

3. 使用材料・使用機材

3. 1 抑制剤

リチウムには ASR 膨張を抑制する効果を期待することができる（「1. 4. 1 リチウムの ASR 膨張抑制効果」参照）。

ASR の補修材料として使用できるリチウム化合物として表 3.1-1 に示す 7 種類が挙げられるが、これらのリチウム化合物の中でも亜硝酸リチウムは下記に示すような特徴を有している。

- ①：浸透拡散性に優れる。
- ②：水に溶けやすく高濃度化が図れる。

これらの特徴は、抑制剤をコンクリート中に内部圧入するという本工法の施工方法に極めて有効である。したがって本工法に用いる抑制剤として亜硝酸リチウムを主成分とする水溶液を採用することを基本とする。

図 3.1-1 に亜硝酸リチウム水溶液の荷姿を示す。



図 3.1-1 抑制剤（亜硝酸リチウム水溶液）荷姿

次頁に、「表 3.1-1 リチウム化合物比較一覧」を示す。

表 3.1-1 リチウム化合物比較一覧

	炭酸リチウム	水酸化リチウム	塩化リチウム	珪酸リチウム	硝酸リチウム	亜硝酸リチウム	酢酸リチウム	
	Li ₂ CO ₃	LiOH	LiCl	LiSiO ₃	LiNO ₃	LiNO ₂	LiCH ₃ COO	
代表的用途	強化ガラス原材料 鬱病の薬	宇宙船内部での空気浄化剤	無菌空調吸収材 鬱病の薬 溶接用フラックス	コンクリート下地処理材 アルカリ付与材 コンクリート表面保護材	リチウム二次電池関連 の出発原料	コンクリート補修用混和剤 (塩害、ASR)	有機合成原料 医療薬品原料	
Ph	7価性	7価性	中性	7価性	中性	7価性	7価性	
溶解度(g/100g水)	1.29(25℃)	12.5(25℃)	84.8(25℃)	冷水には不溶、沸騰水には二酸化珪素と水酸化リチウムに完全に分離	84.5(25℃)	42(0℃)	300/(100ml)(15℃)	
高濃度化/再結晶	水には溶けにくく、高濃度化は難しい(再結晶不明)	水には溶けにくく、高濃度化は難しい(再結晶不明)	水には溶けやすく、高濃度化が得られる(再結晶不明)	水には溶けない	水には溶けやすく、高濃度化が得られる(再結晶不明)	水には溶けやすく、高濃度化が得られる(0℃ 42%水溶液)	-	
浸透拡散性	-	-	-	珪酸リチウムはシリケートであり若干の粒子を帯びているため、コンクリートの浸透性に限界がある。	-	リチウム/亜硝酸付ともそのイオンの大きさが非常に小さいため(原子と同じくÅ(10-10m)単位である)浸透・拡散性に優れる	-	
構造物との適合性 (主に練混水として用いた場合)	セメントの効果促進剤	-	鉄筋腐食を促進	-	PC構造物使用については注意が必要	鉄筋の不導体皮膜再生・セメントの始発/終結は早くなる傾向 ・強度特性(12%減~30%増) / 乾燥収縮(無添加のと変わらず)	-	
内部圧入適合化合物 (上記物性、経済性を考慮)	×	×	×	×	○	◎	×	
その他文献等	国内文献① “リチウム化合物による7価骨材反応の抑制” 日本化学工業 技術報告書 No.4 2003	セメントの効果促進剤であるため、可視時間を短縮	他のリチウム化合物よりもASR抑制効果が低い	塩化物イオンを増加させるため、鉄筋腐食を促進させる	-	適用可能なAAR抑制剤	-	-
	全ての化合物もモル比0.5で膨張量を25%まで低減				全ての化合物もモル比0.5で膨張量を25%まで低減			
	国内文献②”Li化合物による7価骨材反応の膨張抑制に関する実験” コンクリート工学年次論文報告集1988	モル比0.7、内添加において長さ変化率、無添加に比べ15%程度まで低減	モル比0.6、内添加において長さ変化率、無添加に比べ50%程度まで低減	-	-	-	モル比0.6、内添加において長さ変化率、無添加に比べ30%程度まで低減	-
	海外文献	-	-	-	-	・PC構造物には注意が必要	-	-
	Li:(Na+K)<0.7以下であれば、膨張が増加傾向	・溶解性が高く他のリチウム塩に比べ分散性に優れている ・Li:(Na+K)<0.7以下であれば、膨張が増加傾向	-	-	・溶解性高く他のリチウム塩に比べ分散性に優れている ・水酸化物より腐食性が低い ・PC構造物には注意が必要	-	-	
	Na2O>2.5%では低減効果は確認されない(モル比0.8)	Na2O>2.5%では低減効果は確認されない(モル比0.8)	Na2O>2.5%でも低減効果は確認された(モル比0.8)	-	Na2O>2.5%でも低減効果は確認された(モル比0.8)	Na2O>2.5%でも低減効果は確認された(モル比0.8)	-	
	-	-	-	-	・硬化コンクリートへの浸透性(16h以上)を比較した場合、水酸化物の2倍程度大きく、無処理に比べ25%まで膨張を低減	-	-	

