

第3章 牛伏川流域で行われた 明治大正期の砂防工事

本章は昭和54年発刊の現国土交通省松本砂防事務所発刊の「松本砂防のあゆみ」にまとめられた牛伏川砂防に関する部分を引用し、その後の調査結果を加えて内容を修正している。

原文の引用については、松本砂防事務所のご承諾を頂いているが、修正した内容は本書の編著者の責任による。引用を明記していない図表は「松本砂防のあゆみ」を出典とする。

3.1 牛伏川の流域

牛伏川は、犀川水系奈良井川支流田川の支渓であって、標高1,670mの横峰の西面を水源とする。

流域面積は5.6km²（境沢合流地点、階段工付近で2.6km²）で、田川にはいるまでに半径約3kmの扇状地を造っている。地質は、標高1,300m付近より上部は碎屑岩類で、それ以下は石英閃緑岩ないし花崗閃緑岩である。水源には、日影沢、地獄谷、中ノ沢、杉ノ沢、泥沢、合清水沢、悪沢の各沢があり、各沢に砂防工事のあとが存在する。とくに砂防施設の集中しているのは、日影沢、地獄

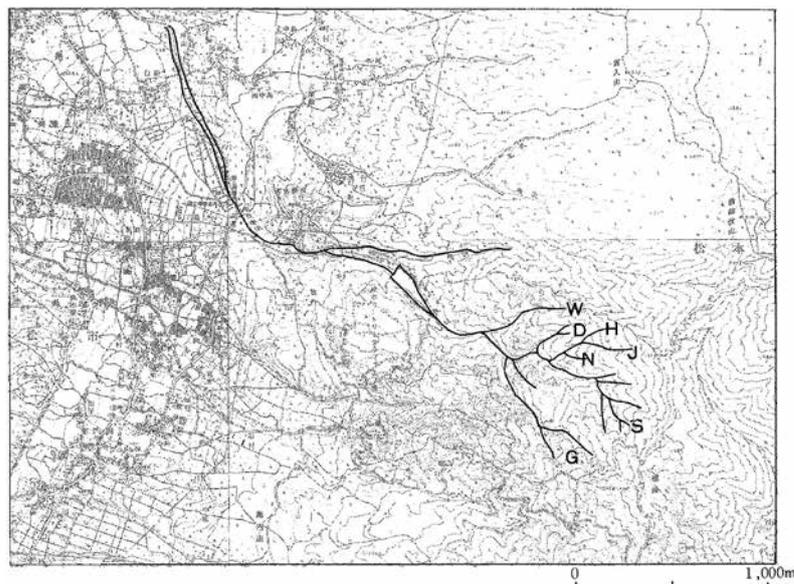


図3.1.1 牛伏川の流域（昭和40年代）

H:日影沢 J:地獄谷 N:中ノ沢 D:泥沢 S:杉ノ沢 G:合清水沢 W:悪沢

谷、中ノ沢及び泥沢である。植生調査でわかるように、これらの砂防施工地は、現在、ニセアカシアを主とする森林でおおわれているが、明治年間までは、裸地であった。

下流では牛伏川の流路は、その北端を西北へ流れており、扇端からは、天井川となって田川へ合流している。この扇面は、以前は扇頂部に近い部分は、桑畑に、扇端に近くなるに従って水田に利用されていたが、現在では広範囲に住宅地や公共施設などが分布する。昭和40年代に地形図では、小池、白姫、白川、百瀬、上瀬黒、下瀬黒、竹淵、並柳の各集落が分布する（図3.1.1）。

巻頭図2は、明治40年代測量の地形図である。図3.1.1には描かれていない崩壊地が牛伏川水源に記されているのがわかる。「大欠け」と呼ばれた崩壊地は、泥沢及び日影沢の大部分を占め、牛伏川の荒廢の主たる原因をなしていた。

このような崩壊地はいつ頃からあったのか。文政12年（1829）の助郷辞退の歎願書に、「元禄年中牛伏川奥ニテ山崩仕砂石押出田畑夥彩敷荒所相成」とあり、また、寛政7年（1795）の山論に関する訴状に「牛伏寺沢之峯ヨリ先年山崩仕馬足勿論人力ニ難及以之外不通路ニ罷成候」とある。

文政12年の文書が100年以上も前の元禄の山崩れを指摘しているのは、相当古くからすでに山奥に崩壊地が存在しており、それが近年に生じたものではないことを示すと考えられる。そして寛政7年の頃は、沢筋も相当荒廢していたのである。

また平成30年に地元にあることが判明した文書の1つに、「牛伏川水害史」が確認できた。

この資料にも水害の歴史がつつられている。

このように牛伏川の流域にある村々は、この水源の荒廃によってたびたび水害を蒙った。表3.1.1は、「牛伏川砂防工事沿革史」（昭和8年、以下本章では「沿革史」と記すことがある。）により、水害史をまとめたものである。元禄以前のものは不明であるので、それ以降、明治29年までの水害を掲げる。なお、年代が古くなるに従って小水害が記されていない可能性があるため、被害面積100町歩以上の大水害についてのみに限定した。単純に平均すると16年間に一度、大水害があったことになる。

被害を受けた集落は、決潰場所によって異なっているようである。決潰場所は、河床勾配が緩くなる点、即ち1/20から1/40に変化する白姫付近、1/80に変化する上瀬黒付近が多いようである。天井川の右岸へ決潰することも3回あるが、水害の最も多いのは、白姫、上瀬黒、下瀬黒、竹淵などの左岸側である。扇頂付近で決潰した場合は、氾濫水は、まっすぐ西へ向って流下し、田川へ流れ込み、被害は、白川、小池、百瀬などにおこることになる。なお、「沿革史」の記述によって、氾濫洪水の主な流路を推定し図3.1.2に示す。

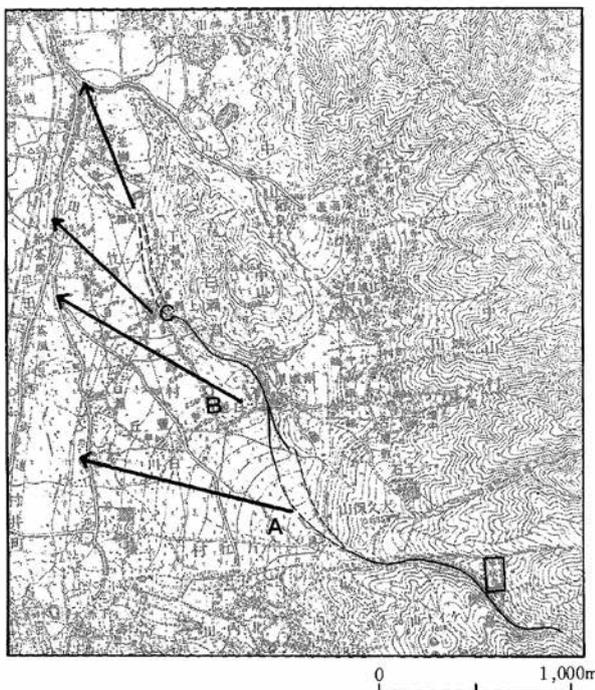


図3.1.2 牛伏川の水害のパターン

表3.1.1 牛伏川の水害状況

	年	決潰場所	被害集落								備考	
			白姫	白川	上瀬黒	下瀬黒	竹淵	平田	小池	百瀬		並柳
1	1690	B左	○	○	○		○					
2	1705	B左	○		○	○						
3	1727	C左				○	○	○				
4	1763	A左		○					○	○		
5	1781	(B左)	○		○		○					
6	1815	C左			○	○	○					
7	1826	(A左)		○						○		
8	1839	C右			○						○	
9	1844	C左			○	○						
10	1865	B左、右										記述なし
11	1868	C右			○	○					○	
12	1896	A左		○					○	○		
		B左	○		○		○	○				

3.2 内務省が行った直轄砂防工事

内務省第三区土木監督署は、明治18年、牛伏川の南に平行する田川の支川、塩沢川に石積えんてい堤を施工している。塩沢川の水源には、巻頭図2にもあるように「八軒欠」といわれる崩壊があったことから、そこにまず着手したのである。次いで、牛伏川に、えん堤を設けており、その経過は、明治44年発刊の内務省砂防工事歴にまとまっている。

赤木正雄著「明治大正日本砂防工事々績二徴スル工法論」によれば、牛伏川ではえん堤の他に、護岸、柵止、積苗の各工事が施工されたとあるが、現在、えん堤以外の施設を見出すことはできない。したがって本書では、えん堤について述べる。（※直轄砂防工事によるえん堤は、通常は「内務省えん堤」と称する。）

内務省えん堤は、全部で5基設けられた。第1号えん堤は、悪沢合流点の本流に、第2号えん堤は、合清水沢合流点の本流にそれぞれ設けられている。また第4号えん堤は、日影沢と泥沢の合流点に設けられ、第3号えん堤は、第2、第4の中間に、第5号えん堤は合清水沢の本流へ合流する直前に設置されている（図3.2.1）。（口絵写真1～5）

注) 過去の資料に、「牛伏川の水源、横峰の頂上付近に、現在、石碑が残されている。それには、明治15年10月18日、砂防工事の祈願のため、県の官吏が登山したことが記されており、15年には、既に砂防工事の計画があったことがわかる。」とあるが、これは明治35年10月18日に長野県土木吏員丸山丈太郎が赴任の年、工事安全を祈願して建立した石碑（ブナの木権現横に現存する）の年度（石碑には明治卅五年とある）を読み違えたものと考えられ、明治15年の記録や該当する石碑は確認できない。

内務省えん堤の規模は、平成25年度に実施した3D測量により、表3.2.1、3.2.2にまとめられている。（第4章参考。）

以前の調査と異なる結果も見られが、本文は新しい調査内容に基づいて説明する。

内務省えん堤の特徴は、第1に空石積であること、第2にその空石積に使われている石材の形、大きさがふぞろいであること、第3に下流法勾配が1割ないし1割以上あることなどである。

水通しの形状は本流にある4、5号は底幅5.4m前後、高さ1.3m、下流法勾配などに共通性がみられるが、支流にある5号、幅が広い合流点に設けられた2号とは異なっていることも確かである。

第4号えん堤周辺状況を昭和51年に測量した結果を図3.2.2に示す

現状では、内務省えん堤は、明治31年以降施工の上流の張石水路に接続されているが、その連続性は緻密に施工され、川幅としても大きな変化は見られない。

現地をよく観察すると4号えん堤は空石積の材料となっている石材は形、大きさとも不揃いで、さらに長径が1mをこえるような巨石が使われていることも確認できる。

次に内務省えん堤の施工には特徴を指摘することができる。

・昭和51年縦断測量結果（表3.2.3）によると、平均勾配で0.14のところを位置し、下流側の0.19、

表3.2.1 内務省えん堤の規模等

堰堤番号	堰堤高さ	堰堤長	下流のり勾配
2号	7.0m	24.5m	1 : 1.31
3号	8.2m	22.2m	1 : 1.27
4号	7.0m	19.7m	1 : 1.28
5号	7.8m	17.5m	1 : 1.21

表3.2.2 内務省えん堤の規模等

堰堤番号	形状	河床幅	高さ	水通し勾配
2号	矩形	15.7m	1.0m	垂直
3号	台形	5.5m	1.3m	1 : 1.1~1.39
4号	台形	5.4m	1.3m	1 : 1.1~2.58
5号	矩形	4.3m	1.0m	垂直

上流側の0.25より緩勾配部にある。つまり、緩勾配部に堆砂部を作ろうとしたと考えられる。

- ・ 2, 4号は、本川に大きな支流が合流した直下流に設けており、水流の安定化を考慮したと考えられる。
- ・ 石の大きさが、後の県砂防工事とは明らかに相違する巨石などが用いられ、野面石、または割石で施工されている。石材の産地は特定できていない。

このような特徴をもって、設置された内務省えん堤の効果は、その後の県砂防工事にも引き継がれているが、明治23年長野県を調査したオランダ人デ・レイケの報告書（第2章参照）にもその効果が指摘されている。

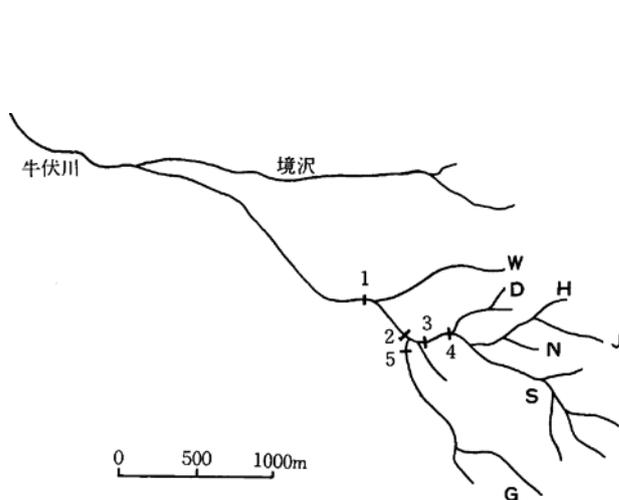


図3.2.1 内務省施工堰堤位置図
(※記号は図3.1.1と同じ)

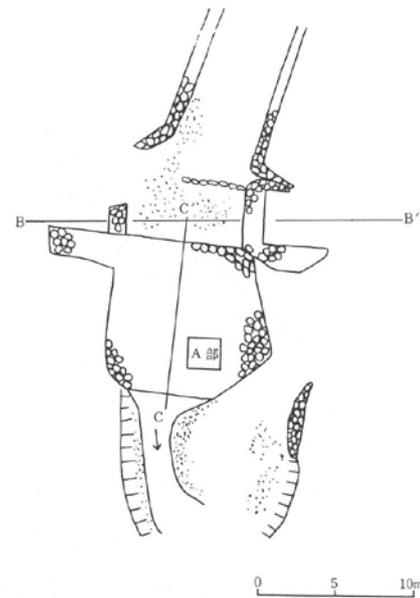


図3.2.2 内務省第4号えん堤平面図

表3.2.3 牛伏川本流（日影沢）河床勾配（松本砂防百年史P445）

	地点	水平距離	標高	勾配	勾配
A	フランス式階段工下部	0.0	987.5	—	—
B	内務省堰堤No.1下部	133.0	1012.9	0.19	0.19
C	〃 No.2下部	483.0	1058.7	0.13	0.14
D	〃 No.3下部	650.3	1080.6	0.13	
E	〃 No.4下部	790.8	1101.9	0.15	
F	杉ノ沢合流点	997.5	1145.4	0.21	0.25
G	中ノ沢合流点	1179.8	1185.0	0.22	
H	地獄谷合流点	1459.9	1267.0	0.29	

3.3 砂防法制定以降長野県が行った砂防工事

3.3.1 はじめに

内務省直轄砂防が中断して9年の後、明治31年に長野県は牛伏川で補助事業による砂防工事を開始する。

この前年、明治30年には砂防法が公布され、その法律には県が国庫補助を受けて砂防工事を行うことが定められ、この補助砂防として牛伏川が採択された。

このため、明治31年8月8日付内務省告示第74号により牛伏川の流域は砂防指定地となっている。その範囲は、「東筑摩郡片岡村内田山と中山村センゴク澤」とある。

長野県が当時施工した砂防工事では、39年から43年に横湯川砂防工事がある他は、ほとんどが牛伏川砂防工事である。このように牛伏川の砂防対策を重視し、工事の完成する大正7年まで集中的に施工されている。

〈牛伏川の砂防指定地の編入〉

砂防指定地の指定書類には次のように記載されている。

- ・ 指定年月日 明治31年8月8日
- ・ 内務省告示第74号
- ・ 指定地の地籍（範囲） 東筑摩群片丘村内田山
同郡中山村センゴク澤

指定は上流域全体を包括する形でされている。

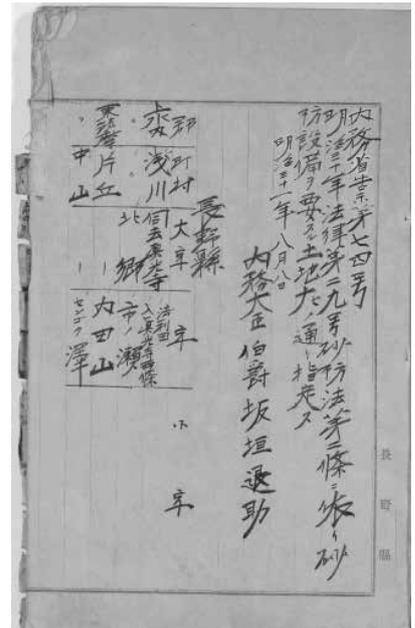


写真3.3.1 牛伏川の砂防指定地の書類（県立歴史館所蔵）

3.3.2 工種

県砂防工事の工種、事業費の変遷を「牛伏川砂防工事沿革史」によって表3.3.1にまとめた。工種は、石堰堤、土堰堤、谷止工、水通工、水路張石、護岸石積、護岸粗朶工、制水工、積苗工、苗木植付、谷止石積、床固石積、山腹石積、木工沈床、捕水工、湿気抜工、堰堤取付工の17種となっている。

