

国土交通省日光砂防事務所 田井中治 村松悦由 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○森松芳隆

1. はじめに

地表上部の砂防構造物を効率的にINSEM工法で構築するためには、型枠と兼用できる外部保護材を採用することが妥当である。日光砂防事務所管内で建設中の高さ22mの湯沢第3砂防堰堤では大型コンクリートブロックによる外部保護材を活用した堤体構築方法の適用を計画した。しかしながら、大型コンクリートブロックを採用したINSEM工法の事例は少ないことから、実施工での採用に先立ち大型コンクリートブロックの安全性を試験施工により検証するものとした。ここでは、試験施工で実施した大型コンクリートブロックの安全性評価方法とその結果について報告する。

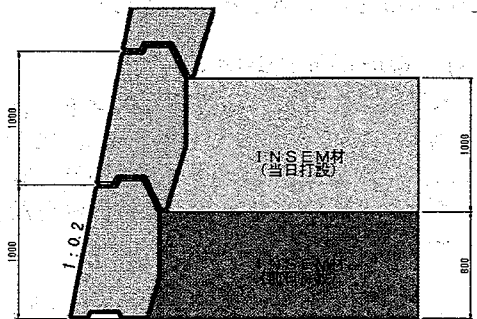


図-1 採用コンクリートブロック

2. 使用コンクリートブロックと安全性評価方法

湯沢第3砂防堰堤に適用する大型コンクリートブロックは、図-1に示すように高さ1.0mで、最小厚は流水の摩耗作用や凍結融解作用に耐えうるよう50cm程度以上としている。

ここで、大型コンクリートブロックの安全性は、外力作用時に下流側へ転倒・落下しないこと（構造的安全性）と施工時の建設機械接触時に転倒等しないこと（施工安全性）といった2つの視点から評価する必要があると考えられる。

構造的安全性は、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』に基づき、コンクリートブロック重量Wの3倍の外力作用時にも一体化する条件をもって評価するものとした。大型コンクリートブロックと堰堤内部のINSEM材（INSEM構造体）との一体化は、アンカー鉄筋の付着力により図る計画とし、無処理、セメントミルクや敷モルタルにより処理をした打継目部と打継目のない箇所に、付着長L=1.0mのアンカー鉄筋を敷設して鉄筋引抜試験を実施して構造的安全性の評価を行うものとする。ここで、鉄筋引抜試験は写真-1に示すように、荷重計を接続したアンカー筋にバックホウを用いて引抜力を加え、ビデオ撮影した荷重計のメモリ（引抜荷重）を、試験終了後に読み取る手順で実施するものとした。なお、アンカー鉄筋の形状には複数の形状が想定されるが、今回の試験施工では、作業性を考慮しL=2.0m（うち1mは塩ビ管で保護）で片端に半径4cmのフックを設けたアンカー鉄筋を使用するものとした。