3. 2 抑制剤圧入システム

抑制剤圧入システムを図 3.2-1 に示す。システムは、①圧入装置、②配管装置、③加圧パッカーに分類される。

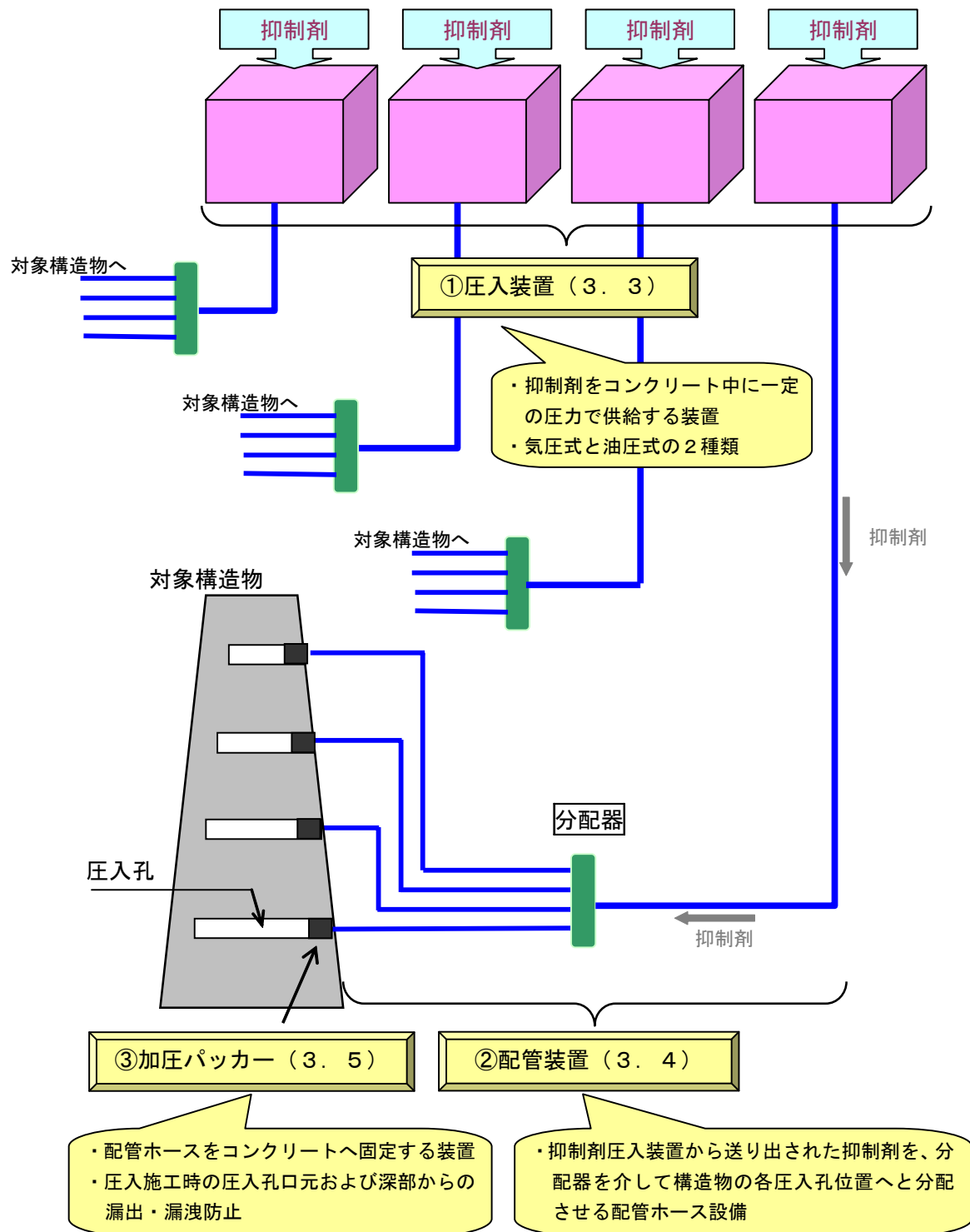



図 3.2-1 抑制剤圧入システム

3. 3 圧入装置

本工法に用いる抑制剤圧入装置とは、抑制剤をコンクリート中に一定の圧力で確実に供給するための一連の装置であり、ガス圧式圧入装置と油圧式圧入装置の2種類に分類される。これら2種類の圧入装置は圧力供給原理が異なるだけで、圧入能力や施工性などの基本性能は同等である。

表 3.3-1 に気圧式圧入装置と油圧式圧入装置の概要を示す。

表 3.3-1 圧入装置

	ガス圧式圧入装置	油圧式圧入装置
装置		
能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧力供給原理；窒素ガス ・ 圧力範囲；0.3 MPa～2.0MPa ・ 併用装置；バルブスタンド 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧力供給原理；油圧シリンダー（バッテリー駆動） ・ 圧力範囲；0.5MPa～2.0MPa ・ 併用装置；バッテリー
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・ 形状寸法；外径φ216（内径φ204）×高さ890mm(有効高さ878mm) ・ 容量；26.2ℓ ・ 分岐仕様；標準20分岐／台 ・ 配管；ウレタンチューブ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 形状寸法；全長960mm×全幅460mm×全高455mm ・ 容量；14.0ℓ ・ 分岐仕様；標準20分岐／台 ・ 配管；耐圧ホース
試験注入工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験加圧注入工は試験注入専用の気圧式圧入装置を用いて行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験加圧注入工は本施工用の油圧式圧入装置を用いて行う。

