

平成 30 年度

〇〇公園〇〇〇〇線

〇〇〇〇〇〇〇〇工事法面設計

【 〇〇工区 SP = 00,000.000 】

のり面工設計計算書

現場吹付のり砕工

平成 31 年 1 月

〇〇〇〇〇〇〇建設管理部

〇〇〇〇〇設計株式会社

目 次

	Page
§ 1-1. 現場吹付のり枠工の照査形状	1
§ 1-2. 設計断面力	3
§ 1-3. 部分安全係数	6
§ 1-4. 材料強度と特性値	7
§ 1-5. 梁の断面諸係数	8
§ 1-6. 安全性能の照査	9
§ 1-7. 計算結果	13
付表1-1 鉄筋の質量, 直径, 断面積および周長	14
付表1-2 現場吹付のり枠工の標準枠スパンおよび主鉄筋の標準仕様	14
付表1-3 現場吹付のり枠工のせん断補強筋の標準仕様	14
END	14

§ 1-1. 現場吹付のり枠工の照査形状

以下の形状および構造の現場吹付のり枠工を対象として、限界状態設計法に則り、のり面中腹の円弧すべりに対して十分な断面耐力が確保されていることを検証する。

(1) のり面と不安定土塊

$$\text{のり面の勾配} \quad \theta = 51.34^{\circ} \quad (1 : 0.800)$$

$$\text{不安定土塊の長さ (のり長)} \quad \ell = 11.00 \text{ m}$$

$$\text{不安定土塊の深さ (のり肩)} \quad D = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{不安定土塊の単位体積重量} \quad \gamma_1 = 20.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{見掛けの計画安全率} \quad F_s = 1.20$$

(2) 現場吹付のり枠工

$$\text{縦方向の枠スパン} \quad L_1 = 1.20 \text{ m} \quad (\text{横梁間隔})$$

$$\text{横方向の枠スパン} \quad L_2 = 1.20 \text{ m} \quad (\text{縦梁間隔})$$

$$\text{のり枠断面 (梁) の幅} \quad b = 300 \text{ mm}$$

$$\text{のり枠断面 (梁) の高さ} \quad h = 300 \text{ mm} \quad (\text{正方形断面 } h = b)$$

$$\text{梁の有効高さ} \quad d = 235 \text{ mm}$$

$$\text{引張鉄筋の径} \quad \phi_s = 15.90 \text{ mm} \quad (\text{SD295A D16})$$

$$\text{引張鉄筋の本数} \quad n_s = 2 \text{ 本} \quad (\text{D16} \times 2 \text{ 本を上下に配置})$$

$$\text{引張鉄筋の総断面積} \quad A_s = 397.2 \text{ mm}^2 \quad (\text{D16} \times 2 \text{ 本分})$$

(3) 枠内の中詰め工

$$\text{中詰め工の造成厚さ} \quad d' = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{中詰め工の単位体積重量} \quad \gamma_3 = 14.0 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{植生基材})$$

