建設技術審査証明事業（土木系材料・製品・技術、道路保全技術）
概要書

RMA

あと施工型せん断補強用無機系モルタルカプセルおよびせん断補強鉄筋

建技審証第1203号

建設技術審査証明書

建技審証第 1203 号

技術名称　あと施工型せん断補強用無機系モルタルカプセルおよびせん断補強鉄筋
「RMA」

（開発の趣旨）
補強が難しいとされていた供用中の既設構造物に対して、部材の片側からのみの補強施工が可能で、かつ、せん断耐力のみを向上（せん断耐力／曲げ耐力の比を向上）させて、所要の地震時の安全性を確保することができ、グラウト作業の軽減、モルタルの品質の安定化を図り、効率的かつ容易に施工ができるあと施工せん断補強に用いる定着材およびせん断補強鉄筋を提供する。
（開発の目標）
(1)「RMA」の定着性能
「RMA」の定着長を先端斜めカットせん断補強鉄筋は 6D、両端頭付きせん断補強鉄筋は 4D 以上確保することで、それらのせん断補強鉄筋は、規格降伏強度相当の定着力を発揮できること。（D：せん断補強鉄筋の直径）
(2)「RMA」配置後のせん断耐力
「RMA」を用いてあと施工せん断補強したせん断耐力の補強効果を、標準の半円形フック付きせん断補強鉄筋で補強した部材のせん断補強鉄筋による耐力寄与分に有効率を乗じたものとして評価でき、曲げ降伏するまでせん断破壊しないこと。
(3) 施工の確実性
背面に地盤などがあり、片側からしか施工できない部材のせん断補強に対して所要の品質を安定して確保でき、施工が確実にできること。
(4) 施工の容易性とじん速性
狭あいな空間や複雑な部位において、大型機材を用いることなく、容易かつ、じん速に施工できること。

一般財団法人土木研究センターの建設技術審査証明事業実施要領に基づき、依頼のあった標記の技術について下記のとおり証明する。

平成 24 年　8 月　6 日
平成 26 年　3 月 17 日　内容変更
平成 28 年　2 月　1 日　内容変更

建設技術審査証明事業実施機関
一般財団法人　土木研究センター
理 事 長　西川和廣

記

1. 審査証明の結果
上記の開発趣旨、開発目的に照らし合わせた結果、「RMA」は、以下の性能を有することが確認された。
(1)「RMA」の定着性能
「RMA」の定着長を先端斜めカットせん断補強鉄筋は 6D、両端頭付きせん断補強鉄筋は 4D 以上確保することで、それらのせん断補強鉄筋は、規格降伏強度相当の定着力を発揮できることが確認された。（D：せん断補強鉄筋の直径）
(2)「RMA」配置後のせん断耐力
「RMA」を用いてあと施工せん断補強したせん断耐力の補強効果を、標準の半円形フック付きせん断補強鉄筋で補強した部材のせん断補強鉄筋による耐力寄与分に有効率を乗じたものとして評価でき、曲げ降伏するまでせん断破壊しないことが確認された。
(3) 施工の確実性
背面に地盤などがあり、片側からしか施工できない部材のせん断補強に対して所要の品質を安定して確保でき、施工が確実にできることが確認された。
(4) 施工の容易性とじん速性
狭あいな空間や複雑な部位において、大型機材を用いることなく、容易かつ、じん速に施工できることが確認された。
2. 審査証明の前提
(1) 本審査証明は、依頼者からの試験データ等の資料を基に審査し、確認したものである。
(2)「RMA」は、所定の材料を用いて、適切な品質管理のもとで製造されているものとする。
(3)「RMA」は、適正な補強設計によって計画されるものとする。
(4)「RMA」は、適正な機材、施工手順および適正な管理によって施工されるものとする。
3. 審査証明の範囲
(1) あと施工によるせん断補強の目的で用いる。
(2) 既存構造物の片側面からの補強施工に適用する。
(3) 地中構造物（ボックスカルバートや擁壁、上下水道施設）や、半地下および地上構造物（水門、堰、橋台）において、既設鉄筋コンクリート部材（壁、底版、頂版、梁、柱）の補強に適用する。
(4) 部材厚 300mm以上かつ、d－d′－D′/2 > 2ly に適用する。（d:有効高さ、d′:主鉄筋かぶり、ly:あと施工せん断補強鉄筋の定着長（先端斜めカットせん断補強鉄筋:6D、両端頭付きせん断補強鉄筋:4D）部材厚とせん断補強鉄筋の組合せは、p.12 の 3）に示すものとする。）
(5) 原則として設計基準強度 18 ～ 40N/mm^2 のコンクリートに用いる。
(6) モルタルカプセルの使用材料、形状寸法は、建設技術審査証明報告書 p.13 の表Ⅰ-4.4 に示すものとする。
(7) あと施工のせん断補強鉄筋は、JIS G 3112 に適合する異形棒鋼（種類:SD345、呼び径:D13、D16、D19、D22、D25、D29、D32）を用いる。（モルタルカプセルとせん断補強鉄筋の呼び名および形状の組合せは、p.13 の表Ⅰ-4.3 に示すものとする。）
(8) 狭あいな空間での施工に使用する転造ねじ継手は、建設技術審査証明報告書 p.14 の表Ⅰ-4.6 に示すものとする。
(9) 鉄筋干渉時に生じる高止まりについては、建設技術審査証明報告書 p.120 に示すものとする。
4. 留意事項
「RMA」によって、曲げ降伏が先行するようにせん断耐力の補強をおこなった場合、追加された「RMA」の鉄筋による曲げじん性の増加を期待してはならない。
5. 審査証明の詳細：　建設技術審査証明報告書
6. 審査証明の有効期限　平成 29 年 8 月 5 日
7. 審査証明の依頼者　**株式会社ケー・エフ・シー**
所在地：東京都港区芝公園 2-4-1