3. 3. 1 ガス圧式圧入装置

ガス圧式圧入装置（図 3.3-1）は、一定の注入圧を一定期間保持し、抑制剤を窒素ガス圧にて加圧してコンクリート内部へと供給する装置である。

注入圧力の設定は装置に設置されているレギュレータにより行う。装置上部には各種バルブ、メータ、減液管理目盛りが備え付けており、全ての圧入管理作業はこれらの機器類により行う。

ガス圧式圧入装置を用いて施工する場合、試験加圧注入工には専用の圧入装置（図 3.3-2）を使用する。

ガス圧式圧入装置仕様

寸法；外径 $\phi 216$ （内径 $\phi 204$ ） \times 高さ 890mm（有効高さ 878mm）

容量；26.2 ℓ

分岐仕様；標準 20 分岐／台



図 3.3-1 ガス圧式圧入装置



図 3.3-2 試験加圧注入用圧入装置

ガス圧式圧入装置のタンク内に充填した抑制剤を窒素ガスにて加圧するために、下記の2機材を併用する。

① 窒素ガス (図 3.3-3)

② バルブスタンド (図 3.3-4)

窒素ガス、コンプレッサーの選定においては、現場の立地条件・施工条件を考慮し選定するのが望ましい。バルブスタンドは窒素ガスの供給圧を各圧入装置に振り分けるものであり、現状基本仕様としては8分岐である。

ガス圧式圧入装置とバルブスタンドとの接続および各圧入孔への配管は、柔軟性に富むウレタンチューブ (φ8mm) により行うことを基本とする。

図 3.3-5 にガス圧式圧入装置とバルブスタンドの配置例を示す。



図 3.3-3 窒素ガス



図 3.3-4 バルブスタンド



図 3.3-5 圧入装置とバルブスタンドの配置例

3. 3. 2 油圧式圧入装置

油圧式圧入装置（図 3.3-6）は、一定の注入圧を一定期間保持し、抑制剤を装置内部の油圧シリンダーにて加圧してコンクリート内部へと供給する装置である。

コントロールパネルには、各種操作スイッチ、圧力・ストローク表示液晶パネルが備え付けられており、注入圧力の設定など、すべての圧入管理作業はこのパネルにて行う（図 3.3-7）。