(4) 積雪

$$\text{設計積雪深} \quad h' = 0.00 \text{ m} \quad (\text{雪崩予防柵なし})$$

$$\text{積雪の単位体積重量} \quad \gamma_4 = 3.5 \text{ kN/m}^3$$

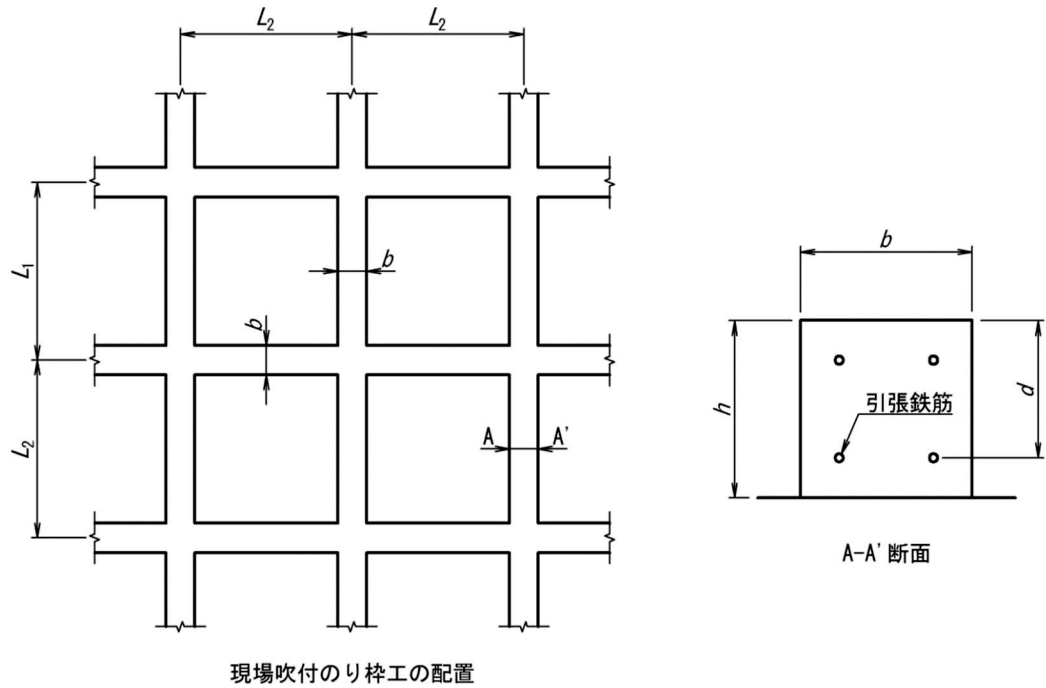


図1-1 現場吹付のり砕工の標準配置と標準断面

Sample

Sample

§ 1-2. 設計断面力

のり枠に作用する荷重は、不安定土塊の重量、のり枠の枠内中詰め部材の重量、および積雪の重量とし、これらがのり枠の縦梁に作用するものとする。

のり枠の断面力（曲げモーメントとせん断力）の算定に当っては、不安定土塊の範囲内にあるのり枠の縦梁を両端支持の単純梁と考え、作用荷重を同単純梁の中央で最大、推定すべり面との交点でゼロとなる三角形分布に置き換えて検討する。

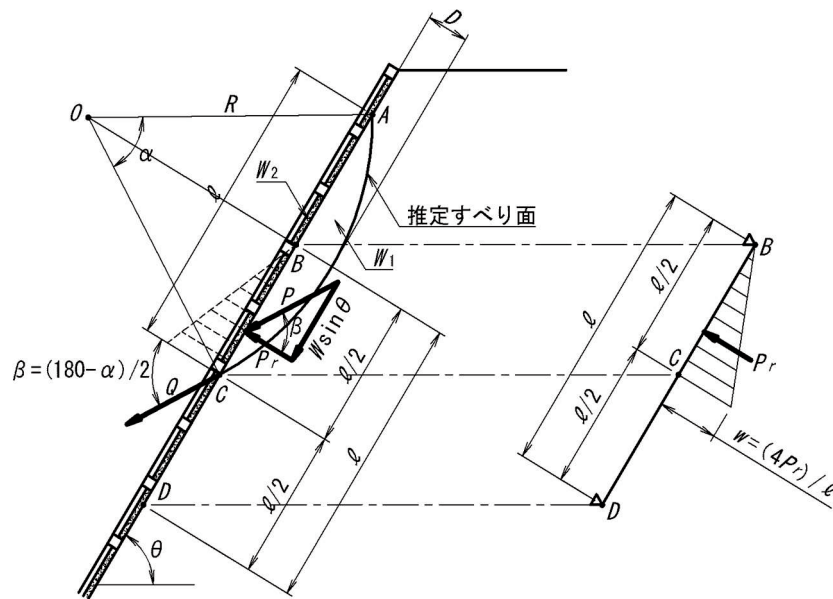


図1-2 不安定土塊と梁の計算モデル

「のり枠工の設計・施工指針(改訂版第3版)；(社)全国特定法面保護協会，平成25年10月，p. 41」より抜粋・加

(1) 見掛けの安全率の増分

現場吹付のり枠工の適用機会が、切土後の未崩壊のり面に限定されることを踏まえ、切土完了直後におけるのり面の見掛けの安全率（現状安全率）を $F_o = 1.00$ と仮定する。併せて、のり枠完成後の見掛けの安全率（計画安全率）として F_s を設定し、この時の見掛けの安全率の増分 ΔF_s を次式で算出する。