平成28年2月

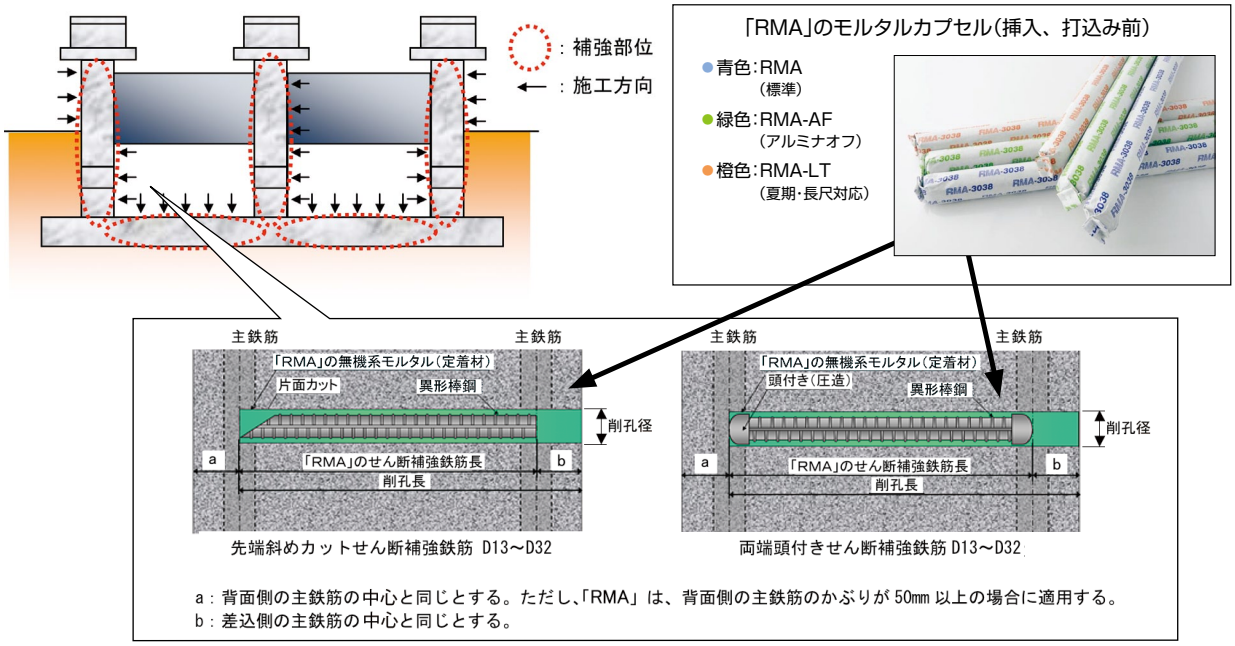
建設技術審査証明協議会会員

一般財団法人 土木研究センター（PWRC）

技術の概要

旧設計基準により設計されたコンクリート構造物の中には、現在の耐震設計法におけるレベル２地震動に相当する地震力を受けた場合に、部材のせん断耐力が不足するものが多数存在することが指摘されている。しかし、既設の地下構造物（背面を地盤に接する水槽やカルバート、擁壁）や半地下および地上構造物（水門・堰・橋台）では、補強工事を構造物の内側からしかできない、また、構造物が供用状態にある制約条件によって、部材の片側からの施工しかできないという理由から、有効な補強方法が少なく、これまで耐震補強工事は進んでいなかった。

