

INSEM工法における施工条件に関する一考察

国土交通省 日光砂防事務所 田井中 治、松村 悦由、小峰 正
砂防エンジニアリング株式会社 中濃 耕司、○岡村 祐介

1. はじめに

日光砂防事務所では、コスト縮減、工期短縮等の観点から砂防ソイルセメント（INSEM工法）による湯沢第3砂防堰堤の構築を計画し、平成17年度よりその施工を開始している。

湯沢第3砂防堰堤の構築にINSEM工法を採用するにあたり、施工型枠を兼用する下流のり面の大型コンクリートブロックや堤体内に形成されるINSEM材の水平打継目の一体化が課題であった。

本報告は、湯沢第3砂防堰堤の施工前モニタリング試験の一つとして実施した室内試験結果に基づき、大型コンクリートブロックとINSEM材の一体化及びINSEM材の水平打継目の処理方法等の施工条件についてとりまとめたものである。

2. 湯沢第3砂防堰堤の計画諸元と課題

湯沢第3砂防堰堤の越流部の断面形状を図-1に示す。

湯沢第3砂防堰堤の堤高は22.0mであり、岩着部0.5m及び堰堤上部6.5mを在来コンクリート工法で、堰堤上部コンクリートと岩着コンクリート間の15.0mをINSEM工法で構築する計画である。下流のり面には耐久性対策として厚さ50cm程度の大型コンクリートブロックを配置する計画である。この大型コンクリートブロックは施工型枠とするとともに、堤体の一部として取り扱うことから、堤体内部のINSEM材との一体化を図る必要があった。

また、INSEM材の打設高は1リフト0.5mとすることから、湯沢第3砂防堰堤ではINSEM構造体内に29面の水平打継目を内在する構造となり、これら水平打継目が構造物の弱部とならないよう、一体化（密着）させる必要があった。

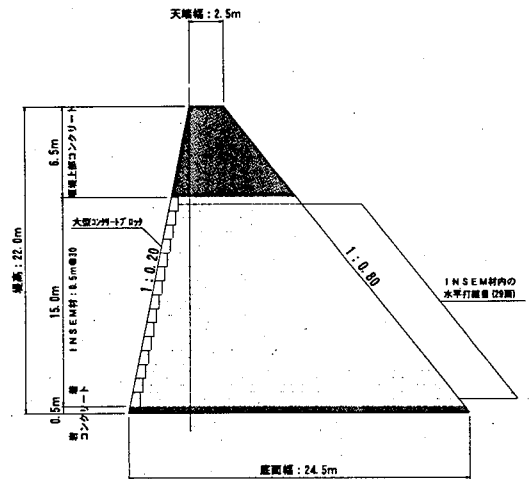


図-1 湯沢第3砂防堰堤：越流部断面形状

3. 室内試験条件

室内試験に使用したINSEM材の目標強度は6.0N/mm²とし、水平打継目の一体化のための打設面処理方法は過去の実績等から、敷モルタル（t=1.5cm）、セメントミルク（t=0.5cm）とした。表-1にINSEM材、敷モルタル、セメントミルクの配合条件を示すとともに、室内試験の試験条件を表-2に示す。ここで、打設面処理方法の相対的な評価を実施するため継目無、継目無処理の試験も実施した。また、連続打設面の打設時間間隔は0h、1h、3h、6hとした。

表-1 使用材料の配合条件一覧

	配合量 (kg/m ³)			配合条件
	セメント C	水 W	砂・土砂 S・G	
INSEM材	120	130	1,977	使用セメント：高炉セメントB種 目標供試体強度σ _{ca} ≧6.0N/mm ²
敷モルタル	488	249	1,464	使用セメント：高炉セメントB種 砂はコンクリート骨材、1:3モルタル、t=1.5cm
セメントミルク	(100)	(50)	—	使用セメント：高炉セメントB種 W/C=50% t=0.5cm

セメントミルクの配合量は、C=100g、W=50gである。

表-2 室内試験条件

試験目的	試験方法	試験条件		
		試験区分	最大骨材寸法 (mm)	供試体形状 (mm)
大型コンクリートブロックの一体化評価	鉄筋の引抜試験	打設面処理	25	100×100×100
		a 継目 無		
		b 継目無処理		
		c 敷モルタル d セメントミルク		
水平打継目の評価	せん断試験	打設面処理	40	φ125×H125
		a 継目 無		
		b 継目無処理		
		c 敷モルタル d セメントミルク		
		e 連続打設0h		
		f 連続打設1h		
		g 連続打設3h		
		h 連続打設6h		