$$\begin{aligned}\Delta F_s &= F_s - F_o \\ &= 1.20 - 1.00 = 0.20\end{aligned}$$

のり枠工が負担する荷重は、上記の見掛けの安全率の増分に相当する荷重とする。

(2) 横方向1スパン当たりの不安定土塊の重量

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \left\{ \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \times R^2 - \frac{1}{2} \times \ell \times (R - D) \right\} \times L_2 \times \gamma_1 \\
 &= \left\{ \frac{31.06}{360} \times \pi \times 20.54^2 - \frac{1}{2} \times 11.00 \times (20.54 - 0.75) \right\} \\
 &\quad \times 1.20 \times 20.0 \\
 &= 132.21 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

ここに,

すべり円弧の半径

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1}{2 \times D} \times \left(\frac{\ell^2}{4} + D^2 \right) \\
 &= \frac{1}{2 \times 0.75} \times \left(\frac{11.00^2}{4} + 0.75^2 \right) = 20.54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

すべり円弧の中心角

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 2 \times \sin^{-1} \frac{\ell}{2 \times R} \\
 &= 2 \times \sin^{-1} \frac{11.00}{2 \times 20.54} = 31.06^\circ
 \end{aligned}$$

(3) 横方向1スパン当たりの砕内中詰め部材の重量

$$\begin{aligned}
 W_2 &= \frac{\ell}{L_1} \times d' \times (L_1 - b) \times (L_2 - b) \times \gamma_2 \\
 &= \frac{11.00}{1.20} \times 0.05 \times (1.20 - 0.30) \times (1.20 - 0.30) \times 14.0 \\
 &= 5.20 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(4) 横方向1スパン当たりの積雪の重量

る。

$$\begin{aligned}
 W_3 &= k_s \times h' \times \ell \times \cos \theta \times L_2 \times \gamma_3 \\
 &= 0.5 \times 0.00 \times 11.00 \times \cos 51.34^\circ \times 1.20 \times 3.5 \\
 &= 0.00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

表1-1 のり面勾配と設計積雪深の関係

のり面勾配	設計積雪深	補正係数 k_s
1 : 0.6 未満の急勾配	積雪重量を考慮しない	0.0
1 : 0.6 以上～1 : 1.0 未満	通常の積雪深の 1/2 を考慮する。	0.5
1 : 1.0 以上の緩勾配	通常の積雪深を考慮する。	1.0
雪崩予防柵を配置する法面	通常の積雪深を考慮する。	1.0

「北海道開発局 道路設計要領 第1集 道路；北海道開発局，平成29年4月，p.1-4-31」より抜粋

(5) 横方向1スパン当たりの総重量

$$\begin{aligned}
 W &= W_1 + W_2 + W_3 \\
 &= 132.21 + 5.20 + 0.00 = 137.41 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(6) 縦梁に作用する荷重

のり砕の縦梁に作用する推定すべり方向の荷重は，次式で算出する。

$$\begin{aligned}
 P &= \Delta F_s \times W \times \sin \theta \\
 &= 0.2 \times 137.41 \times \sin 51.34^\circ = 21.46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

同縦梁に直角に作用する荷重は，次式で算出する。

$$\begin{aligned}
 P_r &= P \times \cos \frac{180^\circ - \alpha}{2} \\
 &= 21.46 \times \cos \frac{180^\circ - 31.06^\circ}{2} = 5.75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(7) 縦梁に作用する曲げモーメント

縦梁に直角に作用する荷重によって生じる曲げモーメントは，次式で算出する。

$$\begin{aligned}
 M &= 4/(9\sqrt{6}) \times P_r \times \ell \\
 &= 4/(9\sqrt{6}) \times 5.75 \times 11.00 = 11.48 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

(8) 縦梁に作用するせん断力

縦梁に直角に作用する荷重によって生じるせん断力は，次式で算出する。

$$\begin{aligned}
 V &= (2/3) \times P_r \\
 &= (2/3) \times 5.75 = 3.83 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

