

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法 設計・施工マニュアル（案）

平成 28 年 1 月

JFE シビル株式会社

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法 設計・施工マニュアル(案)

目 次

	(頁)
第1章 総則	1
1.1 適用範囲	1
1.2 用語の定義	4
1.3 工法概要	4
第2章 使用材料	5
2.1 グリッドメタル	5
2.2 充填材	7
2.3 表面処理材	8
2.4 接着剤	8
第3章 設計	9
3.1 一般	9
3.2 補強形式	9
3.3 荷重	11
3.4 部材の許容応力度	11
3.5 曲げを受けるはりの部材断面応力度の算定および照査	13
3.6 設計フロー	14
3.7 コンクリート・鉄筋およびグリッドメタルの応力度の検討	15
3.8 既設RCと補強材の界面の付着応力度の検討	20
3.9 格子内充填材の支圧応力度の検討	22
3.10 グリッドメタル横筋のせん断応力度の検討	23
3.11 A形(ひし形)のグリッドメタルを使用した場合の検討	23
3.12 損傷を受けた部材の補修	25
3.13 構造細目	25
資料1	28
第4章 施工	33
4.1 施工一般	33
4.2 施工前調査	34
4.3 下地処理工	35
4.4 素地調整工	35
4.5 グリッドメタルの取り付け	36
4.6 充填材吹き付け	37
4.7 仕上げ・養生	38
4.8 検査	39

第1章 総則

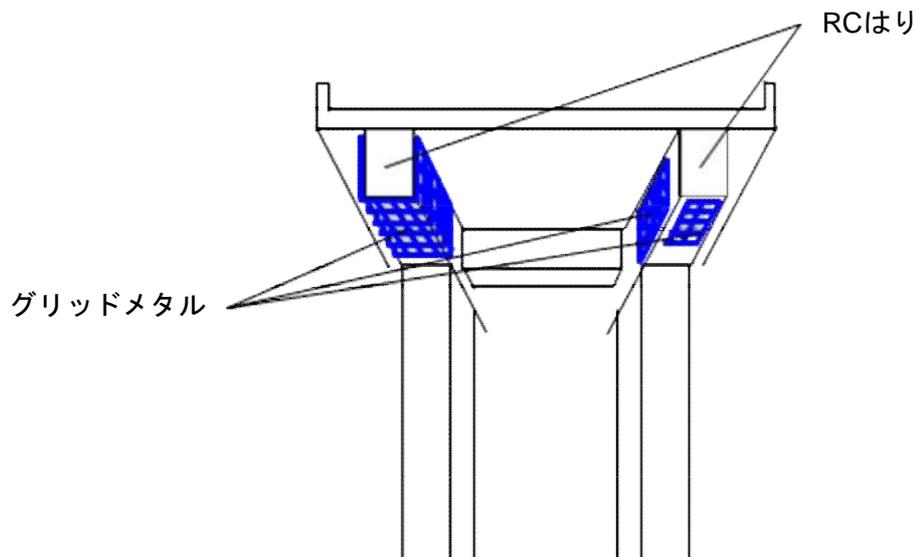
1.1 適用範囲

- (1) 本マニュアル（案）は、グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法的设计および施工の基本を示すものである。
- (2) 本マニュアル（案）では、「使用材料」の品質と構造計算に用いる特性値、「設計」、「施工」および「品質管理」の要領について示す。

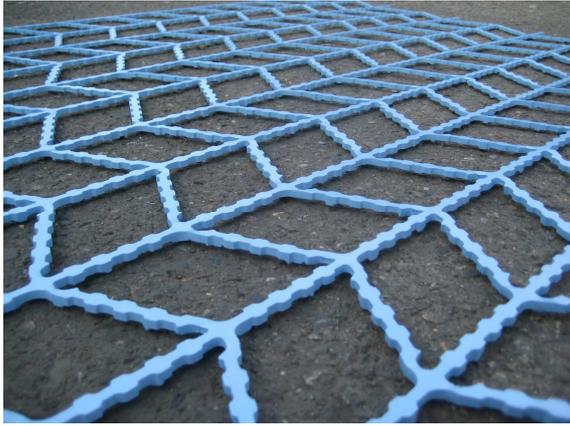
【解説】

- (1) 本マニュアル（案）は、鋼板を格子状に加工したグリッドメタルを用いて鉄筋コンクリート（RC）の部材を補強する場合を主たる対象として記述している。

グリッドメタルの適用イメージを図・解 1.1に示す。



図・解 1.1 適用イメージ



(a) グリッドメタルの製造



(b) グリッドメタルの曲げ加工



(c) 表面目荒し



(d) グリッドメタル設置



(e) 充填材吹付け



(f) 仕上げ

写真 1.1 グリッドメタルの施工状況および仕様

本指針に記載されていない事項は、以下の示方書、指針等などの技術基準に準じるものとする。

文献

- 1)道路橋示方書〔共通編〕〔鋼橋編〕〔コンクリート橋編〕〔下部工編〕〔耐震設計編〕
(平成24年3月) 社団法人 日本道路協会
- 2)コンクリート標準示方書〔設計編〕〔施工編〕(平成25年3月) 社団法人 土木学会
- 3)ポリマーセメントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修・補強設計・施工マニュアル(案)(増厚補強偏)(平成23年7月)
RC構造物のポリマーセメントモルタル吹付け補修・補強工法協会
- 4)ポリマーセメントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修・補強設計・施工マニュアル(案)(断面修復偏)(平成23年7月)
RC構造物のポリマーセメントモルタル吹付け補修・補強工法協会
- 5)エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針〔改定版〕
(平成15年11月) 社団法人 土木学会
- 6)コンクリート構造物の補強指針(案)(平成11年9月) 社団法人 土木学会
- 7)吹付けコンクリート指針(案)〔補修・補強編〕(平成15年11月) 社団法人土木学会
- 8)設計要領 第二集 橋梁保全偏(平成24年7月) 東日本高速道路株式会社
中日本高速道路株式会社
西日本高速道路株式会社

- (2) 「2章 使用材料」は、グリッドメタルを用いたRCはりの補強工法で使用する補強材の品質と構造計算に用いる特性値について示す。「3章 設計」は、一般的な構造計算および設計上の留意点を示している。「4章 施工」は、工法の効果を発揮させるための施工の要領、留意点を示した。

1.2 用語の定義

(1) 既設RC部材	: 既設の鉄筋コンクリート部材。
(2) 補強材	: 補強に使用する材料で、グリッドメタル、充填材、表面処理材および接着材である。
(3) グリッドメタル	: 鋼板を切断などにより格子状に加工した補強筋。
(4) 充填材	: RC部材とグリッドメタルの間隙、グリッドメタルの開口部および外面に充填する材料で、ポリマーセメントモルタルなどが用いられる。
(5) 表面処理材	: 主に吸水防止を目的として使用する。
(6) 接着材	: 充填材の硬化過程を通じて、既設RC部材と充填材を接合する材料。
(7) 補強したRC部材	: 既設のRC部材を補強材によって補強したもの。

1.3 工法概要

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法は、既設のRC部材のコンクリート表面にグリッドメタルを配置して、充填材を吹付けることにより、既設RC部材のコンクリートと一体化させ、耐荷性や耐久性の向上を図る増厚補強工法である。

【解説】

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法は、既設のRC部材のコンクリート表面にグリッドメタルを配置して、ポリマーセメントモルタルなどの充填材を吹付けることにより、既設RC部材のコンクリートと一体化させ、耐荷性や耐久性の向上を図る工法である。

たとえばRC部材の下面を増厚補強した場合、既設RC部材と増厚部が一体化し、グリッドメタルが引張力を負担するため、既設鉄筋応力、たわみを低減させ、耐荷性の向上を図るとともに、疲労耐久性も大幅に向上させることが可能である。

さらにグリッドメタルを用いたRC部材の補強工法は、ポリマーセメントモルタルなどの充填材を吹付け施工できるため、従来のコテ塗りによる人力増厚施工にくらべ施工性・経済性が共に改善されている。本工法の標準的な構造を図-解 1.2に示す。

特に効果の高い適用範囲は、①死荷重増の抑制が必要な現場、②工期短縮を期待する現場、③床版やはりの下面補強に用いる場合である。

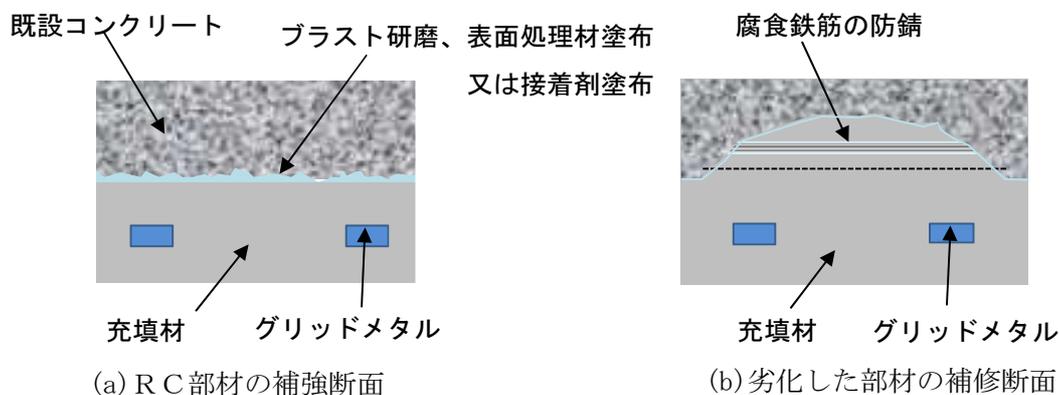


図-解 1.2 補強断面例

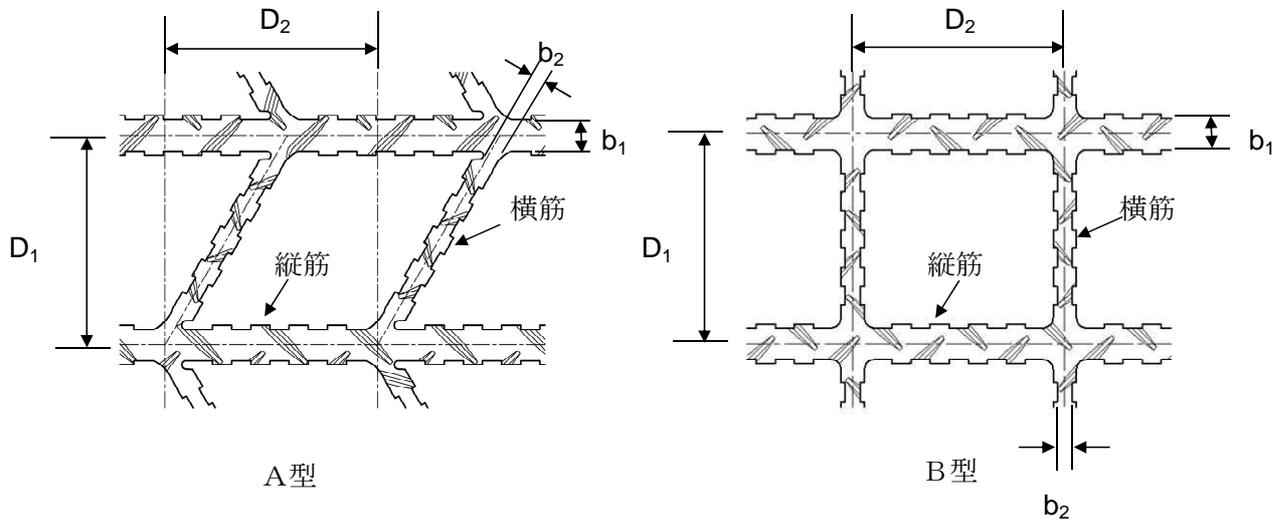
第2章 使用材料

2.1 グリッドメタル

- (1) グリッドメタルに用いる鋼材は、縞鋼板（構造用）、一般構造用圧延鋼材（S S 400）、溶接構造用圧延鋼材（S M 490 A）のいずれかとする。
- (2) グリッドメタルの形状は、開口部がひし形であるA型と矩形であるB形の2種類がある。
- (3) グリッドメタルの各部寸法は、設計計算によって決定する。
- (4) 防食は、エポキシ樹脂塗装又はめっきを標準とする。

【解説】

- (1) グリッドメタルの形状は、A型とB型の2種類とする。図-解 2.1にそれぞれの形状を示す。



- 適用区分：（例）1方向補強（はり、床版）には、グリッドメタルA型、
2方向補強（柱）には、グリッドメタルB型を使用する。

図-解 2.1 グリッドメタルの形状

- (2) グリッドメタルの標準的な寸法は、表-解 2.1に示す。

表-解 2.1 グリッドメタルの標準的な寸法

板厚 t (mm)	縦筋					横筋					単位面積 重量 W (N/m ²)
	ピッチ D1 (mm)	幅 b1 (mm)	断面積 A1 (mm ²)	相当する鉄筋		ピッチ D2 (mm)	幅 b2 (mm)	断面積 A2 (mm ²)	相当する鉄筋		
				呼び名	公称断面積 (mm ²)				呼び名	公称断面積 (mm ²)	
6	100	6	36	D6	31.67	100	6	36	D6	31.67	70
6	100	12	72	D10	71.33	100	7	42	D6	31.67	102
9	100	15	135	D13	126.7	100	7	63	D6	31.67	171
12	100	17	204	D16	198.6	100	7	84	D10	71.33	244
12	100	24	288	D19	286.5	100	7	84	D10	71.33	305

注) 標準以外の形状、全体の製品形状、曲げ加工などについては別途ご相談ください。

- (3) グリッドメタルに使用する鋼板は、縞鋼板（構造用）、一般構造用圧延鋼材（S S 400）、溶接構造用圧延鋼材（SM490A）とする。材質は、表-解 2.2に示す。

表-解 2.2 グリッドメタルに使用する鋼板の材質

記号	板厚 (mm)	化学成分(%)					引張試験				備考
		C	Si	Mn	P	S	板厚区分 (mm)	降伏点 または耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	
JFE-HCP400-1	6.0~13.0	-	-	-	0.050 ≤	0.050 ≤	5以下	245 ≤	400~510	(21以上)	縞鋼板 構造用 SS400相当 ():参考値
							5超え			(17以上)	
SS400	6.0~16.0	-	-	-	≤0.050	≤0.050	5以下	245 ≤	400~510	21以上	JIS G 3101
							5超え			17以上	
SM490A	6.0~16.0	≤0.20	≤0.55	≤0.165	≤0.035	≤0.035	5以下	325 ≤	490~610	22以上	JIS G 3106
		≤0.22					5超え			17以上	