そこで、既設構造物に対して、部材の片側からのみの補強施工が可能で、所要の地震時の安全性を確保することができるあと施工せん断補強の定着材としてのモルタルカプセルとせん断補強鉄筋である「RMA」を開発した。供用中の構造物は補強に要する日数などの制約が厳しい場合が多く見られるが、このような場合でも「RMA」ならば、モルタルが内包されたカプセルにより、グラウト注入作業を軽減でき、せん断補強鉄筋の形状により、削孔は１回で済み、より効率的かつ容易に高品質な施工ができる。また、狭あいなスペースにおいては、開発した転造ねじ継手を採用することにより施工の可能性が拡がった。



「RMA」によるあと施工せん断補強

●せん断耐力の設計法

「RMA」で補強されたRC部材の単位幅当たりのせん断耐力V_{yd}が、以下の式で算出できることを部材実験により確認している。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{RMAd}$$

$$V_{RMAd} = \beta_{aw} \cdot V_{awd} = \beta_{aw}[A_{aw} \cdot f_{awyd} (\sin \alpha_{aw} + \cos \alpha_{aw}) / S_{aw}] z / \gamma_b$$

$$\beta_{aw} = 1 - l_y / S_{rb}$$

ただし、先端側の主鉄筋が１段の場合は $1 - l_y/(S_{rb} - D'/2)$

また、β_{aw}の上限値は右表とする。

β_{aw}の上限値

	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
先端斜めカット せん断補強鉄筋	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.78	0.75
両端頭付き せん断補強鉄筋	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85	0.84

V_{cd} ： せん断補強鉄筋を用いないRC部材の単位長さ当りのせん断耐力（2012年制定・コンクリート標準示方書［設計編：標準］３編2.4.3.2）

V_{sd} ： 既存のせん断補強鉄筋により負担されるRC部材の単位長さ当りのせん断耐力（2012年制定・コンクリート標準示方書［設計編：標準］３編2.4.3.2）

V_{RMAd} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋による負担される単位長さ当りのせん断耐力

V_{awd} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋を通常のせん断補強鉄筋と見なして求められる単位長さ当りのせん断耐力

β_{aw} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋のせん断耐力の向上への有効性を示す係数。ただし、部材厚が下記の場合、β_{aw}＝０（適用外）とする。
先端斜めカットせん断補強鉄筋：400mm未満、転造ねじ継手付きは500mm未満
両端頭付きせん断補強鉄筋：300mm未満、転造ねじ継手付きは400mm未満

A_{aw} ： 単位長さ当りの区間S_{aw}における「RMA」のせん断補強鉄筋の総断面積

f_{awyd} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋の設計降伏強度で400N/mm^{2}以下とする。

α_{aw} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋が部材軸となす角度

S_{aw} ： 「RMA」のせん断補強鉄筋の配置間隔

z ： 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般にd/1.15（dは有効高さ）とする。

γ_b ： 部材係数。ここでは、1.1とする。

l_y ： 「RMA」の定着長（せん断補強鉄筋が先端斜めカット：6D、両端頭付き：4D）

S_{rb} ： せん断補強対象部材の圧縮鉄筋と引張鉄筋のそれぞれの図心の間隔（d－d'）
ただし、下記の場合、「RMA」の適用外とする。
１段配筋：標準は$d - d' - D'/2 \leq 2l_y$、転造ねじ継手付きは$d - d' - D'/2 - L_{JC} \leq 2l_y$
２段配筋：標準は$d - d' \leq 2l_y$、転造ねじ継手付きは$d - d' - L_{JC} \leq 2l_y$
（L_{JC}は転造ねじ継手全長）
（圧縮鉄筋がない場合は、有効高さから引張鉄筋のd'と同じ分だけを差し引く。ただし、引張鉄筋のかぶりは、50㎜未満の場合、「RMA」の施工性から50㎜とする。）