4. 室内試験結果

(1) 大型コンクリートブロックの一体化評価

大型コンクリートブロックとINSEM材の一体化は、「平成6年度建設省技術評価制度の公募課題『砂防施設用自立式修景型枠ブロック』」の基準に準じ評価するものとした。すなわち下式に示すように、鉄筋の引抜抵抗力Pがブロック重量Wの3倍以上となる条件で、大型コンクリートブロックとINSEM材が一体化すると評価するものとした。

$$引抜抵抗力 P = \tau_0 \times k \times L \times l \geq 3 \times W$$

ここで、 τ_0 ：鉄筋の付着応力度 (N/mm²)

k：割増係数 (1.5)・・・地震時の割増

L：鉄筋付着長 (1,000mm)

l：鉄筋の公称周長 (50mm=D16)

W：ブロック重量 (13.92kN)

鉄筋の引抜試験より得られた材齢と引抜抵抗力の関係を図-2に示す。図-2より、材齢28日における引抜抵抗力は、「b継目無処理」を除くケースで3Wを上回ることが確認された。また、「dセメントミルク」では、材齢1日より引抜抵抗力が3Wを上回ることが確認できた。

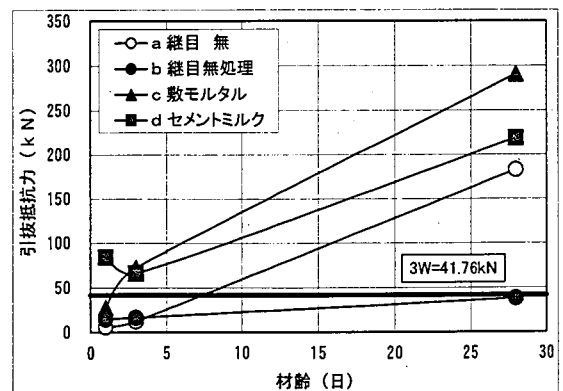


図-2 鉄筋の引抜抵抗力

(2) 水平打継目の処理方法の評価

水平打継目すなわち打設面には、打設面処理を実施する翌日以降の打設面と、1日のうちに上層を打設する連続打設面がある。

今回の室内試験では、INSEM工法の施工条件を設定する目的で、翌日以降の打設面における打設面処理方法の評価と、連続打設面における上層打設までの時間間隔の影響の把握を行うものとした。なお、打設面処理及び連続打設面の一体化の評価は、堤体内に内在する29面の水平打継目を対象とし、以下に示すHennyの式で行った。

$$\frac{f \cdot \Sigma V + \tau_0 \cdot l}{\Sigma H} \geq n$$

f : 摩擦係数
 ΣV : 鉛直応力 (kN/m)
 ΣH : 水平応力 (kN/m)
 τ_0 : せん断強度 (kN/m²)
 l : 水平打継目部の長さ (m)
 n : 安全率 (4.0)

ここで、Hennyの式における摩擦係数 f 及びせん断強度 τ_0 等の強度定数は、せん断試験により得られた値とするものとした。せん断試験より得られたせん断強度推定式を表-3に示す。

1) 打設面処理方法の評価

安全率が最小となる最も下層の水平打継目（堤体底面より1.0m上部）に打設面処理を実施した場合の安全率の算定結果を表-4に、継目無処理に対する打設面処理毎の安全率の比を図-3に示す。

表-4及び図-3より、打設面処理部における安全率は、敷モルタルで6.3以上、セメントミルクで7.8以上を示し、設計安全率 $n=4.0$ の1.6倍程度を示した。また、無処理の場合に対し、敷モルタルを施す場合で約1.2倍、セメントミルクを施す場合で約1.5倍の値を示すことが確認された。したがって、堤体の一体化を図り、打設面処理部の安全率を向上させるためには、敷モルタルやセメントミルクによる打設面処理が効果的であると判断できる。

なお、今回の室内試験結果では、継目無処理の場合においても一体化が認められ、安全率も4.0以上を示すことが確認されたが、実際の無処理の打設面では密着していないケースが多いことから、継目無処理は適切でない判断した。

2) 連続打設の妥当性

打設面処理方法の評価と同様に、最も下層の水平打継目を連続打設面と想定した場合の安全率の算定結果を表-5に、継目無処理に対する連続打設時間毎の安全率の比を図-4に示す。

図-4より、連続打設面における安全率は、継目無処理（連続打設24h）の場合に対し、連続打設1h以内の場合で約2.0~2.5倍、連続打設3~6h以内の場合で約1.2~1.3倍の値を示すことが確認された。また、最も安全率が小さくなる連続打設3hにおいても、その安全率は6.1以上を示し、設計安全率 $n=4.0$ の1.5倍以上を示すことから、十分な密着が期待できることが確認された。