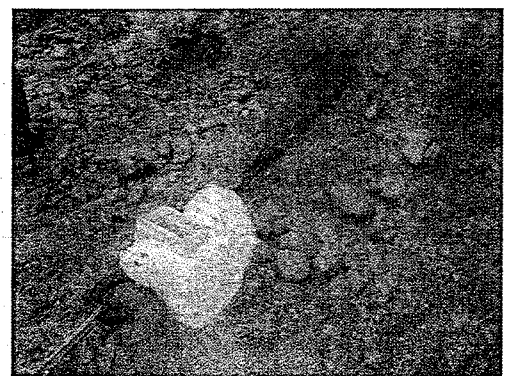


写真-1 アンカー鉄筋の引抜試験状況

表-1 アンカー鉄筋引抜試験結果一覧表

区分		引抜荷重 (kg)	付着応力度 (N/mm ²)	単位長さあたりの付着応力 (kN/m)	アンカー材1本あたりの付着応力 (kN/2m)	引抜変位	試験終了条件	
打継目有	無処理	No.1	2,186	429.2 以上	21.44 以上	42.87 以上	無	鉄筋の変形
		No.2	2,272	446.0 以上	22.28 以上	44.56 以上	無	鉄筋の変形
		No.3	2,485	487.9 以上	24.37 以上	48.74 以上	無	鉄筋の変形
	セメントミルク	No.1	2,111	414.4 以上	20.70 以上	41.40 以上	無	鉄筋の変形
		No.2	2,200	431.9 以上	21.57 以上	43.15 以上	無	鉄筋の変形
		No.3	1,900	373.0 以上	18.63 以上	37.27 以上	無	鉄筋の変形
	敷モルタル	No.1	2,221	436.0 以上	21.78 以上	43.56 以上	無	鉄筋の変形
		No.2	2,230	437.8 以上	21.87 以上	43.74 以上	無	鉄筋の変形
		No.3	2,218	435.4 以上	21.75 以上	43.50 以上	無	鉄筋の変形
打継目無	No.1	2,044	401.3 以上	20.04 以上	40.09 以上	無	鉄筋の変形	
	No.2	2,038	400.1 以上	19.99 以上	39.97 以上	無	鉄筋の変形	
	No.3	2,041	400.7 以上	20.02 以上	40.03 以上	無	鉄筋の変形	
平均値		2,162	424.5 以上	21.20 以上	42.41 以上	無	鉄筋の変形	

※)引抜荷重は、撮影したビデオ等より確認。
 引抜試験はすべて引抜変位する前にアンカー鉄筋のフックが変形したことにより終了。

また、施工安全性は大型コンクリートブロックの背面（堤体内部）側から使用建設機械を衝突させて評価するものとした。

3. 大型コンクリートブロックの安全性評価試験及び結果

3.1 構造的安全性

アンカー鉄筋引抜試験の結果を表-1に示す。今回の引抜試験では鉄筋の引抜変位が発生するよりも先に、写真-2に示すようにアンカー鉄筋のフックが変形した。その影響もあり打継目の有無や打継目処理方法による付着応力度の差異などは確認されず、極限引抜荷重が確認できなかったことからアンカー鉄筋の単位長さあたりの付着応力が18.63~24.37kN/m以上を期待できるといった事象の確認に過ぎない結果であった。

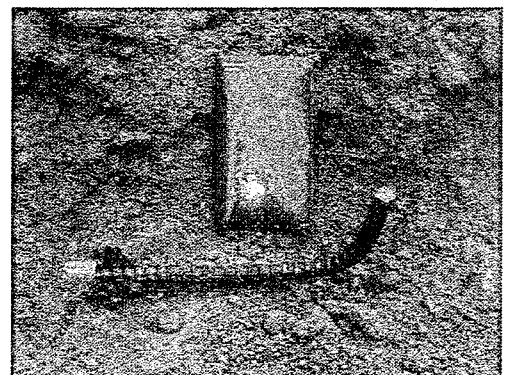


写真-2 アンカー鉄筋のフックの変形

た。ここで、室内試験による鉄筋引抜抵抗力は打継目無処理が他の試験ケースに比べ著しく小さいことが確認されている¹⁾ことから、アンカー鉄筋の単位長さあたりの付着応力は、打継目無処理の試験ケースの平均値である 22.69kN/m 以上を確実に発現するものと評価できる。すなわち、2mのアンカー鉄筋 1本あたりの付着応力は 45.38kN 以上と評価することができる。

一方、大型コンクリートブロックの 1 個あたりの重量Wは 13.92kN であり、大型コンクリートブロックと INSEM構造体の一体化のために必要な引抜抵抗力は $P=3 \times W=41.76kN$ ($<45.38kN$) となり、2mのアンカー鉄筋によって一体化が図れると評価できる。

試験施工時にアンカー鉄筋の変形が確認されたことから、アンカー鉄筋の破断が INSEM構造体との一体化を損なうことが懸念された。そのため、表-2に示すようにアンカー鉄筋の破断検討を実施した。表-2に示すようにアンカー鉄筋としてD16を採用することにより、アンカー鉄筋が引張破壊(破断)することはないことが確認できた。なお、表-2中では、INSEM材の目標強度が $6.0N/mm^2$ ($<18.0N/mm^2$) であることから、アンカー鉄筋(異形鉄筋)の許容引張応力度は $157N/mm^2$ とし²⁾、許容引張抵抗力算定時の割増係数kは地震時短期荷重を考慮して $k=2.0$ とした。