D' ： 背面側最外縁の主鉄筋の直径

●施工方法

まずコアドリル等で既設構造物を内空側から削孔する。次に水に浸漬しておいた「RMA」のモルタルカプセルを孔口から挿入する。その後、ハンマードリル等でせん断補強鉄筋を打ち込み、溢れたモルタルを左官仕上げで平滑にする。孔内に充填された「RMA」のモルタルが硬化することにより、せん断補強鉄筋と既設構造物が一体化する。モルタルの充填とカプセルの破砕が確実に実施できることが、施工試験により確認されている。

技術の特徴

	性能の特徴
構造性能	せん断補強鉄筋の降伏強度まで定着を確保できる。
施工性能	一定時間の水中浸漬で、安定した高品質のモルタルが得られるので、現場での練混ぜ作業、グラウト注入作業等がなく施工の省力化が可能。 RMA－LTを使用することにより、夏期や長尺といった場合でも時間的に余裕を持って施工することができる。
耐久性能	カプセルを挿入し、手順通りのせん断補強鉄筋の打込みを行うことにより、所定の耐久性を確保できる。
環境性能	RMA－AFを使用することにより、アルミナの浸出を抑えることができる。

	施工方法の特徴
削孔	← 削孔１回 施工の省力化＝**工期短縮**
グラウト注入、鉄筋打込み	←せん断補強鉄筋打込み 差し込んだモルタルカプセル 施工の省力化＝**工期短縮**

審査証明の結果

1. 力学的性能

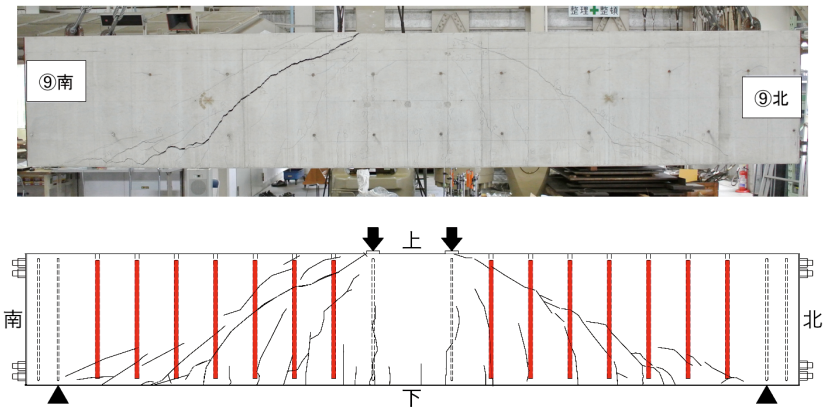
（1）「RMA」の定着性能

「RMA」の定着長を、先端斜めカットせん断補強鉄筋を使用する場合は6D以上、両端頭付きせん断補強鉄筋を使用する場合は4D以上（D：せん断補強鉄筋の直径）確保することで、それらのせん断補強鉄筋は、規格降伏強度相当の定着力を発揮できることが確認された。

（2）「RMA」配置後のせん断耐力

「RMA」を用いてあと施工せん断補強したせん断耐力の補強効果を、標準の半円形フック付きせん断補強鉄筋で補強した部材のせん断補強鉄筋による耐力寄与分に有効率を乗じたものとして評価でき、曲げ降伏するまでせん断破壊しないことが確認された。なお、曲げ降伏後にせん断破壊に至る可能性について否定することが確認されたものではない。

せん断破壊する梁の単調載荷実験



「RMA」で補強した梁のせん断破壊

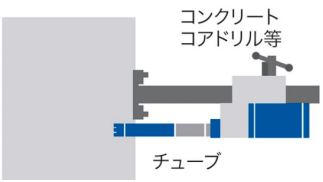
2. 施工性

（1）施工の確実性

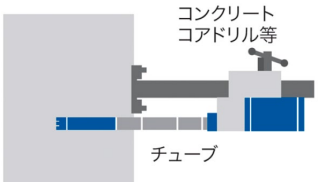
背面に地盤などがあり、片側からしか施工できない部材に対して所要の品質を安定して確保でき、施工が確実にできることが確認された。