- (4) グリッドメタルの防食は、エポキシ樹脂塗装又はめっきを標準とする。エポキシ樹脂塗装による鉄筋の防食効果は、塗膜の品質、塗膜厚、損傷の有無によって著しく相違するため、文献5) エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針〔改定版〕に準拠する必要がある。

めっきについては、「亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（案）」（土木学会編）、「亜鉛めっき鉄筋を用いた鉄筋コンクリート造の設計施工指針（案）」（日本建築学会編）を参照とする。

2.2 充填材

- (1) 充填材は、ポリマーセメントモルタルまたはそれと同等の性状を有するものとする。
- (2) 充填材は、補強材と既設RC部材のコンクリートとを一体化させるため、コンクリートとの付着性能を十分に有するものでなければならない。
- (3) 充填材は、既設RC部材と一体となって、疲労耐久性を向上させるものでなければならない。
- (4) 充填材は、既設RC部材のおかれる環境下で、良好な施工性を有するものでなければならない。

【解説】

- (1) 充填材は、求められる機能を審査、確認した材料の使用を原則とする。充填材として一般的に用いられるポリマーセメントの物性を表-解 2.3 に示す。

表-解 2.3 ポリマーセメントモルタルの必要物性（文献3）より）

試験名称	規格	基準値（4週強度）	
付着強度	建研式	1.7	N/mm ² 以上
圧縮試験	JIS R 5201	27.0	N/mm ² 以上
曲げ試験	JIS R 5201	6.0	N/mm ² 以上
引張試験	JIS A 1113	2.5	N/mm ² 以上
静弾性試験	ASTM C 469	1.5×10 ⁴	N/mm ² 以下

- (2) 充填材は、グリッドメタルと既設RC部材のコンクリートを一体化させる重要な性能が要求される。したがって、その性能については、複数の実験において十分確認されていることが必要である。さらに、充填材は、既設コンクリート表面が湿潤状態であっても付着力を十分発現するものでなければならない。
- (3) 既設RC部材の補強を行う場合は、既設RC部材と補強材とが一体となり、合成構造物として機能する必要がある。さらに活荷重による躯体の変位に補強材が追従し、補強後の疲労耐久性が向上する充填材を使用する必要がある。
- (4) 充填材は、施工時の気温の影響を強く受けるため、施工性にかかわる可使用時間や粘性等について確認されたものでなければならない。

ポリマーセメントモルタルに求められる性能が審査、確認された材料、もしくは同程度の性能を有する材料の一覧を表-解 2.4に示す。同表の値は、（財）建設機械化協会施工技術総合研究所においてNEXCO施工管理要領に準拠して行われた吹付けモルタルの性能評価試験の結果である。

表-解 2.4 低弾性型ポリマーセメントモルタル（文献3）より）

メーカー	単位	サンメイツ (住友大阪 セメント)	シー・イー	太平洋 マテリアル	電気化学 工業	三菱 マテリアル	試験方法	
製品名		サーブ15	SARA20	RF厚付 モルタル SP II	RIS ショット	アーマ #300P		
単位容積質量	g/cm ³	2.05	2.15	2.01	-	2.15		
圧縮強度	7日	N/mm ²	28.0	26.0	27.5	37.0	26.0	JIS R 5201
	28日		37.0	33.8	34.3	40.0	33.8	
曲げ強度	7日	N/mm ²	6.5	6.8	7.7	5.7	6.8	JIS R 5202
	28日		8.3	7.9	8.0	7.3	7.9	
付着強度	7日	N/mm ²	2.1	2.0	2.0	1.9	2.0	JSCEG503
	28日		2.2	2.1	2.2	2.4	2.1	
引張強度	N/mm ²	2.9	2.9	2.8	4.1	2.9	JIS A 1113	
静弾性係数	\times 10 ⁴ N/mm ²	1.4	1.48	1.36	1.45	1.48	ASTM C469	
凍結融解抵抗性	-	-	異常無し	異常無し	異常無し	異常無し	-	
硬化収縮率	%	0.04	0.041	0.07	0.06	0.041	JHS 416	
熱膨張係数	(\times 10 ⁻⁵)/°C	1.53	1.09	-	-	1.09	JHS 416	
中性化速度係数	mm/√年	-	0.26	-	0.34	0.26	JIS A 1153	

2.3 表面処理材

表面処理材は、吸水防止を目的として使用する。

【解説】

表面処理材は、既設のRC部材のコンクリート表面と充填材の接触部分からの吸水防止を目的として使用する。表面処理材には、接着効果を期待しない。

2.4 接着材

接着材は、充填材の硬化過程を通して、既設のRC部材と充填材を一体化させるもので、要求される仕様に応じて、使用の可否を決める。

【解説】

接着材は、既設のRC部材と充填材の一体化を図るため、充填材吹付け前に境界部分である既設のRC部材コンクリート表面に塗布し、吹付け後の充填材の硬化過程を通じて両者を接合する。

第3章 設計

3.1 一般

グリッドメタルを用いた既設RC部材の補強の設計は、既設コンクリート構造物の性能を評価し、かつ、補強効果を適切に評価することにより、補強後のコンクリート構造物が、破壊に対する安全性、疲労耐久性、環境作用に対する耐久性など所要の性能を確保できるように行うものとする。

【解説】

仮定した使用材料、構造諸元、施工方法により補強を行った構造物が、発揮する各種性能を評価し、補強後に要求される性能を満足するかどうか照査しなければならない。補強された構造物の性能は、既設部分と補強された部分により総合的に達成されるので、その評価にあたっては、既設部分の状態を適切に把握し考慮すること、補強効果を適切に評価することの双方が重要である。

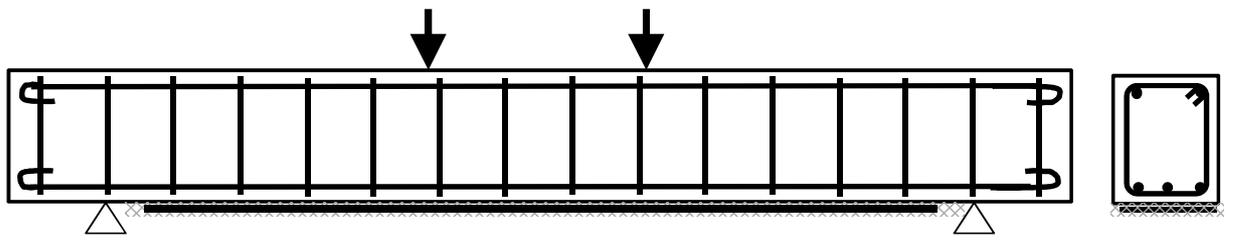
この章では、グリッドメタルを用いて補強された構造物の、性能の照査方法を示すが、これらの手法は第2章に定める材料を用いて第4章に定める方法により正しく施工された試験体による実験から導かれたものである。

3.2 補強形式

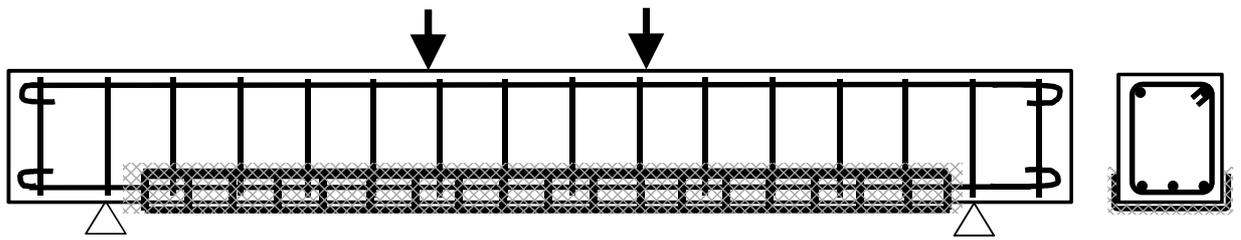
グリッドメタルを用いたRC部材の補強は、曲げ補強およびせん断補強を対象とする。

【解説】

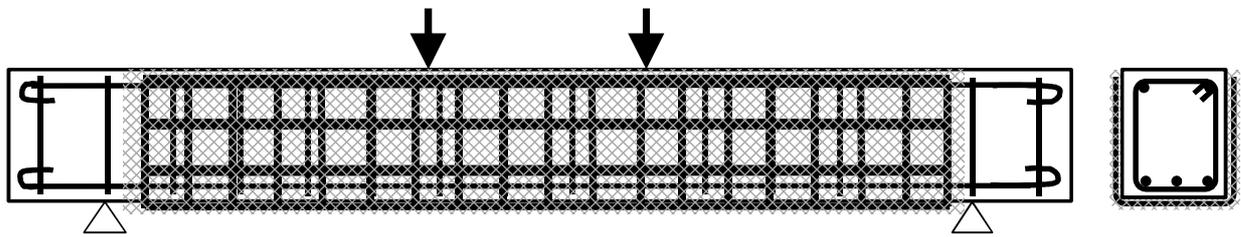
グリッドメタルを用いたRC部材の補強は、曲げ補強およびせん断補強を対象とし、図-解3.1のような補強形式がある。



(a) 曲げ補強



(b) 曲げ補強



(c) 曲げ・せん断補強

図-解3.1 グリッドメタルを用いたRC部材の補強形式

3.3 荷重

設計計算に用いる、荷重および荷重の組合せは補強対象構造物の構造や供用状況に応じて適切に定めるものとする。

【解説】

グリッドメタルを用いたRC部材の補強の設計では荷重および荷重の組合せは原則として、「道路橋示方書・同解説」(道路協会)(文献1)に準じるものとする。また構造形式、供用状況に応じて、「コンクリート標準示方書」(土木学会)(文献2)などの技術基準に準じて定めてもよい。

荷重の種類を図-解3.2に示す。既設RCには荷重①、②を用い、補強後のRCには荷重③、④を用いる。

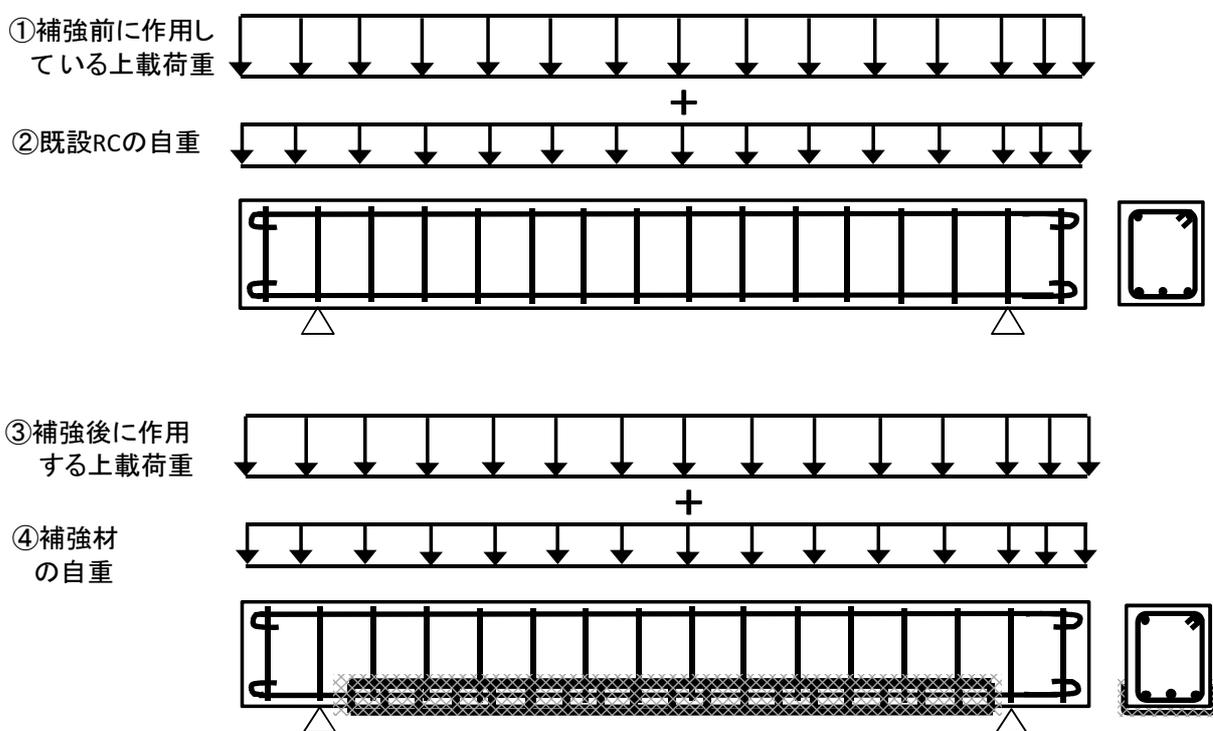


図-解3.2 荷重の種類

3.4 部材の許容応力度

(1) 既設のRC部材の鉄筋およびコンクリートの許容応力度と補強材のグリッドメタルの許容応力度は、適用する技術基準に応じて、材質ごとに適切に定めるものとする。
(2) 充填材の許容応力度は、使用する充填材に応じて適切に定めるものとする。

【解説】

- (1) グリッドメタルの許容応力度は、使用する鋼板の材質がS S 400またはSM490Aであるので、適用する技術基準に対する材質に応じて適切に定めるものとした。
- (2) 充填材の許容応力度は、使用する充填材に応じて、その技術基準を参考にして適切に定めるものとした。