明治41年度～大正6年度まで10年間の各年度別施工計画個所の竣功調書などを参考にし施工個所を図3.3.1にまとめた。なお、石堰堤の明治40年度以前分は施工年度を示す書類が残っていない。

また施工年度を期した工事箇所についても施工計画がなされた年度であるため、竣功はこれより1年遅れている場合も考えられる。

この図を参考にしながら、主な施工工種について以下に記すことにする。

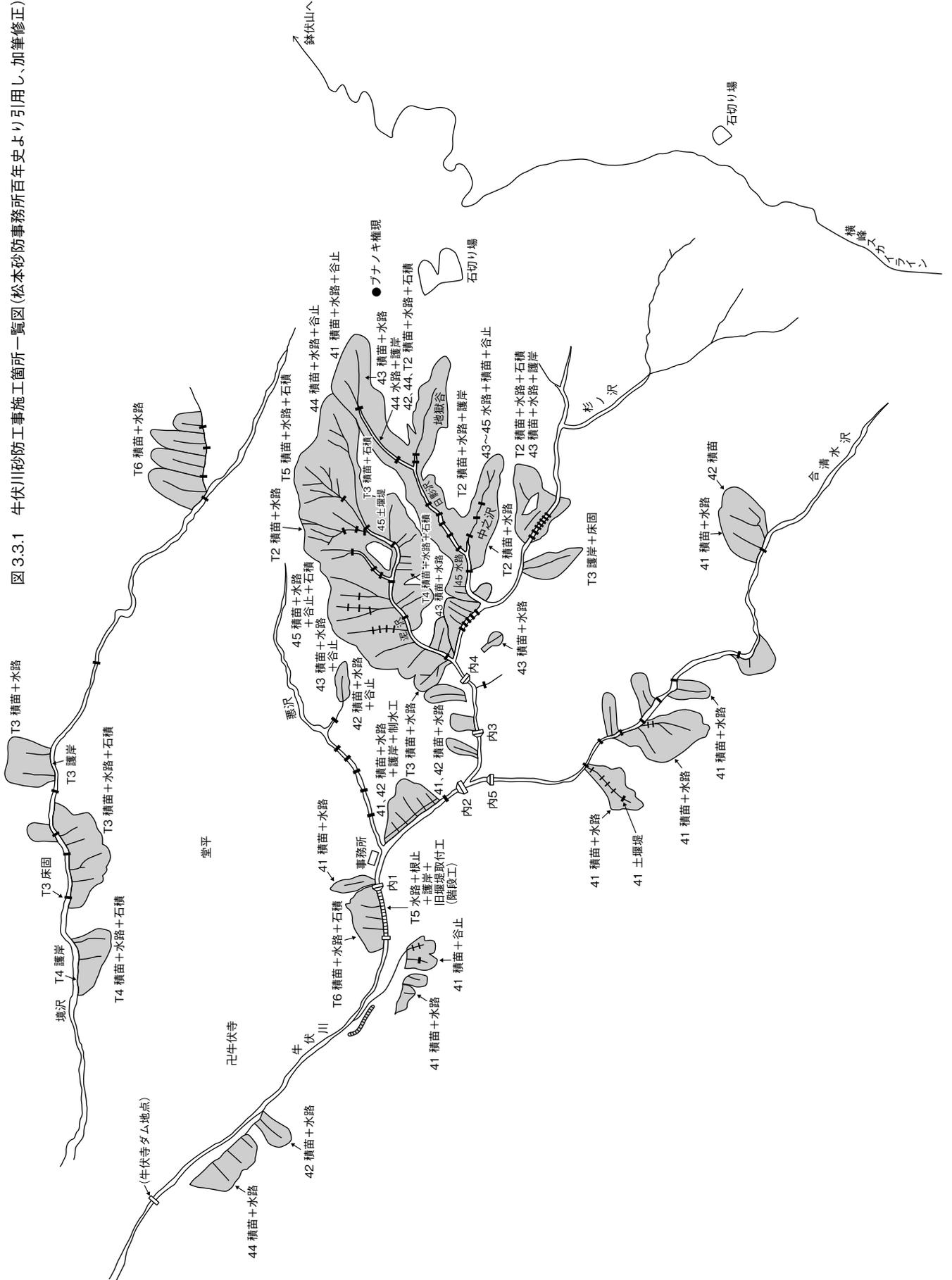
なお、本章では原文にそって記載する場合は、「石堰堤」とし、説明等を行う場合は「石積えん堤」又は「石積堰堤」と記述する。

表3.3.1 牛伏川砂防工事（県補助砂防）施工明細表

年度	上段 員数		下段 工費 (円)		水通工	水路張石	護岸石積	護岸粗朶巻工	制水工	積苗工	苗木植付	谷止石積	床固石積	山腹石積	木工沈床	抽水工	湿気抜工	腰提取付工	雑費	年度計	年度	
	年度	3ヶ所	4ヶ所	5ヶ所																		
明治31年度	29ヶ所	3ヶ所	6,368円	84円	-	-	13間	-	-	6,091間	24,964本	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1898
32	18	3	8,651	344	-	-	-	-	-	3,179円	396円	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	1899
33	18	1	9,316	431	-	-	90	-	-	835	103	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-	1900
34	10	6	4,264	987	-	-	119	-	-	2,000	6,300	-	-	-	10間	-	80間	-	500	-	-	1901
35	10	9	3,671	710	-	-	123	-	-	5,920	17,760	-	-	-	20	15	-	-	400	-	-	1902
36	8	8	2,992	1,799	-	-	216	-	-	5,620	16,680	-	-	-	363	14	-	-	500	-	-	1903
37	3	9	1,576	1,166	-	-	44	-	-	5,020	15,060	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-	1904
38	-	-	-	-	-	-	890	-	-	-	2,208	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-	1905
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1906
40	1	9	903	2,013	2	-	-	-	-	7,211	36,055	-	-	-	-	-	-	-	732	-	-	1907
41	-	3	-	-	-	590間	54	-	3ヶ所	17,414	87,070	2ヶ所	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1908
42	-	5	-	-	-	2,436円	832	30間	242	8,962	1,045	555	-	-	-	-	-	-	675	-	-	1909
43	-	1	-	-	1,583	1,764	563	131円	3	9,618	48,090	-	-	-	-	-	-	-	567	-	-	1910
44	-	1	-	-	158	410	84	-	-	2,074	55,370	1	1ヶ所	-	-	-	-	-	609	-	-	1911
45	-	90	-	-	-	1,563	1,149	-	-	6,497	304	266	94円	22間	-	-	-	-	-	-	-	1912
大正2年度	-	2	-	-	-	461	-	-	-	16,121	80,605	-	-	107円	-	-	-	-	921	-	-	1913
3	1	-	-	-	-	539	27	-	-	9,365	541	4	-	28	1間	-	-	-	-	-	-	1914
4	356	-	-	-	-	2,821	633	-	-	10,650	53,250	816	-	480	132	-	-	-	1,023	-	-	1915
5	1	-	-	-	-	539	15	-	-	8,179	346	-	-	49	-	-	-	-	-	-	-	1916
6	356	-	-	-	-	4,565	433	-	-	13,055	65,275	-	-	827	-	-	-	-	923	-	-	1917
計	109	77	41,137	8,388	2	40,024	1,610	30	6	132,363	704,523	7	1	490	2	30	95	948	-	-	1918	
					907			131	501	→	90,912	1,637	94	4,035	510	555	136	55	11,976	-	-	228,337

積苗工欄の→印は積苗工と苗木植付の合計額を示す。

図 3.3.1 牛伏川砂防工事施工箇所一覧図 (松本砂防事務所百年史より引用し、加筆修正)



3.3.3 石堰堤

石堰堤の形態は空積工法である。石の形は内務省えん堤よりそろっている。下流のりの勾配は緩かであって約1割前後なものが多い。図3.3.3は本流に設置されたえん堤を昭和51年に測定した結果を元に、横軸に高さ縦軸に下流のりの勾配をとってあらわしたものである。下流のりのきわめて緩い内務省第2号えん堤を除くと、1割前後の勾配をもっていることがわかる。

また高さとの勾配には関係はみられないようである。

石積えん堤設置場所については次の特徴がうかがえる。

内務省えん堤は各支沢の集まる緩勾配部に設けられたが、県工事ではこれより上流崩壊裸地の内部を含む急勾配部に設置されている。例えば、図3.3.2の日影沢と中ノ沢合流点のえん堤のように積苗工による最終的な完成を計る前段階として河床の安定を図る目的で設けられた。本流などに設けられたえん堤は、図3.3.3にみたように高さも低いものも多く、少なくとも本流筋では内務省の4基より規模の大きいものはない。(口絵写真24、25、28、34、35など)

「沿革史」に「大欠に対しては直接作業を為すことは到底不可能のことなれば各谷間の手前に於て予め数個の横断堰堤を設け之を土砂止めとなし置き上部斜面より転落に類したる土塊を切取して之を其谷底に落し以て相当高さに埋立を為し置き此を第一段の足場として山腹工事を進めたるものなり」とあり施工の順序が推し測られる。

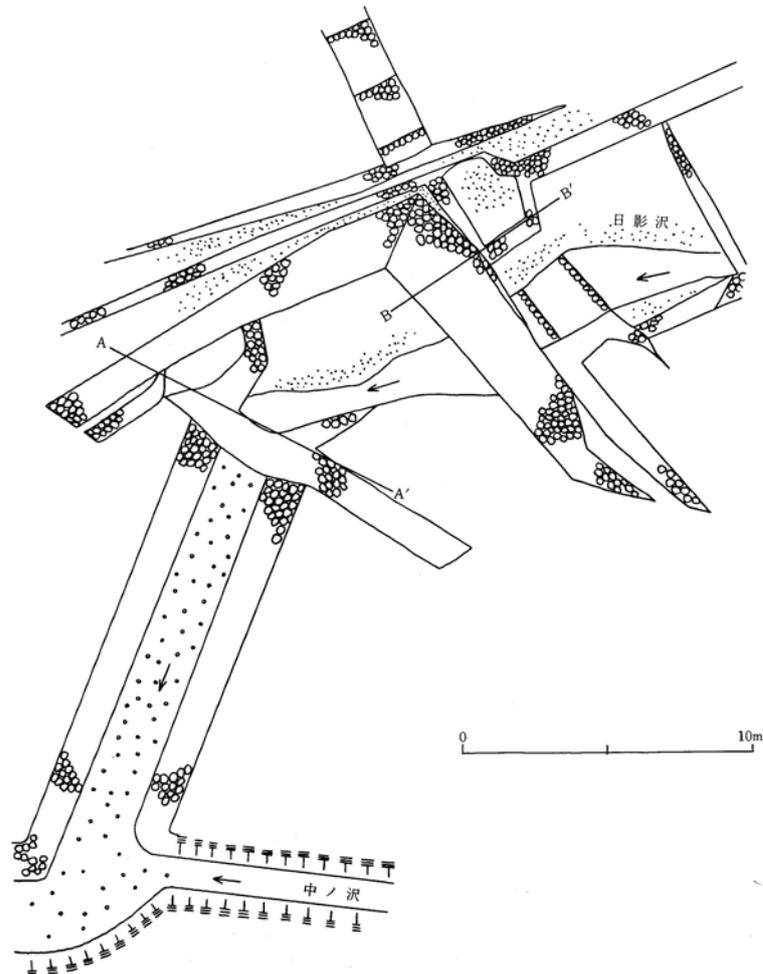


図3.3.2 日影沢、中ノ沢合流点付近えん堤及張石水路平面図

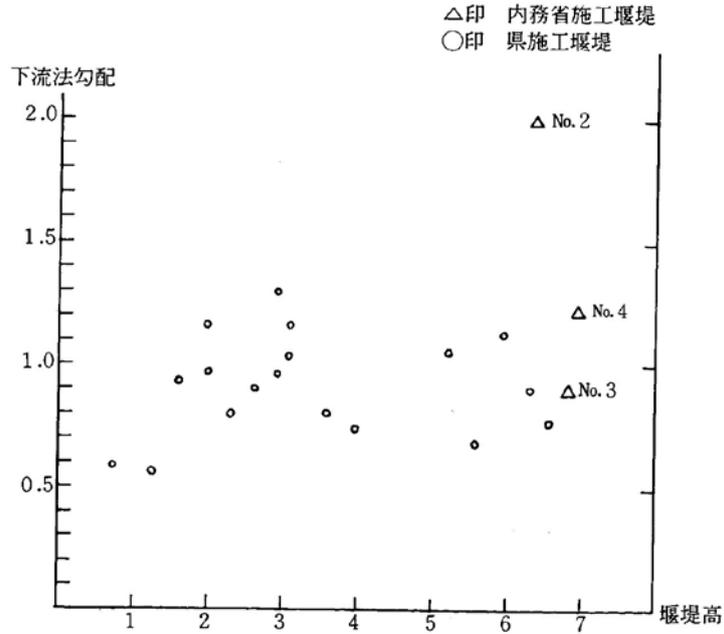


図3.3.3 えん堤に高さの下流のり勾配の関係

3.3.4 土堰堤

土えん堤は工事明細書によれば、明治31年～40年に多く設けられている。該当する工事内訳書は明治41年と45年のものが確認できる。表3.3.2に明治41年度の第13号土堰堤の竣工内訳書、図3.3.4に付図を示した。この土堰堤は積苗工を施工する基礎として合清水沢筋の山腹に設けられたもので、高さは6間約11mとある。この土堰堤の中央部水通しは張石の構造となっている。水通し部には径2寸（≒6cm）上の礫が詰められ、7寸（≒21cm）角で奥行1尺2寸（≒36cm）以上の石によって表面が張られた。他の部分は土砂によって作られた。上流側ののり以外の表面には被覆の工事が施工された。すなわち、天端部は張芝工、下流のりには筋芝工と粗朶を用いた工事が為された。張芝工は、長1尺2寸（≒36cm）、幅6寸（≒18cm）厚2寸（≒6cm）の切芝を全面に張っている。筋芝工は同じ寸法の

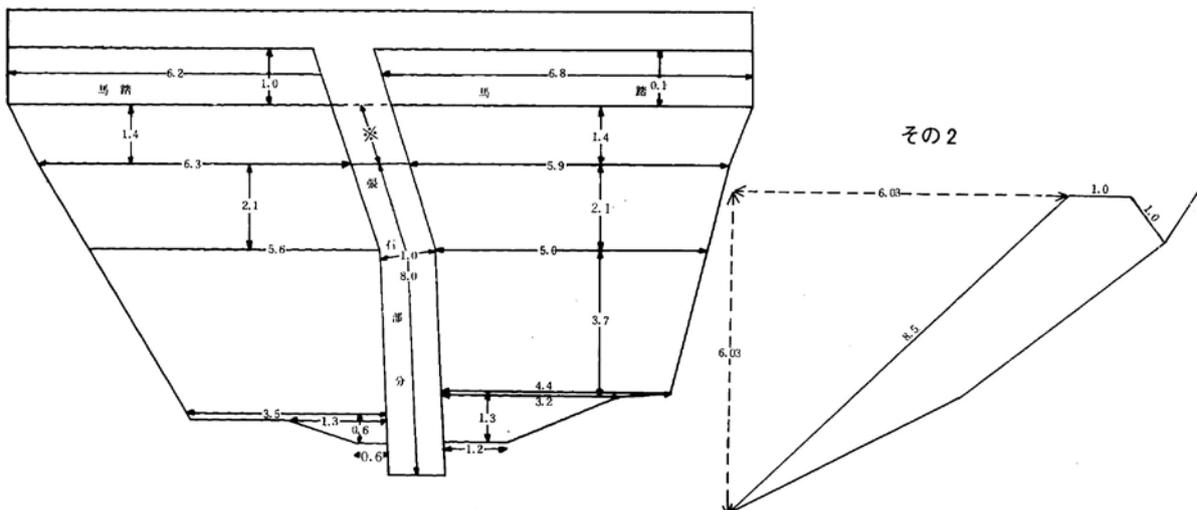


図3.3.4 土えん堤の形状（合清水沢）

表3.3.2 明治41年度第13号土堰堤竣工内訳書

第13号土堰堤（水通付）竣工内訳書		平均長10間7分馬踏13間表法直高6間03厘1割法 裏法直高7分8厘8分法別紙平面図及横断面図ノ通り						
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要	
築石（野面割石）	面7寸 控1尺 2寸以上	8 間	1 間	8	坪	5円893	47円150	水通表法ノ分
裏込礫	径2寸以上			2.4	立坪	2.213	5.310	築石面1坪ニ付3合
土 砂				99.6	全	1.128	112,420	堰堤立積103坪6合ノ内築石及裏込礫立積4坪ヲ引キタル残
粗 朶（雑木）				82.5	束	0.040	3,370	径1尺6寸長2尺5寸以上ヲ以テ束トス法面1坪ニ付1束宛 82坪4合5勺分
芝	長1尺2寸 幅6寸 厚2寸			4122.5	枚	0.009	39,690	筋芝用表法高8間5分平均長9間7分間ニ10通分
芝	長1尺2寸 幅6寸 厚2寸			650.0	全	0.009	6,230	張芝用馬踏長13間幅1間面1坪ニ付50枚
石 工				12.3125	人	0.800	9,850	水通表法面1坪ニ付1人5分4厘弱
人 夫				30.68	人	0.500	15,340	表法筋芝面1坪ニ付3分7厘強（筋芝面82坪4合5勺）
人 夫				13.56	人	0.500	6,780	表法石工手伝石工1人ニ付1人1分強
人 夫				17.7	人	0.500	8,850	床拵用15人 馬踏張芝用2人7分
計							254,990	

