

低改良率セメントコラム工法に適する盛土材の検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○ 阪上最一

正会員 小橋秀俊 正会員 堤 祥一

1. はじめに

著者らは、信頼性の高く経済的な軟弱地盤対策が求められている．盛土内に生じるアーチ効果を利用した新たな低改良率セメントコラム工法（図 1参照）の設計方法を提案し¹⁾，現場データをフィードバックし改善を検討している²⁾．本工法は，正方形配置のセメントコラムの改良地盤に高さ H_e の盛土を構築した際，コラム間に生じるアーチ形状の体積 V_{soil} （図 2エラー! 参照元が見つかりません。参照），改良コラムに作用する体積 V_{col} ，さらに，コラム間の地盤の応力度 P_{soil} とコラムの応力度 P_{col} は次式で求められる．計算には，塑性角 θ ，改良コラム径 d ，離隔 λ ，盛土の単位重量 γ が必要である．コラム間上に生じるアーチ形状の設計計算式の導出される．本設計手法は，支持層に着底する着底型と支持層に達しない浮き型の 2 種類があるが，それぞれの塑性角（ θ ）を現場データから提案している（表 1参照）．

$$V_{soil} = \left\{ \frac{\lambda - d}{2} \cdot \lambda^2 - \frac{\pi(\lambda^3 - d^3)}{24} + \frac{(4 - \pi) \cdot (\sqrt{2} - 1)}{24} \cdot \lambda^3 \right\} \tan \theta$$

(1)

$$V_{col} = V - V_{soil}$$

(2)

$$V = H_e \cdot \lambda^2$$

(3)

$$P_{soil} = \gamma \cdot V_{soil} / \left\{ \lambda^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot \pi \right\}$$

(4)

$$P_{col} = \gamma \cdot V_{col} / \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot \pi$$

(5)

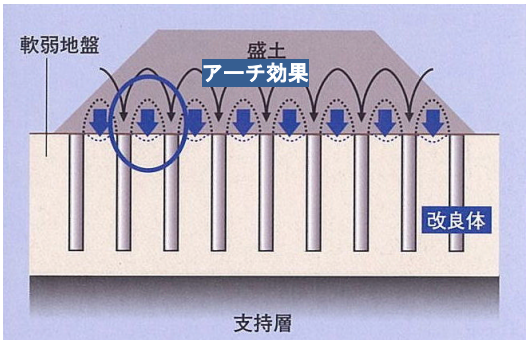


図 1 低改良率セメンコラム工法（浮き型）

表 1 提案設計用 θ 値¹⁾

	無処理	ジオテキスタイル	表層改良
着底型	60°	55°	75°
浮き型	80°	75°	85°

本研究では，以下，設計的なパラメトリックスタディーを行い，本工法の実用範囲の拡大の条件を検討する．

2. アーチ効果の荷重分散機構の計算事例と考察

$\gamma=18\text{kN/m}^3$ ， $H_e=5.0\text{m}$ ， $d=1\text{m}$ の条件で， $\lambda=1.5\sim5\text{m}$ と $\theta=15\sim85^\circ$