油圧式圧入装置を用いて施工する場合、試験加圧注入工、本加圧注入工ともに同一の装置を使用する。

油圧式圧入装置仕様

寸法；全長 960mm × 全幅 460mm × 全高 455mm

容量；14.0 ℓ

分岐仕様；標準 20 分岐／台



図 3.3-6 油圧式圧入装置



図 3.3-7 コントロールパネル

油圧式圧入装置のリザーブタンク内に充填した抑制剤を加圧するための油圧シリンダーは、自動車用バッテリーを駆動電源としている。

油圧式圧入装置から各圧入孔への配管は、耐久性に優れた耐圧ホースにより行うことを標準とする

図 3.3-8 に油圧式圧入装置とバッテリーの配置例を示す。



図 3.3-8 油圧式圧入装置とバッテリーの配置例

3. 4 配管装置

配管装置（図 3.4-1）は、圧入装置内で加圧された抑制剤を施工対象コンクリート構造物まで確実に供給・分配するための装置で、下記の 2 種類で構成される。

- ①配管ホース
- ②分配器

抑制剤は、まず圧入装置から 1 本の配管ホースを通して分配器まで送られる。この分配器で必要本数に分岐させ、対象構造物に削孔した各圧入孔に分配させる。

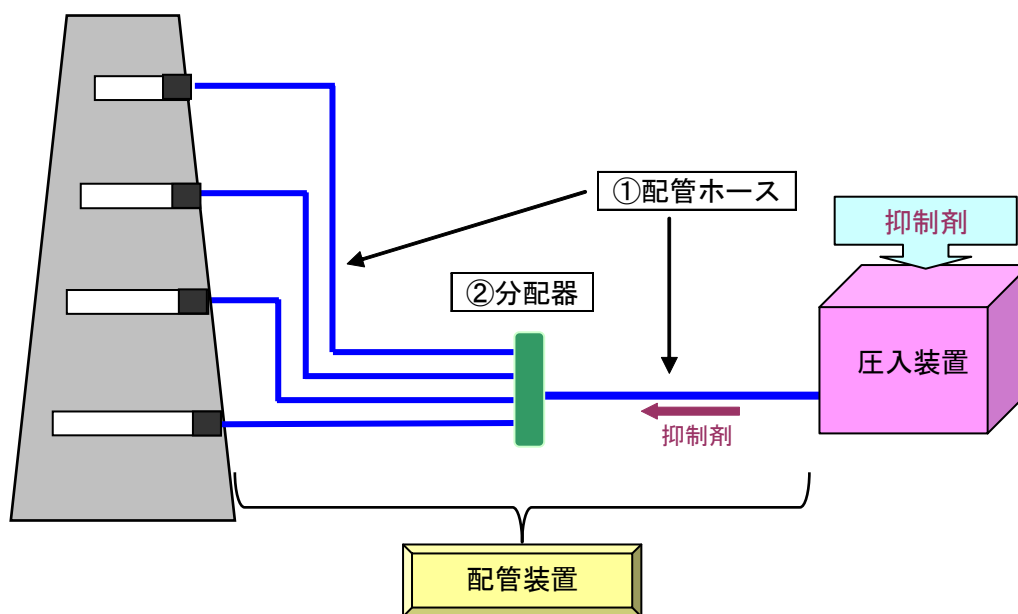


図 3.4-1 配管装置

使用する配管ホースは使用する圧入装置によって異なり、それぞれ表 3.4-1 に示す仕様となる。

表 3.4-1 配管装置の仕様

ガス圧式圧入装置	油圧式圧入装置
<ul style="list-style-type: none"> ・ 配管ホース仕様 ; ウレタンチューブ ・ 分配器での分岐 ; 標準 20 分岐/台 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 配管ホース仕様 ; 耐圧ホース ・ 分配器での分岐 ; 標準 20 分岐/台
<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">ウレタンチューブ</div>  </div>	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">耐圧ホース</div>  </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">分配器</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">分配器</div>

3. 5 加圧パッカー

加圧パッカー（図 3.5-1）は、配管装置の各ホースをコンクリートの各圧入孔に固定するための装置であるとともに、圧入孔の口元部及び深部においてコンクリートに発生しているひび割れからの抑制剤の漏出・漏洩を防ぐために設置するものである。