芝を筋状に埋め込むもので、のりの高さ1間に付10筋であるから、約18cmおきに芝を埋め込む。後述する積苗工においても両工種が用いられているが、筋芝工においては積苗工の場合の間隔が19.4cmおきであるのに比べやや密となっている。さらに積苗工の場合にはない粗朶が使われている。これについて竣工内訳書では記述はみられないが、筋工間ののり面を被覆する粗朶伏せ工と推定される。なお、天端を張芝に、下流側のりを筋芝にするのは、滋賀県瀬田川流域に当時行われていた同様の工法である石工附属土堰堤にもみられる。

次に明治45年度第8号土堰堤（表3.3.3、図3.3.5）は、泥沢の積苗工の基礎として設置されたものである。この土堰堤は2個所に水通し部をもつ特殊な形態をしている。2つの水みちに跨って施工されたとみられる。

このため、高さは9m程度と41年の第13号堰堤より大きくはないが、幅が約59mあるかなり大規模な堰堤である。えん堤の構造で41年の第13号と異なるのは根止石積があることである。

右岸側で長さ5分（=0.9m）である他は水通し部を除く土堰堤部で長さ1間（=1.8m）で8分の勾配で積み上げられた。また、41年の第13号にはあった天端部の張芝が省略されている、この他の特徴は左側水通し部にあらわれている。水通し部の張石の下端には松丸太による土台木が埋め込まれ、さらに水叩き部に根固木工沈床工が施工された。後者については竣工内訳書が個別に存在するので、それを表3.3.4、図3.3.6に示す。土台木については図示されていないが、長18尺（=3間≒5.4m）の松丸太を横たえ控木によって地盤に固定したと思われる。

根固木工沈床は、水叩部の洗掘を防止するため、3間（≒5.4m）の正方形に松材を組んで野面石でこれを沈圧している。左側水通しは泥沢の本流であり流量も多いことから、特に念入りに施工されたと考えられる。

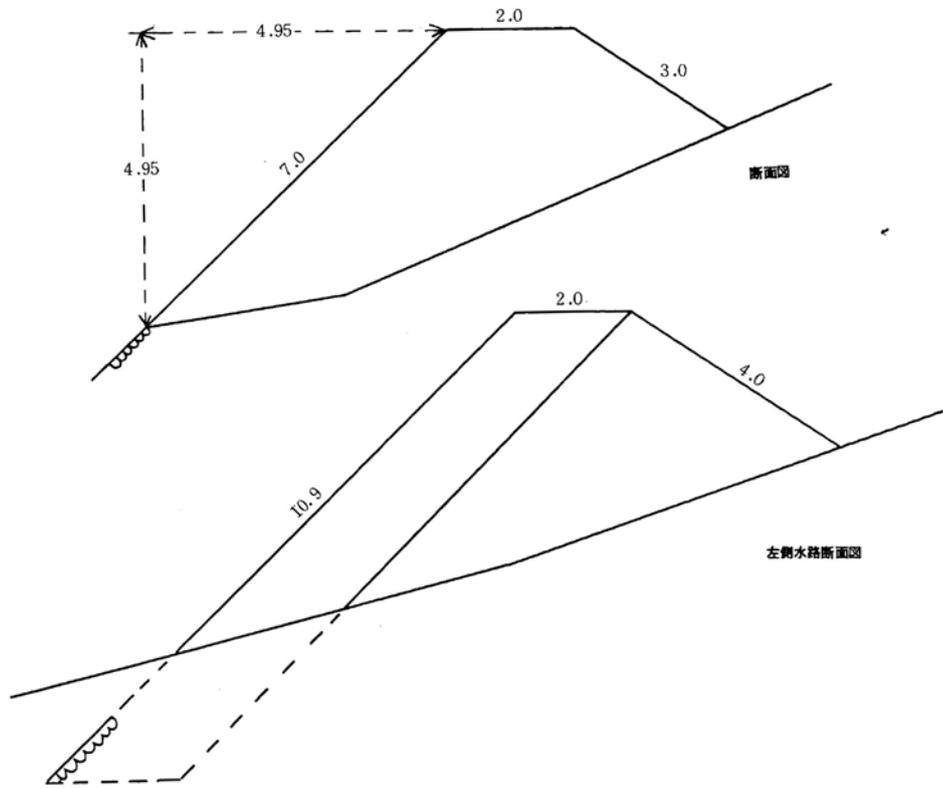
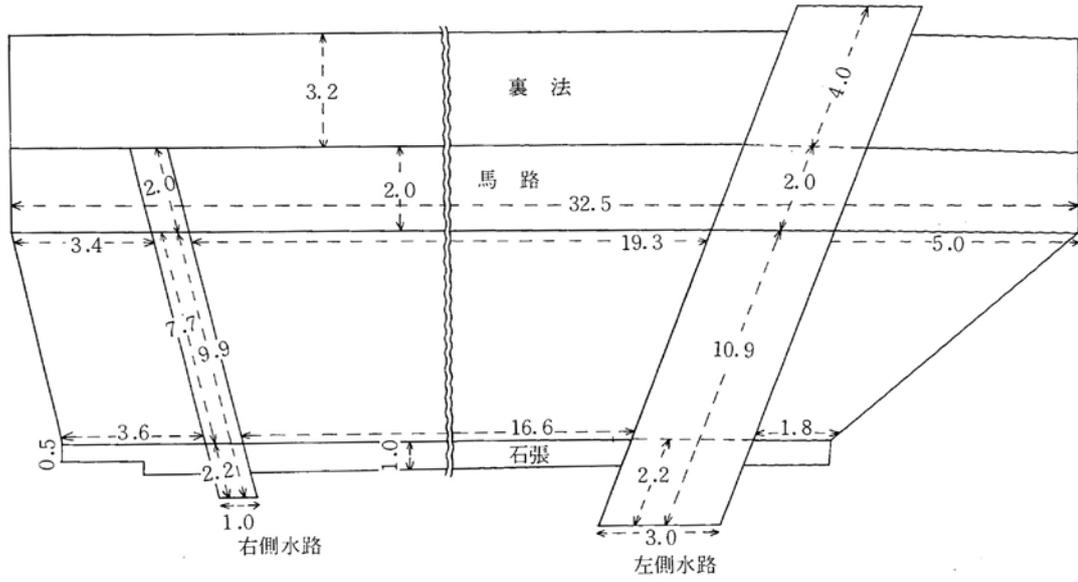


図3.3.5 明治45年度第8号土堰堤竣工内訳書付属図

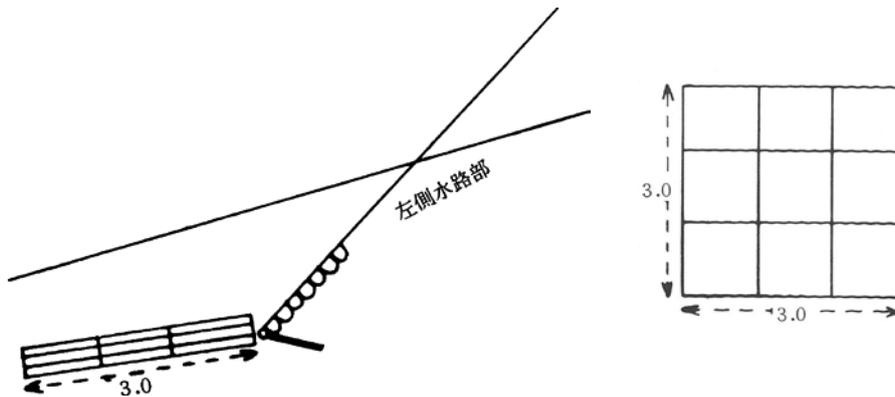


図3.3.6 明治45年度第8号土堰堤付属根固木工沈床竣工内訳書付属図

表3.3.3 明治45年度第8号土堰堤竣工内訳書

第8号土堰堤（水通付）竣工内訳書			平均長28間9分5厘馬踏長32間5分表法高7間1割法 裏法高3間2分1割5分法別紙平面図及横断面図ノ通り				
名 称	長	長 法 高 末 口	数 量	单 位	单 価	金 員	摘 要
築 石（野面割石）	間 10.9	幅 間 3	32.7	坪	6円000	196円200	左側水通表法ノ分、法高2分ノ1ハ面1尺控1尺5寸、全2分ノ1ハ面7寸控1尺2寸以上
全（全） 面7寸控-尺 2寸以上	2	3	6	全	5.631	33,790	全 馬踏分
全（全）全	9.9	1	9.9	全	5.630	55,740	右側水通表法ノ分
全（全）全	2	1	2	全	5.630	11,260	全 馬踏ノ分
全（全） 面6寸控-尺 以上	21.4	平均法高 0.95 強	20.35	全	5.000	101,750	根止石積用8分法
裏込礫 径2寸以上			83.09	立坪	2.042	169,715	左側水通分、総立積91坪6合5勺ノ内築石立積8坪5合5勺ヲ減ジタル残
全			4.95	全	2.040	10,100	右側水通分 表法築石面1坪ニ付5合割
全			8.14	全	2.039	16,605	根止築石面1坪ニ付4合割
松 丸 太	18尺	未 尺 0.5	1	本	1.104	1,104	左側水通土台胴木用
全	6	0.4	7	全	0.180	1,260	全控木用 内1本ハ右側水通土台木用
全	13	0.4	10.7	全	0.480	5,136	根止石積土台木用
土 砂			520.19	立坪	1.526	794,240	堰堤立積525坪9合8勺ノ内右側水通築石及裏込礫立積5坪7合9勺ヲ減ジタル残
粗 朶（雜 木）			174.7	束	0.049	8,570	径1尺6寸長2尺5寸以上ヲ以テ1束トシ、表法面1坪ニ付1束宛敷込トス
芝 長1尺2寸 幅6寸 厚2寸			8732.5	枚	0.016	148,130	筋芝用表法高7間平均長24間9分5厘間ニ10通
床 堀	間 3.7	上幅4間 516 敷幅2.2 深 2	24.85	立坪	1.650	41,012	左側水通分 立1坪ニ付3人3分強
全	1.3	上幅2.45 敷幅1.2 深 1.2	2.85	全	1.600	4,560	左側水通分 全 3人2分
全	21.4	上幅1.2 敷幅0.7 深 0.7	14.98	全	1.600	23,968	根止石積分 全 3人2分
石 工			85.475	人	0.800	68,380	左右水通表法面1坪ニ付2人〇分1厘弱
全			12	人	0.800	9,600	全 馬踏面1坪ニ付1人5分
全			30.5	人	0.800	24,400	根止石積面1坪ニ付1人5分弱
大 工			2.43 弱	人	0.700	1,700	土台切組栓止迄1式
人 夫			49.4	人	0.500	24,700	表法土羽打面1坪ニ付2分8厘強 (土羽打面174坪6合5勺)
人 夫			6.38	人	0.500	3,190	左側水通裏法面羽取用 此面12坪 面1坪ニ付5分3厘強
全			129.24	人	0.500	64,620	石工手伝 石工1人ニ付1人強
全			24.48	人	0.500	12,240	裏法土砂面厚1尺通砂利被覆用 此面94坪4合 面1坪ニ付2分6厘弱
全			4.2	人	0.500	2,100	大工手伝及土台据込迄1式
計						1834,070	

表3.3.4 明治45年度第8号土堰堤付属根固木工沈床竣功内訳書

第8号付属根固木工沈床竣功内訳書					長3間 幅3間		1組	摘 要	
名 称	長	長 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員			
方格材 (松)	尺 7.5	尺 0 4	72	本	0円230	15円840	植木		
敷成木 (全)	7.5	0.25	81	全	0.090	7,290	全 1 格間 9 本宛		
丸鉄材 (鍊鉄)	3.2	0.05	20	全	0.195	3,900			
全 (全)	2.8	0.05	8	全	0.175	1,400			
沈圧石 (野面 割石)			2.7	立坪	20,751	56,030	1 個重量25貫目以上之堅硬実ノモノ 1 格間ニ□立填充シテ其量ノ坪ニ合トス、元付石含蓄		
洋 釘 (鉄)	0.5		162	本	0.002	0,480	敷成木両端打付用		
床 堀	4間	上幅3間6 敷幅3.2 深 1.6	21.76	立坪	1,556	33,870	立 1 坪ニ付人夫 3 人 1 分 1 厘強		
大 工			3.64	人	0.700	2,550	工作手間 1 格間ニ付 4 分強		
石 工			4.5	人	0.800	3,600	張石 1 格間ニ付 5 分		
工 業 夫			8.68	人	0.500	4,340	大工手伝沈定迄 1 格間ニ付 9 分 6 厘強		
人 夫			5.7	人	0.500	2,850	石工手伝目潰仕上迄 1 格間ニ付 6 分 3 厘強		
計						132,150			

3.3.5 谷止工

表3.3.5及び図3.3.7に明治44年度の第11号谷止工の竣功内訳書と図を載せる。施工の位置は泥沢筋の積苗工の基礎部であり、同年の計画で積苗工も実施されている。表、図をみて明かなように土堰堤（水通付）と構造は同じである。高さは約8mであり規模も類似する。

目的も積苗工を行うための脚部固定という点で共通しており、両者の区別は不明である。

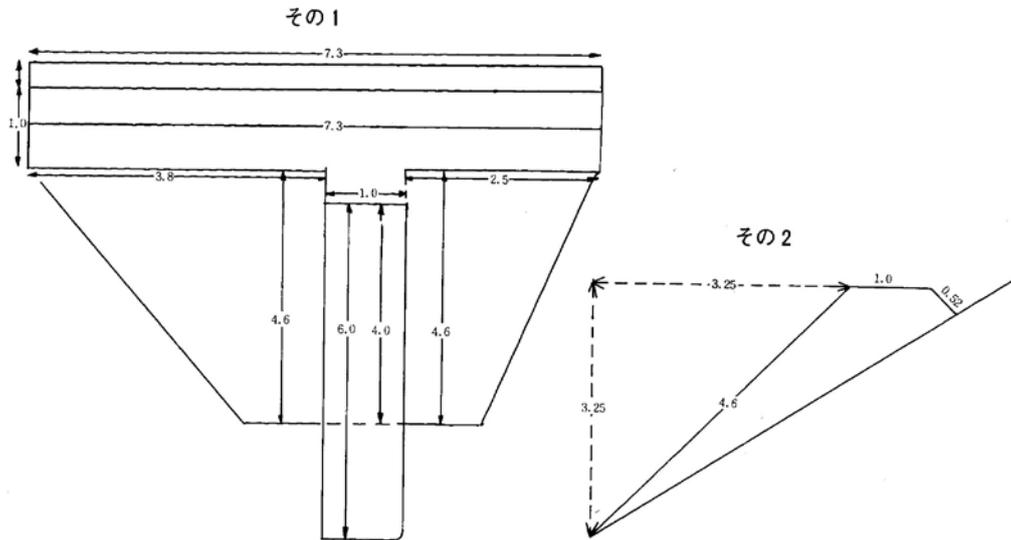


図3.3.7 明治44年度第11号谷止工竣功内訳書付属図

3.3.6 水路張石

水路張石は、大別して2つに分類される。

- ①積苗工を行うにあたっての湧出水の排除を目的とする。(口絵写真16、18など)
- ②溪流で堰堤間の河床低下を抑える目的で設置される。(口絵写真26など)