(5° 毎に計算)を変化させ， P_{col} ， P_{soil} と応力分担比 n をそれぞれ，

表 2，表 3と表 4に計算した．そしてこれらの結果を θ の大小の範囲 () に分け整理し，設計関係を図 3に示した．

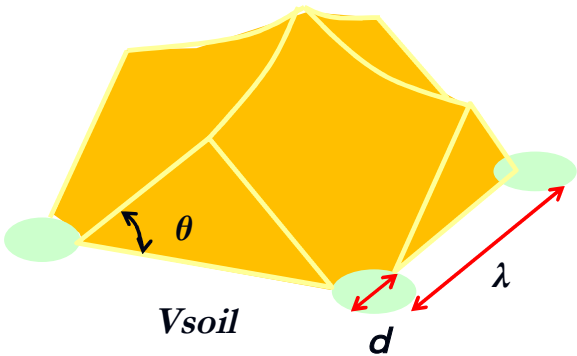


図 2 アーチ形状の体積

表 2 $P_{col}(\text{kN/m}^2)$ の計算結果

λ (m)	改良率 Ap(%)	θ (deg.)														
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1.5	34.91	270.2	269.5	268.8	267.9	267.1	266	264.9	263.5	261.7	259.5	256.5	252.1	244.9	230.8	189.6
2	19.64	476	473.3	470.3	467	463.5	459.4	454.9	449.2	442.3	433.5	421.5	403.9	375.3	318.9	202.4
2.5	12.57	736.5	729.5	722.1	714	705.1	695	683.3	669.4	652.2	630.1	600.1	556.3	484.7	356.9	202.4
3	8.73	1049.8	1035.8	1021	1004.9	987	966.9	943.6	915.7	881.4	837.4	777.5	690.1	550.6	361	202.4
3.5	6.41	1413.9	1389.6	1363.7	1335.6	1304.4	1269.3	1228.5	1180	1120.1	1043.2	938.8	786.5	575.4	361	202.4
4	4.91	1827.1	1788.3	1746.9	1702.1	1652.4	1596.3	1531.3	1453.8	1358.3	1235.5	1068.9	839.8	576.9	361	202.4
4.5	3.88	2287.4	2229.4	2167.5	2100.4	2026.1	1942.1	1844.8	1728.9	1586	1402.3	1156.7	859.4	576.9	361	202.4
5	3.14	2793.1	2710.3	2622.1	2526.4	2420.6	2300.9	2162.2	1997	1793.3	1531.7	1206.2	860.3	576.9	361	202.4

表 3 $P_{soil}(\text{kN/m}^2)$ の計算結果

(m)	改良率 Ap(%)	$\theta(\text{deg.})$														
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1.5	34.91	1.0	1.4	1.8	2.3	2.7	3.3	3.9	4.6	5.6	6.8	8.4	10.8	14.6	22.2	44.3
2	19.64	1.9	2.6	3.3	4.1	5.0	6.0	7.1	8.5	10.1	12.3	15.2	19.5	26.5	40.3	68.8
2.5	12.57	2.8	3.8	4.9	6.0	7.3	8.8	10.4	12.4	14.9	18.1	22.4	28.7	39.0	57.4	79.6
3	8.73	3.7	5.1	6.5	8.0	9.7	11.6	13.9	16.5	19.8	24.0	29.7	38.1	51.4	69.6	84.7
3.5	6.41	4.6	6.3	8.1	10.0	12.1	14.6	17.3	20.7	24.8	30.0	37.2	47.6	62.1	76.8	87.6
4	4.91	5.6	7.6	9.7	12.0	14.6	17.5	20.9	24.9	29.8	36.1	44.7	56.6	70.1	81.3	89.5
4.5	3.88	6.5	8.9	11.4	14.1	17.1	20.5	24.4	29.1	34.8	42.3	52.2	64.2	75.6	84.3	90.7
5	3.14	7.5	10.2	13.0	16.1	19.6	23.5	28.0	33.3	39.9	48.4	59.0	70.2	79.4	86.4	91.5

キーワード 軟弱地盤，盛土，地盤改良

連絡先 〒305－8516 茨城県つくば市南原 1 番地 64（独）土木研究所 技術推進本部 施工チーム TEL:029-879-6700

これらの結果から、 P_{col} が小さく P_{soil} が大きくならず、応力分担比 n が小さくなるのは（約 50 以下）、 θ が大きい場合である。このような設計条件であれば、経済的な設計・施工が可能であるが、その際の現場で構築する盛土の強度特性が重要となる。既に、道路土工の盛土工指針などで、適切な盛土材料の選定や、締め固め管理基準については決められているが、今後、本工法のさらなる確実な設計・施工方法を目指して、良質な盛土材料の選定基準、施工過程に応じた合理的な締め固め方法、及び強度不足で改良した盛土材の強度管理方法などの研究を行う。

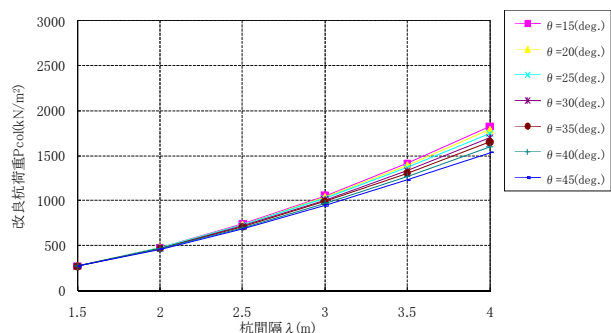
<参考文献>

- 1) 土木研究所：地盤改良のためのALICC工法マニュアル，鹿島出版会，2007。
- 2) 阪上，小橋，堤：アーチ効果を利用した低改良率セメントコラム工法の設計と適切な盛土条件，第45回地盤工学会，2020。