§ 1-3. 部分安全係数

部分安全係数については、「のり枠工の設計・施工指針(改訂版第3版)；(社)全国特定法面保護協会，平成25年10月」の設計例に準拠し，下表の値を採用する。

表1-2 のり枠工の部分安全係数

限界状態	材料係数 γ_m		部材係数 γ_b	構造解析 係数 γ_a	荷重係数 γ_f	構造物 係数 γ_i
	コンクリート γ_c	鋼材 γ_s				
終局限界状態	1.30	1.00	下記参照	1.00	1.20	1.20
使用限界状態	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

「のり枠工の設計・施工指針(改訂版第3版)；(社)全国特定法面保護協会，平成25年10月」より抜粋

終局限界状態の部材係数についても，同指針の推奨値を準用し，以下のとおりとする。

$$\text{曲げ・軸耐力} (M_{ud}) \quad \gamma_b = 1.15$$

$$\text{コンクリートが負担するせん断耐力} (V_{cd}) \quad \gamma_{b1} = 1.30$$

$$\text{せん断補強筋が負担するせん断耐力} (V_{sd}) \quad \gamma_{b2} = 1.10$$

$$\text{斜め圧縮破壊耐力} (V_{wcd}) \quad \gamma_{b3} = 1.30$$

§ 1-4. 材料強度と特性値

(1) 強度の特性値

コンクリートおよび鉄筋の材料強度の特性値は、以下のとおりとする。

$$\text{コンクリートの圧縮強度の特性値} \quad f'_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{引張鉄筋の引張降伏強度の特性値} \quad f_{yk} = 295 \text{ N/mm}^2$$

(2) 終局限界状態の材料強度

る。

コンクリートの設計圧縮強度

$$\begin{aligned} f'_{cd} &= f'_{ck} / \gamma_c \\ &= 18 / 1.30 = 13.85 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

コンクリートのせん断強度

$$\begin{aligned} f_{vcd} &= 0.20 \times f'_{cd}^{1/3} \quad (\text{ただし, } f_{vcd} \leq 0.72 \text{ N/mm}^2) \\ &= 0.20 \times 13.85^{1/3} = 0.48 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

鉄筋の設計引張降伏強度

$$\begin{aligned} f_{yd} &= f_{yk} / \gamma_s \\ &= 295 / 1.00 = 295 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(3) 弾性係数, 他

鉄筋の弾性係数

$$E_s = 200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

コンクリートの終局ひずみ

$$\begin{aligned} \epsilon'_{cu} &= \frac{155 - f'_{ck}}{30,000} \quad (\text{ただし, } 0.0025 \leq \epsilon'_{cu} \leq 0.0035) \\ &= \frac{155 - 18}{30,000} = 0.0035 \end{aligned}$$

§ 1-5. 梁の断面諸係数

梁の断面諸係数を算定し，断面破壊時に“鉄筋の降伏破壊よりも，コンクリートの圧縮破壊が先行する，脆性的な破壊形態”とならないことを確認する。

(1) 鉄筋比

$$p = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{397.2}{300 \times 235} = 0.00563$$

(2) 釣合鉄筋比

$$p_b = \alpha \times \frac{\varepsilon'_{cu}}{\varepsilon'_{cu} + f_{yd} / E_s} \times \frac{f'_{cd}}{f_{yd}}$$

$$= 0.68 \times \frac{0.0035}{0.0035 + 295 / (200 \times 10^3)} \times \frac{13.85}{295} = 0.02246$$

ここに，

$$\alpha = 0.88 - 0.004 \times f'_{ck} \quad (\text{ただし, } \alpha \leq 0.68)$$

$$= 0.88 - 0.004 \times 18 = 0.68$$

以上より，

$$p \quad (= \quad 0.00563) \quad < \quad 0.75 \times p_b \quad (= \quad 0.01685)$$

⇒ 鉄筋降伏先行型の破壊となる。【OK】

§ 1-6. 安全性能の照査

安全性能の照査は、終局限界状態の曲げ破壊とせん断破壊に対して行う。

(1) 曲げモーメントに対する照査

a) 設計曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_d &= \gamma_f \times M \\ &= 1.20 \times 11.48 \times 10^6 = 13.78 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