前者は、積苗工付属水路張石で山腹工事、積苗工と一体で施工されるのに対し、後者は独立に施工され、えん堤設置の時期より遅れて施工される場合も見られる。

表3.3.5 明治44年度第11号谷止工竣工内訳書

第11号谷止工（水通付）竣工内訳書				平均長5間1分5厘馬踏7間3分表法直高3間2分5厘1割法裏法直高3分7厘1割法別紙平面図及横断面図ノ通			
名称	長	幅・法高・末口	数量	単位	単価	金員	摘要
築石（野面割石）	面7寸控1尺2寸以上	6間幅1間	6	坪	4円673	28円040	水通用
裏込礫	径2寸以上		2.4	立坪	1.687	4.050	築石面1坪ニ付4合
土砂			13.16	全	1.466	19.300	総立積11坪5合5勺8才ノ内築石及裏込礫立積2坪4合ヲ減ジタル残但築石根入2間分ヲ除ク
粗朶（雑木）			19	束	0.036	0.700	径1尺6寸長2尺5寸以上ヲ以テ1束トス法面1坪ニ付1束宛11坪分
芝	長1尺2寸幅6寸厚2寸		954.5	枚	0.012	12.230	筋芝用法高4間6分平均長4間1分5厘間ニ10通
芝	長1尺2寸幅6寸厚2寸		315	枚	0.012	3.780	張芝用馬踏長6間3分幅1間平1坪ニ付50枚但中央水通分1間ヲ除
石工			8.94弱	人	0.800	7.150	築石面1坪ニ付1人4分9厘弱
人夫			5.02	人	0.500	2.510	表法土羽打面1坪2付2分6厘強（土羽打面11坪09勺）
人夫			10.34	人	0.500	5.170	石工手伝石工1人2付1人4合6厘弱
人夫			13.62	人	0.500	6.810	床拵12人5分張芝1人1分2厘面1坪2付1分8厘弱
計						89.740	

施工延長等は、表3.3.1の明細表に両者の合計4630間（約8.4km）が示されている。

ここでは後者について記し、前者については積苗工と合わせて述べることとする。

溪流の河床に施工された張石水路を明治45年第10号水路張石の竣工内訳書から表3.3.5、図3.3.8に示す。これは、日影沢の支沢の中ノ沢に施工されたもので、2区間に分かれている。中ノ沢には明治40年度設計以前の工事によって（設計年度は不明であるが明治41年度（1908）の竣工調書の付図によって40年度以前の設計のものであることがわかる）堰堤が3基入れられているが、日影沢との合流点より、第1の堰堤まで8間（≒14m）と第2の堰堤より第3の堰堤まで25間（≒45m）に張石が為されたのである。第1の堰堤と第2の堰堤との間24間（≒43m）は翌大正2年度設計の工事において張石がなされた。

これらの水路の上流側は明治44年度の工事で積苗工が行われており、溪床低下の恐れがあることから張石が実施されたと推定される。この明治45年度第10号水路張石の竣工内訳書の付図には断面図がなく幅1.5間（≒2.7m）ということしかわからない。竣工内訳書には礫が面1坪（≒3.3㎡）あたり礫

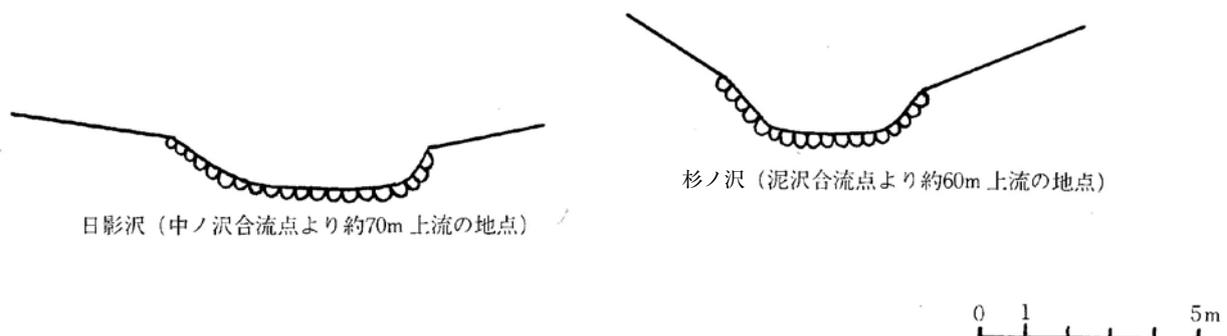


図3.3.8 水路張石断面図

表3.3.6 明治45年度第10号水路張石竣工内訳書

第10号水路張石竣工内訳書 延長33間幅1間5分							
名称	長	幅・法高 ・末口	数量	単位	単価	金員	摘要
築石 (野面割石)	面5寸 控9寸 2寸以上		49.5	平坪	4円102	203円080	
礫	径2寸 以上		24.75	立坪	1.977	48,940	築石面1坪ニ付5合
石工			55.56 強	人	0.800	44,450	築石面1坪ニ付1人1分2厘強
人夫			56.38	人	0.500	28,180	石工手伝石工1人ニ付1人0分1厘強
人夫			60.18	人	0.500	30,090	床拵面1坪ニ付1人2分2厘弱
人夫			97.8	人	0.500	48,900	法切水路両端埋立 面1坪ニ付1人9分8厘弱
計						403,640	

が5合 (≒ 3 m³) 使われている。即ち、平均厚約0.9mに礫が敷かれその上に控九寸 (≒ 0.27m) の築石が張られる構造となっているとみられる。

3.3.7 護岸石積

護岸石積は山脚に流水が衝突して山腹崩壊を起すのを抑える目的で作られている。従って溪流の片側のみに設置される (口絵写真21, 33など)。明治43年度第7号護岸石積の竣工内訳書と付図を表3.3.7、図3.3.9に示す。この護岸は泥沢の中流部左岸にあって、明治40年度以前の工事で既に設置されていた石堰堤の間をつなぐ形で作られ、その護岸の上部の山腹には積苗工が同43年度工事として施工された。

構造についてみると、山腹に密着して作られているため裏側ののりはなく、裏込礫を5分 (≒ 0.9

表3.3.7 明治43年度第7号護岸石積竣工内訳書

第7号護岸石積竣工内訳書 延長31間5分5厘別紙図面之通							
名称	長	幅・法高 ・末口	数量	単位	単価	金員	摘要
築石 (割石)	間 31.55		53.14	平坪	円 4,764	円 253,190	直高1間5分1厘 5分法 法高2分ノ1ハ面1尺控1尺5寸 全2分 ノ1ハ面7寸控 1尺2寸以上
裏詰礫	径2寸 以上		26.57	立坪	1.228	32,640	築石面1坪ニ付5合
石工			89.825	人	0.800	71,860	築石面1坪ニ付1人6分9厘強
人夫			79.46	人	0.500	39,730	石工手伝石工1人ニ付8分8厘強
床堀	31.55	上幅1.7 敷0.9 深1.0	41.02	立坪	1.992	81,750	岩石交り 立1坪ニ付3人9分8厘強
						479,170	

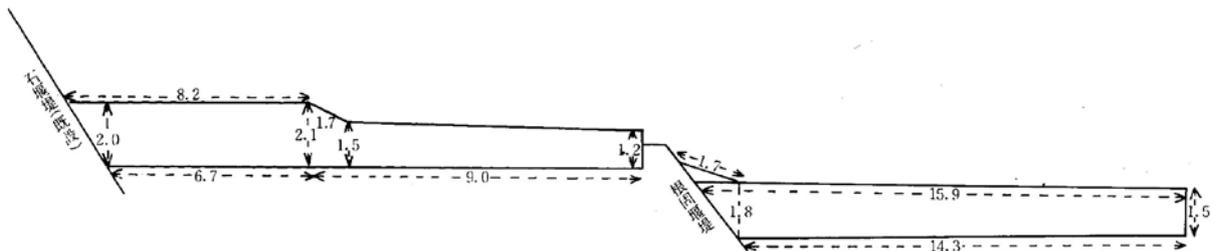


図3.3.9 明治43年度第7号護岸石積竣工内訳書付属図

m) 厚で詰めて野面石を張ったもので、そののり勾配は5分である。この勾配は堰堤が1割であるのに比べ急である。ところで、護岸石積は、上記目的の他に水流を特定の部分に導びく目的をもっても作られている。これは後でフランス式階段工のところでも述べる大正5年度第2号付属護岸石積である。これは右岸に偏した流水を階段工のある谷筋の中央へ寄せるために設けられたものである。

また、水制工を伴った護岸石積も作られた。明治41年度第10号工は、牛伏川本流の、合清水沢と合流した地点より下流部の右岸に設けられた護岸工であって、崩れた山腹に対して施工され、同時に積苗工を施工している点は先に述べた明治43年度第7号と同様であるが、3個所に水制が突出している特色をもつ。水制は制水工と呼ばれ、内部に礫を詰めた野面石の空積でできており、突き出した長さは2.5間(≒4.5m) 高さは1間(≒1.8m)の大きさである。

3.3.8 積苗工及び付属の山腹工事

牛伏川砂防工事の大きな特徴は、山腹裸地の緑化工事である。積苗工はその中心をなす工種であった。この工種は明治31年砂防工事着手以来終了まで継続して施工されているが、特に後半の時期に施工が多いことがわかる(口絵写真12、13、18、26、31など)。

大正4年度泥沢の第1号積苗工の竣功内訳書及び付図、これと関連するは張石水路及び山腹石積の竣功内訳書及び付図を表3.3.8、表3.3.9、表3.3.10、図3.3.10、図3.3.11、図3.3.12に示す。

(1) 筋芝工と張芝工

積苗工では、整形した斜面に筋芝工と張芝工が行われるが、いずれも積苗工と呼んでいた。また「牛伏川砂防工事沿革史」は、「積苗工は山腹傾斜地を整理したる後施行されたるものにして筋芝工、張芝工の二種あり、筋芝工は下部盛土個所に張芝工は上部法切部の切取面に小段を附し施行されたり。」とあり、盛土個所に筋芝工、切取個所に張芝工を施工したことがわかる(巻頭写真31などでは確認できる)。

その特徴を列記すると

- ・筋芝、張芝に使われる切芝は長さ1尺2寸(≒36cm) 幅8寸(≒24cm) 厚さ2寸(≒6cm)である。
- ・切芝は日影沢の源頭横峰頂上付近において採取され、軽便鉄策によって運搬されている。この運搬距離は約20丁(≒2km)である。
- ・筋芝工は長7分すなわち42寸(≒1.27m)の階段間ののり面に6寸4分(≒19.4cm) 間隔2寸の厚さの切芝を5枚埋め込む。切芝の長さは1尺2寸だから1間について5枚となる。したがって1間幅ののり面には25枚の芝が必要となる。
- ・張芝工は長7分ののり面全面に切芝を張ったもので小串によって固定された。さらに階段には敷芝が為されている。切芝の必要量は張芝が1間長ののり面に25枚、敷芝が5枚の計30枚となる。

当時の積苗工に比べると筋芝工、張芝工ともかなり芝が多く使用されており、それだけのり面の保護に注意がはらわれていた。

(2) 苗木植付の肥料

平面図には、横線が数多く引かれており、これは筋芝工及張芝工の階段を示すものである。縦の太線は、付属張石水路である。水流の集り易い部分では、排水のため水路が設けられたと見られる。こ

の積苗工では水路張石は4本あって、盛土部に設けられている。水路幅は1間（≒1.8m）ないし5分（≒0.9m）で平均厚4分（≒0.7m）に礫を敷き詰め、奥行9寸（≒27cm）の割石を張った構造である。

（3）積苗工に付随する水路張石、山腹石積

竣功調書には、積苗工に付随する水路張石工について、「本工ハ施行二際シ湧水上部二及ホシタルヲ以テ延長施行ノ結果総面積ニ於テ式拾七合八勺ヲ増セリ」と設計と竣功の相異点を書いており、湧水の排除を目的として施工されたことがわかる。また、設計を変更したのはのり切の結果、湧水が斜面上部にあらわれ、水路をその地点まで延長する必要があったと推定される（口絵写真15、16など）。

山腹石積は、水路張石の上端或は中間に設けられる石積の構造物である。水路張石と同様4分（=2尺4寸≒0.7m）の厚さに礫を入れ、のち石を5分勾配に積上げたものである。下半分の築石は上半分より大きめの築石を使用している。本工事では4個所に施工されているがのりの直高は平均約2.4mでどれもだいたい同じである。図3.3.13において、（イ）、（ハ）は張石水路の上端に、（ロ）、（二）は中部に位置しているが、（ロ）は2個の水路に跨って施工され特に幅が長い。

施工目的は、大正2年度第12号積苗工附属山腹石積及び、大正4年度第9号積苗工附属山腹石積の竣功調書から「本工ハ山腹ノ傾斜急ナルヲ以テ維持上其必要ヲ認メ」とし大正4年度第9号では「本工位置ハ山腹ノ湧水著シク殊ニ土質粗悪ナルヲ以テ維持上本工ノ必要ヲ認メ」

と記してある。山腹の傾斜が急であることを緩かにする目的と、湧水のためのり面の土砂が浸食され易い部分を固定する目的があったことがわかる。

一方明治41年度の積苗工では、表3.3.11、図3.3.14に合清水沢左岸の崩壊に施工されたものであるが、この積苗工には山腹石積はなく、水路張石のみが付属している。この竣功内訳書と付図は表3.3.12、図3.3.15に示す。

積苗工のうち、明治41年度、42年度では、筋芝工、張芝工の区別がないのに対して、43年度以降では筋芝工と張芝工が区別されている点に気づく。この例のように積苗工は、芝や石の大量の使用という量的背景により、きわめて綿密に施行されたことが窺える。

崩壊跡の裸地は急峻であり、随所より湧水が生じていたから、これを緑化するにあたっては、石堰堤、土堰堤、谷止工等の溪流工事を含む諸工法によってまず基礎を固め、水路張石、山腹石積によって湧水処理等を行いつつ積苗工を進めていったとみられる。

表3.3.8 大正4年度第1号積苗工竣功内訳書

第1号積苗工竣功内訳書		延長2622間5分 内筋芝 989間 張芝 1633間5分		横断面図ノ通			
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 位	金 員	摘 要
芝	長1尺2寸 幅8寸 厚2寸		73730枚	枚	円 0015	円 1131 290	運搬距離20丁 筋芝1間ニ付25枚 張芝全 30枚
堆 積 肥 料			1311.25	貫	0.049	64,800	苗木1本ニ付100匁 但 苗木間口5本宛
人 夫			411.48	人	0.500	205,740	土砂持込打上及肥料伏込用長1間ニ付1分 6厘弱
全			836.26	全	0.500	418,130	法切階段施設用長1間ニ付3分2厘弱
計						1819,960	