（2）施工の容易性とじん速性

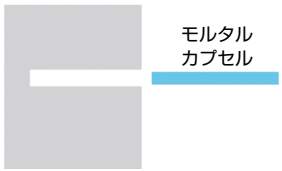
狭あいな空間や複雑な部位において、大型機材を用いることなくに容易かつ、じん速に施工できることが確認された。



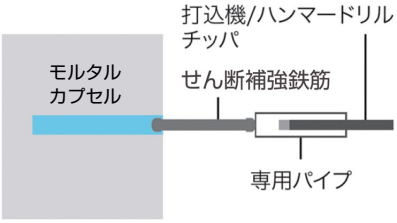
① コンクリートコアドリルのベースをセットし、削孔する。
※ ハンマードリル、削岩機による削孔も可能。



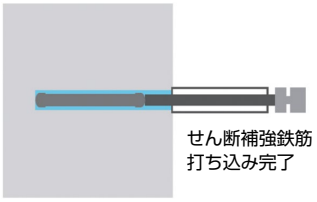
② チューブでダイヤモンドビットをジョイントし、所定寸法まで削孔を行う。
清水を循環し孔内の清掃を行う。



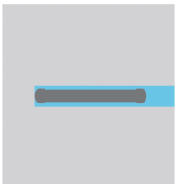
③ モルタルカプセルを2～5分間浸漬する。



④ 水中浸漬完了後、速やかに孔内に挿入する。



⑤ ハンマードリルまたはチッパによりせん断補強鉄筋に打撃を加えながら所定寸法まで打ち込む。



⑥ 所定のかぶり厚さを確保し表面仕上げを行う。
このとき余剰モルタルは除去する。

技術の適用範囲

1) 既設構造物の片側面からの補強施工に適用する。

2) 地中構造物（ボックスカルバートや擁壁、上下水道施設）や、半地下および地上構造物（水門、堰、橋台）において、既設鉄筋コンクリート部材（壁、底版、頂版、梁、柱）の補強に適用する。

3) 下記の場合に適用する。
1段配筋：標準は $d-d'-D'/2>2l_y$、転造ねじ継手付きは $d-d'-D'/2-L_{JC}>2l_y$
2段配筋：標準は $d-d'>2l_y$、転造ねじ継手付きは $d-d'-L_{JC}>2l_y$
かつ、部材厚が下記である。
- 先端斜めカットせん断補強鉄筋：400mm以上（転造ねじ継手ありの場合：500mm以上）
- 両端頭付きせん断補強鉄筋：300mm以上（転造ねじ継手ありの場合：400mm以上）
なお、壁厚の上限は施工性から5m以下の範囲内で200D+かぶり厚とする。

（ここに、d：有効高さ、d'：主鉄筋の図心、l_y：「RMA」の定着長　L_{JC}：転造ねじ継手全長、D'：主鉄筋径、D：せん断補強鉄筋径≦D32）

モルタルカプセルとせん断補強鉄筋の組合せによる定着長は右表に示す。

4) 原則として設計基準強度18～40N/mm^{2}のコンクリートに用いる。

5) 留意事項：「RMA」によって、曲げ降伏が先行するようにせん断力の補強をおこなった場合、追加された「RMA」の鉄筋による曲げじん性の向上を期待してはならない。

「RMA」の定着長　（D：せん断補強鉄筋の直径）

モルタルカプセル	せん断補強鉄筋	l_y：定着長
RMA（標準）	先端斜めカット	6D
	両端頭付き	4D
RMA-AF（アルミナオフ）	先端斜めカット	6D
	両端頭付き	4D
RMA-LT（夏期・長尺対応）	先端斜めカット	6D

審査証明有効期間

平成24年8月6日～平成29年8月5日
（内容変更：平成28年2月1日）

技術保有会社／お問い合わせ先

株式会社 ケー・エフ・シー
東京ファスナー部　〒105-0011 東京都港区芝公園2-4-1　TEL：03-6402-8261
大阪ファスナー部　〒530-0047 大阪市北区西天満3-2-17　TEL：06-6363-4126
名古屋営業所　〒461-0048 名古屋市東区矢田南5-1-11　TEL：052-711-8088

本概要書は、一般財団法人土木研究センター（PWRC）が行った「建設技術審査証明（土木系材料・製品・技術、道路保全技術）」の結果を、広く関係各位に紹介する目的で作成したものであります。
一般財団法人土木研究センター（PWRC）企画・審査部　TEL03-3835-3609　http://www.pwrc.or.jp/shinsa.html