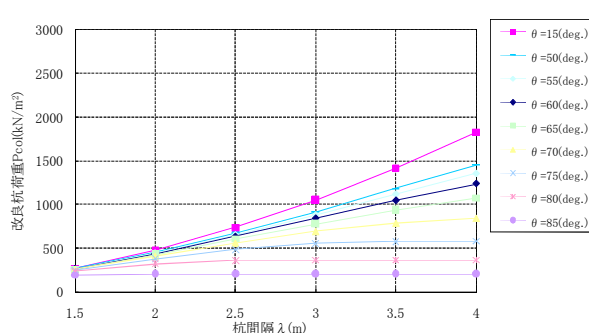
表 4 応力分担比 n の計算結果

λ (m)	改良率 Ap(%)	θ (deg.)															
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	
1.5	34.91	257.7	189.3	149.4	117.4	98.5	80.6	68.1	56.8	46.7	38.2	30.6	23.4	16.8	10.4	4.3	
2	19.64	248.8	184.0	142.3	113.6	93.3	77.0	64.4	53.1	43.6	35.3	27.7	20.7	14.2	7.9	2.9	
2.5	12.57	263.0	191.6	148.3	118.3	96.4	79.3	65.4	53.8	43.7	34.8	26.8	19.4	12.4	6.2	2.5	
3	8.73	282.8	205.1	157.9	125.5	101.6	83.1	68.1	55.4	44.5	34.9	26.1	18.1	10.7	5.2	2.4	
3.5	6.41	304.3	220.2	168.6	133.4	107.4	87.2	70.8	57.1	45.2	34.7	25.2	16.5	9.3	4.7	2.3	
4	4.91	327.0	235.6	179.6	141.4	113.1	91.2	73.4	58.5	45.6	34.2	23.9	14.8	8.2	4.4	2.3	
4.5	3.88	349.9	251.1	190.6	149.2	118.6	94.9	75.6	59.5	45.5	33.2	22.2	13.4	7.6	4.3	2.2	
5	3.14	373.0	266.4	201.2	156.6	123.7	98.1	77.4	60.0	44.9	31.6	20.5	12.3	7.3	4.2	2.2	

注) 網掛け部は、アーチ高さ H_{arch} が $H_{arch} \geq H_e (=5\text{m})$ となる場合で、 H_e 以下を計算している。

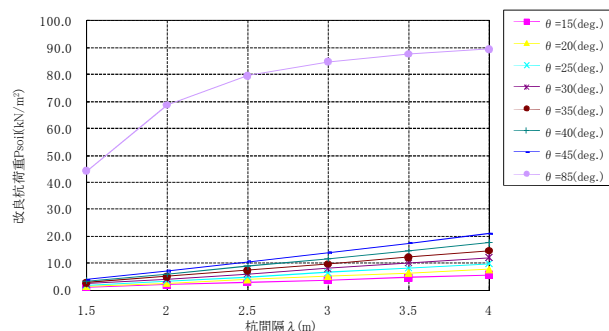


(i) $\theta = 15 \sim 45^\circ$

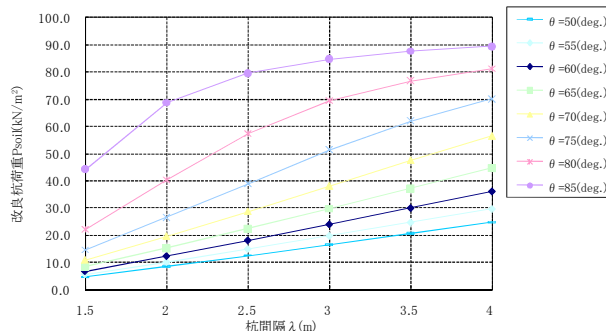


(ii) $\theta = 50 \sim 85^\circ$ (15° 参考)

(I) $P_{col} \sim \lambda$ 関係

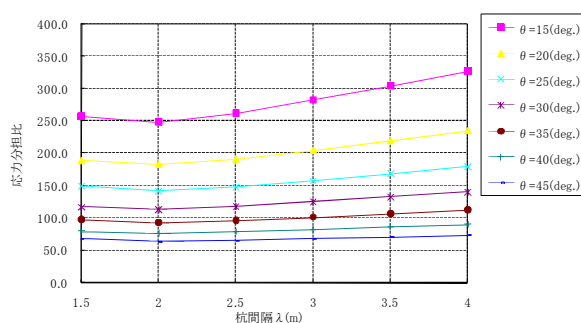


(i) $\theta = 15 \sim 45^\circ$ (85° 参考)

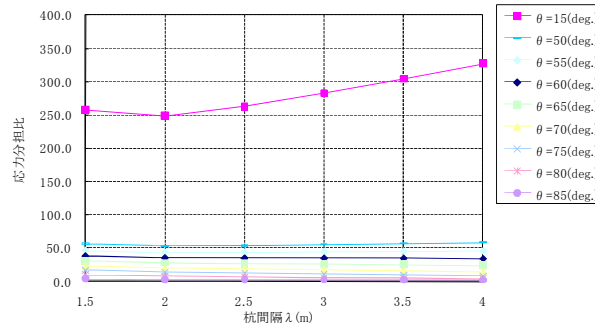


(ii) $\theta = 50 \sim 85^\circ$

(II) $P_{soil} \sim \lambda$ 関係



(i) $\theta = 15 \sim 45^\circ$



(ii) $\theta = 50 \sim 85^\circ$ (15° 参考)

(III) $n \sim \lambda$ 関係

図 3 設計関係図