

自己充填モルタルのせん断接着強度

1070491 小野正人

要旨：自己充填モルタル(以下SCM)を補修モルタルとして適用した場合の必要性能の一つである母材（既存）コンクリートとSCMのせん断接着強度に着目し、せん断接着強度を支配する要因を明らかにすることを目的として研究を行った。そのためSCMのせん断接着強度を評価するための簡易的にせん断力を加える試験治具開発をした。そして、接着面がある供試体と一体の供試体のせん断強度を比較することでSCMのせん断接着強度を支配する要因を明らかにした。その結果、SCMのせん断接着強度を支配する要因は水の供給であることがわかった。

Key Words：純せん断試験、自己充填モルタル、せん断接着強度

1. はじめに

現在社会問題となっているコンクリート構造物の劣化や性能向上においてを持続可能なものとして使い続けていくためには、劣化原因を特定し適切な処置により補修や補強を行っていく必要がある。

この工法で使用される従来の補修材料は普通セメントモルタル、ポリマー含有モルタルなどがある。大規模な断面修復において、材料に求められる性能は高い接着強度と隅々まで充填される流動性である。そこで最近では様々なメーカーが補修材料を発売しているが、性能を満足させるために様々な混和剤を使用し独自の配合をしているため補修材料の単価が高いなど課題が多々ある。

そこで汎用の材料で構成され緻密で高い流動性と高い強度を持つ自己充填モルタル(以下SCM)をコンクリート構造物の断面修復の補修材料として用いることを考えた。

自己充填モルタルは、セメント、細骨材、高性能AE減水剤など汎用の材料で構成されているため経済性が良く、高い流動性を持つため補修箇所に型枠を組み打設するだけで重力の作用で補修箇所の隅々まで充填できるので補修作業の簡略化や作業時間の短縮などが期待できる。

補修材料に要求される性能は修復の対象になるコンクリート(以下母材)と接着性である。補修材として断面修復に用いた場合、接着界面に圧縮、引張、せん断の応力が生じる。

そこで、本研究では接着強度の一つであるせん断接着強度に着目し、SCMのせん断接着強度を支配する要因を明らかにした。

2. 試験治具の開発

(1) 純せん断状態を作る目的

せん断接着強度を明らかにするために必要なのは接着界面にせん断状態を作ることである。実際の構造物に適用した場合せん断状態は圧縮や引張を同時に伴う。しかしこの場合、様々な要因を排除して純粋な性能の解明が必要である。

(2) 従来のコンクリートせん断試験方法

既存よりせん断試験・実験の方法が提案されている。しかし、これらの方法は回転や曲げなど目的以外の要因を排除するために大型の治具を使用し、かつ専用の供試体を作成する必要があり短期間でかつ省力で大量に実験するには向いていない。そのためMohrの破壊包絡線やMohr-Coulombの破壊包絡線を用いて圧縮、引張強度から求める式もある。ここでせん断試験の一例を図-1に紹介する。

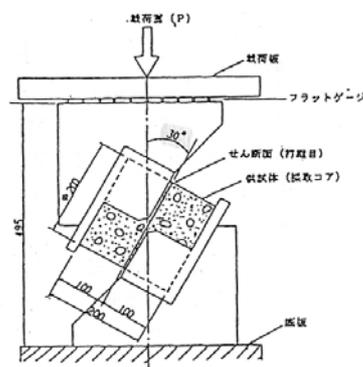


図-1 従来の一面せん断試験方法

この試験は、荷重方向とせん断破壊面との傾斜角 α をアダプターを使用することで可変とし、破壊荷重 P から次式で求められる直応力 σ およびせん断応力 τ より、Mohr-Coulombの破壊包絡線 $\tau = \sigma \tan \alpha + c$ を特定するものである。 τ_0 が求めるせん断強度である。

$$\sigma = \frac{P}{A} \sin \alpha, \quad \tau = \frac{P}{A} \cos \alpha \quad (A: \text{断面積})$$