【参考】

「道路橋示方書・同解説」(道路協会)(文献1)に準じてコンクリート、鉄筋およびグリッドメタルに使用される鋼材の許容応力度は表-解3.1の通りである。

表-解3.1 コンクリート、鉄筋およびグリッドメタルに使用される鋼材の許容応力度

応力度の種類	設計基準強度	21	24	27	30
1)曲げ圧縮応力度		7.0	8.0	9.0	10.0
2)軸圧縮応力度		5.5	6.5	7.5	8.5

応力度、部材の種類		鉄筋の種類	SD295A SD295B	SD345	SS400	SM490
引張 応 力 度	1)活荷重及び衝撃以外の主荷重		100	100	100	100
	2)荷重の組合せに衝撃荷重又は地震の影響を考慮しない場合の許容応力度の基本値	一般の部材	180	180	140	180
		床版及び支間長10m以下の床版橋	140	140	140	140
	3)荷重の組合せに衝撃荷重又は地震の影響を考慮する場合の許容応力度の基本値		180	200	140	190
	4)鉄筋の重ね継手長又は定着長を算出する場合の許容応力度の基本値		180	200	140	190
	5)圧縮応力度		180	200	140	190
6)せん断応力度		—	—	80	105	

3.5 曲げを受けるはりの部材断面応力度の算定および照査

- (1) 設計荷重作用時に部材断面に生じる既設RC部材のコンクリート、鉄筋およびグリッドメタルの応力度は、3.4に規定する許容応力度以下にしなければならない。
- (2) 補強前に既に作用している永久荷重は、補強前の既設断面が負担するものとし、活荷重および補強後に作用する永久荷重は、補強後の断面が負担するものとして、これらの荷重による応力度の合成応力度を算定するものとする。
- (3) 部材断面に生じるコンクリート、鉄筋およびグリッドメタルの応力度は、次の仮定により算定するものとする。
 - 1) 維ひずみは中立軸からの距離に比例する。
 - 2) コンクリートおよび充填材の引張強度は無視する。
 - 3) 鉄筋およびグリッドメタルとコンクリートのヤング係数比は15とする。

【解説】

- (1) 補強構造物の性能の照査方法としては、許容応力度に基づくもの以外にも、実験により、直接耐荷力を評価する方法や精緻な数値解析により評価する方法、限界状態に応じて評価する方法など種々の方法がある。ここでは、実績の多い許容応力度により性能を照査する方法を示したが、これ以外の方法で補強後のコンクリート構造物の性能を精度よく評価する方法の適用を妨げるものではない。
- (2) グリッドメタルを用いたRC部材補強工法では、既に作用している永久荷重により既設構造物が変形した状態で施工が行われることから、補強材は補強前に作用している永久荷重を負担することができない。したがって、補強前に既に作用している永久荷重は、補強前の既設断面が負担するものとし、活荷重および補強後に作用する永久荷重は補強後の断面が負担するものとして、これらの荷重による応力度の合成応力度を算定することとした。
- (3) 補強材と既設コンクリート断面が一体化した合成断面として、部材断面に生じるコンクリート、鉄筋およびグリッドメタルの応力度は、次の仮定により算定するものとする。グリッドメタルとコンクリートのヤング係数比は次式により算定してよい。

$$n = E_g / E_c = E_s / E_c = 15 \quad (\text{式3.1})$$

ここに

E_g : グリッドメタルのヤング係数 (N/mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

n : 鉄筋およびグリッドメタルとコンクリートのヤング係数比

3.6 設計フロー

グリッドメタルを用いたRC部材の補強の設計は、コンクリート・鉄筋およびグリッドメタルの応力度の検討、既設RC部材と補強材界面の付着応力度の検討、格子内充填材の支圧応力度の検討、格子内充填材のせん断応力度の検討、グリッドメタル横筋のせん断応力度の検討を行う。

【解説】

設計フローを図-解3.3に示す。

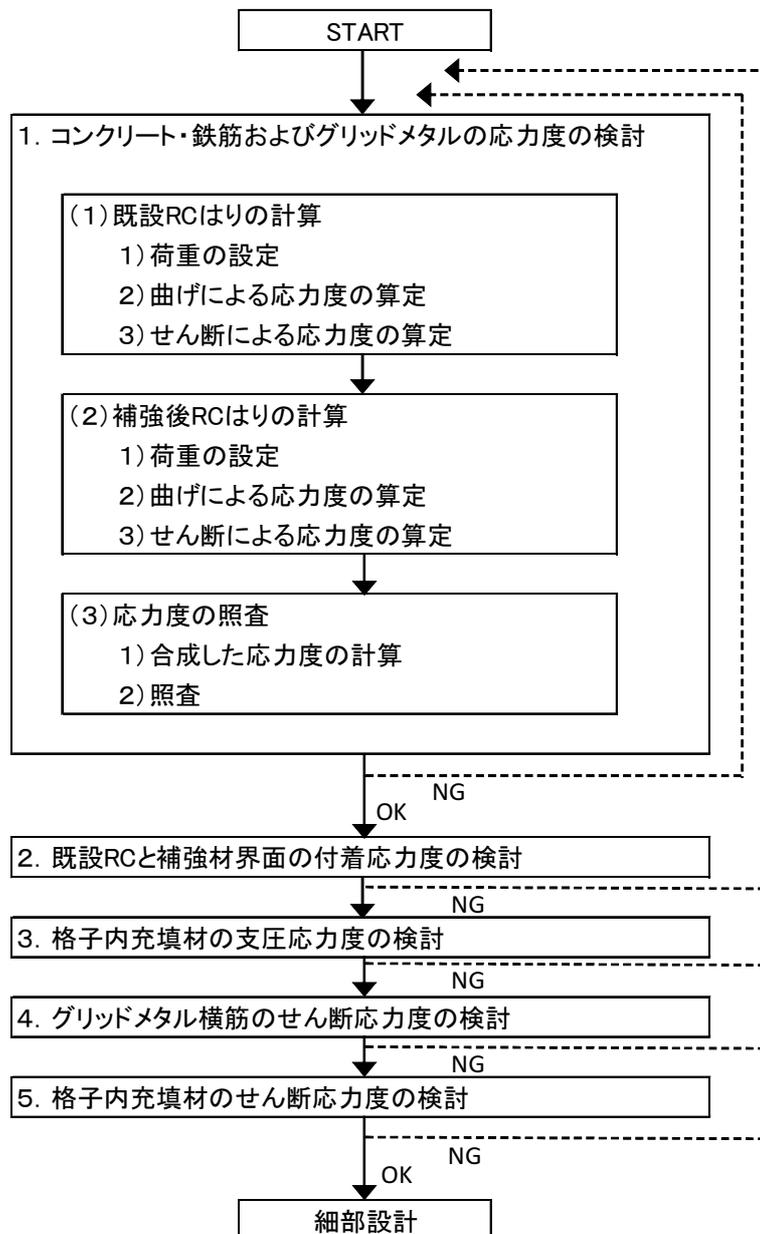


図-解3.3 設計フロー

3.7 コンクリート・鉄筋およびグリッドメタルの応力度の検討

コンクリート・鉄筋およびグリッドメタルの応力度の検討は、既設RC部材の計算と補強後RC部材の計算を行い、合成して照査する。

(1) 既設RC部材の計算については、1)～3)により行う。

- 1) 荷重の設定
- 2) 曲げによる応力度の算定
- 3) せん断による応力度の算定

(2) 補強後のRC部材の計算については、1)～3)により行う。

- 1) 荷重の設定
- 2) 曲げによる応力度の算定
- 3) せん断による応力度の算定

(3) 応力の照査については、1)、2)により行う。

- 1) 合成した応力度の計算
- 2) 照査

【解説】

(1) 既設RC部材の計算

1) 荷重の設定

既設RC部材は、①補強前に作用している上乗荷重および②既設RC部材の自重を負担するものとする。

2) 曲げによる応力度の算定

i) 計算断面

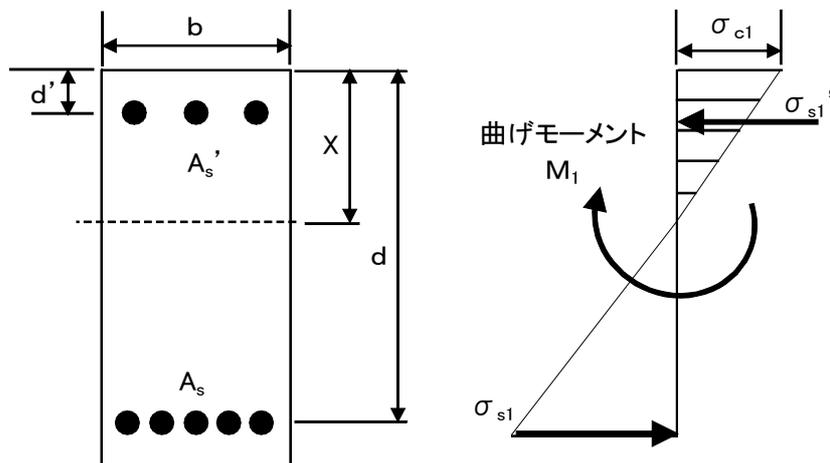


図-解3.4 設計断面諸元（補強前）

ここに、 X ：圧縮縁から中立軸までの距離（mm）

b ：検討断面幅（mm）

d ：引張鉄筋の有効高さ（mm）

d' ：圧縮鉄筋の有効高さ（mm）

- A_s : 引張鉄筋の断面積 (mm²)
- A_s' : 圧縮鉄筋の断面積 (mm²)
- M_1 : 設計曲げモーメント (補強前) (N・m)
- σ_{c1} : 既設コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)
- σ_{s1} : 引張鉄筋の引張応力度 (N/mm²)
- σ_{s1}' : 圧縮鉄筋の圧縮応力度 (N/mm²)

ii) 中立軸位置の計算

長方形断面の中立軸の位置は、図-解3.4を参照して、式3.2により計算する。

$$X = (-A + (A^2 + 2 \cdot b \cdot B)^{0.5}) / b \quad \text{(式3.2)}$$

ここに、

$$A = n \cdot (A_s + A_s') \quad \text{(式3.3)}$$

n : 鉄筋およびコンクリートのヤング係数比 (=15)

$$B = n \cdot (A_s \cdot d + A_s' \cdot d') \quad \text{(式3.4)}$$

式3.2で求めた中立軸の位置から、式3.5によって断面2次モーメントを計算する。

$$\begin{aligned} I &= I_c + n \cdot I_s \\ &= (b \cdot X^3) / 3 + n \cdot A_s \cdot (d - X)^2 + n \cdot A_s' \cdot (X - d')^2 \end{aligned} \quad \text{(式3.5)}$$

iii) 応力度の計算

各応力度は、以下の方法で計算する。

コンクリートの応力度

$$\sigma_{c1} = M_1 \cdot X / I \quad \text{(N/mm}^2\text{)} \quad \text{(式3.6)}$$

既設引張鉄筋の応力度

$$\sigma_{s1} = M_1 \cdot n \cdot (d - X) / I \quad \text{(N/mm}^2\text{)} \quad \text{(式3.7)}$$

既設圧縮鉄筋の応力度

$$\sigma_{s1}' = M_1 \cdot n \cdot (X - d') / I \quad \text{(N/mm}^2\text{)} \quad \text{(式3.8)}$$

3) せん断による応力度の算定

i) 計算断面

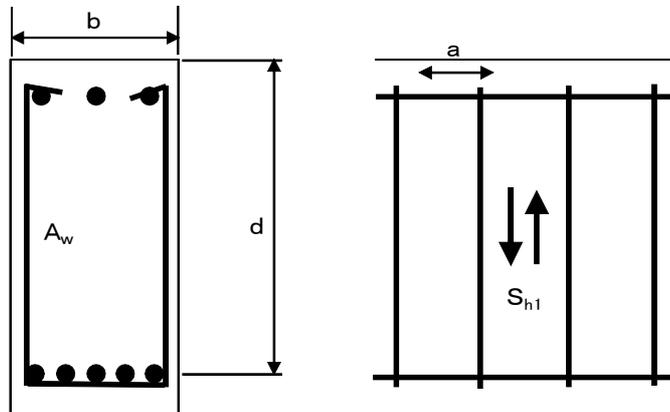


図-解3.5 設計断面諸元

ii)せん断応力度 τ_{m1} の計算

$$\tau_{m1} = S_{h1} / b \cdot d \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.9})$$

ここに、 S_{h1} : 設計せん断力 (補強前) (N)

b : 検討断面幅 (mm)

d : 部材断面の有効高さ (mm)

iii) スターラップの応力度 σ_{sw} の計算

$$\sigma_{sw1} = 1.15 S_{s1} \cdot a / A_w \cdot d \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.10})$$

ここに、 σ_{sw1} : 既設鉄筋の応力度 (N/mm²)

S_{s1} : スターラップが負担するせん断力の合計 (N)

$$S_{s1} = S_{h1} - S_c \quad (\text{式3.11})$$

S_c : コンクリートが負担できるせん断力 (N)

$$S_c = k \cdot \tau_c \cdot b \cdot d$$

$k = 1.0$ 、 τ_c : コンクリートが負担できるせん断応力度 (N/mm²)

表-解3.2 コンクリートが負担できる平均せん断応力度 (N/mm²) ※軸方向力が作用しない場合

設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
コンクリートが負担できる平均せん断応力度	0.36	0.39	0.42	0.45	0.55	0.65	0.70

※道路橋示方書・同解説より

A_w : 間隔 a で配筋されるスターラップの断面積 (mm²)

a : スターラップの部材軸方向の間隔 (mm)

(2) 補強後の RC 部材の計算

1) 荷重の設定

補強後の RC 部材は、③補強後に作用する上載荷重および④補強材の自重を負担するものとする。

2) 曲げによる応力度の算定

i) 計算断面

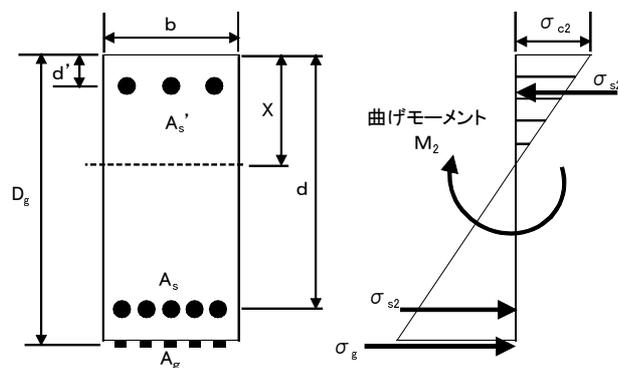


図-解3.6 設計断面諸元 (補強後)

ここに、

X : 圧縮縁から中立軸までの距離 (mm)

b : 検討断面幅 (mm)

d : 引張鉄筋の有効高さ (mm)

d' : 圧縮鉄筋の有効高さ (mm)

