

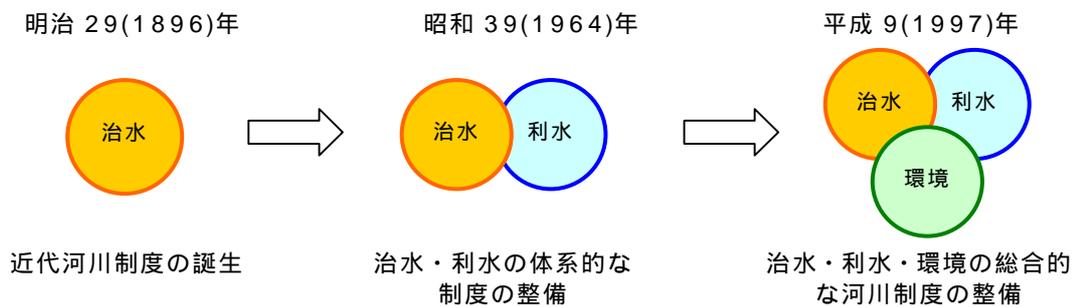
鹿野県木製土木資材普及協議会 技術研修会

テーマ：木工沈床工について

大福コンサルタント(株)

1. 多自然型川づくり

平成9年6月の河川法改正に伴い、これまで治水優先で進められてきた河川整備は、「多自然型川づくり」に代表される河川環境の整備と保全にも重点がおかれるようになり、木工沈床工や蛇籠工、柳枝工のような伝統的な工法が見直されてきた。

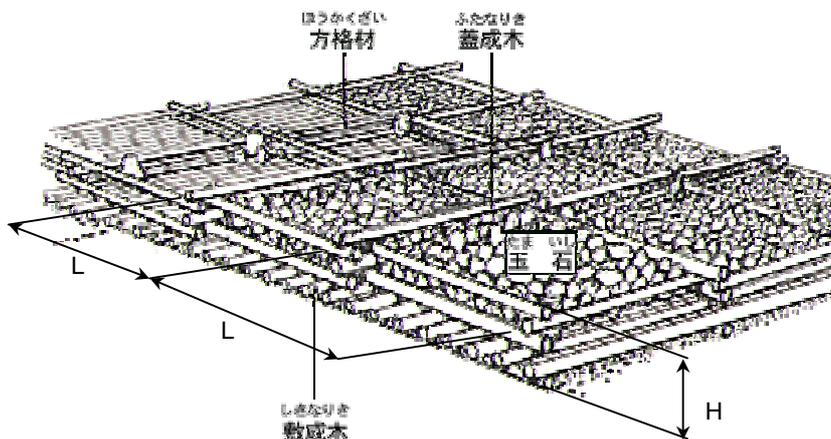


2. 木工沈床工とは

木工沈床工は、杉や松の丸太あるいは角材を井桁状に組み上げ、その中に現地で採取した玉石や栗石を詰め込んだものであり、粗朶沈床工に変わり明治の頃から昭和30年代にかけて使われていた工法である。根固工としての機能はもちろんのこと、材料となる木材に県内産の間伐材を有効利用することで、水源涵養，県土保全を促進する森林育成が図れる。また、現地の自然石を用いることで従来の自然環境に近い状態になり、工事による環境の変化を最小限に押さえることが出来る。

多孔性に富んでいるため、魚類をはじめとする水生生物の生息場所として利用される。

3. 形状・寸法及び材料



- ・ 方格の基本寸法
L=2000 mm
- ・ 層建て高さ
3層建て H=540 mm
4層建て H=720 mm
5層建て H=900 mm
- ・ 材料の寸法
方格材
2.4m90×90
敷成木
2.3m90×90
ボルト(工用メッキ)
16 mm

4. 施工歩掛

施工歩掛例	単位	1連 20m ² 当たり			2連 40m ² 当たり			3連 60m ² 当たり		
		3層	4層	5層	3層	4層	5層	3層	4層	5層
特殊作業員	人	2.1	2.8	3.5	4.2	5.6	7.0	6.3	8.4	10.5