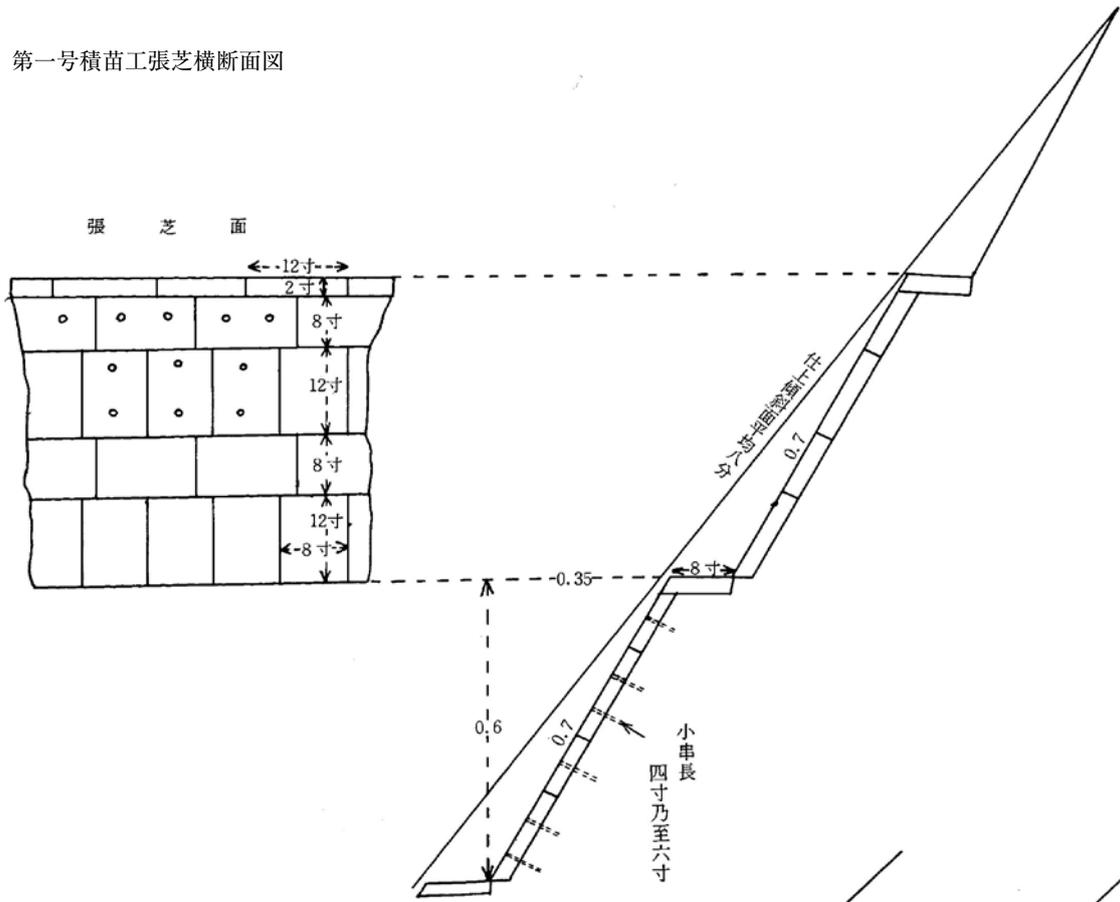
表3.3.9 大正4年度第1号付属水路張石竣功内訳書

第1号付属水路張石竣功内訳書		延長 107間4分 平均幅6分2厘弱		別紙図ノ通			
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
築石 (野面 割石)	面5寸 控9寸 以上		66.28	平坪	円 5,283	円 350,180	
磔	径2寸 以上		26.512	立坪	1,716	45,520	築石面1坪ニ付4合
石 工			75.125	人	0.800	60,100	全 面1坪ニ付1人1分3厘強
人 夫			75.84	全	0.500	37,920	石工手伝石工1人ニ付1人0分1厘弱
全			76.72	全	0.500	38,360	床拵面1坪ニ付1人1分6厘弱
						532,080	

表3.3.10 大正4年度第1号付属山腹石積竣功内訳書

第1号付属山腹石積		延長24間8分5厘		別紙図面ノ通			
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
築 石 (野面 割石)	間 24.85	1間5	37.275	平坪	円 5,801	円 216 250	直高1間3分4厘 5分法 法高2分ノ1ハ面7寸控1尺2寸、全2分 ノ1ハ面5寸控9寸
裏 詰 磔	径2寸 以上		14.91	立坪	1,735	25,850	築石面1坪ニ付4合
石 工			53.44弱	人	0,800	442,750	全面1坪ニ付1人4分3厘強
人 夫			53.5	全	0,500	26,750	石工手伝石工1人ニ付1人強
床 堀	24.85	平 均 上幅0.2 敷 0.8 深 1.0	12.425	立坪	1,968	24,460	立1坪ニ付人夫3人9分4厘弱
計						336,060	

第一号積苗工張芝横断面図



第一号積苗工筋芝横断面図

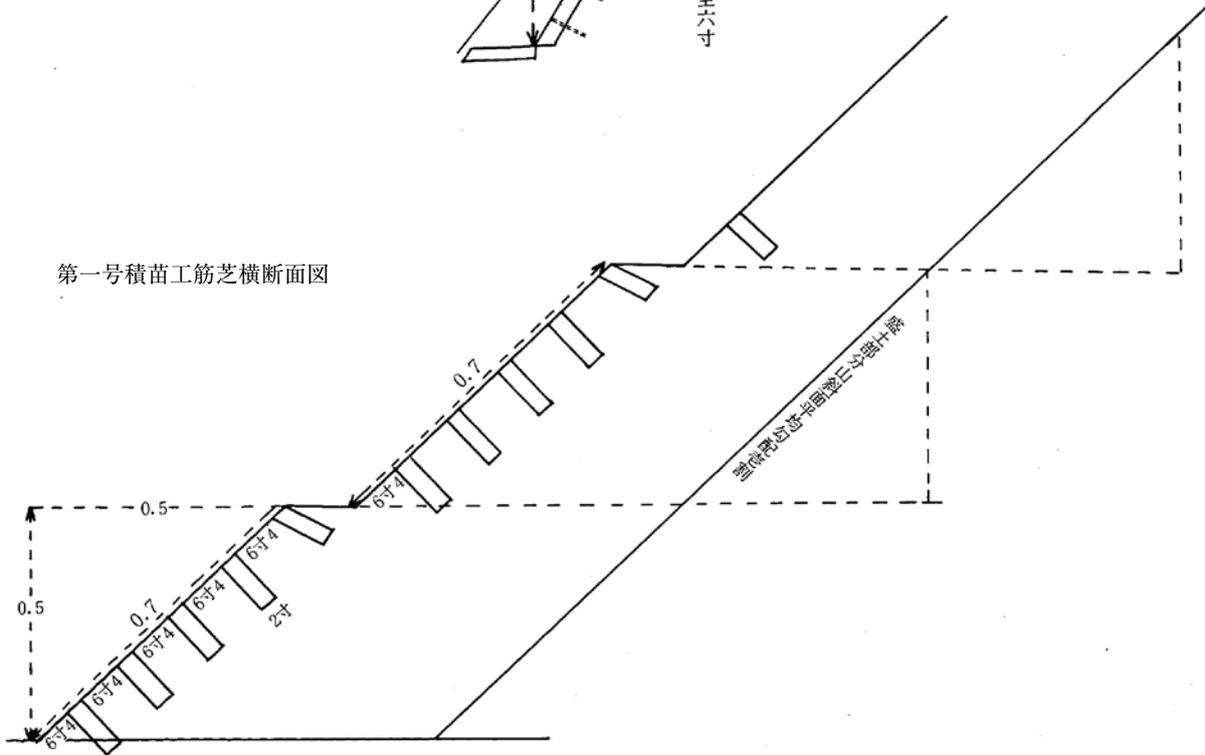


図3.3.10 大正4年度第1号積苗工竣工内訳書付属図 その1 断面図



計 2622間 5 注) ——水路張石
筋芝 989. 0 ---筋芝, 張芝の境界
張芝 1633. 5

図3.3.11 大正4年度第1号積苗工竣工内訳書付属図 その2 平面図

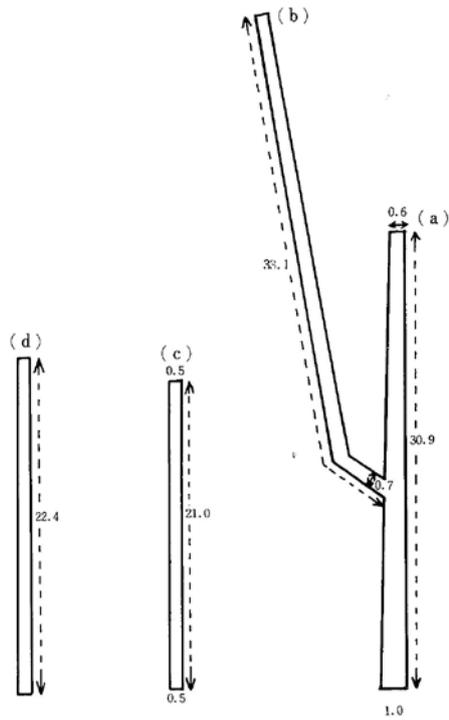
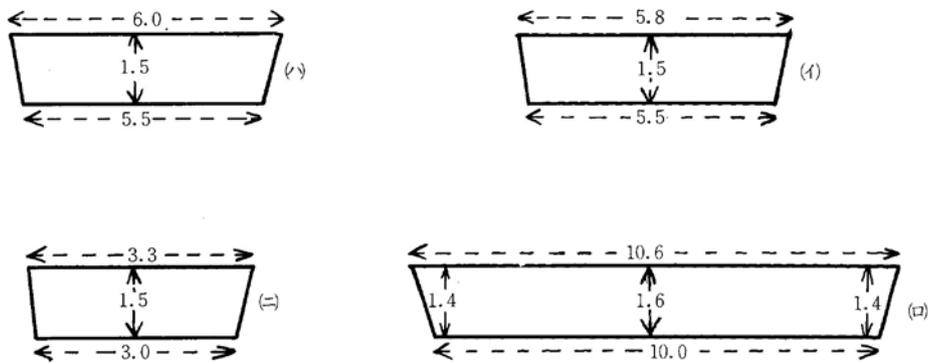


図3.3.12 大正4年度第1号付属水路張石竣工内訳書付属図



- 注) 山腹石積の位置は竣工調書の絵図により推定すると欠次のようである。
- (イ) は 水路 (b) の上流端にある。
 - (ロ) は 水路 (b) の中流部と (a) の中流部に跨がっている。
 - (ハ) は 水路 (d) の上流端にある。
 - (ニ) は 水路 (d) の中流部にある。

図3.3.13 大正4年度第1号付属山腹石積竣工内訳書付属図

表3.3.11 明治41年度第17号積苗工竣工内訳書

第17号積苗工竣工内訳書 延長1220間 高7分横断面図ノ通							
名 称	長	幅 法末 高口	数 量	单 位	单 価	金 員	摘 要
芝	長1尺2寸 幅8寸 厚2寸		30.500	枚	0.013	円 422,320	間口二付25枚 運搬距離約10丁
人 夫			173.96	人	0.500	86,980	土砂持込打上用長1間二付1分4厘強
人 夫			264.68	人	0.500	132,340	法切用長1間二付2分2厘弱
計						641,640	

表3.3.12 明治41年度第17号付属水路張石竣工内訳書

第17号付属水路張石竣工内訳書 延長73間平均幅6分4厘6毛							
名 称	長	幅 法末 高口	数 量	单 位	单 価	金 員	摘 要
築石(野面)	面5寸 控9寸 以上		47.8	平坪	円 3,238	円 154,820	
	礫径2寸以上		9.58	立坪	1,430	13,680	築石面1坪二付2合
石 工			51.0625	人	0.800	40,850	築石面1坪二付1人0分7厘弱
人 夫			42.140	人	0.500	21,070	石工手伝石工1人二付8分3厘弱
人 夫			45.02	人	0.500	22,510	床拵持面1坪二付9分4厘強
計						252,930	

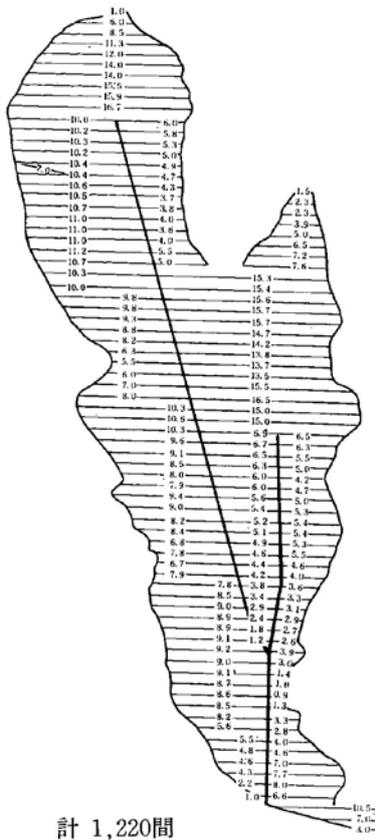


図3.3.14 明治41年度第17号積苗工竣工内訳書付属図

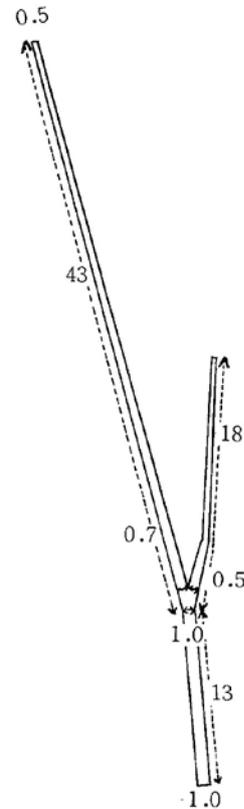


図3.3.15 明治41年度第17号付属水路張石竣工内訳書付属図

3.3.9 苗木植付工

積苗工の階段部分には苗木が植付けられた（巻頭写真13、14、15など）。

その総数は表3.3.1により90万本余と算定されているが、樹木の種類毎の内訳は、明治41年度と大正5年度の苗木植付工の竣工内訳書（表3.3.13、表3.3.14）からみると、次のとおりである。

- ・明治41年度はアカマツが1間（≒1.8m）に付1.56本、ヒメヤシャブシ（山欐）が1.44本であり、大正5年度はアカマツが2.14本、ヒメヤシャブシが2.71本、ニセアカシア（アカシアと書かれてはいるがニセアカシアのことである）が0.15本の割合で植えられている。
- ・大正5年度はアカマツ、ヒメヤシャブシとも明治41年度より増加し、さらに若干のニセアカシアが含まれている。
- ・2つの年度の植え付け樹木の構成比は、明治41年度は、アカマツがヒメヤシャブを上廻っているのに、大正5年度は逆になっている。
- ・肥料については、明治41年度は苗木1本に付約33匁（125g）であるのに対し、大正5年度は100匁（375g）であり、約3倍の量となっている。

また、明治44年度には肥料使用量は両者の中間の50匁であり、翌45年度は100匁となり以降この量が使用されている。

以上から、苗木植付の方法は、明治44年頃を境に改良されたと考えられる。これは、担当する技術者が苗木生育状況をみながらいろいろ試していたことを感じさせるが、明治31年から37年まで監督員

表3.3.13 明治41年度苗木植付工竣工内訳書

苗木植付工竣工内訳書		積苗工合計延長17414間		1間ニ付3本		注) 別紙明細書ノ通	
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
赤 松 苗	長1尺 径2分 以上		27243	本	0.002	円 63,810	長野県産 3年生
山 欐 苗	長1尺2寸 径1分5厘 以上		25000	本	0.003	90,660	滋賀県産 3年生
肥 料	藁 堆積肥料		17414	貫	0.045	799,320	苗木1本ニ付333匁強
人 夫			183	入	0.500	91,500	肥料伏込苗木植付共 苗木100本ニ付3分5厘強

注) 明細書は各積苗工における本数を示すが1間当り本数は3本であってすべて同じであるので省略した

表3.3.14 大正5年度苗木植付工竣工内訳書

苗木植付工竣工内訳書		注) 積苗工延長4774間		1間ニ付5本		別紙明細書ノ通り	
名 称	長	幅 決 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
赤 松			10230	本	円 0.002	円 28,150	長野県産 3年生2回床替ノモノ
アカシア	長1尺5寸 径2分 以上		700	本	0.002	1,400	全 全 上
山 欐	長2尺以上 径1分		12940	本	0.002	35,800	静岡県産
人 夫			127.9	人	0.500	63,950	苗木植付用苗木100本ニ付5歩4厘弱
計						129,300	

注) 明細書は明治41年度苗木植付工と同様の理由により省略した

であった胡桃沢謹一郎は、「本砂防工事創始の当時は主として松樹アカシア楊柳の類を植栽したるも其成績面白からず松樹は場所に由りては生育宜しきも四、五年の後に至れば生育不良にして委縮するもの多く効果の見るべきものなく秃兀たる赭山には如何なる樹木を植栽して可きや種々苦慮研究したる結果試に前年来植栽せし松樹の間其他に山楡苗を植栽したるに一方大に松樹の成育を助くると同時に地方砂防林樹として偉大の効あると認め（後略）」と、ヒメヤシャブシ導入の経緯やその成績の良好であることを述べている。

明治41年頃にはニセアカシアは一旦施工されなくなったようであるが、44年度には再び用いられ大正5年度に至る。胡桃沢は明治37年に監督員を止めるわけだが、それ以降も上にみたようにさらに改良が進められたわけである。

施工後凡そ60年経過した昭和51年、52年の植生調査によると、牛伏川流域山腹はほニセアカシアが優勢となっている。ニセアカシアが植え付け時わずか3%程度であったが、繁殖力の大きさや初期の成長の著しさにより、アカマツやヒメシャブシより先に優占種となってしまったためとみられる。なお、昭和53年に現地調査したところ、泥沢の山腹上部ではアカマツが成長していた。