D_g : グリッドメタルの有効高さ (mm)

A_s : 引張鉄筋の断面積 (mm²)

A_s' : 圧縮鉄筋の断面積 (mm²)

A_g : グリッドメタルの断面積 (mm²)

M₂ : 設計曲げモーメント (補強後) (N・m)

σ_{c2} : 既設コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

σ_{s2} : 引張鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

σ_{s2}' : 圧縮鉄筋の圧縮応力度 (N/mm²)

σ_g : グリッドメタルの引張応力度 (N/mm²)

ii) 中立軸位置の計算

長方形断面の中立軸の位置は、図-解3.6を参照して、式3.13により計算する。

$$X = (-A + (A^2 + 2 \cdot b \cdot B)^{0.5}) / b \quad (\text{式3.13})$$

ここに、

$$A = n \cdot (A_s + A_s' + A_g) \quad (\text{式3.14})$$

n : 鉄筋およびコンクリートのヤング係数比 (=15)

$$B = n \cdot (A_s \cdot d + A_s' \cdot d' + A_g \cdot D_g) \quad (\text{式3.15})$$

式3.13で求めた中立軸の位置から、式3.16によって断面2次モーメントを計算する。

$$\begin{aligned} I &= I_c + n \cdot I_s + n \cdot I_g \\ &= (b \cdot X^3) / 3 + n \cdot A_s \cdot (d - X)^2 + n \cdot A_s' \cdot (X - d')^2 + n \cdot A_g \cdot (D_g - X)^2 \end{aligned} \quad (\text{式3.16})$$

iii) 応力度の算出

各応力度は、以下の方法で計算する。

コンクリートの応力度

$$\sigma_{c2} = M_2 \cdot X / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.17})$$

既設引張鉄筋の応力度

$$\sigma_{s2} = M_2 \cdot n \cdot (d - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.18})$$

既設圧縮鉄筋の応力度

$$\sigma_{s2}' = M_2 \cdot n \cdot (X - d') / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.19})$$

グリッドメタルの応力度

$$\sigma_g = M_2 \cdot n \cdot (D_g - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.20})$$

3) せん断による応力度の算定

i) 計算断面

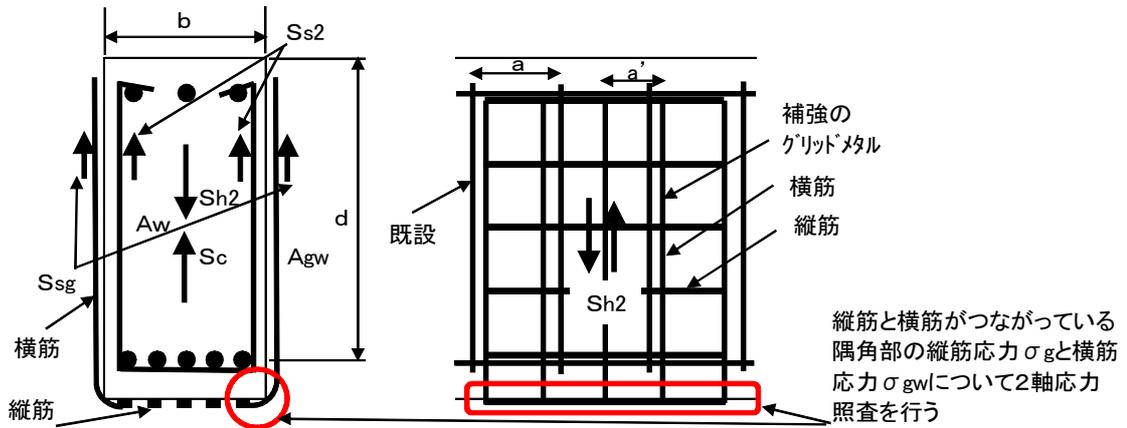


図-解3.7 設計断面諸元

ii) せん断応力度 τ_{m2} の計算

$$\tau_{m2} = S_{h2} / b \cdot d \quad (\text{N/mm}^2) \quad (\text{式3.21})$$

ここに、 S_{h2} : 補強後に発生する設計せん断力 (N)

b : 検討断面幅 (mm)

d : 部材断面の有効高さ (mm)

iii) スターラップの応力度 σ_{sw2} 、横筋の応力度 σ_{gw} の計算

$$\sigma_{sw2} = 1.15 S_{s2} \cdot a / A_w \cdot d \quad (\text{式3.22})$$

$$\sigma_{gw} = 1.15 S_{sg} \cdot a' / A_{gw} \cdot d \quad (\text{式3.23})$$

ここに、 σ_{sw2} : 既設鉄筋の応力度 (N/mm²)

σ_{gw} : グリッドメタルの応力度 (N/mm²)

S_{s2} : 既設スターラップが負担するせん断力の合計 (N)

$$S_{s2} = (S_{h2} - S_c) \times A_w / (A_w + A_{gw}) \quad (\text{式3.24})$$

S_{sg} : グリッドメタルが負担するせん断力の合計 (N)

$$S_{sg} = (S_{h2} - S_c) \times A_{gw} / (A_w + A_{gw}) \quad (\text{式3.25})$$

※ S_c について、既設コンクリートが負担できるせん断力が残っている分は控除できる。

S_c : コンクリートが負担できるせん断力 (N)

$$S_c = k \cdot \tau_c \cdot b \cdot d$$

$k = 1.0$ 、 τ_c : コンクリートが負担できるせん断応力度 (N/mm²)

表-解3.3 コンクリートが負担できる平均せん断応力度 (N/mm²) ※軸方向力が作用しない場合

設計基準強度	21	24	27	30	40	50	60
コンクリートが負担できる平均せん断応力度	0.36	0.39	0.42	0.45	0.55	0.65	0.70

※道路橋示方書・同解説より

A_w : 間隔 a で配筋されるスターラップの断面積 (mm^2)

a : スターラップの部材軸方向の間隔 (mm)

A_{gw} : 間隔 a' で配筋されるグリッドメタルによる横筋の断面積 (mm^2)

a' : グリッドメタルの部材軸方向の間隔 (mm)

(3) 応力の照査

1) 合成した応力度の計算

$$\sigma_c = \sigma_{c1} + \sigma_{c2} \quad (\text{式3.27})$$

$$\sigma_s = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} \quad (\text{式3.28})$$

$$\sigma_{s'} = \sigma_{s1'} + \sigma_{s2'} \quad (\text{式3.29})$$

$$\sigma_g \quad (\text{式3.30})$$

$$\tau_m = \tau_{m1} + \tau_{m2} \quad (\tau_{m1} < \tau_c \text{ の場合、} \tau_{m2} \text{ も有り得る}) \quad (\text{式3.31})$$

$$\sigma_{sw} = \sigma_{sw1} + \sigma_{sw2} \quad (\text{式3.32})$$

$$\sigma_{gw} \quad (\text{式3.33})$$

2) 照査

部材断面に生じるコンクリート、鉄筋およびグリッドメタルの応力度が許容応力度以下であることを照査する。

$$\sigma_c \leq \sigma_{ca}, \sigma_s \leq \sigma_{sa}, \sigma_{s'} \leq \sigma_{sa'}, \sigma_g \leq \sigma_{ga} \quad (\text{式3.34})、(\text{式3.35})、(\text{式3.36})$$

ここに

σ_{ca} : 既設コンクリートの許容圧縮応力度

σ_{sa} : 引張鉄筋の許容引張応力度

σ_{sa}' : 圧縮鉄筋の許容圧縮応力度

σ_{ga} : グリッドメタルの許容引張応力度

$$\tau_m \leq \tau_c, \sigma_{sw} \leq \sigma_{sa}, \sigma_{gw} \leq \sigma_{ga} \quad (\text{式3.37})、(\text{式3.38})、(\text{式3.39})$$

ここに

τ_c : コンクリートが負担できるせん断応力度

σ_{sa} : スターラップの許容引張応力度

σ_{ga} : グリッドメタルの許容引張応力度

3.8 既設RCと補強材の界面の付着応力度の検討

既設RCと補強材の界面の付着応力度は以下の通り検討する。

- (1) 曲げ補強の場合、曲げモーメントで生じているグリッドメタルの引張力を付着面積で除して、既設RCと補強材の界面の付着応力度を求める。その付着応力度が充填材の許容付着応力度以内であることを照査する。

(2) せん断補強の場合、グリッドメタルが分担しているせん断力により発生する引張力を付着面積で除して、既設RC部材と補強材の界面の付着応力度を求める。その付着応力度が充填材の許容付着応力度以内であることを照査する。

【解説】

計算例を以下に示す。

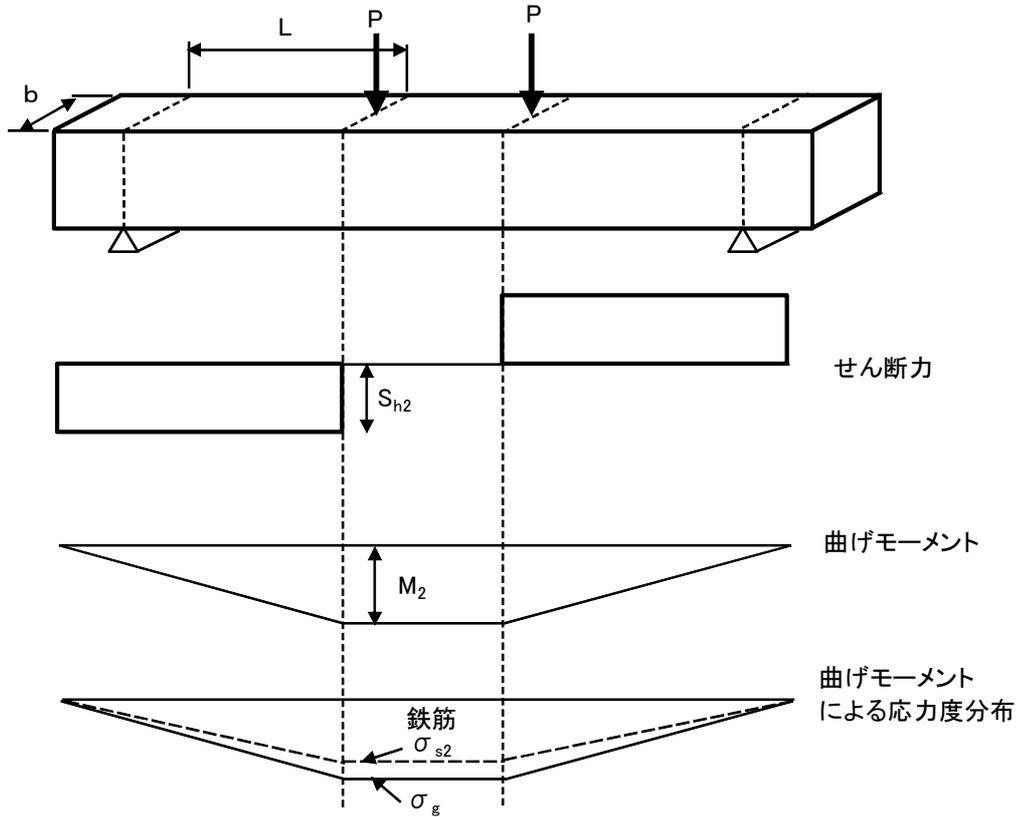


図-解3.8 曲げ補強の場合

(1) 曲げ補強の場合の既設RC部材と補強材の界面の付着応力度の検討

$$T_g = \sigma_g \times A_g \quad (\text{式3.40})$$

$$\tau_b = T_g / (b \times L) \quad (\text{式3.41})$$

ここに、 T_g : 曲げモーメントで生じているグリッドメタルの引張力 (N)

σ_g : グリッドメタルの引張応力度 (N/mm²)

A_g : グリッドメタルの断面積 (mm²)

τ_b : 既設RC部材と補強材の界面の付着応力度 (N/mm²)

b : 付着部の幅 (mm)

(なお、下端側面側にも縦筋を配置する場合、その側面幅も考慮する。)

L : 付着長さ (mm)

照査は以下により行う。

$$\tau_b \leq \tau_a \quad (\text{式3.42})$$

ここに、 τ_a ：充填材の許容付着応力度 (N/mm²)

(実験で検証された値) $\tau_a=0.8/3$ (安全率)=0.27 (N/mm²)・・・資料1実験値(B)参照

(2)せん断補強の場合の既設RC部材と補強材の界面の付着応力度の検討

$$\tau_{wb} = \sigma_{gw} \times A_{gw} / A_{wb} \quad \text{(式3.43)}$$

ここに、

τ_{wb} ：既設RC部材と側面の補強材界面に発生する付着応力度 (N/mm²)

σ_{gw} ：グリッドメタルの応力度 (N/mm²)
($\sigma_{gw}=1.15 S_{sg} \cdot a' / A_{gw} \cdot d$)

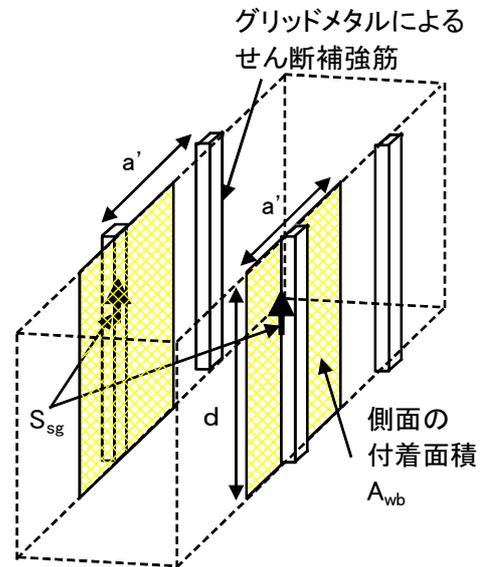
S_{sg} ：グリッドメタルが負担するせん断力 (N)

A_{gw} ：グリッドメタルの断面積 (mm²)

d ：引張鉄筋の有効高さ (mm)

a' ：グリッドメタルの部材軸方向の間隔 (mm)

A_{wb} ：側面の付着面積 (=2× $a' \times d$) (mm²)



照査は以下により行う。

$$\tau_{wb} \leq \tau_a \quad \text{(式3.44)}$$

図-解3.9 せん断補強の場合

ここに、 τ_a ：充填材の許容付着応力度 (N/mm²)