なお、国が示す（「災害復旧工事の設計要領」、「多自然型河川工法設計施工要領」）材料寸法並びに標準歩掛は別紙のとおりである。

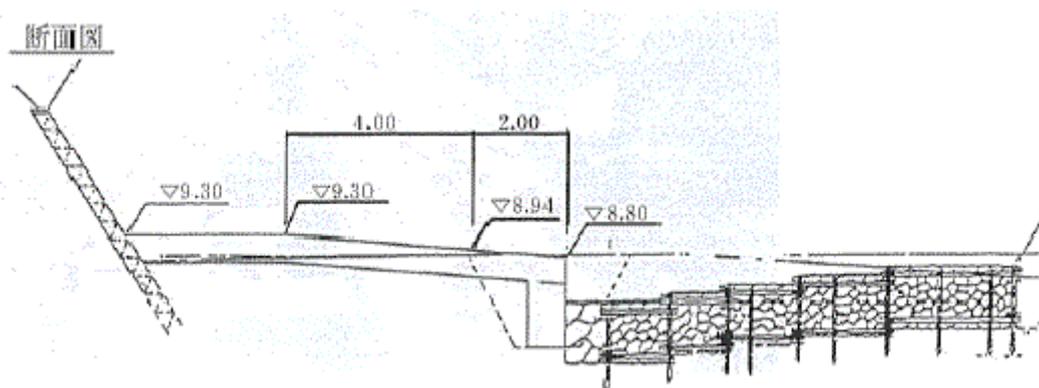
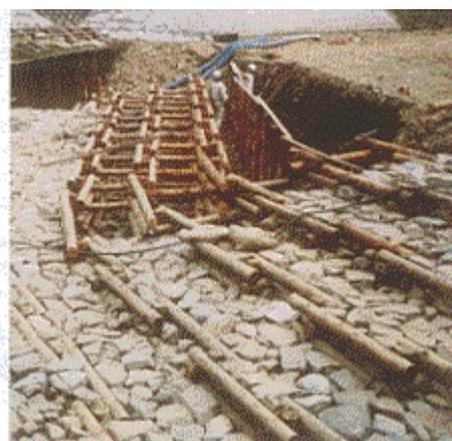
【施工事例】

施工地 大島郡住用村（川内川）

工事量・工種 木工沈床 29m

使用資材 リュウキュウマツ 25.0m³

その他 平成9年度河川等防災工事



5-3 木工沈床

〔解 説〕

木工沈床は、一般に栗石以上の大きさの石を用い流下する水勢に対して粗朶沈床では抵抗し得ない場合の根固、水制床止等に用いられている。

長さ約2.4m末口径12～15cmの生松丸太又は杉丸太を中心間隔2mに井筒形に重ねたものを方格材といい、これを数層重ねた上方格の四方には径16mmの丸鋼を通して上下両端を9～12cm以上折曲げる。方格は所要の幅および長さに縦横に連結し、底には長さ2.3m末口9cmの生松丸太又は杉丸太を敷成木として1方格7本遣いとし、12番鉄線をもって方格付に結付けた上沈石を填充する。

木工沈床は、河床の不陸を均したうえ、その天端を低水位以下に据付けることを要し、高さは水深に応じて2層建から6層建くらいにおよぶが、水勢急なる場合には沈石が脱出して流失を招くことがあるから、このような虞のある場合には天端に蓋成木を施して沈石を押え又は表面を大型の石で入念に張り立て、あるいはコンクリート・ブロックを据付けて下部沈石を押える等、種々の工法が行なわれている。この内、コンクリート・ブロックを使用するものが最も有効で、1方格につき1辺長70～80cm、厚さ50～70cmのブロックを4個使用し、間隙には玉石を填充する。

本表の玉石量は、全詰石量の70%、沈石量は30%として計上するものであるが、この割合は河床勾配等を勘案のうえ適当なものとし脱石を防止しなければならない。

次に改良木床（図5-5）は、木工沈床における方格材の磨損腐朽を防止するために木材を鉄筋コンクリートに代えたもので、これを上部1～3層に限る場合と方格材全部および敷成木におよぼす場合がある。