3.3.10 本流水路工（牛伏川階段工）

(1) 階段工の概要

現在重要文化財となった階段工は、床固を取り入れ、根止石積、水路張石、根固木工沈床、旧堰堤取付工、護岸石積の各工法を総称する施設である。この階段工はフランスのサニエル溪谷にある施設を参考にして設計されたが、その比較や技面の考察は、第1章にまとめているため、本章では省略する。

階段工を施工した理由は2つがあげられる。

- ・本流の当該場所には内務省1号えん堤が設けられていたが、その下流の河床の洗掘が進み、土砂流出の要因となっていた（口絵写真4, 5）。
- ・これに関連して右岸側斜面の山脚が崩れるなど不安定化していた。

この対策として砂防工事が検討され、他に例をみない工法として階段工が誕生していくことになる。

(2) 階段工の計画設計経緯

階段工は大正5年度（1916）工事として計画され、大正7年に完成する（口絵写真8）。

その設計の経緯は長野県行政文書「砂防工事関係書類」に残されているが、本書では第2章1に原文を引用してまとめている。

階段工の計画が準備されたのは大正3年（1914）のことであったが、その最初の設計書には牛伏川本流の工事計画の概要をみることができない。具体的な協議は平成4年の資料から始まる。

①大正4年末の内務省への設計協議

この設計予算書を表2-17に示す。内務省の第1号堰堤に水路を取り付け、第2号水路張石工によって約70間下流の第1号根止石積（床固）へと連絡する工事として設計された。この設計では階段的な水路ではなく、直線的な張石水路だったと思われる。

②内務省土木局からの回答

大正5年3月16日付で長野県知事に、水褥（すいじょく、ウォータークッション）の設置や水路を付替えるか堰堤を現水路に設けるか等難題がある状況では工事を延期した方が良いと答え、長野県側の設計による工事実施を許可していない。

③長野県からの再協議

これに対し長野県では再調査を行い、設計に変更を加える。すなわち水路を中央部へ移設し、別のえん堤をもうけて1号えん堤の下部を埋めるなどの設計変更を行うなどの内容である。

長野県の西池課長は、あくまで大正5年度の工事としてこの水路工を敢行したい県側の意向を伝えるべく上京したが、池田技師が病気であったため相談することができず、とりあえず内務省の指示通り6年度に延期するように県土木課へ電報で伝えた。

⑤内務省からの回答（池田圓男からの図面による設計指導）

大正5年度工事の設計は大正4年度内に決定されず翌5年度へ持ち越される。大正5年4月13日付の次の池田圓男から長野県西池課長宛の書簡には、サニエルの階段工の謄写図が添付した概略設計図が添付されていた。この競技が階段工の基本を決定するものであった。

池田圓男の設計指導図は方眼紙に書かれた巻頭図4である。

それに糊づけされていたサニエルの階段工図（佛国に於ける一例）は図3.3.17である。

⑥階段工の誕生

池田圓男内務技師の指示を受けた長野県土木課及び同県松本工区は、申請内容を見直し、設計図を作成し、大正5年5月13日付で内務省へ伺いを提出することとなった。その内容には「第弐号水路に階段を付し・・・」とあり、ここに階段工の設計が内務省と長野県との間で確認されることとなる。

⑦設計の認可へ

池田内務技師は、県作成に設計図に対して6月27日附で細かい点を付箋に付して送付している。

こうして、7月18日付けで内務大臣の認可がおりることとなった。

なお、この後も池田内務技師の部下であった黒磯技手と長野県西池技師との設計に関するやりとりが残されている。

以上のように設計が完了するまで多くの努力が積み重ねられた階段工は、平成5年度に一連の工事が着手する。施工中、大正5年8月9日に洪水があり、第1号根止石積が被災したが、工事は設計に沿って進められ、大正7年10月に完成に至った。

(3) 階段工の技術的な特徴

図3.3.18、図3.3.16に昭和51年の測量図を示した。この測量平面図等と当初設計の縦断図等をもとに水路部の形態について以下に述べる。

- ・階段工の最上流は、内務省が明治19年（1886）に築造した第1号えん堤の左岸部にある。
- ・長さは約141mであり、19個の床固と、その間の張石水路によって構成されている。
- ・水路の底幅は、設計図では3間、約5.4mであるが、床固の下は約7mに広げられているが、これは落差部分の水流処理であり、現在でも同様に行われている形状である。
- ・床固間の水叩部の縦断形状は、均質ではなく、小段差（設計では3寸、10cm）が設けられており、その間の勾配は、設計図でも1/20としている。
- ・床固は全部で19あり、最下流部のものが最も大きく高さが約3mであり、その他のものは高さが

0.7~0.9mで、ほとんど同じ大きさのものが並んでいる。

- ・ 落差部の下流側ののりの勾配は設計図では3分とされている。
- ・ 石積工法は、最下部の第1号根止石積を除けば、全て空石積である。

構造として注意すべき点がある。

- ・ 第2号水路張石とされる部分には、18基の床固があるが、そのうち8個は第2号付属根止石積として設計され、残り10個は第2号水路張石に含まれた形式で設計されている。

表3.3.15 牛伏川階段工とサニエル階段工の比較

比較点	サニエル溪	牛伏川		
		池田設計図	竣功内訳書	現況 ^{注3)}
階段工のある元河床の水平長	131.5	-	-	131.0
同 垂直高	47.36	-	-	22.8
同 勾配	1/2.8	-	-	1/5.7
床 固 個数	16	17 ^{注1)}	17 ^{注1)}	17 ^{注1)}
同 垂直高 ^{注2)}	1.8m	-	0.9m	*0.7~0.9m
同 下流のり勾配	垂直	1/0.3	1/0.3	*1/0.6
同 形状	アーチ型	-	直線型	直線型
床固間の小段 個数	2~8	2~9	-	2~8
同 垂直高	0.2m	0.09m	-	*0.10m
同 のり勾配	垂直	垂直	-	1/1.5~1/2
床固水叩部 長さ	1.8m	2.7~3.0m	3.1m	約2.85m
同 勾配	水平	水平	-	*1/57
同 幅 (床固直下)	3.0m	-	6.8m	約7.0m
小段間の張石水路 長さ	1.75m	1.8m	-	*1.6~1.75m
同 勾配	1/8.75	1/20	-	*1/15~1/28
同 幅	3.0m	-	5.4m	5.4~5.6m
護岸部 垂直高	1.5m	-	1.4m	*1.47m
同 のり勾配	1/1	-	1/0.8	*1/0.8
石積石の奥行長 (控長)	0.7m	約0.4m	約0.4m	-
下流端床固の石積形式の石積形式	練石積	-	練石積	練石積
同 上記以外の部分	空石積	-	空石積	空石積

注1) 上流の2個の床固は内務省第1号堰堤に取り付けたるためのものであるので除いてある。

注2) 水路上に露出した下流のりの垂直高である。

注3) 現況において*を付したものは実測例が一部分であって、これ以外のものの値が必ずしもこの値であるとは限らないもの。
(調査は昭和50年代に行っている)

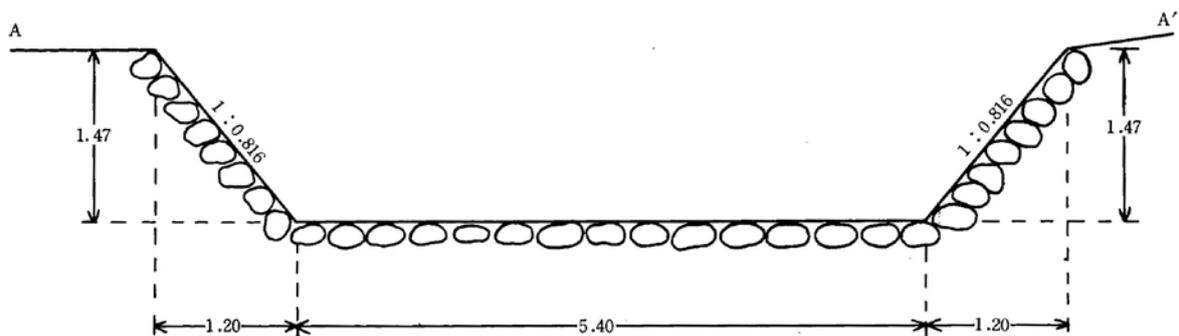


図3.3.16 階段工横断面図 (積石の奥行は実測したものではない)

縦断設計図によるとおり、根止石積は水路張石の下方まで根入れがあり、土台木を基礎とする独立的な構造をもっている。

- ・一方 残りの床固は水路張石に含まれた構造となっており、根入れを有していない。このことは護岸工にも通じることで、いずれも水路張石の下方に基礎をもたず、水路に従属した構造であることが特徴でもある。

付属工事のうち、第2号付属護岸石積は、内務省1号えん堤の上部に設けられ、水流を左岸側へ導びくため計画されたもので、現存する。

第1号根止石積に使われているコンクリートは立1坪当内訳書によると、セメント、洗砂、選砂利(径5分～1寸2分即ち1.5～3.6cm)の割合を1：3：6に配合している。

さらに階段工の上流端に旧堰堤取付工が付け加えられ、最終の設計が完成したのである。これら階段工の全体の最終設計書、竣功調書などを表3.3.16～3.3.21、図3.3.19に示した。

次にサニエル溪の階段工、池田圓男の設計、竣功内訳書、現況の構造の詳細を表3.3.15により比較する。これによれば、サニエル溪と牛伏川では元河床の水準長がほとんど同じであること、垂直高がサニエル溪の方が大きいことがまずわかる。高さの相違に基づく両者の違いはいくつかある。すなわち、床固及び床固間の小段の高さがサニエル溪は牛伏川の約2倍であること、小段間の張石水路の勾配が前者は後者より急であることなどである。しかしながら床固間の距離を小段の個数で決定しており、しかも、元河床の勾配に合わせてそれを斟酌している点等は両者で非常によく似ている。また床固の水叩は水平に張石されている点は、サニエル溪と牛伏川の池田の設計図に共通している。床固ののり勾配はサニエル溪では垂直であったのが池田の設計図では3分となっている。

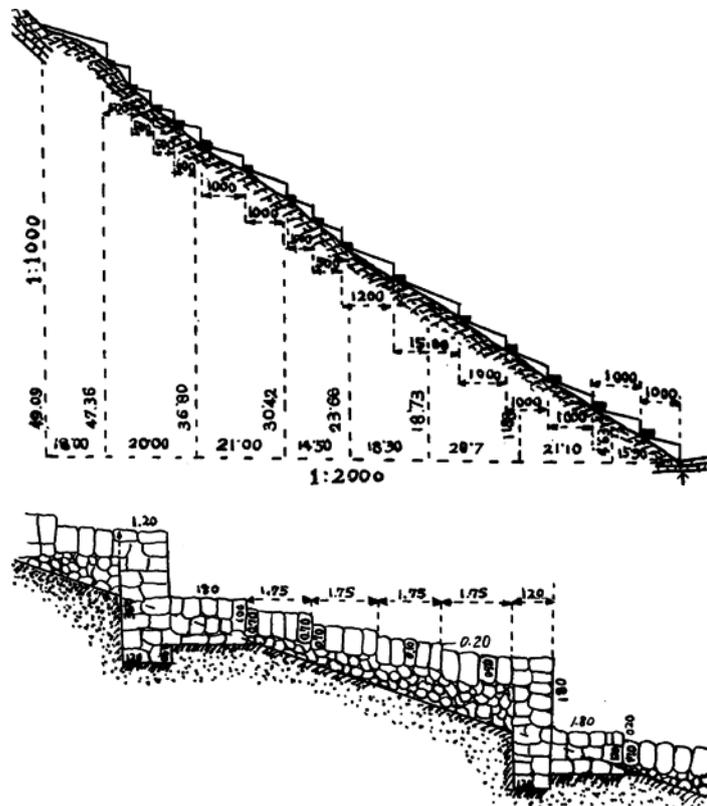


図3.3.17 池田圓男の設計指導図に添付された図：「仏国二於ケルー例」

さらに、現況測定によるとさらに緩勾配になっており、小段にもり勾配が出来ているなどの相違点である。これらは、サニエルと日本の石積み方法、石材などの相違に起因すると考えるのが適当と思われる。

表3.3.16 大正5年度設計予算書

一設計限工費予算書									
施工地 犀川支川奈良井川小支田川小々支牛伏川流域内									
東筑摩郡片丘村字内田山									
設備指定明治31年8月8日内務省告示第74号									
小字名	工種	長	幅直(法)高	数量	単位	単価	金員	摘要	
牛伏川本流	第1号根止石積	平均8間	間3.5	1	個所	—	円 738 502	内訳書ノ通り	
全	全号付属根固木工沈床	5	3	1	組	—	265,242	全	
全	第2号水路張石	(70) 72	5	(350) 360	坪	(12,500) 円 11 800	(4375,000) 4248,000	単価表ノ通り	
全	全号付属堰堤水路付替工	6.3	平均幅 5.43弱	1	個所	—	(0) 395,523	内訳書ノ通り	
全	第3号積苗工	筋芝 張芝	0.7	1000	間	0.900	1507,500	900,000	単価表通 り
				1500		0.405		607,500	
全	全号付属水路張石	延長80	平均幅 0.69弱	55	坪	6.880	378,400	全	
泥 沢	第4号根止石積	平均7.5	4.5	1	個所	—	927,476	内訳書ノ通り	
全	第5号水路張石	(52.5) 43	3	(157.5) 129	坪	9.420	(1483,650) 1215,180	単価表ノ通り	
全	第6号積苗工	筋芝 張芝	0.7	1888	間	0.875	3393,680	1652,000	全
				2832		0.615		1741,680	
全	全号付属水路張石	延長152	平均幅 0.89弱	134.9	坪	8.080	1089,992	全	
全	第6号付属山腹石積		2.24	18	間	26,960	485,280	全	
全	全号付属山腹石積		1.34	13	間	13,255	172,315	全	
	苗木植付			36.100	百本	0,548	197,828		
計							(15014,865) 15014,917		

注 ()内は大正4年12月28日付の予算書の値、その他は大正5年3月28日付のもの値、()のないものは両者が等しいもの値である

表3.3.17 大正5年度竣工精算書

一設計限工事竣工精算書

施工地 犀川支川奈良井川小支田川小々支牛伏川流域内

東筑摩郡片丘村字内田山

設備指定明治31年8月8日内務省告示第74号

小字名	工種	設計額					竣工額				
		長	幅(法直)高	数量	単位	工費	長	幅(法直)高	数量	単位	工費
牛伏川 本流	第1号 根止石積	平均8間	間 3.5	1	個所	円 825325	8間	間 3.11	1	個所	825円180 (403円940)
全	全号付属 根固木工沈床	5	4	1	組	377,720	5	4	1	組	377,560
全	第2号 水路張石	80	平均幅 5.11弱	408.74	平坪	5052,026	79.53	平均幅 5.44弱	432.415	平坪	5051,650
全	全号付属 根止石積		平均 2.31	延長 45.72	間	930,859		平均 1.67強	延長 49.175	間	930,800
全	全号付属 旧堰堤取付工			1	個所	55,076			1	個所	54,970
全	全号付属 護岸石積		1.5	20	間	360,660		1.5	20	間	360,530
泥沢	第4号 根止石積	平均7.5	4.5	1	個所	927,476	平均 7.65	平均 4.34	1	個所	927,420
全	第5号 水路張石	43	3	129	平坪	1215,180	43	3	129	平坪	1215,050
全	第6号 積苗工		0.7	1888	間	3393,680		0.7	2042	間	1652,860
	筋芝 張芝			2832					2732		1740,780
全	全号付属 水路張石	延長152	平均幅 0.89弱	134.9	間	1089,992	延長163	平均幅 0.89強	145.45	平坪	1089,910
全	全号付属 山腹石積		2.24	18	間	485,280		2.26強	13.85	間	484,880
全	全号付属 山腹石積		1.34	13	間	172,315		1.16弱	12.5	間	172,180
	苗木植付			23,600	本	129,328			23,870	本	129,300
計						15014,917					15013,070