(実験で検証された値) $\tau_a=0.8/3$ (安全率)=0.27 (N/mm²)・・・資料1実験値(B)参照

3.9 格子内充填材の支圧応力度の検討

格子内充填材の支圧応力度の検討は、界面付着力が充填材に伝達され、充填材がグリッドメタルの横筋で支圧される支圧応力度を算定し、照査する。

【解説】

界面からグリッドメタルに伝達される単位面積当りの応力度は、すなわちグリッドメタルが負担する単位面積当りの応力度である。

1 格子の負担荷重は

$$F = \tau_b \times A \quad \text{(式3.45)}$$

で表わされる。

ここに、

F ：1 格子の負担荷重 (N)

τ_b ：既設RCと補強材の界面の付着応力度 (N/mm²)

A ：1 格子の負担面積 ($D_1 \times D_2$) (mm²)

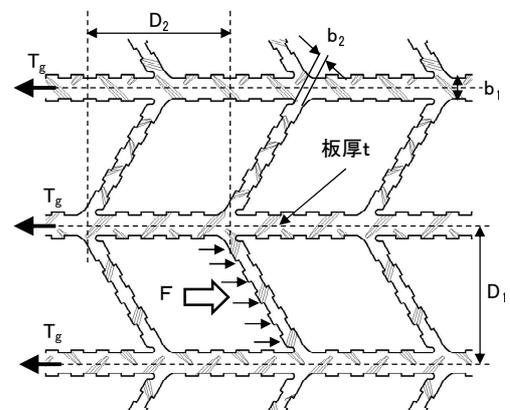


図-解3.10 格子内支圧

充填材がグリッドメタルの横筋で支圧される支圧応力度は、

$$\sigma_p = F / (t \times D_1) = \tau b \times D_2 / t \quad (\text{式3.46})$$

ここに、 σ_p ：充填材がグリッドメタルの横筋で支圧される支圧応力度 (N/mm²)

t ：グリッドメタルの板厚 (mm)

D_1 ：グリッドメタルの1格子の横筋長さ (mm)

D_2 ：グリッドメタルの1格子の縦筋長さ (mm)

照査は以下により行う。

$$\sigma_p \leq \sigma_{pa} \quad (\text{式3.47})$$

ここに、 σ_{pa} ：充填材の許容支圧応力度* (N/mm²) ※支圧応力度=圧縮応力度とする。

(実験で検証された値) $\sigma_{pa} = 16.7$ (N/mm²) ……資料1 実験値(A)参照

3.10 グリッドメタル横筋のせん断応力度の検討

グリッドメタル横筋のせん断応力度は、グリッドメタルの格子に囲まれた充填材の既設RC部材との界面付着力相当の力がグリッドメタル横筋にせん断力として作用するものとして、照査を行う。

【解説】

$$\tau_g = F / (b_2 \times t \times 2 \text{箇所}) \quad (\text{式3.48})$$

ここに、 τ_g ：グリッドメタルのせん断応力度 (N/mm²)

F ：1格子の負担荷重 ($\tau_b \times A$) (N)

b_2 ：グリッドメタル横筋の最小幅 (mm)

t ：グリッドメタルの板厚 (mm)

照査は以下により行う。

$$\tau_g \leq \tau_{ga} (= \sigma_{ga} / \sqrt{3}) \quad (\text{式3.49})$$

ここに、 τ_{ga} ：グリッドメタルの許容せん断応力度 (N/mm²)

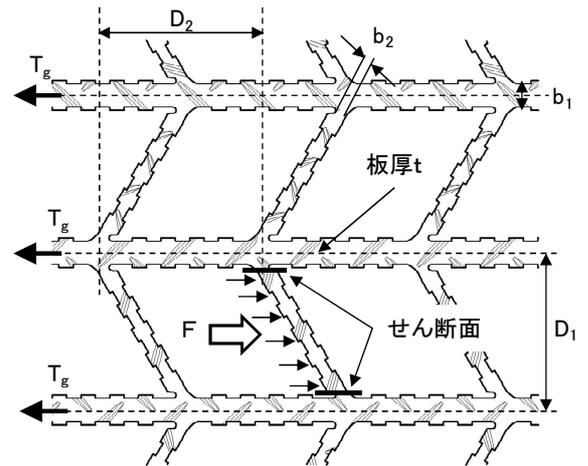


図-解3.11 横筋のせん断応力度

3.11 A型（ひし形）のグリッドメタルを使用した場合の検討

A型（ひし形）のグリッドメタルを図-解3.1(d)のように使用した場合は、次の(1)、(2)に対して照査を行う。

- (1) 傾斜した部材方向に作用する引張力
- (2) 引張力により格子内充填材に作用するせん断力

【解説】

- (1) 傾斜した部材(横筋)方向に引張力が作用する場合

$$\sigma_g = T / (b_2 \times t) = \sigma_{gw} \times b_2 \times t / \sin \theta / (b_2 \times t) = \sigma_{gw} / \sin \theta \quad (\text{式3.50})$$

$$T = F / \sin \theta \quad (\text{式3.51})$$

$$F = \sigma_{gw} \times b_2 \times t \quad (\text{式3.52})$$

$$\sin \theta = (D_1 - b_1) / (D_2 - b_2) \quad (\text{式3.53})$$

ここに、

T : グリッドメタルにかかる引張力 (N)

F : 横筋方向に作用する配筋 1 本当りの力 (N)

θ : 縦筋と横筋のなす角度 (°)

σ_g : グリッドメタルの引張応力度 (N/mm²)

b_2 : グリッドメタル横筋の最小幅 (mm)

t : グリッドメタルの板厚 (mm)

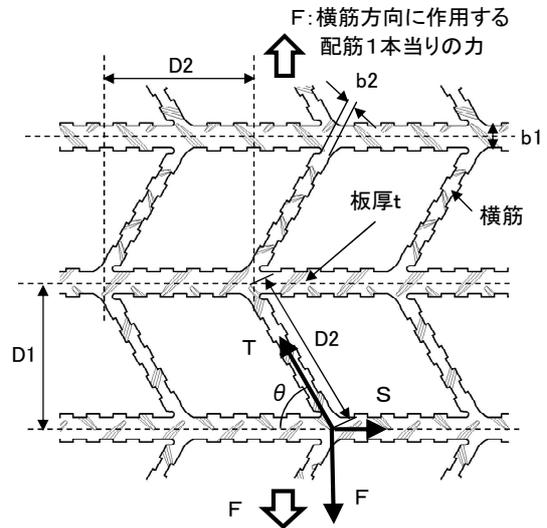


図-解3.12 横筋に引張力が作用する場合

照査は以下により行う。

$$\sigma_g \leq \sigma_{ga} \quad (\text{式3.54})$$

ここに、 σ_{ga} : グリッドメタルの許容引張応力度 (N/mm²)

(2) 引張力により格子内充填材にせん断力が生じる場合

$$\tau = S / A \quad (\text{式3.55})$$

$$S = F / \tan \theta \quad (\text{式3.56})$$

$$A = (t + t_1 + t_2) \times (D_2 - b_2) \quad (\text{式3.57})$$

$$\theta = \sin^{-1} (D_1 - b_1) / (D_2 - b_2) \quad (\text{式3.58})$$

ここに、

θ : 縦筋と横筋のなす角度 (°)

D_1 : グリッドメタル縦筋の間隔 (mm)

b_1 : グリッドメタル縦筋の最小幅 (mm)

D_2 : グリッドメタル横筋の間隔 (mm)

b_2 : グリッドメタル横筋の最小幅 (mm)

S : 充填材にかかるせん断力 (N)

F : 横筋方向に作用する配筋 1 本当りの力 (N)

τ : 充填材のせん断応力度 (N/mm²)

A : 充填材のせん断面積 (mm²)

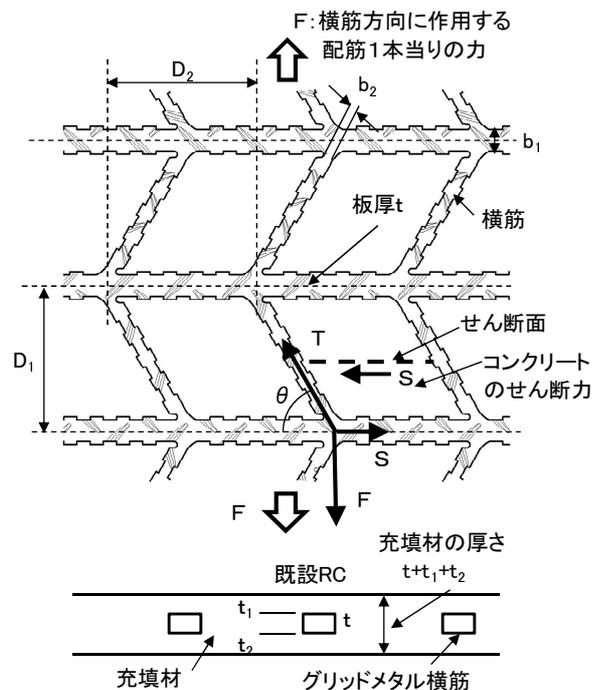


図-解3.13 横筋に引張力が作用し、格子内充填材にせん断力が生じる場合

- t : グリッドメタルの板厚 (mm)
t₁ : 既設RCとグリッドメタルとの隙間 (mm)
t₂ : 充填材のかぶり (mm)

照査は以下により行う。

$$\tau \leq \tau_0 \quad (\text{式3.59})$$

ここに、 τ_0 : 充填材が負担できるせん断応力度 (N/mm²)

(実験で検証された値) $\tau_0 = 0.68 \text{ (N/mm}^2\text{)} \cdots \text{資料1 実験値(C)参照}$

3.12 損傷を受けた部材の補修

劣化損傷したコンクリート部材の耐久性確保を目的に補修を行う場合には、劣化原因、損傷状況を把握した後、コンクリートの不良部の除去、既設鉄筋の防錆処理など適切な処置を行い、その後十分な補強材を配して増厚を行うものとする。

【解説】

塩害などで劣化したコンクリートの補修を行う場合、既設コンクリート構造物と増厚部の一体性を確保するとともに補修後の耐久性を確保するため、浮きやジャンカなどコンクリートの不良部を除いた後、既設鉄筋の防錆処理など適切な処置を行い、その後に施工することが重要である。充填材増厚部と既設コンクリートの一体化を確保するとともに、補修後の表面のひび割れを防止するために適切な補強材を配置しなければならない。

グリッドメタルを用いたRC部材の補強は、劣化の著しい箇所の部分的な補修と全面的補強があるが構造物の劣化状況に応じて適切に補強範囲、既設コンクリートのはつり量および増厚量を決定する。また、使用する補強材の耐久性についての検討も、あわせて十分に行っておく必要がある。

3.13 構造細目

3.13.1 グリッドメタルの格子のピッチ

グリッドメタルの格子のピッチは、増厚量や施工性を考慮して適切に選定するものとする。標準的には50~200mmピッチとする。

【解説】

必要断面が同じであれば、グリッドメタルの格子のピッチを大きくするとグリッドメタルの1本当りの必要断面積が大きくなり、これにしたがって増厚量も増加するため、不経済となることがある。またグリッドメタルの間隔が適当に小さい方がひび割れの分散性も良好である。したがって、格子ピッチが小さくなるようグリッドメタルの大きさを選定するのがよい。しかしながらピッチをあまり小さくすると格子内の間隔が小さくなり、充填材の吹付けが困難となることもあ

るので、施工性も考慮してグリッドメタルのピッチを決定する。標準的には50～200mmピッチとする。

3.13.2 増厚量

増厚部の厚さは、グリッドメタルの外側に10mm以上のかぶりを確保し、グリッドメタルと既設RCとの間隔は、充填材による吹付工法を用いる場合には10mm以上かつグリッドメタルの幅 (b_1)の半分以上($b_1/2$)の間隔を確保することを標準とする。

【解説】

グリッドメタルと充填材との定着を確保するため、グリッドメタルの最外面から10mm以上のかぶりを確保することとした。また、充填材として、ポリマーセメントモルタルを用いた場合、その中性化進行速度が、通常のコンクリートと比較して1/5以下であることから、耐久性上必要となる最小かぶり厚さは、10mm以上でよい。

グリッドメタルと既設コンクリートとの間には充填材が十分にまわるよう、10mm以上かつのグリッドメタルの幅 (b_1)の半分以上($b_1/2$)の間隔を設けることとした。

3.13.3 アンカーピンの配置

- (1) アンカーピンの定着効果を設計上考慮しない場合には、施工時にグリッドメタルの固定に必要な数量のアンカーピンを配置するものとする。
- (2) アンカーピンの定着効果を設計上考慮する場合には、アンカーピンが所要のせん断耐力および引抜耐力を確保できるよう、アンカーピンの材質、寸法、固定方法および配置を選定する。

【解説】

(1) グリッドメタルは充填材による既設コンクリートとの付着により強度を発揮するので、アンカーピンには強度は期待していない。グリッドメタルの重量に応じてアンカーピンを適度な間隔で固定する。アンカーピンの本数は4本/m²を標準とする。

(2) アンカーピンの定着効果を設計上考慮する場合には、アンカーピンが所要のせん断耐力および引抜耐力を確保できるよう、アンカーピンの材質、寸法、固定方法および配置を選定する。

3.13.4 継手

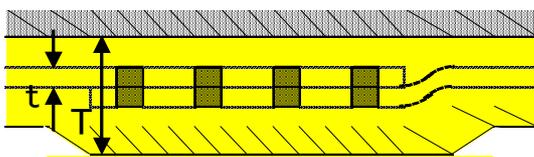
グリッドメタルの継手は、重ね継手を原則とする。

【解説】

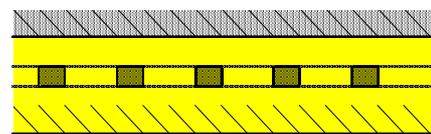
グリッドメタルの継手は、重ね継手とし、必要な継手長を重ねた後、充填材を増厚して継手部を既設部材に一体化する。グリッドメタルの必要継手長さは「道路橋示方書・同解説」(道路協会)(文献1)の鉄筋の継手長算定式 $L_a = \sigma_{sa} \times \phi / 4 \tau_{0a}$ (σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度、 τ_{0a} : コンクリートの許容付着応力度、 ϕ : 鉄筋径)により決定する。