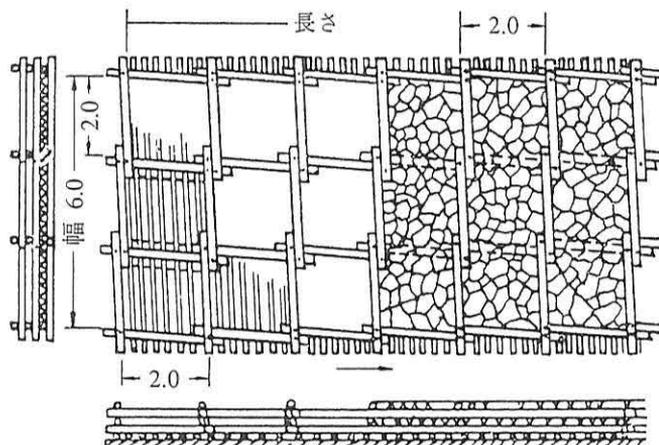


図5-3 木工沈床（3層建）

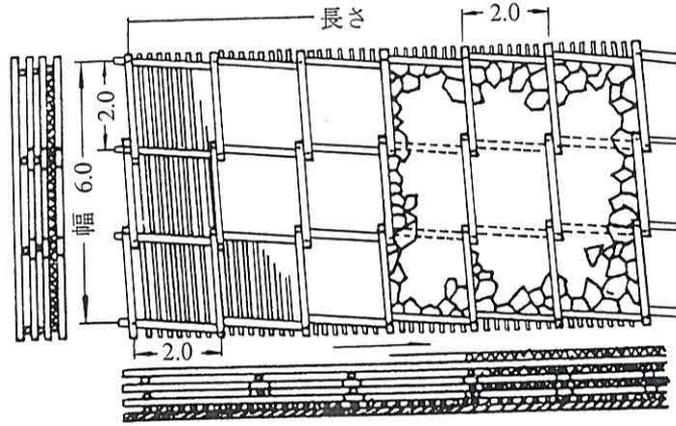


図5-4 木工沈床(4層建)

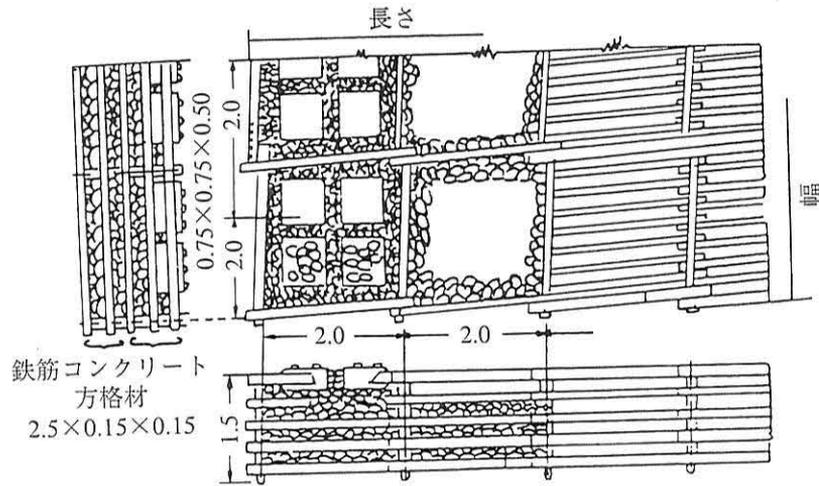


図5-5 改良木床

第5-8表 木工沈床所要材料表

木床長	木床巾			4 m (2 格間)			6 m (3 格間)			8 m (4 格間)			10m (5 格間)			12m (6 格間)		
	材質	方格材数	長ボルト本数	短ボルト本数														
8 (4 格間)		22	18	8	31	26	10	40	34	12	49	42	14	58	50	16		
10 (5 〃)		27	22	10	38	32	12	49	42	14	60	52	16	71	62	18		
12 (6 〃)		32	26	12	45	38	14	58	50	16	71	62	18	84	74	20		
14 (7 〃)		37	30	14	52	44	16	67	58	18	82	72	20	97	86	22		
16 (8 〃)		42	34	16	59	50	18	76	66	20	93	82	22	110	98	24		
18 (9 〃)		47	38	18	66	56	20	85	74	22	104	92	24	123	110	26		
20 (10 〃)		52	42	20	73	62	22	94	82	24	115	102	26	136	122	28		
22 (11 〃)		57	46	22	80	68	24	103	90	26	126	112	28	149	134	30		
24 (12 〃)		62	50	24	87	74	26	112	98	28	137	122	30	162	146	32		
26 (13 〃)		67	54	26	94	80	28	121	106	30	148	132	32	175	158	34		
28 (14 〃)		72	58	28	101	86	30	130	114	32	159	142	34	188	170	36		
30 (15 〃)		77	62	30	108	92	32	139	122	34	170	152	36	201	182	38		

備考 1. 方格材はN層倍とすること。

〔解 説〕

縦方格材数 = $a_1 = nb_1(b_2 + 1)$

横方格材数 = $a_2 = nb_2(b_1 + 1)$

方格材総数 = $a_1 + a_2 = n(2b_1b_2 + b_1 + b_2)$

長ボルト (丸鋼) 数 = $2(b_1b_2 + 1)$

短ボルト (丸鋼) 数 = $2(b_1 + b_2 - 2)$

1本の丸鋼長 長ボルト : $L(m) = 2nb + 0.25m$

短ボルト : $S(m) = b(2n - 1) + 0.25m$

ここに b_1 : 縦列格間数

b_2 : 横列格間数

n : 層数

b : 丸太末口 (m)