したがって、INSEM材の打設間隔が1h程度以内で良好にINSEM材の上層・下層が密着し、打設間隔が6h程度までであれば、密着が期待できると評価できる。

5. おわりに

以上の結果より、大型コンクリートブロックと堤体内部のINSEM材及び水平打継目の一体化を図る目的より、翌日以上打設面においては敷モルタル又はセメントミルクを施すこと、連続打設面においては打設後できるだけ速く（打設間隔6時間以内）上層を施工すること等の施工条件を設定することができた。ただし、現時点では室内試験レベルであることから、試験施工や実施工において、今回の試験結果の妥当性を検証する予定である。

表-3 せん断強度推定式

試験区分		せん断強度推定式	初期せん断強度 τ_0	相関係数
打設面処理	a 継目 無	$\tau = 0.2820 \times \Sigma V + 2.9086$	2.9086	0.890
	b 継目無処理 (連続打設24h)	$\tau = 1.1395 \times \Sigma V + 0.3888$	0.3888	0.984
	c 敷モルタル	$\tau = 1.1386 \times \Sigma V + 0.5513$	0.5513	0.984
	d セメントミルク	$\tau = 0.9453 \times \Sigma V + 0.8193$	0.8193	0.901
連続打設面	e 連続打設0h	$\tau = 0.0941 \times \Sigma V + 1.7576$	1.7576	0.371
	f 連続打設1h	$\tau = 0.6682 \times \Sigma V + 1.1795$	1.1795	0.861
	g 連続打設3h	$\tau = 1.0285 \times \Sigma V + 0.5569$	0.5569	0.998
	h 連続打設6h	$\tau = 0.6252 \times \Sigma V + 0.7462$	0.7462	0.985

※せん断試験により得られたせん断強度推定式が、Hennyの式の分子 ($f \cdot \Sigma V + \tau_0 \cdot l$) に相当。

表-4 安全率の算出結果：打設面処理を考慮

		打設面処理による安全率とその伸び			
		洪水時安全率	継目無処理に対する安全率比 (洪水時)	平常時安全率	継目無処理に対する安全率比 (平常時)
打設面処理	継目無処理	5.68	1.00	5.13	1.00
	敷モルタル	7.02	1.23	6.32	1.23
	セメントミルク	8.80	1.55	7.89	1.54
	継目 無	24.55	4.32	21.81	4.25

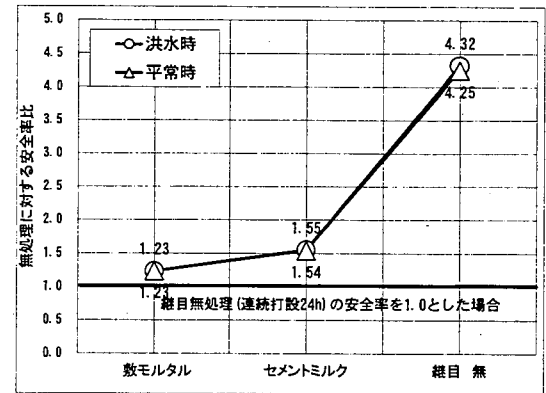


図-3 打設面処理による安全率の向上

表-5 安全率の算出結果：連続打設を考慮

		連続打設による安全率とその伸び			
		洪水時安全率	継目無処理に対する安全率比 (洪水時)	平常時安全率	継目無処理に対する安全率比 (平常時)
連続打設面	連続打設0h	14.67	2.58	13.03	2.54
	連続打設1h	11.16	1.96	9.96	1.94
	連続打設3h	6.82	1.20	6.14	1.20
	連続打設6h	7.50	1.32	6.71	1.31
打設面処理	継目無処理 (連続打設24h)	5.68	1.00	5.13	1.00

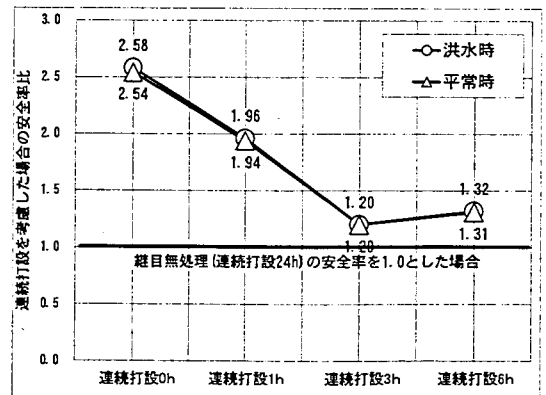


図-4 連続打設による安全率の向上