$b1 \leq 20\text{mm}$ の場合 $T_{\min} = 2t + 10 + 10$
 $= 2(t + 10)$

$T_{\min} = t + 20$



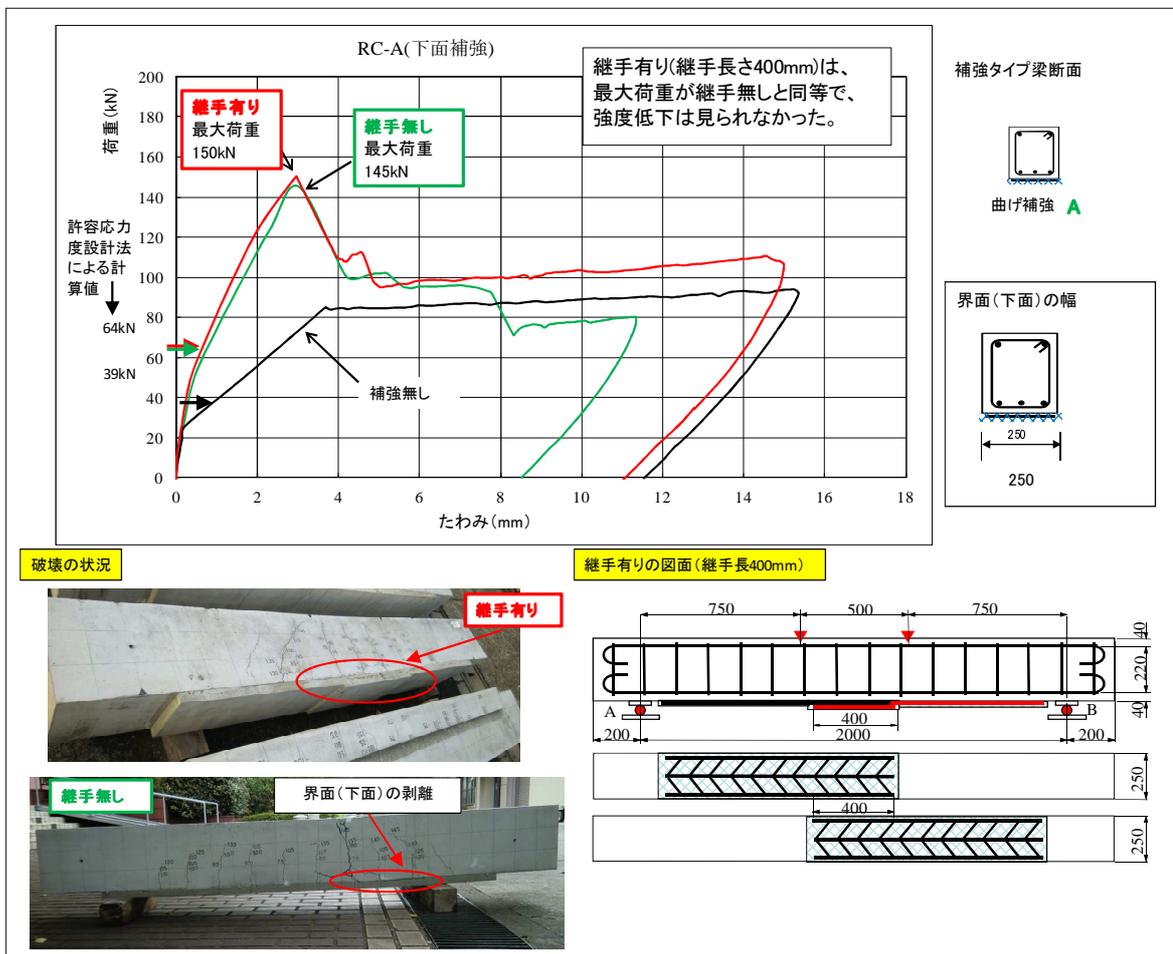
〈継手部〉



〈一般部〉

※重ね継手の根拠：

- ①設計計算 板厚9mm、幅15mmのグリッドメタル(断面積135mm²)は、D13(断面積126.7mm²)に相当するので、重ね継手長 $L_a = \sigma_{sa} \times \phi / 4 \tau_{0a} = 180 \times 13 / (4 \times 1.6) = 366\text{mm} \rightarrow 400\text{mm}$ とする。
- ②実験結果：下記のグラフの通り、板厚9mm、幅15mmのグリッドメタルについて、継手長400mmの継手有りは、最大荷重が継手無しと同等で、強度低下は見られなかった。



RC版と吹付けモルタル界面の付着等に関する試験

資料1

1. 目的

グリッドメタルを、コンクリートに取り付け、付着性能についての基礎資料を得ることを目的として、引抜試験を実施した。

2. 試験体

試験体はW350×L600×H200の中央に凹を有するコンクリートブロックに、グリッドメタルを設置し、ポリマーセメントモルタルを吹き付けた構造である。

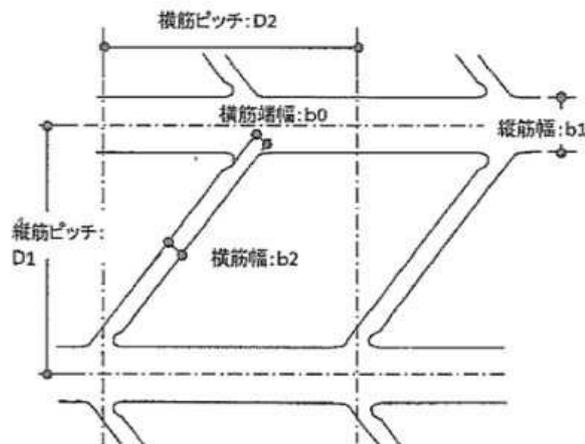
使用材料

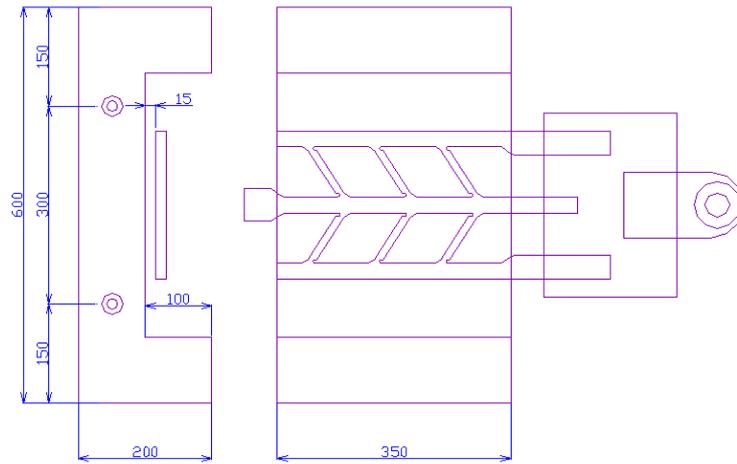
- ・RC版：プレミックスコンクリート エムコン（陽光物産株）、鉄筋SD295A D6
- ・エポキシ樹脂塗装吸水防止剤：コンクリート下地用プライマー リフレトリート（住友大阪セメント株）
※塗布前にはアルミナプラストを実施
- ・吹付けモルタル：ポリマーセメント系断面修復材リフレモルセットSP（住友大阪セメント株）
- ・グリッドメタル：鋼板（SS400）t=6,12,16。縞鋼板JFE-HCP400-1の1本縞形状t=12

試験体は表1の通り、正・負方向引張試験用8体、横方向引張試験用1体の合計9体であり、試験体形状を図1に示す。

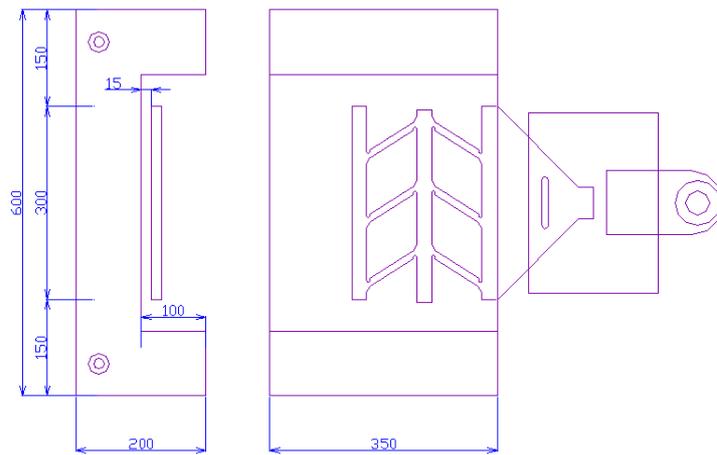
表1 試験体のパラメータ

実験 ケース No.	供試体	荷重	着目点	縦筋ピッチ D1 (mm)	横筋ピッチ D2 (mm)	板厚 t (mm)	縦筋幅 b1 (mm)	横筋幅 b2 (mm)	横筋端幅 b0 (mm)
1	A-100-12	正荷重	標準	100	100	12	24	11	7
2	A-75-12	正荷重	ピッチ小	75	75	12	24	11	7
3	A-100-6	正荷重	板厚小	100	100	6	22	11	7
4	A-100-16	正荷重	板厚大	100	100	16	32	11	7
5	B-100-12	正荷重	突起付	100	100	12	24	11	7
6	C-100-12	正荷重	縞鋼板	100	100	12	24	11	7
7	D-100-12	正荷重	突起付・ 縞鋼板	100	100	12	24	11	7
8	E-100-12	負荷重	荷重方向	100	100	12	24	11	7
9	F-100-12	横引張	荷重方向	100	100	12	24	11	7

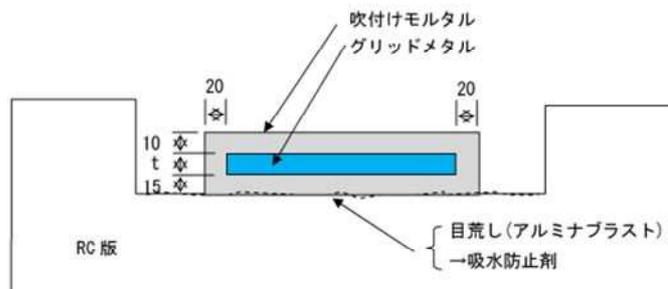




(正・負方向引張試験体)



(横方向引張試験体)



(設置断面)

図1 試験体形状

3. 試験方法

試験はコンクリートブロックに載荷用の柱・梁・油圧ジャッキ等を取り付け、自己反力載荷装置を構成する。試験はグリッドメタルがコンクリートブロックより剥離するまで実施する。
試験装置図を図2に、状況写真を写真1に示す。

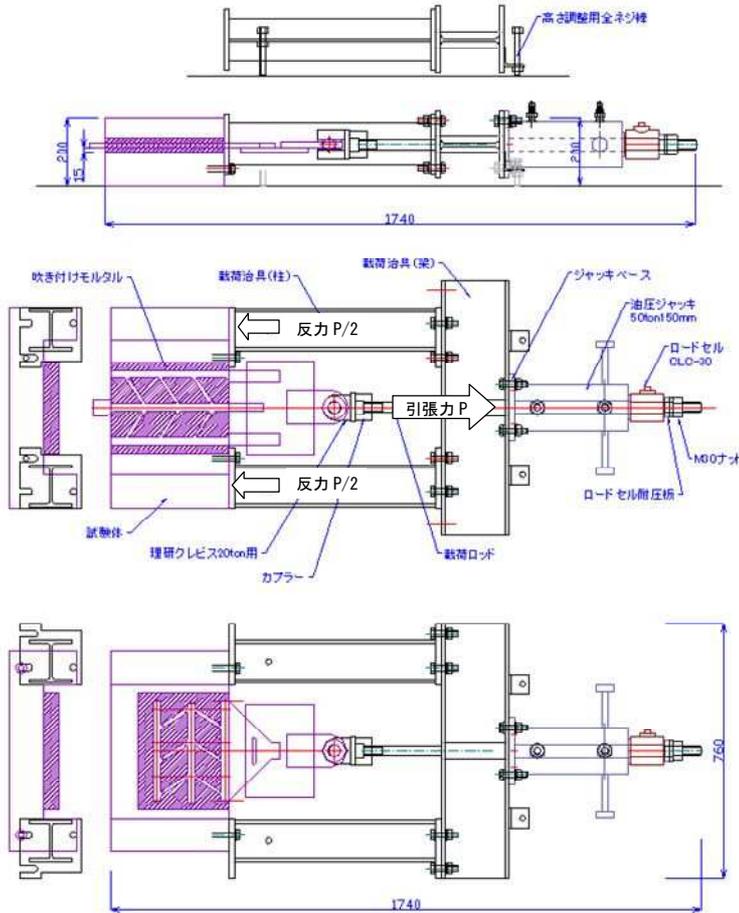


図2 試験装置



写真1 試験実施状況

4. 試験結果

①モルタルの圧縮強度

モルタルの圧縮強度実験値を表2に示す。

表2 モルタル圧縮強度実験値
(材齢14日)

供試体 番号	最大荷重 (N)	強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
No.1	107,000	54.5	52.3
No.2	92,100	46.9	
No.3	109,000	55.5	

「ホリマーセメントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修補強設計・施工マニュアル(案)(増厚補強編)」に記載されている27N/mm²に対し、約2倍の安全率を見込んで50N/mm²としている。