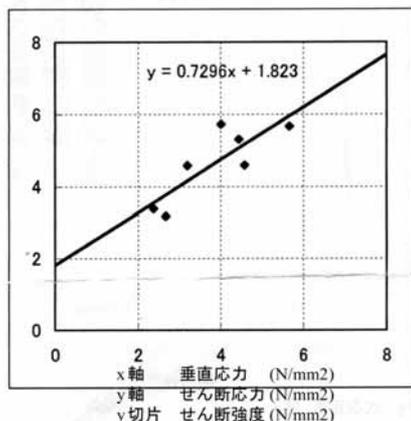


図-2 せん断破壊包絡線の特定

図-2は従来の一面せん断試験を用いてせん断破壊包絡線を描いたものである。

(3) 純せん断試験治具の開発

本研究の目的である自己充填モルタルのせん断接着強度を評価するために必要な試験治具を開発した。

開発の方針として注目した点は以下示す

- ・ 円柱供試体を流用できる
- ・ 万能試験機を利用できる
- ・ 人力で設置できるよう軽量でかつ簡単である
- ・ 加力で曲げや回転が起きないようにする

これらの条件を満たす試験の概念(図-3)と開発した純せん断試験治具(図-4)を以下に示す

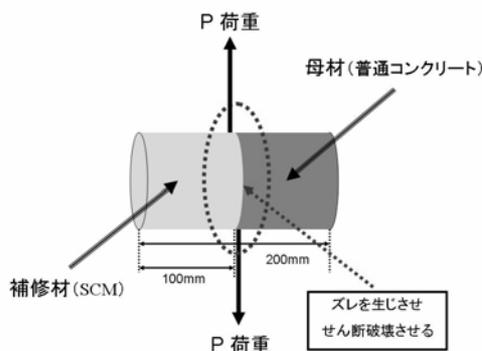


図-3 試験の基本概念 (円柱供試体は接着試験用)

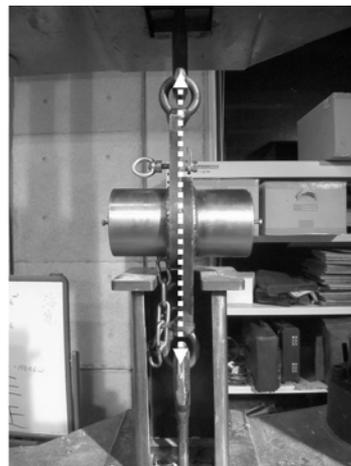


図-4 開発したせん断試験治具

従来の試験方法との違いは圧縮からせん断状態を作るのではなく引張からせん断状態をつくる。これにより面で加力から線で加力することが出来る。またこの方法は目標の面に直接加力できるので回転を極力抑えることが出来る。さらに治具の形状で回転を抑えるように工夫した。

3. 純せん断試験治具の検証

(1) 検証方法

実際に治具を用いて出したせん断強度と圧縮、引張強度より2(3)-(1)式から出した計算せん断強度を比較する。

(2) 供試体の配合設計

供試体せん断、圧縮試験には10×20円柱供試体、割裂引張試験は10×15円柱供試体を使用した。

モルタルは自己充填モルタル(以下SCM)と普通モルタル(以下NM)であり、共に高流動コンクリート示法書に準拠した。SCMの水粉体容積比(以下 V_w/V_c)(水セメント比(以下 W/C))は80(25)%, 100(32)%, 120(38)%, 140(44)%, 160(51)%, NMは180(57)%, 200(63)%である。混和剤の配合はSCMにおいてスランプフロー試験で27cm×27cmで、NMではAE減水剤の推奨値を参考に配合した。(表-2) 材料は表-1に示す

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント (比重 3.15)
細骨材	高知県白木谷産石灰石砕砂 (比重 2.69)
混和剤 SCM	高性能 AE 減水剤 (ポリカルボン酸系)
混和剤 NM	AE 減水剤 (変性リグニンスルホン酸化合物)

表-2 モルタル配合

Vw/Vp(%)	W/C [C/W]	s/m(%)	kg/m ³				Ad/C	Adの種類
			W	C	S	Ad		
80	0.25 [3.9]	45	171	647	847	25.8	4.0	SP
100	0.32 [3.2]		193	606		9.3	1.6	
120	0.38 [2.6]		210	551		5.8	1.1	
140	0.44 [2.3]		224	505		2.9	0.6	
160	0.51 [2.0]		237	466		1.1	0.3	
180	0.57 [1.8]		248	433		3.2	0.8	AE 減水剤
200	0.63 [1.6]		257	404		1.9	0.5	

