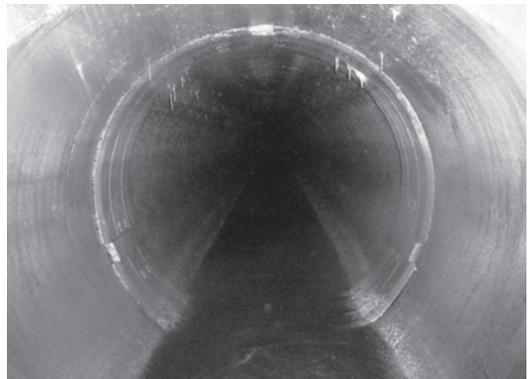
写真ー9 被災後の管内（更生材：ダンビー）



写真ー8 被災後の管内（更生材：SPR）



写真ー10 被災後の管内（更生材：3Sセグメント）

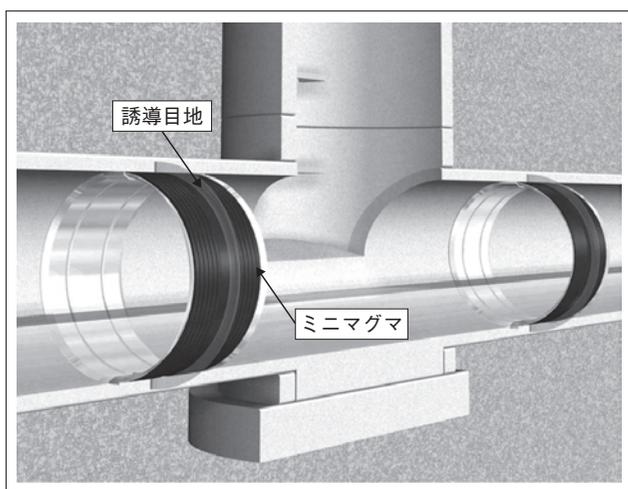


グマロックの状態を写真－7～10に示す。

3.2 新潟県津南町

2件目は、新潟県内陸部で長野県境に近い中魚沼郡津南町大字下船渡地内で実施された、津南町発注の秋成幹線改良工事に伴うマンホールと管さよの接続部の耐震化工事。2010年10月から11月にかけて施工したものである。

図－5 マグマロック工法 mini・NGJ の概要図



表－3 マグマロック工法 mini・NGJ の耐震工事内容

施工時期	呼び径	更生工法の有無	施工数量
平成 22 年 10 月～	450	なし	18 カ所
平成 22 年 11 月～	700	なし	6 カ所
合計			24 カ所

写真－11 被災後の追跡調査（地上）



施工後間もなく、東日本大震災発生翌日の3月12日に長野県北部を震源とする長野地震（震度6強）が発生し、津南町・十日町を震度6弱の地震が襲った。このため、3月18日に被災後の状況調査を行ったが、この地域は降雪量が多く、マンホールが雪に隠れて半数の確認しかできず、残りについては7月7日に2回目の調査を行った。地上部は、道路面にクラックが発生したため

下水道にも被害が想定されたが、調査結果は全数に位置ズレや外れ、浸入水等は見られず異常のないことを確認した。マグマロック工法 mini・NGJ の概略図を図－5、マグマロック工法 mini・NGJ の耐震工事内容を表－3、調査状況を写真－11～12に示す。

4 技術評価と今後の課題

4.1 技術評価

今回の2件の追跡調査は、被災後間もない厳しい条件下で、かつ、限られた時間での目視による調査であったが、結果は、地震による異常な状態は見られず、マグマロック工法 NGJ、マグマロック工法 mini・NGJ ともに、設置したマグマロックやミニマグマに位置ズレや外れ、浸入水等の異常は見られず、

写真－12 被災後の追跡調査（管内）



正常に機能したことを確認することができた。

今後、マグマロックやミニマグマを一旦外して誘導目地の状態を確認する等の詳細調査を実施したいと考えている。

4.2 今後の課題

耐震の技術に使用する材料については、長期の耐久性が要求される。本工法で使用する材料は、ステンレス製のスリーブとゴム製のスリーブと固定金具の3種類である。ステンレスには下水の環境を考慮して、特に耐食性に優れた SUS316 鋼(固定金具も同質)、ゴムは上・下水道の管きょ継手部に使用しているゴム輪として長期の使用実績があり、耐久性と機械的性質に優れた SBR (スチレン・ブタジエン・ゴム) を使用している。

よく聞かれる、「何年持つのか」の問いに対して、これまでは「両材料の製造は、事前に設置箇所の管内径寸法を測定した後に工場で注文生産されるので品質が安定していること、スナップロックが同じ材料を使用して 20 年以上の使用実績があり、その間に変色や腐食等の変化が見られないことから長期 (40 ~ 50 年) の耐久性を有する」と回答してきた。しかし、下水道施設の環境はさまざまであることを考慮して、より正確な耐久性を確認することが本工法としての使命と考え、これまでに設置した材料を直接調査することとした。

調査方法は、現場より試験体を取り外し、ステンレスについては腐食状態調査として表面の SEM 検査、断面観測 (光学顕微鏡)、ゴムについては物理試験 (デュロメーター硬さ、引張試験) 等の各試験を行い、材料の耐久性を確認することとした。

その第 1 回は今年 3 月に実施。熊谷市に設置し

ている、10 年経過した材料と 5 年経過した材料を取り外し、試験を実施した。

今回の試験結果では、ステンレススリーブは、腐食に関する変化はまったく認められず、管内環境が今回と同じ状態であれば今後 100 年、200 年単位の耐久性を有することが確認された。ゴムスリーブについては、硬さ、伸びとも初期強度と比較すると低下が見られるものの規格値内の測定結果であり、今後さらに水密性能を維持できる状態であった。

後は条件の異なる条件での試験体を増やし、下水道管路施設内における使用材料の耐久性について明確にしていきたいと考えている。

5 おわりに

今回の地震は、日本に住む我々に、地震に遭遇することは避けて通れないことと痛感させ、また、近代生活に馴れた現在、ライフラインの中で、下水道の役割がいかに重要な施設であるかについても改めて再認識させた。

このような背景から、今後ますます、地震に対する予防対策としての耐震対策が重要幹線を中心に押し進められると思われる。耐震技術であるマグマロック工法がより信頼され、期待に応えられるよう、今後も技術改良を重ね、施工技術、施工管理の向上を目指していく所存である。

なお、今回の調査は前述したように、目視のみの調査であったため“中間報告”としたが、追加詳細調査が実施できれば、本誌の誌面を借りて報告したい。また、下水道環境内における使用材料の耐久性についても、まとも次第調査結果を紹介したいと考えている。