充填材の圧縮強度は
50N/mm²

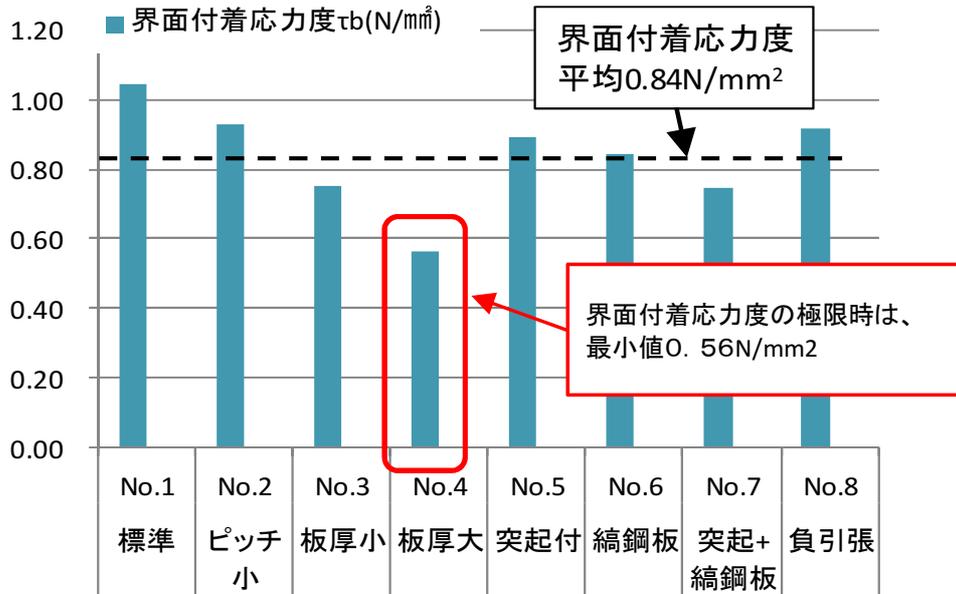
充填材の許容圧縮応力度は、
平均値50/3(安全率)=16.7N/mm²
・・・実験値(A)

②破壊状況と界面付着応力度

それぞれの試験体の破壊状況を表3に、界面付着応力度を図3に示す。

表3 破壊状況

実験 ケース No.	破壊荷重 (kN)	破壊状況	実験 ケース No.	破壊荷重 (kN)	破壊状況
1	97	RC版とモルタル部界面剥離	6	78	RC版とモルタル部界面剥離
2	53	RC版とモルタル部界面剥離	7	69	RC版とモルタル部界面剥離
3	70	RC版とモルタル部界面剥離	8	85	RC版とモルタル部界面剥離
4	52	RC版とモルタル部界面剥離	9	38	グリッドメタル部モルタル破壊
5	83	RC版とモルタル部界面剥離			



ピッチ(mm)	100	75	100	100	100	100	100	100
板厚(mm)	12	12	6	16	12	12	12	12
突起	-	-	-	-	○	-	○	-
縞鋼板	-	-	-	-	-	○	○	-
正引張	○	○	○	○	○	○	○	-
負引張	-	-	-	-	-	-	-	○
破壊荷重 Pmax(kN)	97	53	70	52	83	78	69	85
モルタル吹付 面積A(mm²)	265 × 350	215 × 265	265 × 350	265 × 350	265 × 350	265 × 350	265 × 350	265 × 350
界面付着応力 度(N/mm²)	1.05	0.93	0.75	0.56	0.89	0.84	0.74	0.92

平均
0.84

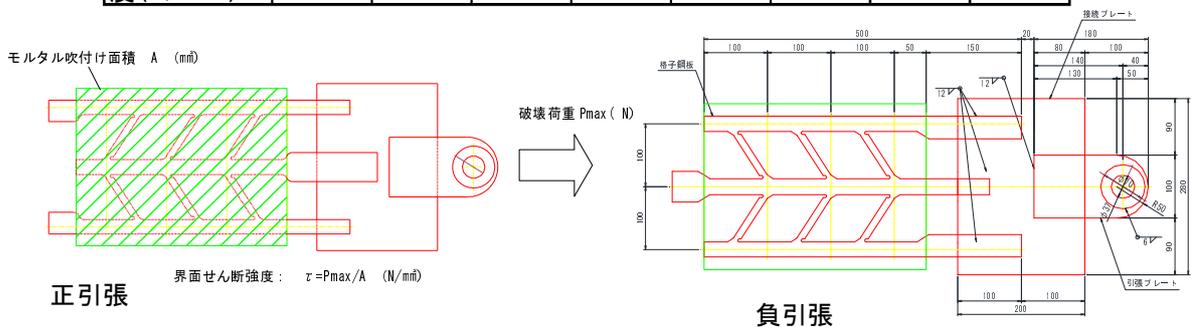
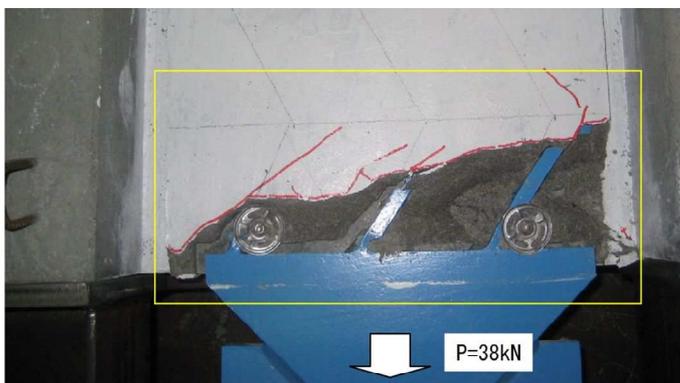


図3 界面付着応力度

界面付着強度の許容値は、
平均値0.8/3(安全率)=0.27N/mm²
...実験値(B)

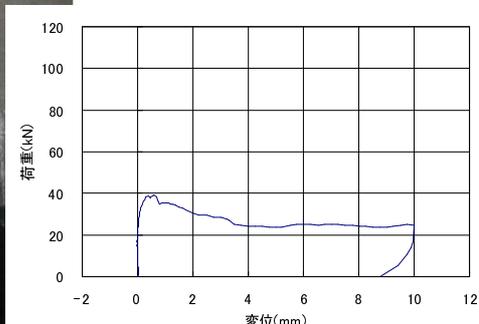
③モルタル(充填材)のせん断応力度

試験体No.9については、写真2の通り、モルタルのせん断破壊が生じており、モルタル(充填材)のせん断応力度について、以下に記す。

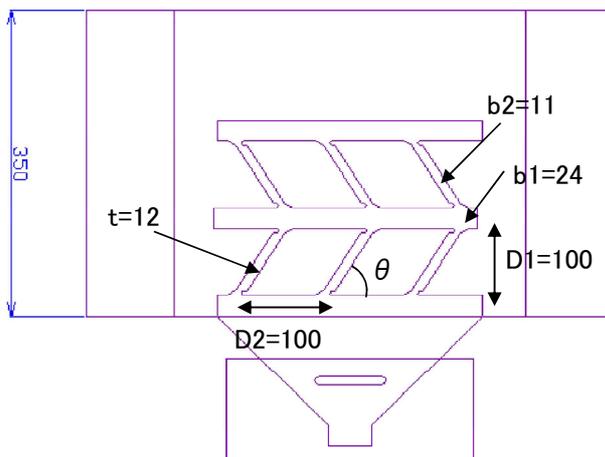
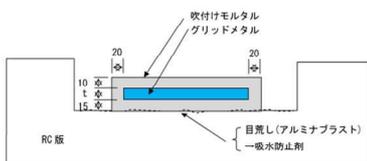


載荷試験後(表面のモルタルを剥離)

写真2 No.9試験体の破壊状況



荷重—変位関係図



1本当り $F=38\text{kN}/3\text{本}=12.7\text{kN}$

$$\theta = \sin^{-1}((D1-b1)/(D2-b2))$$

$$= \sin^{-1}((100-24)/(100-11))$$

$$= \sin^{-1}(76/89)=59^\circ$$

$$S = F / \tan \theta$$

$$= 12.7\text{kN} / \tan 59^\circ = 7.6\text{kN}$$

$$A = (t+t1+t2) \times (D2-b2)$$

$$= (12+15+10) \times (100-11)$$

$$= 37 \times 89$$

$$= 3,293\text{mm}^2$$

$$\tau = 7.6\text{kN} / 3,293 = 2.3\text{N/mm}^2$$

コンクリート標準示方書設計編
(2012年制定)より、

コンクリートの長期せん断応力度

$$f_{vcd} = 0.20 \times (f'_{cd})^{1/3} = 0.20 \times (38.5)^{1/3}$$

$$= 0.68\text{かつ} < 0.72\text{より、}$$

$$f_{vcd} = 0.68\text{N/mm}^2$$

ここに、

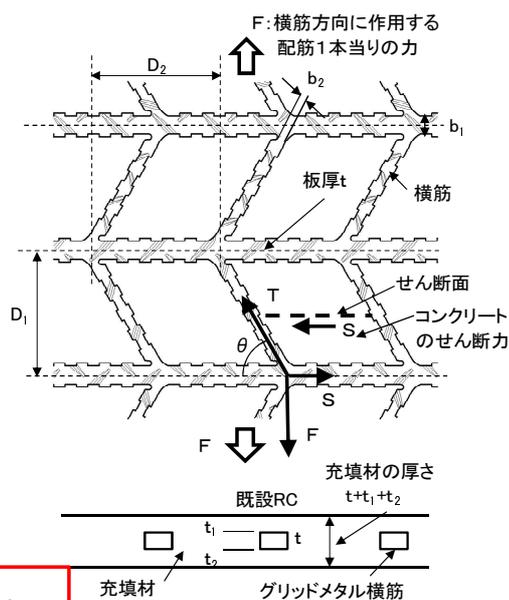
コンクリートの設計基準強度 $f_{ck}=50\text{N/mm}^2$

コンクリートの設計圧縮強度 $f_{cd}=f_{ck}/\gamma_b$ (材料係数) $=50/1.3=38.5\text{N/mm}^2$

安全率3として、極限せん断応力度は

$$3 \times 0.68 = 2.0\text{N/mm}^2。$$

充填材の許容せん断応力度は、
0.68N/mm²・・・実験値(C)



第4章 施工

4.1 施工一般

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法による施工は、補強後のRC構造物の安全性、疲労耐久性、環境作用に対する耐久性など所要の性能を確保できるように実施するものとする。

【解説】

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法の施工に先立ち、補強を行う既設RC構造物の現状や置かれている環境を十分に調査・把握し、必要に応じ事前・事後対策を実施することが重要である。図-解4.1に一般的な施工手順を示す。

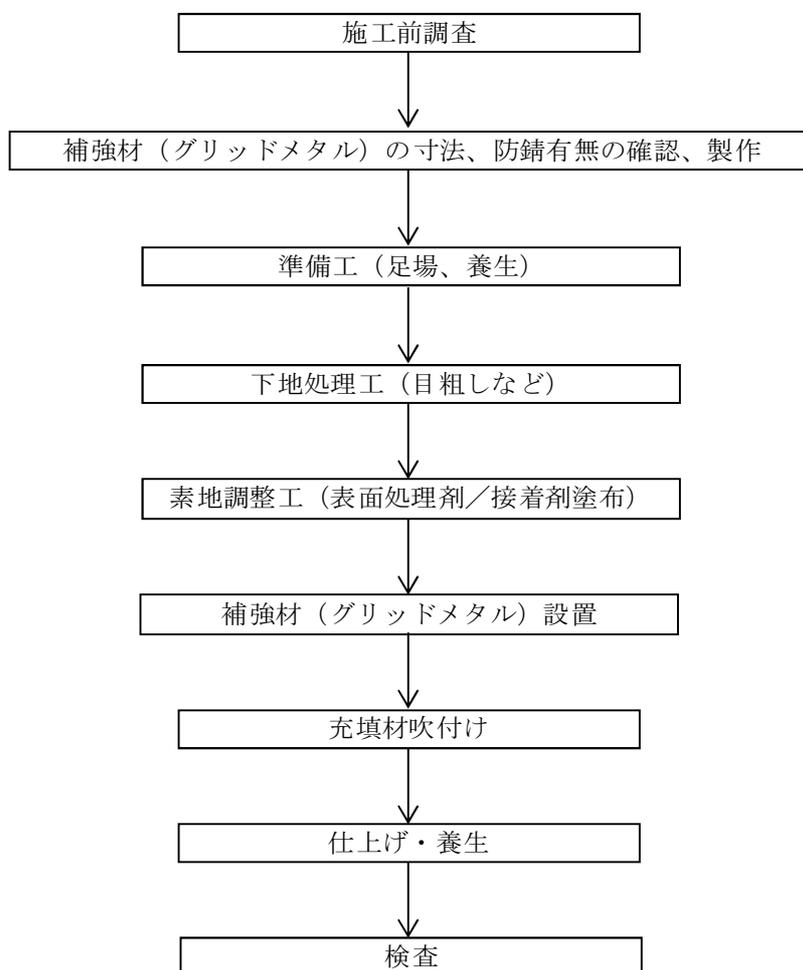


図-解 4.1 一般的な施工手順

4.2 施工前調査

グリッドメタルを用いた RC 部材の補強工法の施工に先立ち、対象構造物の現状や施工条件等を調査し把握するものとする。

【解説】

設計時に想定される施工後の対象構造物の要求性能を満足できるように、施工前調査により対象構造物の現状や施工条件等を正確に把握し、設計および施工計画どおりに施工できるかどうかを確認する必要がある。施工前調査の項目は、対象構造物の現状を把握するものと施工条件に関するものに分かれ、特に留意すべき事項は以下の通りである。

(構造物の現状に関する項目)

- ① 構造物の使用状況（荷重、交通量、振動）
- ② 劣化機構
- ③ 劣化進行状況と範囲
- ④ 構造物の形状、寸法

(施工条件に関する項目)

- ① 施工場所の立地条件や位置（地上、地中、水中、近接構造物の有無、施工空間の制限、第三者災害の安全性）
 - 現場条件
 - ・グリッドメタルの取付け時に既設構造物より 1 m 程度の作業空間が必要。
 - ・吹付け機械の設置に 5 m × 5 m 程度のスペースが必要。
 - ② 公害などの環境制約（騒音規制、振動規制、粉じん規制、汚濁規制）
 - ③ 施工時の規制（交通規制の方法、迂回路）
 - ④ 施工方法や時間の制約（作業時間帯、施工時期、天候、高所作業の有無、転倒や飛散の安全性）
- 適用可能な範囲
 - ・RC 部材全般の補強・補修工事。
- 自然条件
 - ・ポリマーセメントモルタルの吹付けは、外気温 5～25℃での施工を推奨。
 - ・ポリマーセメントモルタルの吹付けは、降雨時に施工不可。
- 熟練工の依存度
 - ・グリッドメタル取付けは鉄筋工によらず、普通作業員で実施可能。

4.3 下地処理工

充填材が所定の接着強度を有するよう、既設コンクリート面の油脂等の汚れや脆弱層を下地処理により十分に取り除くものとする。

【解説】

下地処理はブラスト工法（吸塵型や高圧洗浄型等）やディスクサンダー等によるケレン工を実施し油脂等の汚れや脆弱層、セメントペーストの除去を行い、健全面を露出させる。なお、既設コンクリート面が著しく損傷している場合には断面修復を適切に行う。