ここに,

$$\gamma_f = 1.20 \quad (\text{終局限界状態})$$

b) 設計曲げ耐力の算定

終局曲げ耐力は、次式により算出する。

$$\begin{aligned} M_u &= b \times d^2 \times p \times f_{yk} \times \left(1 - \frac{k_2}{\beta \times k_3} \times \frac{p \times f_{yd}}{f'_{cd}}\right) \\ &= 300 \times 235^2 \times 0.00563 \times 295 \\ &\quad \times \left(1 - \frac{0.4}{0.8 \times 0.85} \times \frac{0.00563 \times 295}{13.85}\right) = 25.58 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

ここに,

等価応力ブロック高さに関する係数

$$\begin{aligned} \beta &= 0.52 + 80 \times \varepsilon'_{cu} \\ &= 0.52 + 80 \times 0.0035 = 0.8 \end{aligned}$$

コンクリート強度の低減係数

$$\begin{aligned} k_2 &= \beta / 2 = 0.8 / 2 = 0.4 \\ k_3 &= 1 - 0.003 \times f'_{ck} \quad (\text{ただし, } k_3 \leq 0.85) \\ &= 1 - 0.003 \times 18 = 0.85 \end{aligned}$$

設計曲げ耐力は、次式により算出する。

$$\begin{aligned} M_{ud} &= \frac{M_u}{\gamma_b} \\ &= \frac{25.58 \times 10^6}{1.15} = 22.24 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

c) 安全性に対する照査

$$\gamma_i \times \frac{M_d}{M_{ud}} = 1.20 \times \frac{13.78 \times 10^6}{22.24 \times 10^6} = 0.74 \leq 1.0 \Rightarrow \text{【OK】}$$

ここに,

$$\gamma_i = 1.20 \quad (\text{終局限界状態})$$

(2) せん断力に対する照査

a) 設計せん断力

$$\begin{aligned}
 V_d &= \gamma_f \times V \\
 &= 1.20 \times 3.83 \times 10^3 = 4.60 \times 10^3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ここに,

$$\gamma_f = 1.20 \quad (\text{終局限界状態})$$

b) 吹付コンクリートが負担する設計せん断耐力 (V_{cd}) の算出

$$\begin{aligned}
 V_{cd} &= \beta_d \times \beta_p \times \beta_n \times f_{vcd} \times b \times d / \gamma_{b1} \\
 &= 1.44 \times 0.83 \times 1.00 \times 0.48 \times 300 \times 235 / 1.30 = 31,112 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ここに,

せん断耐力の有効高さに関する係数

$$\beta_d = (1,000/d)^{1/4} \quad (\text{ただし, } \beta_d \leq 1.5)$$

$$= (1,000 / 235)^{1/4} = 1.44$$

せん断耐力の軸方向鉄筋比に関する係数

$$\beta_p = (100 \times p)^{1/3} \quad (\text{ただし, } \beta_p \leq 1.5)$$

$$= (100 \times 0.00563)^{1/3} = 0.83$$

せん断耐力の軸方向力に関する係数

$$\beta_n = 1.00$$

c) 設計せん断耐力 (V_{yd}) の算出

せん断補強筋を使用しない場合の設計せん断耐力は、次式により算出する。

$$\begin{aligned}
 V_{yd} &= V_{cd} \\
 &= 31,112 \text{ N}
 \end{aligned}$$

d) 腹部コンクリートの設計斜め圧縮破壊耐力 (V_{wcd}) の検討

腹部コンクリートが脆性的なせん断破壊に至らないことを確認する。

$$\begin{aligned} V_{wcd} &= f_{wcd} \times b \times d / \gamma_{b3} \\ &= 4.65 \times 300 \times 235 / 1.30 = 252,173 \text{ N} \end{aligned}$$

ここに,

腹部コンクリートの設計斜め圧縮強度

$$\begin{aligned} f_{wcd} &= 1.25 \times f'_{cd}{}^{1/2} \quad (\text{ただし, } f_{wcd} \leq 9.8 \text{ N/mm}^2) \\ &= 1.25 \times 13.85^{1/2} = 4.65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{yd} \text{ (} = 31,112 \text{ N) } \leq V_{wcd} \text{ (} = 252,173 \text{ N) } \Rightarrow \text{【OK】}$$

e) 安全性に対する照査

$$\gamma_i \times \frac{V_d}{V_{yd}} = 1.20 \times \frac{4,600}{31,112} = 0.18 \leq 1.0 \Rightarrow \text{【OK】}$$

$$\gamma_i \times \frac{V_d}{V_{wcd}} = 1.20 \times \frac{4,600}{252,173} = 0.02 \leq 1.0 \Rightarrow \text{【OK】}$$