注()内は復旧費である。

表3.3.18 大正5年度第1号根止石積竣工内訳書

第1号根止石積竣工内訳書		平均長8間平均法高4間4分0125 別紙平面図及横断面図ノ通り						
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要	
築石(野面割石)	面1尺 控1尺 5寸以上	平均8間	平均 間 4.40125	35.21	平坪	円 8.411	円 296.170	直高3間1分1厘 1割法
裏込礫	径2寸 以上			35.21	立坪	1.675	59,010	築石面1坪ニ付1坪
胴飼(コンクリート)				3.87	立坪	50.966	197,240	練積控尻迄填充ノ量面1坪ニ付1合1勺 別紙内訳書ノ通り
縦土台木(松)	15尺	尺 0.5	6	本	0.615	3,690	直木	
横土台木	6	0.4	2	本	0.139	1,530	全	
石 工			48.525	人	0.800	38,820	築石面1坪ニ付1人3分8厘弱 玄翁叩入念積立ノコト	
大 工			2.14強	人	0.700	1,500	土台木切組据付迄1式	
人 夫			74.2	人	0.500	37,100	石工手伝石工1人ニ付1人5歩3厘弱	
床 堀	8間	平均 間 天幅6.47 敷幅2.0 深 2.8	94.86	立坪	2.004	190,120	岩石交り立1坪ニ付人夫4人強 但瀬廻水拔迄	
計						825,180		

コンクリート立1坪当内訳書 配合1、3、6

名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
セメント			7.1	樽	円 5,000	35,500	浅野セメント 但1樽4切5入ノモノ
洗 砂			0.45	立坪	6,177	2,780	多角ノモノ入念洗滌シタルモノトス
選 砂 利			0.9	立坪	5,083	4,575	径5分以上1寸2分以下堅硬質ノモノ 但シ入念洗滌シタルモノ
人 夫			16.222	人	0.500	8,111	指示ニヨリ入念練上運搬詰込迄仕上1式
計						50,966	

表3.3.19 大正5年度第1号付属木工沈床竣工内訳書

第1号付属木工沈床竣工内訳書		長5間 幅4間 此面20坪					
名 称	長	幅 法 高 末 口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
方角材(松)	尺 7.5	尺 0.5	25	本	円 0.260	円 6,500	直木上層1通りニ使用
全 (全)	7.5	0.4	122	本	0.225	27,450	〃
敷成木(全)	7.5	0.25	160	本	0.075	12,000	〃 1格間8本宛
丸鉄材(鍊鉄)	3.4	0.05	42	本	0.250	10,500	下部3寸上部5寸折曲ケトス
全 (全)	3.0	0.05	14	本	0.230	3,220	〃
沈圧石(野面割石)			6	立坪	20.575	123,450	1個重量30貫以上 1格間0坪3合使用
洋釘(鉄)	0.5		160	本	0.006	0,960	敷成木片端打付用
大 工			6.3	人	0.700	4,410	工作手間 1格間ニ付3歩2厘弱
工 業 夫			23.1	人	0.500	11,550	大工手伝組立沈定迄 1格間ニ付1人1歩6厘弱
床 堀	間 6.1	平均 間 天幅4.2 敷幅4.0 深 3.0	75.012	立坪	2.130	159,820	岩石交り立1坪ニ付 人夫4人2歩6厘
石 工			17.3125	人	0.800	13,850	張石面1坪ニ付8歩7厘弱
人 夫			7.7	人	0.500	3,850	石工手伝石工1人ニ付4分4厘強
計						377,560	

表3.3.20 大正5年度第2号水路張石竣工内訳書

第2号水路張石竣工内訳書		延長79間5分3厘平均幅5間4分4厘弱						
名	称	長	幅 法高 末口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
張石(野面割石)	面7寸 控1尺 2寸			円 432,415	平坪	円 6,900	円 2,983,840	水路幅3間八面8寸控1尺3寸以上使用
磔	径2寸 以上			216,206	立坪	1,702	368,040	面1坪ニ付5合
石	工			693,63弱	人	0,800	554,900	面1坪ニ付1人6歩強 玄翁叩合端入念積立ノコト
人	夫			693,44	人	0,500	346,720	石工手伝石工1人ニ付1人弱
人	夫			1596,3	人	0,500	798,150	床拵へ両側埋立1式
計							5051,650	

表3.3.21 大正5年度第2号付属根止石積竣工内訳書

第2号付属根止石積竣工内訳書				延長49間175法3分8個所ニ施工 別紙平面図及横断面図ノ通り				
名	称	長	幅 法高 末口	数 量	単 位	単 価	金 員	摘 要
築石(野面割石)	面8寸 控1尺 3寸以上			82,366	平坪	円 8,098	円 667,060	
裏込磔	径2寸 以上			41,183	立坪	—	—	築石面1坪ニ付5合 但水路張石分磔ヲ充用スルヲ以テ無代
土台木(松)				26	本	0,470	12,240	直木
控木(全)				88	本	0,082	7,270	全
石	工			164,525	人	0,800	131,620	面1坪ニ付2人弱 玄翁叩合端入念積立ノコト
大	工			11,471 強	人	0,700	8,030	土台木切組1式
人	夫			163,6	人	0,500	81,800	石土手伝石工1人ニ付9歩9厘強
人	夫			45,56	人	0,500	22,780	床拵へ土台据付迄1式
計							930,800	

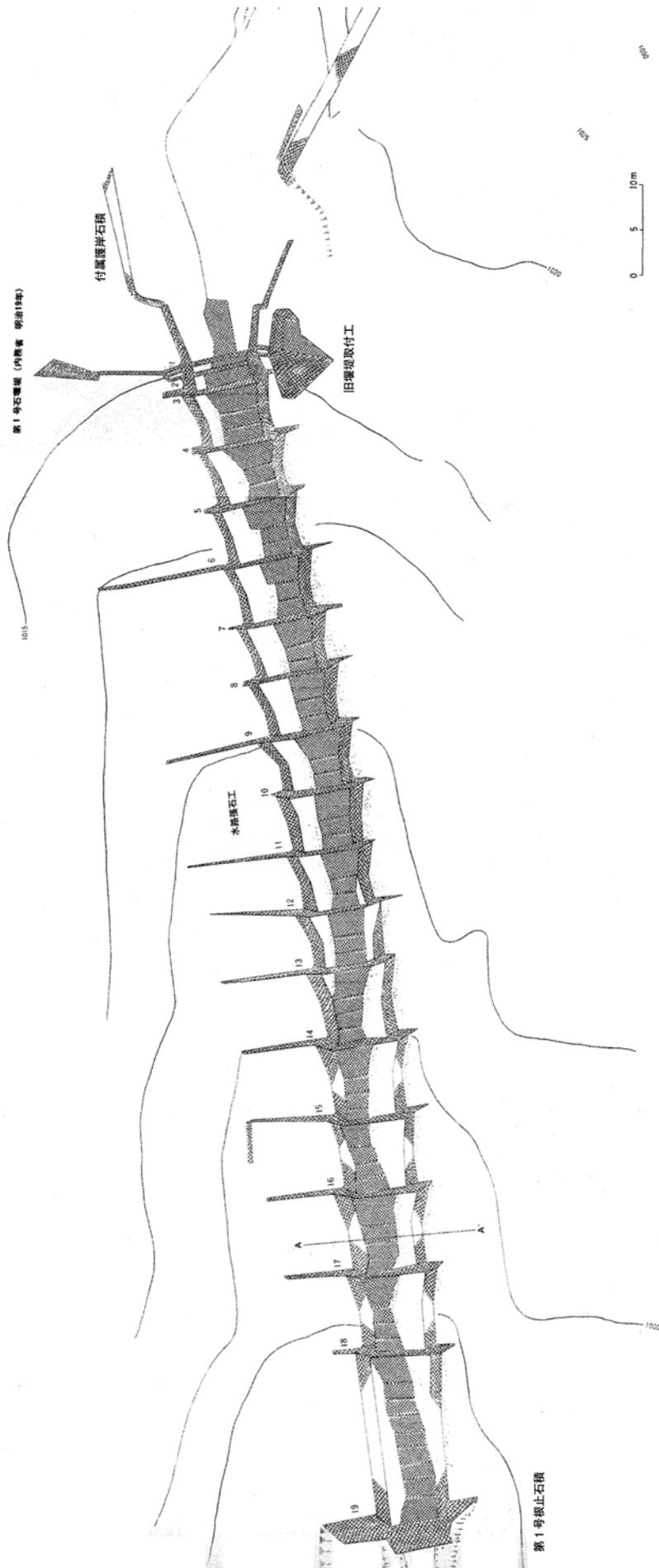
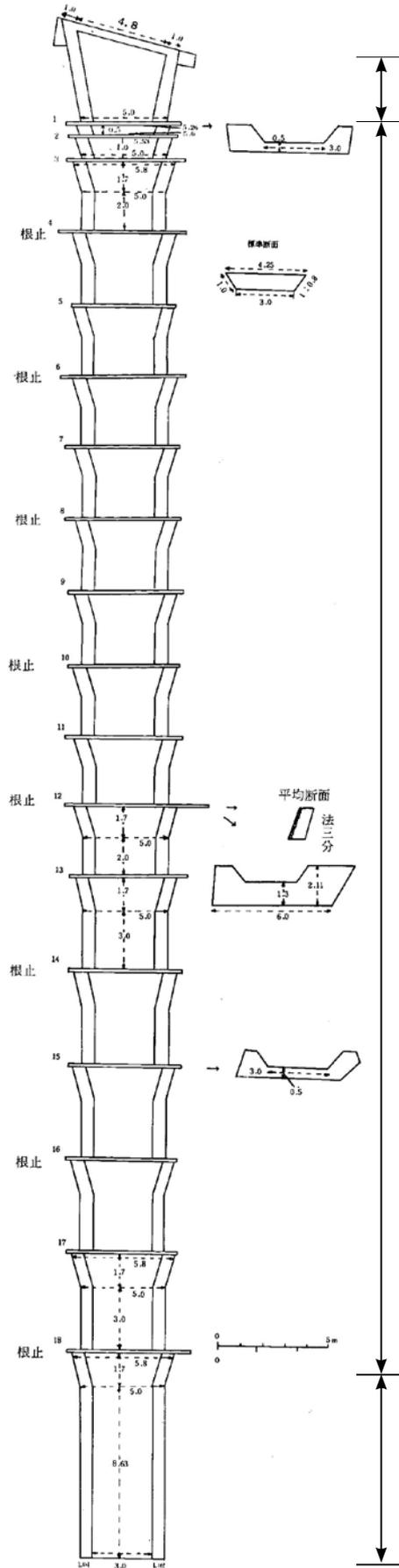


図3.3.18 牛伏川本流水路（牛伏川階段工）現況平面図（昭和51年測量「松本砂防のあゆみ」より）



注) 大正5年度第2号付属旧堰堤取付工
(右岸側はさらにその上流は第2号
付属護岸石積に接続する。)

注) 大正5年度第2号水路張石
大正5年度第2号根止石積(根止と
記されたものは床固のうち大正5年
度第2号付属根止石積として設計さ
れたもの。他の床固は大正5年度第
2号水路張石に含まれる。前者は8
基、後者は10基ある。その他に下
流端には大正5年度第1号根止石積
がある。また床固に記された数字は
図3.3.18に対応する。「大正5年度
第一二号工事牛伏川本流水路断面選
定に関する説明書」によって記入し
た。)

追加注) 根止石積は、河床より根入を有
する床固で、その中間の床固は
根入をもっていない。(巻頭図
5の設計縦断面を参考)

注) 大正5年度第1号根止石積(下流側
に第1号付属木工況床が接続する。)

図3.3.19 大正5年度第2号水路張石及付属根止石積
竣功内訳書付属図

3.4 砂防技術などから見た牛伏川砂防工事

3.4.1 県砂防工事の施工順の特徴

内務省による石堰堤が中流部緩勾配部に作られた後を受けた県工事は、明治31年度から37年度 までまず上流崩壊地へと堰堤工事を進めていった。38年度と39年度は中止となったが、明治40年度までにえん堤工はほぼ完了している（表3.3.1）。

この後、積苗工と付属水路張石の施工量が急激に伸びる（表3.3.1、図3.3.1）。合清水沢、杉ノ沢がまず施工され、日影沢に移り、最も広範囲な裸地のあった泥沢へと進められた。泥沢はきわめて難工事であったようで、基礎部に大きな土堰堤を築いて積苗工の足場とするような工夫が凝らされた。その泥沢の工事も先ゆきがみえてきた大正3年度からは、境沢の積苗工も行われる一方、土砂の流送が水源の緑化完成によって減ってきたため溪床低下の傾向の顕著となってきた部分に水路張石が施工されることとなる。その最たる場所が内務省第1号えん堤の下方に設けられた階段工で、大正7年にすべての工事が完了に至った。

牛伏川砂防工事の特徴は、徹底した山腹裸地の緑化に対する努力によってそれについて成功したことであり、そのための支柱としてあらゆる工種が駆使されたこと、そしてその施工順である。

採用された工種は、全国各地の禿げ山における工法として実績をもっていた。しかし、積苗工における芝の被覆の密度の高さ、石堰堤の階段状の設置、排水路の多用、2つの水通しをもつ巨大な土堰堤など、従来を上廻る技術の水準をもつのは他に例をみない。しかも、張石水路や山腹の石積など崩壊地に特徴的な湧水処理、排水対策は、工事期間の途中で採用されたもので、工事担当者の現場に合わせた工法の開発の努力があったと思われる。

植生調査によるとニセアカシアを主体とする林に当施工地は復旧している。苗木植付は、アカマツとヒメヤシヤブシがほとんどでニセアカシアは僅かであったことを思うと樹種選択に疑問の余地なしとはいえないとしても、裸地に植生を回復させるため、多くのえん堤工、水路張石工にささえられて広範囲に施工された積苗工は確かに成功事例だといえることができる。

3.4.2 牛伏川の砂防技術の背景

以上のような多種多様な砂防工事の展開にはそもそも砂防計画的な素地が必要と推測される。

また、牛伏川階段工は、設計の経緯に関する文書からもわかるように溪流の縦断計画の検討が優先している点が特徴でもある。それは、明治19年に施行された内務省第1号えん堤の下流が大きく削られ、河床低下が著しかったこと、それに接する右岸斜面の不安定化しており、土砂流出抑制の対策として検討された結果でもある。

当初県は、えん堤と張石水路の組み合わせを考えたが、その設計内容を内務省に申請する過程で

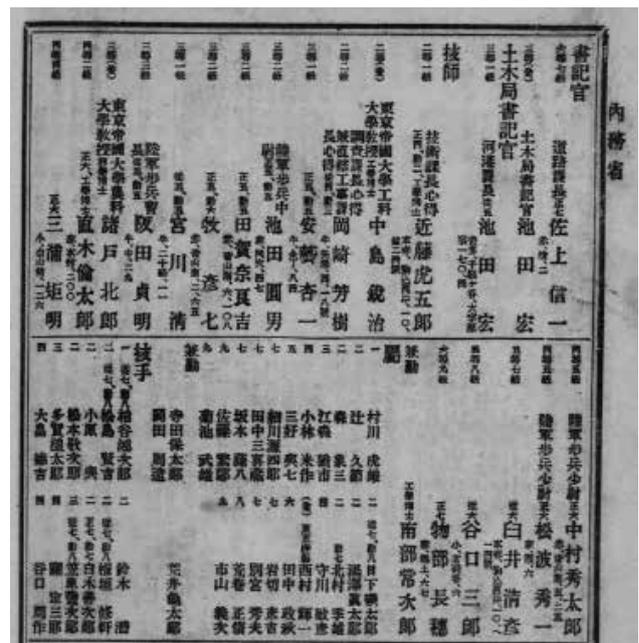


写真3.4.1 大正5年度内務省職員録
(国会図書館デジタルライブラリー)

内務省の当時土木局技術課に在籍していた池田圓男から、「階段工」の採用の提案指導があったことが契機となったことは、前述のとおりである。(経過は、第2章参照)

また、今迄ふれられてこなかった階段工の流下断面の決定は、洪水流出量と水理計算に確認されていることも資料として示した。まさに近代砂防技術の証左でもある。

砂防工事の進展にともなって最終段階の検討過程にあつて長野県は内務省にその内容を相談したところ、そこには、ヨーロッパ留学で砂防を学んできた池田圓男という技術者が存在する偶然性に恵まれたことも事実であるが、砂防工事の計画や設計を裏付けていく近代砂防技術の存在がなんらかの影響をもたらしたのではと思わざるをえない。

大正5年の国の名簿によれば、内務省土木局長は小橋一太、技監は沖野忠雄、技術課長は近藤虎五郎、池田圓男は技師である。(※池田圓男は近藤虎五郎の娘婿にあたるが、近藤虎五郎の息子の1人が松本に縁のある画家近藤光紀という不思議な縁をつないでいる。)