これらの結果を踏まえ、アンカー鉄筋はフック部で図-2に示すようにアンカー鉄筋の両側が固定できるようにU字型のアンカー鉄筋を使用することが妥当と判断した。

3.2 施工安全性

湯沢第3砂防堰堤の施工において、大型コンクリートブロックに接触する建設機械として振動ローラが考えられる。そのため、施工に使用する 10t 振動ローラによる衝突試験を実施し、施工安全性を検証した。

衝突試験は振動ローラの衝突による大型コンクリートブロックの転倒並びに振動ローラの転落に対する安全性を確認するために、大型コンクリートブロックの上部側に振動ローラが衝突する条件で行うものとし、大型コンクリートブロックの前方5mより振動ローラのアクセルを踏み込み加速して衝突させるものとした。なお、大型コンクリートブロックの背面には引抜試験を実施した $L=2m$ の鉄筋を配置した。

写真-3に衝突試験状況を示す。衝突時に振動ローラが大型コンクリートブロックを乗り越えることもなく、大型コンクリートブロックは前方に約 7mm 変位したものの衝突後に元の設置状況に戻り、転倒・落下等などの危険性も認められなかった。また、衝突によるブロック自体の破損も認められず、大型コンクリートブロックの施工安全性が検証できた。

4. おわりに

以上の試験施工の結果より、試験施工を実施した大型コンクリートブロックに対して次のような知見を得た。

- ① 大型コンクリートブロックと INSEM構造体は D16 のアンカー鉄筋により一体化が図られ、構造的安全性が確保できた。
- ② 大型コンクリートブロックの背面では、基本的にダム軸方向に転圧することから建設機械が直角方向に接触・衝突する危険性は低いが、接触・衝突しても大型コンクリートブロックの転倒・落下や建設機械自体の転落に対する施工安全性も確保できた。

これらの結果を踏まえ、写真-4に示すように湯沢第3砂防堰堤では平成18年度より大型コンクリートブロックを適用した堰堤工事を実施している。末筆ながら試験施工並びに堰堤工事の担当である佐田建設株式会社の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田井中, 村松, 小峰, 中濃, 岡村; INSEM 工法における施工条件に関する一考察, 平成 18 年度砂防学会研究発表概要集, pp222-223, 2006
- 2) 土木学会; 2002年制定コンクリート標準示方書[構造性能照査編], p 246, 2002

表-2 アンカー鉄筋の破断検討結果

アンカー筋区分	D13	D16
アンカー筋断面積S(mm ²)	126.7	198.6
アンカー鉄筋許容引張応力度σ(N/mm ²)	157	157
アンカー鉄筋の許容引張抵抗力P(kN) $P=S \times \sigma \times k(=2.0)$	39.78	62.36
判定	×	○

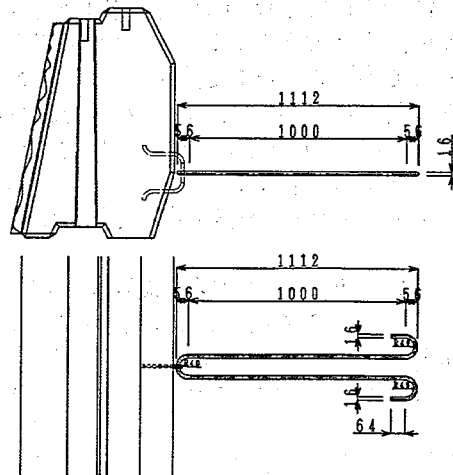


図-2 採用アンカー鉄筋の形状

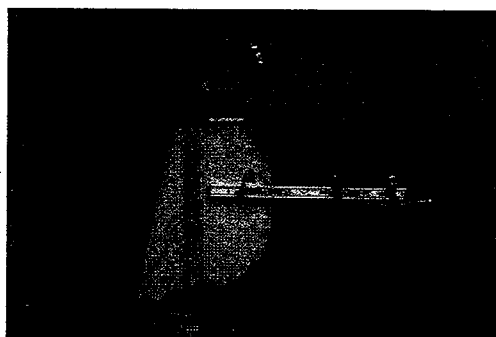


写真-3 振動ローラの衝突試験状況



写真-4 大型コンクリートブロックによる施工状況