ここに,

$$\gamma_i = 1.20 \quad (\text{終局限界状態})$$

以上より, せん断補強筋による補強は不要である。

§ 1-7. 計算結果

現場吹付のり砕工の計算条件と計算結果を取りまとめ、以下の表に示す。

表1-3 計算条件一覧表

設計条件項目		単位	計算値	備考
のり面・不安定土塊	のり面の勾配	1:n	1 : 0.800	角度 51.34°
	不安定土塊の形状	—	円弧すべり	のり中腹
	不安定土塊の長さ（のり長）	m	11.00	
	不安定土塊の深さ（のり肩）	m	0.75	
	不安定土塊の単位体積重量	kN/m ³	20.0	
	見掛けの計画安全率	—	1.20	現況安全率 1.00
のり砕工	設計方法	—	限界状態設計法	
	コンクリートの圧縮強度特性値	N/mm ²	18	
	梁断面の寸法（幅×高さ）	mm	300×300	
	梁断面の有効高	mm	235	
	梁のスパン（縦方向×横方向）	m	1.20×1.20	
	引張鉄筋	材質	SD295A	
		呼び径	D16	
		本数	2	2本×上下2段
のり砕中詰工	中詰工の材質	—	植生基材	
	中詰工の単位体積重量	kN/m ³	14.0	
	中詰工の造成厚さ	m	0.05	
積雪	設計積雪深	m	0.00	
	積雪の単位体積重量	kN/m ³	3.5	
	雪崩予防柵の有無	—	なし	

表1-4 計算結果一覧表

計算結果項目		計算結果	判定
断面諸係数	コンクリートの脆性破壊	$p < p_b$	【OK】
終局限界性能	曲げモーメントに対する安全性	$0.74 \leq 1.00$	【OK】
	コンクリートの脆性的なせん断破壊	$V_{yd} \leq V_{wcd}$	【OK】
	せん断力に対する安全性	$0.18 \leq 1.00$	【OK】
	コンクリートの斜め圧縮破壊に対する安全性	$0.02 \leq 1.00$	【OK】

付表1-1 鉄筋の質量，直径，断面積および周長

呼び名	単位重量 (kg/m)	公称直径 (mm)	公称断面積 (mm ²)	公称周長 (mm)
D10	0.560	9.53	71.33	30
D13	0.995	12.7	126.7	40
D16	1.56	15.9	198.6	50
D19	2.25	19.1	286.5	60
D22	3.04	22.2	387.1	70
D25	3.98	25.4	506.7	80

「JIS G 3112」より抜粋

付表1-2 現場吹付のり砕工の標準枠スパンおよび引張鉄筋の標準仕様

枠断面 (mm)	枠スパン (mm)	主鉄筋（引張り鉄筋）		
		呼び径	本数（複鉄筋）	有効高さ(mm)
150×150	1,150×1,150	D10	2本	105
200×200	1,200×1,200	D10～D13	4本	155
300×300	2,000×2,000	D13～D16	4本	235
400×400	2,000×2,000	D16～D19	4本または8本	315
400×400	2,500×2,500	D16～D19	4本または8本	315
500×500	3,000×3,000	D16～D25	8本	410
600×600	3,000×3,000	D22～D25	8本	510

「のり砕工の設計・施工指針（改訂版第3版）；（社）全国特定法面保護協会，平成25年10月，p.付15」より抜粋

付表1-3 現場吹付のり砕工のせん断補強筋の標準仕様

枠断面 (mm)	せん断補強筋		
	呼び径	本数	配置間隔(mm)
150×150	—	—	—
200×200	—	—	—
300×300	D10～D13	2本または4本	250
400×400	D13～D16	2本または4本	250～315
500×500	D13～D19	2本または4本	250～410
600×600	D16～D22	2本または4本	250～510

「のり砕工の設計・施工指針（改訂版第3版）；（社）全国特定法面保護協会，平成25年10月，p.付16」より抜粋