沖野忠雄は、その以前第3区土木監督署に在籍しており、信濃川の治水砂防に一段と詳しく技術者である。また、明治31年東京帝国大学農科大学に治水砂防講座が設けられ、オーストリアから招かれたホフマンが5年間にわたってアルプス地域の砂防技術を伝えたされるが、明治45年にはオーストリア留学から帰国した諸戸北郎が日本人として初めて「森林理水及び砂防工学講座」の担当教官に就任する。その諸戸北郎も大正2年から内務省土木局技師を兼ね、砂防技術行政に携わっていたとされる。このような人物背景が牛伏川の様々な砂防工種、階段工の誕生と全く関係がなかったと言い切れるのだろうか。

明治大正期は近代砂防技術のとびらを開こうとしていた時期にあたる。牛伏川砂防工事は、まさにそのような時代に行われたことも背景として指摘できるのではないだろうか。

3.4.3 石積技術について

(1) 石積工事の変遷

牛伏川の砂防施設は、明治期から大正期にかけて建設された施設であり、えん堤など構造物は、石積によって建造されている。

明治期の橋やトンネルなどにも材料としてはレンガや石材が使われているが、これはこの時期、セメントがまだ普及していなかったり、セメントが高価であったことに起因している。

また、石材については日本古来からの材料であり、その築造技術も存在したことから、土木工事全般に石積工事が数多く用いられていたと思われる。

石積構造物が、コンクリートブロック積構造物に変わっていくのは、戦後の高度経済成長期までくだるが、それは、コンクリートブロックが製品として確立し、量産できるようになってからである。

他方で、石積技術を支えていた技能者が、多く存



写真3.4.2 石積の状況 (平成25年、日影沢)



写真3.4.3 石積の状況 (平成25年、泥沢)

在していたことも石積工法が普及していた背景であるが、施工が容易な規格製品であるコンクリートブロック積工事が普及することでコスト面がさがる一方、職人が減少することにもつながっている。

(2) 石積工法の代表的な構造分類

石積工法の構造的分類としては、

大きく「練（ねり）石積」と「空（から）石積」に分けることができる。

石を積み上げる時に、石と石の間をコンクリートで固めたものを「練石積」と呼ぶ。

一方「空石積」は石と石を上手に組み合わせ、コンクリートなどで固めずに積み上げる。城郭の石垣などもその構造は空石積で、日本古来からの伝統技術といえる。

現代技術でみると、練石積は構造的にはコンクリート擁壁と同様のため、強度が高く、空石積は構造上弱いとされるが、伝統的な空石積は、石と石の接着が綿密で、裏込め材などを含めて丁寧に施工していることから長い期間を得ても緩みがなく、その強度も決して低いとはいえない。

牛伏川の空石積は100年以上経過してもその機能を維持しているのもそのためである。

石積技術のもう1つの分類として、勾配が1割にもみまない比較的勾配の緩い積み方として、それらを「石張」と呼ぶ場合がある。

牛伏川では、河床部の底張や張石水路がそれに該当するが、張石水路は、図や写真に見られるように緩やかな凹面をもっている。

このような場合でも石と石が綿密に積まれているため、緩みがほとんど見られず、個々の石を外したり、動かそうとしても容易にはできない。

牛伏川ではこの張石水路が8,000m以上も山腹につくられ、その多くが現存している。

空石積は地中の隙間には裏込め礫が充填されているため、水の移動が容易と見られる。そのため、水路といっても地下は、「暗渠」の働きもしていると思われる。

山腹斜面の安定には、大雨の際の浸透水、地下水などを早めに排除することが効果的であることは現代の理論でも変わりがない。山腹に設けられた張石水路は、このように安定に大きく寄与していると容易に想像でき、このような工法、構造を採用した技術力の高さに敬服する。

(3) 石積工法に使われる石材の分類

河川工事等の石積に使われる石材（形・大きさ）の種類は、近年には次のように分類されるように

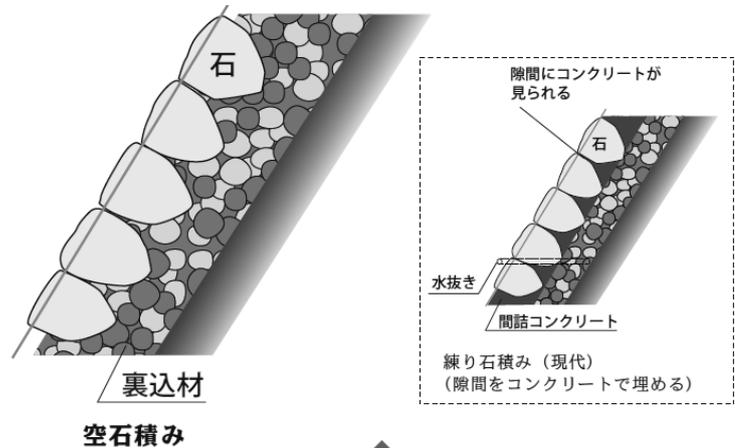


図3.4.1 空石積と練石積の構造（著者作成）

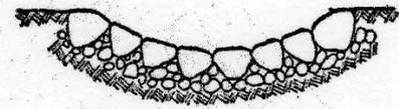


図3.4.2 張石水路の断面図（推定）



写真3.4.4 張石水路の石積

なっている。

これに加えて床固や水制などに利用する巨石を加えることもある。

◇野面石（のづらいし）

自然のままの石。玉石もこの種類に含まれる。

◇間知石（けんちいし）

四角錐体の日本独特の石材。控えの4面がはつられている。（四方落とし）。

◇雑割石（ざつわりいし）

面が正方形・長方形のもの。控えの2面がはつられている（二方落とし）。

◇割石（わりいし）

形を決めずに野面石（自然石）を割ったもの。



写真3.4.5 石積の石材形状（悪沢）



写真3.4.6 石積の石材形状（階段工）

明治31年以降の牛伏川の県砂防工事の石積に使われている石材は、写真3.4.5、3.4.6のような形状を呈しており、表面は矩形で、控え方向に断面が細くなる形状であるので雑割石か間知石に相当すると考えられる。

一方、明治20年前後の内務省えん堤の石材の形状は明らかに異なっており、野面石、又は割石と区別されると考えられる（写真3.4.7、3.4.8）。



写真3.4.7 内務省えん堤（第5号）の石材形状
（明治後半以降の県砂防工事の石材と形状に違いがみられる）



写真3.4.8 内務省えん堤の石材形状
（明治後半以降の県砂防工事の石材と形状に違いがみられる）

(4) 石積の方法

石積の方法は、様々な分類方法や用語が使われているが、一般に呼ばれている布積、谷積、乱積としての区分をのべる。

◇布積（ぬのづみ）

各段の高さをそろえて積み、横目地が水平に一直線となる石の積み方。

◇谷積（たにづみ）

石を組み合わせる積み方で、一定の谷ができるように石を斜めにして積む方法。

石材相互に‘せり持ち作用’が働き、布積よりも安定性があるとされている。

※せり持ち作用＝斜めになった相互の石材同士がお互いに押し合うような力を発生させ崩れにくくさせる作用

◇乱積（らんづみ）

割石・切石などの大小さまざまな石を、組み合わせる積み方方法。

以上の分類に依れば、明治31年以降の県工事での石積は、谷積（写真3.4.9）に分類され、明治20年前後の内務省えん堤は、乱積（写真3.4.10）に分類されると思われる。



写真3.4.9 県砂防工事の石積



写真3.4.10 内務省施工の石積

(5) 石のかみ合わせ

石積・石張は、空積として発達した技術であるため、石と石のかみ合わせ（組み合わせ）がポイントになる。

石のかみ合わせが不十分であると構造的に不安定になるとともに、見栄えもよくない。

牛伏川では写真3.4.11にあるように、矩形状の表面を有する石は6つの石と隣接する積み方が多くみられる。これは現在のコンクリートブロックの谷積みと同様であり、谷積みの基本にそった組み合わせができているとみることができる。

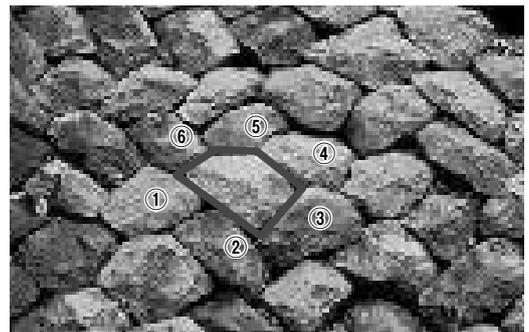


写真3.4.11 石のかみ合わせ

現代では、練積の石積み構造物や石張り構造物が多く、胴込めコンクリート等によって固定してしまうことから、石と石とのかみ合わせを重視していない石積み構造物も少なくない。

しかし、本来、石積み構造物は、石のかみ合わせを中心として安定した構造体を造り出しているものであり、胴込め、裏込めコンクリート等の有無に関わらず、石のかみ合わせを重視した石積み構造物とすることが大切である。

(6) 砂防工事で使われている石積みえん堤技術

歴史的砂防施設の石積みは、砂防えん堤として形状をつくっていることが多い。

石を使うことで施設の摩耗や浸食を防ぎ、えん堤としては重力式の安定性を作り出している。

これらの石積み様式は大きく乱積、布積と谷積に分類されると述べてきたが、谷積は石のかみ合わせの工夫によりその積方の様式の名前が幾かあり、地域によっても呼び名が違うケースもある（例：矢羽根積、俵積、亀甲積等）

ここで、石積みえん堤の構造を推定すると断面図（図3.4.3）のようになるが、内部の材料がどのよ

うな状態であるか、明らかになっている事例がほとんどみられない。牛伏川の石積えん堤でもそのことを示す図面は現時点では確認できていない。

写真3.4.12は、破壊された石積えん堤の内部の状態を示しているが、これによれば内部は裏込めの石材が詰まっているとともに、土砂と一体を呈していることが窺える。

本川などに作られた石積みえん堤は、当然ながら常時流水が浸透しており、未固結の細粒な粒子であれば、水と共に流失し、空洞が出来てしまう恐れがあると考えられる。

そのことは河床部に石張水路にもいえることであるが、外観からの様子ではそのような可能性が窺えない。

このことから石積、石張の内部は「固結」しているとの意見もあり、その可能性も否定できない。

石積えん堤の強度とは、このような内部の状況まで含んだものとして判断すべきであり、空石積の構造が、今後のさらなる調査によって詳細に解明され、維持するために資することが待たれる。

3.4.4 大規模な工事を支えた材料（石と芝）の供給

牛伏川砂防工事では、大量の石積み用石材と積苗工用の芝の調達が課題であった。

石材は、横峰の西斜面との石山と東斜面（横河川方

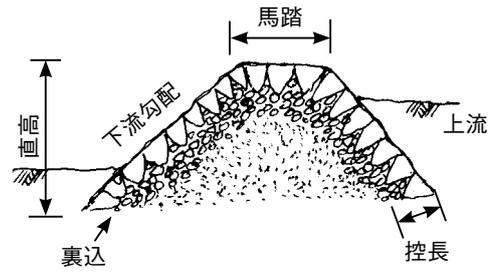


図3.4.3 石積えん堤の内部構造（推定 著者作成）



写真3.4.12 石積えん堤の内部構造（悪沢）



写真3.4.13 河床の石張の現状（杉ノ沢）

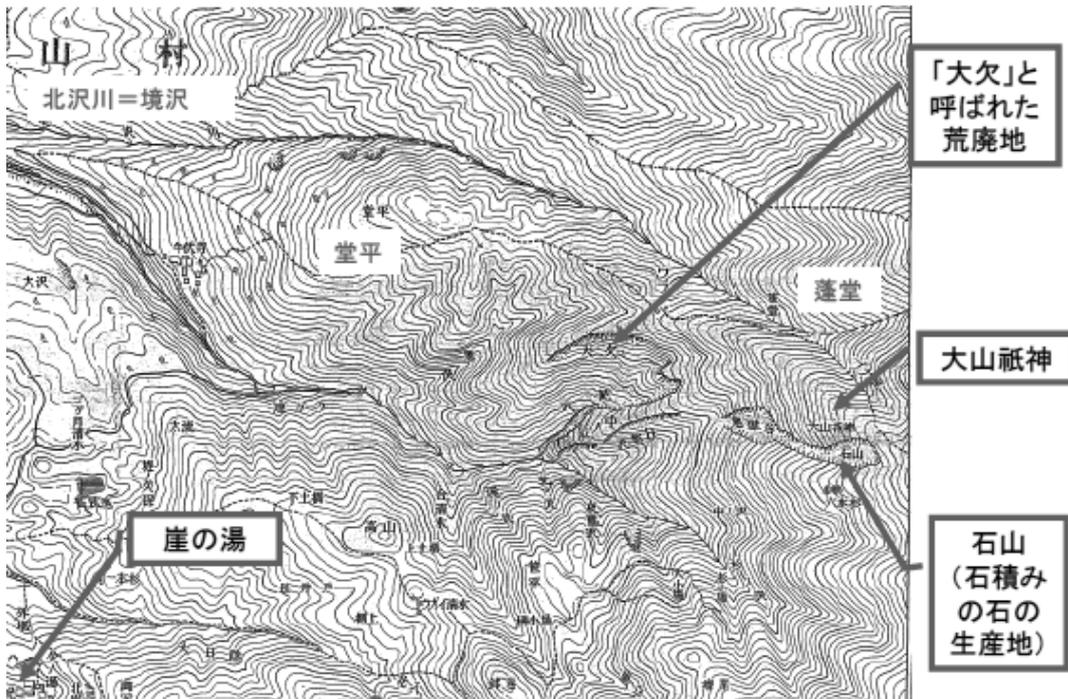


図3.4.4 石材の産地（昭和20年代の地元地図に記入）

向)の石山(図3.4.4)から、切り出されたとみられ、石材の主な岩質は石英閃緑岩である。また芝は鉢伏山から続く山頂部、尾根部の草地から採取されたと資料にある。

ここで、広範囲の地域で進められた工事に必要な材料を産地からどう運搬したかという点がポイントになる。このことについて、牛伏川砂防工事沿革史では「軽便索道」との方法を記録に残している。索道運搬の様子は、写真3.4.14他複数枚の写真に残されていることから、明確な事実として確認できる。

材料運搬のため、20丁(約2km)もの距離を運搬したと記録もあることから、索道運搬も中継しながら行われたと推測される。

現在でも尾根部には、「索道」に使われた塔(タワー)を設けたあとが確認できる。

人力では広範囲の施工場所に石材を運搬することは到底困難であったことから、その課題を見事に克服していたことになる。

一方、内務省えん堤の石積に使われた石材は、野面石が多く見られ、河床等から採取された可能性がある。

次に、「石取場」「石切場」の採掘跡は現状でも確認できるが、石山から岩石を採掘した後、

その場で一定の大きさ、形状に加工して施工現場に運搬していることが窺える。

このように明治31年以降の県砂防工事では、石積の「石材」採掘、加工、運搬、積み方などが「分担施工」されているのが大きな特徴である。

広範囲な場所での施工について、品質を確実に担保して行っていくために取られた方法といえ、合理性が高い。

なお、写真3.4.15をみると石積の施工時に「丁張(勾配をしめず定規のようなもの)」を設置していることや山側に落石に対する「防護柵」ような仮設を行っている点も注目に値する。

施工の近代化へあゆみの一端を示すものといえる。

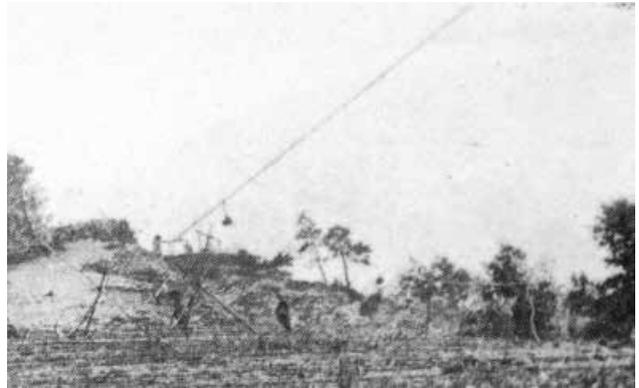


写真3.4.14 索道による石材等の運搬(『沿革史』)



写真3.4.15 石積みの施工(丁張)や上部の安全柵の設置(『沿革史』)

参考文献

- ・国土交通省石積み構造物の整備に関する資料平成18年8月、国土交通省 河川局 河川環境課
- ・歴史的砂防施設の保存活用ガイドライン、平成15年5月、国土交通省河川局砂防部保全課 文化庁文化財部建造物課