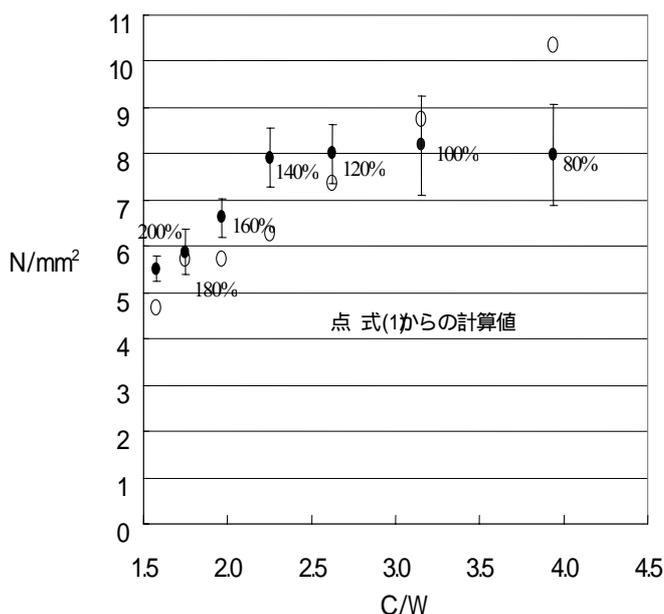


図-5 せん断試験結果

(3) 試験結果・考察

この計算式は普通コンクリートのせん断強度を求めするために使われる計算式の一例である。図-5の点は以下の式(1)で求めた。

$$= 0.5 \times \sqrt{c \cdot t}$$

c : 圧縮強度、 t : 引張強度

試験結果と比較を図-5に示す。実際にせん断治具を用いて出した強度と計算のせん断強度共にセメント水比(以下C/W)の上昇と共に上昇していることがわかる。

C/W1.6~3.2は実験・計算共に出した結果と似たような挙動を示すことがわかる。セメント水比3.9は実験値と計算値が離れている。この原因はまだよくわかっておらず、今後の研究の課題としていく。

やはり限りなくせん断状態に近い状態を再現するに

しても、断面に純せん断状態を作るのは難しく、若干曲げや引張りが加わり、また試験治具自体の変形による別の要因が発生している可能性がある。

しかし、他に提案されているせん断試験方法も圧縮や引張、曲げは起きている。この試験治具の最大の目的である従来の円柱供試体を活用でき、簡易的に準備が出来かつ構造が明確であることが達成できた。

4. 配合条件とせん断付着強度の関係

(1) 検証方法

図-1, -2より開発したせん断試験治具と 100×200円柱供試体をせん断接着用に工夫した供試体を使用した。

(2) 供試体の作成

供試体は 100×200円柱供試体と同じ形状である。(図-3 参照)20mmのうち100mmが母材となる普通コンクリート、もう100mmがSCMである。

次に母材となる普通コンクリートの配合(表-3)を説明する。既存のコンクリートの代用としての母材であり、試験を行ったときに母材の破壊で終わらないように出来るだけ高い強度を持つように配合した。また母材は、円柱形の型枠に高さの半分程度まで打設、24時間養生した後脱型、28日間以上水中養生を行った。そして母材は、せん断接着試験用供試体を作製する時に表面の凹凸によるバラツキをなくすためにコンクリート用研磨機で表面を削り平滑にした。使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。

表-3 母材の配合と圧縮強度

W/C	s/a	kg/m ³					σ_c (N/mm ²)
		W	C	S	G	Ad	
0.46	0.39	160	352	712	1124	5.28	43.7

次にもう半分の補修材の配合を説明する。モルタルはSCMでありVw/Vc(W/C)は80(25)%, 100(32)%, 120(38)%、

140(44)%, 160(51)%である。配合は表-2である。

打設の時の注意事項は母材が補修材の水分を吸い取る現象(ドライアウト現象)を防ぐことである。このため、母材は打設直前まで十分水中養生した。打設後は20封緘養生7日した。