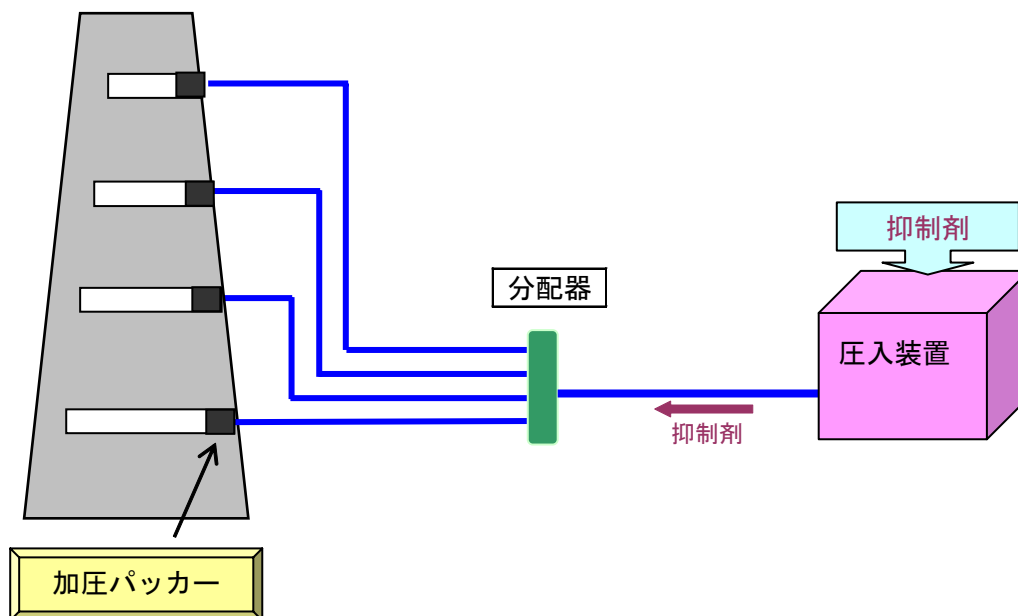


図 3.5-1 加圧パッカー

標準の加圧パッカーは、圧入孔口元部のみに設置するシングルタイプであるが、（施工基準において後述する）試験加圧注入の結果により、深部にも加圧パッカーを設置するダブルタイプ（図 3.5-2）へと変更することがある。

圧入孔に加圧パッカーを挿入し、ナットを締めてゴムスリーブを膨張させ、圧入孔内面との摩擦によって固定する。加圧パッカー本体は最大 4.0MPa の注入圧力に耐える構造となっている。

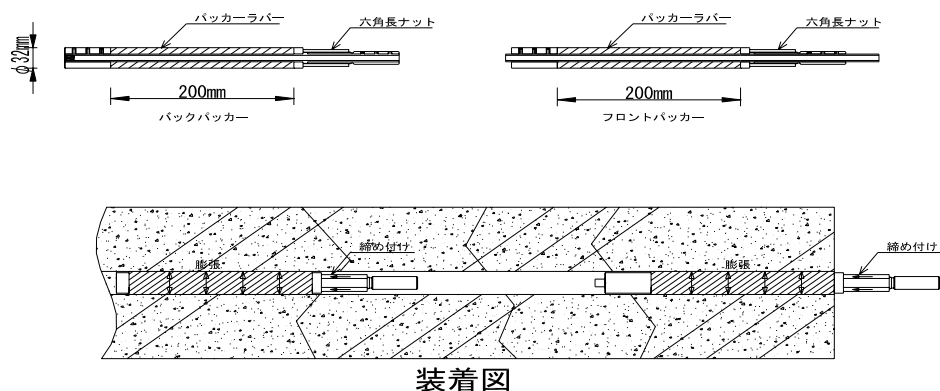


図 3.5-2 加圧パッカー（ダブルタイプ）の例

加圧パッカーは圧入孔径によってφ10mm用、φ20mm用、φ34mm用の3種類があり、パッカー長とともに、必要となる圧入孔長や構造物の種別を勘案して選定する（「4.5 圧入孔（パッカー種別・圧入孔長）の検討」参照）。

表3.5.1に加圧パッカーの種類を示す。

表 3.5-1 加圧パッカーの種類

圧入孔径	写真	概要
φ10mm 用		<ul style="list-style-type: none"> ・ パッカー径；φ8mm ・ 上部工主桁、床版などの部材厚が薄い構造部位に適する。 ・ 適用上限部材厚；600mm程度 ・ シングルタイプのみ
φ20mm 用		<ul style="list-style-type: none"> ・ パッカー径；φ18mm ・ 上部工、下部工、擁壁など、一般の構造部位に広く用いることができる。 ・ 適用上限部材厚；1500mm程度 ・ シングルタイプおよびダブルタイプ
φ34mm 用		<ul style="list-style-type: none"> ・ パッカー径；φ32mm ・ 上部工、下部工、擁壁など、一般の構造部位に広く用いることができる。 ・ 適用上限部材厚；3000mm程度 ・ シングルタイプおよびダブルタイプ