(a) 下地処理状況（ブラスト）

(b) 下地処理状況（ディスクサンダー）

写真 4.1 既設コンクリート面の下地処理

4.4 素地調整工

素地調整工は、使用する充填材に応じて適切に実施しなければならない。

【解説】

使用する充填材の種類に応じた素地調整工を行うことにより所定の付着強度を得ることができる。従って、素地調整工は設計段階で決定した充填材に応じて適切に実施することとした。



写真 4.2 素地調整状況

4.5 グリッドメタルの取り付け

- (1) グリッドメタルは既設RCにアンカーピン等を用いて固定する。
- (2) 重ね継ぎ手は所定の継ぎ手長を確保するものとする。

【解説】

(1) スペースによりグリッドメタルと既設RCとの間隔を適切にとり、施工時に動く事のないよう、アンカーピンなどにより固定する。参考として施工試験で用いたアンカーピンを以下に示す。500mmピッチ（約9箇所/m²）でアンカーピンを打設することで、施工時に動かないことを確認した。

品番	外径 D(mm)	首下長さ L(mm)	頭部径 dk(mm)	取付物厚 (mm)	ドリル径 (mm)	埋込深さ (mm)
T-670	6	70	11	1~46	6.4	24

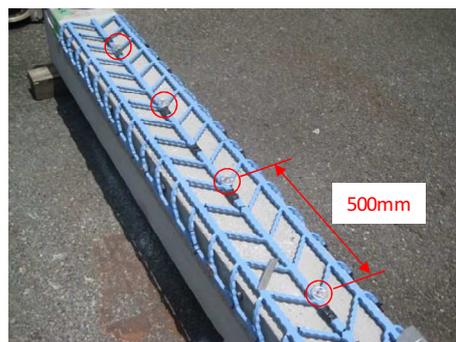


図-解 4.2 アンカーピン施工事例



写真 4.3 グリッドメタルの取り付け状況

- (2) 重ね継ぎ手は設計で決められた継ぎ手長を確保し、格子単位で重ね合わせるものとする。
- (3) 上記のことから、グリッドメタル取付けは普通作業員で施工可能である（鉄筋工は不要）。



写真 4.4 グリッドメタルの重ね継ぎ手
(3 格子重ね合わせた場合)

4.6 充填材吹き付け

- (1) 吹き付けは充填材で使用する製品毎の規定値を確認し、施工を実施する必要がある。
- (2) 充填材はグリッドメタルと母材とのあき、格子内、かぶり表面まで十分に吹き付け、コテ押えによる表面の平滑化を図る。
- (3) 吹き付けは通常2層施工とし、1層施工厚さは20～30mm程度、積層時間間隔は3時間～1日程度とする。
- (4) 夏期および冬の施工は、コンクリート標準示方書「施工編」に準拠し、施工を実施する。

【解説】

- (1) 吹き付け工法は充填材を吹き付け位置まで圧送し、既設RCに所定量吹き付けを行う。このことから、充填材は所定の流動性状を有する必要がある。そのため、吹き付け前にフロー試験等を実施し流動性を確認する必要がある。
- (2) 充填材を吹き付ける場合、グリッドメタル近傍に空隙等がしやすい。このことから、充填材はグリッドメタルと母材とのあき、格子内、かぶり表面まで十分に吹き付ける。吹付け操作として、吹付けノズルから吹付け面の距離を20～40cmに保ち、鉄筋に対して斜めに吹き付けた後、反対側から空気溜まりが生じないように斜めに吹き付ける。鉄筋が隠れた後の吹付けは、ノズル先端を吹付け面に対して垂直とし、不陸が生じないように均一に吹き付ける。吹付け後はコテ押えによりグリッドメタル近傍の空隙等を充填し、モルタル表面の平滑化を図る。

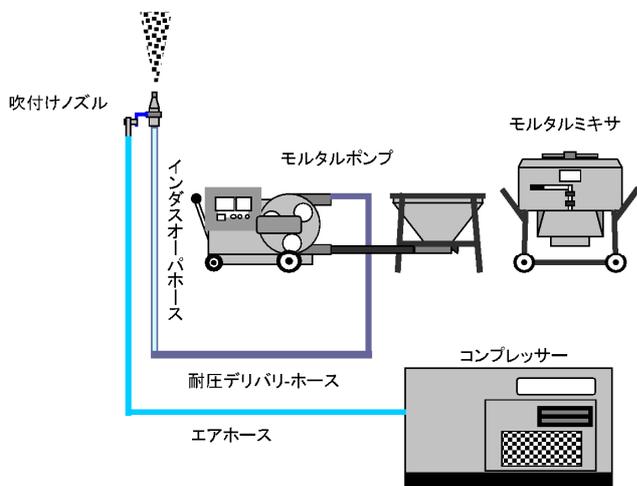


図-解 4.2 吹付け装置 配置例



写真 4.4 充填材吹付け状況

- (4) 施工時は足場上の施工箇所に設置した温度計で温度管理を行い、コンクリート標準示方書「施工編」に準拠して、冬期は日平均気温が5℃以上であること、夏期には25℃以下であることを確認し施工する。これらの温度を外れる場合にはコンクリート標準示方書「施工編」に準拠し、充填材の圧縮強度が4.9N/mm²以上に達するまで次節の4.7に従って、適切な養生を行うものとする。
降雨時は施工不可とする。

冬期や風の吹き込む施工箇所および直射日光の当たる施工箇所は充填材表面が乾燥し、乾燥収縮ひび割れが生じやすい。そのためこれらの施工箇所ではひびわれが発生しないように十分注意し、必要に応じ適切な養生を実施する必要がある。

4.7 仕上げ・養生

- (1) 充填材の表面は、所定の吹付け厚さおよび平坦性が得られるように適切に仕上げなければならない。
- (2) 充填材は、吹付け後の所定の期間中に急激な温度変化や乾燥を受けないように十分な養生を行わなければならない。

【解説】

- (1) 充填材の仕上げは、美観および充填材の耐久性を確保するために重要である。不陸が生じた場合には、コテによる粗仕上げを行い平坦面としてから吹付けを行う。仕上げ層までの吹付けが終了した充填材の表面は、左官により平滑に仕上げ、随時、観察を行いながらブリージングが落ち着いた後に最終仕上げを行う。



写真 4.5 充填材の仕上げ状況

- (2) 吹付け施工後には、硬化初期の養生および硬化までの養生を、示方書[施工編]に従い入念に実施しなければならない。充填材の施工面は、養生中に急激な乾燥にさらされた場合に初期乾燥ひび割れが生じやすい。従って、施工後の充填材が風や日射に直接さらされないように、養生シートで覆うなどしてこれらを避けるとともに、養生剤を散布するなどして、表面からの急激な水分の蒸発を防ぎ、湿潤養生状態の確保や初期ひび割れの防止を図らなければならない。ただし、養生剤の使用にあたっては、充填材に悪影響を及ぼさないことをあらかじめ確認する。さらに、暑中および寒中施工の場合には、示方書[施工編]に従うとともに、特に、寒中施工では吹付け施工時および所要の強度が得られるまで、急激な温度変化や乾燥を受けないように適宜、給熱養生および保温養生を行う必要がある。

4.8 検査

4.8.1 グリッドメタルの検査

- (1) 新たに設置されるグリッドメタルの加工および設置の検査は、補強設計に合致したグリッドメタルが所定の位置に所定の本数が配置されていることを適切な方法で確認する。
- (2) 検査の結果、グリッドメタルの加工および配置が適当でないと判定された場合は、これらを修正しなければならない。

【解説】

- (1) 構造物の補強のために新たに設置されるグリッドメタルの加工および設置が完了した後は、示方書〔施工編〕に従って、設計図書に基づき所定の精度でなされていることを充填材施工前に確認しなければならない。
- (2) 検査の結果、グリッドメタルの加工および配置が適当でないと判断された場合は、適切に修正しなければならない。ただし、一度曲げ加工したグリッドメタルは曲げ戻すと材質を害する恐れがあるので、原則として曲げ戻して使用してはならない。

4.8.2 充填材の検査

- (1) 施工後の充填材の強度を検査しなければならない。検査は吹付け施工中に型枠へ充填材を吹き付けることにより採取した供試体の強度によることを標準とする。
- (2) 検査の結果、合格と判断されない場合、充填材により補強を行った構造物の要求性能が確保できるように、適切な処置を施さなければならない。

【解説】

- (1) 充填材の強度は、力学的性能を確認するためのきわめて重要な特性値であり、検査によって所定の性能を有していることを確認しなければならない。検査方法としては、吹付け施工時に充填材の一部を試料採取用型枠に吹き付け、この試料から圧縮試験用供試体を採取してその強度試験を行うことを標準とする。
- (2) 検査の結果、合格と判断されない場合の多くは、工事中に何らかのトラブルが生じたことによることが多い。充填材が不合格と判定された場合には、それが補強後の構造物における所要の性能に影響を及ぼさないことを試験、その他の適当な方法で確認しなければならない。

4.8.3 出来形検査

- (1) 補強部が所要の品質を確保していることを確認するため、施工後に表面状態、かぶり、吹付け厚さ、断面形状等を目視および実測により検査しなければならない。
- (2) 検査が不合格と判定された場合には、適切な処置を講じなければならない。

【解説】

- (1) 補強を行った構造物が所要の性能を発揮するためには、許容できる範囲で計画通りに施工される必要がある。表面状態の検査については、ひび割れの有無を目視により行い、欠陥が内部まで至っていないか確認する。かぶりおよび吹付け厚さの検査については、検測ピンを建て込んでおく方法、吹付け直後の柔らかいうちに吹付け層に検測ピンを差し込む等の方法により行う。断面形状の検査については、スケールなどを用いて設計値以上であることを確認する必要がある。
- (2) 出来形検査において不合格と判定された場合の処置は、不合格となった試験項目に応じて異なったものとなる。断面寸法、形状等が不合格である場合、不足分を補うことのみを重視し、単純に増吹き施工などを行うと、既に施工した吹付け補強部との一体性に問題が生じることがあり、短期間で手直し部分のはく離などの現象が生じるので注意が必要である。かぶり、吹付け厚さが不合格である場合には、所要の耐久性を確保する観点から、必要に応じて新たに表面被覆を行うなどの処置をしなければならない。

4.8.4 品質管理項目

グリッドメタルを用いたRC部材の補強工法による施工においては、現場の状況を考慮して施工の工程ごとに設定した項目に対して適切な方法によって、品質管理する。

【解説】

品質管理項目を以下に示す。

表一解 4.1 品質管理項目

項目	施工上の注意事項	検査時期	検査方法	基準値等
グリッドメタル	・材質	・材料手配時	・ミルシート	設計図書通り
	・縦筋・横筋のサイズ	・加工時	・寸法測定	計画断面積以上
	・縦筋・横筋のピッチ	・加工時	・寸法測定	±10mm
	・配置	・モルタル打設前	・目視、寸法測定	±10mm
	・既設面との隙間	・モルタル打設前	・目視、寸法測定	0～+10mm
	・かぶり	・モルタル打設前	・目視、寸法測定	0～+10mm
既設コンクリート	・下地状態	・グリッドメタル設置前	・目視、指触	表面が均一であること
	・下地表面の粉塵除去	・モルタル吹付け前	・目視、指触	粉塵の無いこと
	・プライマー塗布状況	・モルタル吹付け前	・目視	塗布されていること
ポリマーセメントモルタル	・材料の品質	・材料納入時	・材料仕様の照合、配合確認	設計図書通り
	・モルタルの厚み	・グリッドメタル設置時	・ガイドによる厚み表示の確認	0～+10mm
	・モルタルの流動性	・吹付け時	・目視、フロー試験	所定の流動性を有すること
	・表面が平滑に仕上げられていること	・吹付け後	・目視	外観が正常であること
	・仕上り寸法	・吹付け後	・寸法測定	0～+10mm
	・下地コンクリートとグリッドメタル間の充填	・吹付け後	・硬化後の打音	充填されていること
出来形検査	・強度	・吹付け後	・圧縮強度試験	設計値以上
	・施工面積	・吹付け後	・寸法測定	設計値以上

注1: 数値は設計値に対する許容誤差

注2: 検査頻度は1回/100m²とする。

チェックリストを次頁に示す。

表一解 4.2 チェックリスト

チェックリスト

工事名称	報告書番号	ページ		
補強平面・断面図				
項目	施工上の注意事項	検査時期	基準値等	チェック欄
グリッドメタル	・材質	・材料手配時	設計図書通り	<input type="checkbox"/>
	・縦筋・横筋のサイズ	・加工時	計画断面積以上	<input type="checkbox"/>
	・縦筋・横筋のピッチ	・加工時	±10mm	<input type="checkbox"/>
	・配置	・モルタル打設前	±10mm	<input type="checkbox"/>
	・既設面との隙間	・モルタル打設前	0～+10mm	<input type="checkbox"/>
	・かぶり	・モルタル打設前	0～+10mm	<input type="checkbox"/>
既設コンクリート	・下地状態	・グリッドメタル設置前	表面が均一であること	<input type="checkbox"/>
	・下地表面の粉塵除去	・モルタル吹付け前	粉塵の無いこと	<input type="checkbox"/>
	・プライマー塗布状況	・モルタル吹付け前	塗布されていること	<input type="checkbox"/>
ポリマーセメント モルタル	・材料の品質	・材料納入時	設計図書通り	<input type="checkbox"/>
	・モルタルの厚み	・グリッドメタル設置時	0～+10mm	<input type="checkbox"/>
	・モルタルの流動性	・吹付け時	所定の流動性を有すること	<input type="checkbox"/>
	・表面が平滑に仕上げられていること	・吹付け後	外観が正常であること	<input type="checkbox"/>
	・仕上り寸法	・吹付け後	0～+10mm	<input type="checkbox"/>
	・下地コンクリートとグリッドメタル間の充填	・吹付け後	充填されていること	<input type="checkbox"/>
出来形検査	・強度	・吹付け後	設計値以上	<input type="checkbox"/>
	・施工面積	・吹付け後	設計値以上	<input type="checkbox"/>

注1: 数値は設計値に対する許容誤差

注2: 検査頻度は1回/100m²とする。