(3) 試験結果・考察

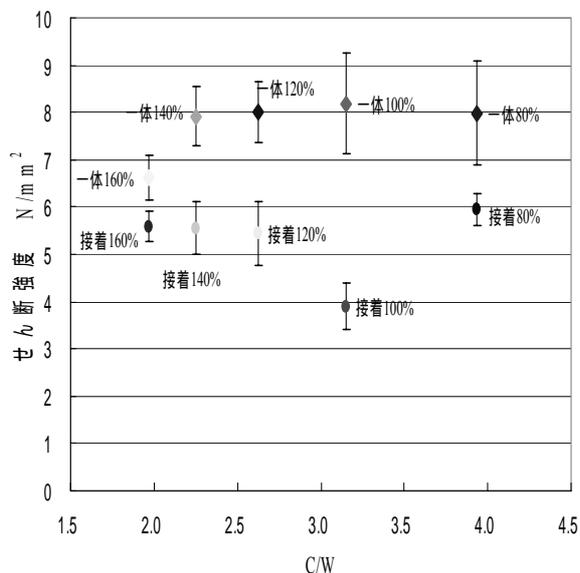


図-6 せん断接着試験結果、
一体ものと接着の比較

試験結果を図-6に示す。モルタルの接着力はセメントの水和に大きく影響されると考える。一般的にセメント水和に必要なW/Cは0.3~0.4といわれており、封緘養生の場合は練混ぜ水のみで養生する必要である。

図-6より、C/W(W/C)は2.0(0.51)より2.3(0.44), 2.6(0.38)は若干下がり3.2(0.32)で大きく下がる。ここで考えられるのは養生に必要な水不足で十分な接着力が得られなかったことがいえる。3.9の場合、高性能AE減水剤添加量が4.0%と著しく高く、セメント粒子が沈降したため接着界面が著しく緻密になったためと考えている。

また一体もののせん断試験結果とせん断接着強度の試験結果(図-6)を用いて、強度の差(図-7)を求めた。一体ものが接着強度より高いのは、境界面が無いこともさることながら、仮想的に境界面があると考え、接着試験供試体は補修モルタル側一方からしか水が供給されていないに対して、一本ものは両面から水が供給されているといえる。さらにこの差がC/W(W/C)が3.2(0.32)で顕著になるのはセメント水和に必要な最低限の水しかモルタルに無いため接着強度を向上させる水分が不足したと考えられる。

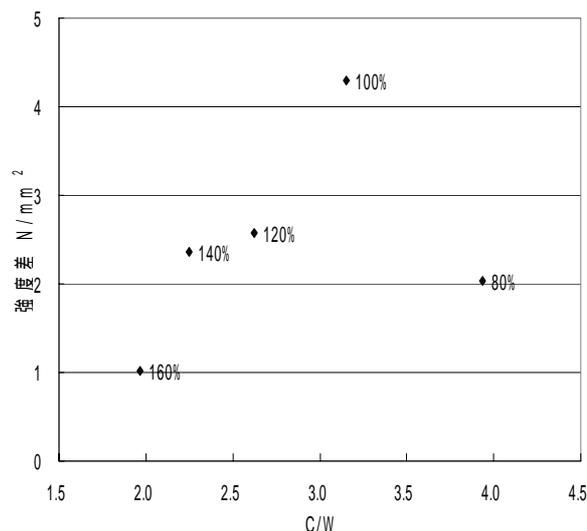


図-7 一体ものと接着の強度差
(一体ものの強度から接着強度を引いたもの)

5. まとめ

本研究では、自己充填モルタルを補修モルタルとして適用した場合の必要性能の一つである母材(構造物を想定)コンクリートと自己充填モルタルのせん断接着強度に着目し、せん断接着強度を支配する要因を明らかにすることを目的として研究を行った。

- (1) 開発したせん断試験治具は簡易的にせん断強度を求めることが出来る。
- (2) C/Wが増加することでSCMのせん断接着強度は低下する。
- (3) C/Wが増加することでSCMの一本もの供試体のせん断強度とせん断接着強度との差が増加した。
- (4) C/Wが極めて大きい場合(W/C=0.25)は強度が大きくなった。これはSP/C=4.0%と著しく高くセメント粒子が分離により沈降し接着面が非常に緻密になったと考えられる。

参考文献

- 1) 瀬古育二, 山口温朗, 自閑茂治 :RCDコンクリートのせん断強度に関する検討,ダム技術 No.26(1988)
- 2) 田中 浩 :純せん断力を受けるコンクリートの強度に関する研究,クリモト技報 No.51