丸鋼径16mm

長1m当りの重量1.58kg

第5-9表 木工沈床3層建20㎡当り単価表 (長10m 巾2m)

名 称	形 状 寸 法	単 位	員 数	摘 要
型 枠 工		人	1.7	
普 通 作 業 員		〃	7.1	型枠工手伝い, 沈設手間, 材料小運搬共
杉 又 は 松 丸 太	長 2.4m 末口12cm	本	48.0	方格材用
〃	長 2.3m 末口 9 cm	〃	35.0	敷成木用
鉄 筋	長0.97m 径 16mm	〃	12.0	
〃	長0.85m 〃	〃	8.0	
鉄 線	亜鉛引 12#	kg	5.0	
玉 石	径 30cm内外	m ³	7.0	
沈 石	30kg以上	〃	3.0	
諸 雑 費		式	1	
計				

第5-10表 木工沈床3層建40㎡当り単価表(長10m 巾4m)

名 称	形 状 寸 法	単 位	員 数	摘 要
型 枠 工		人	3.5	
普 通 作 業 員		〃	14.2	型枠工手伝い, 沈設手間, 材料小運搬共
杉 又 は 松 丸 太	長 2.4m 末口12cm	本	81.0	方格材用
〃	長 2.3m 末口9cm	〃	70.0	敷成木用
鉄 筋	長0.97m 径 16mm	〃	22.0	
〃	長0.85m 〃	〃	10.0	
鉄 線	亜鉛引 12#	kg	10.0	
玉 石	径 20cm内外	m ³	14.0	
沈 石	30kg以上	〃	6.0	
諸 雑 費		式	1	
計				

第5-11表 木工沈床4層建20㎡当り単価表(長10m 巾2m)

名 称	形 状 寸 法	単 位	員 数	摘 要
型 枠 工		人	2.2	
普 通 作 業 員		〃	8.8	型枠工手伝い 沈設手間, 材料小運搬共
杉 又 は 松 丸 太	長 2.4m 末口12cm	本	64.0	方格材用
〃	長 2.3m 末口9cm	〃	35.0	敷成木用
鉄 筋	長1.21m 径 16mm	〃	12.0	
〃	長1.09m 〃	〃	8.0	
鉄 線	亜鉛引 12#	kg	5.0	
玉 石	径 20cm内外	m ³	10.5	
沈 石	30kg以上	〃	4.5	
諸 雑 費		式	1	
計				

第5-12表 木工沈床4層建40㎡当り単価表（長10m 巾4m）

名 称	形 状 寸 法	単 位	員 数	摘 要
型 枠 工		人	4.4	
普 通 作 業 員		〃	17.7	型枠工手伝い， 沈設手間，材料小運搬共
杉 又 は 松 丸 太	長 2.4m 末口12cm	本	108.0	方格材用
〃	長 2.3m 末口 9 cm	〃	70.0	敷成木用
鉄 筋	長1.21m 径 16mm	〃	22.0	
〃	長1.09m 〃	〃	10.0	
鉄 線	亜鉛引 12#	kg	10.0	
玉 石	径 20cm内外	m ³	21.0	
沈 石	30kg 以上	〃	9.0	
諸 雑 費		式	1	
計				

第5-13表 木工沈床5層建40㎡当り単価表（長10m 巾4m）

名 称	形 状 寸 法	単 位	員 数	摘 要
型 枠 工		人	5.3	
普 通 作 業 員		〃	22.2	型枠工手伝い， 沈設手間，材料小運搬共
杉 又 は 松 丸 太	長 2.4m 末口12cm	本	135.0	方格材用
〃	長 2.3m 末口 9 cm	〃	70.0	敷成木用
鉄 筋	長1.45m 径 16mm	〃	22.0	
〃	長1.33m 〃	〃	10.0	
鉄 線	亜鉛引 12#	kg	10.0	
玉 石	径 20cm内外	m ³	28.0	
沈 石	30kg 以上	〃	12.0	
諸 雑 費		式	1	
計				

6-1 木工沈床工

(1) 適用範囲

木工沈床工は、方格材として杉または松丸太を使用し、枠内に詰石を入れるもので、木床の大きさは（1 枠×5 枠，2 枠×5 枠）に適用する。

(2) 歩掛要素構成

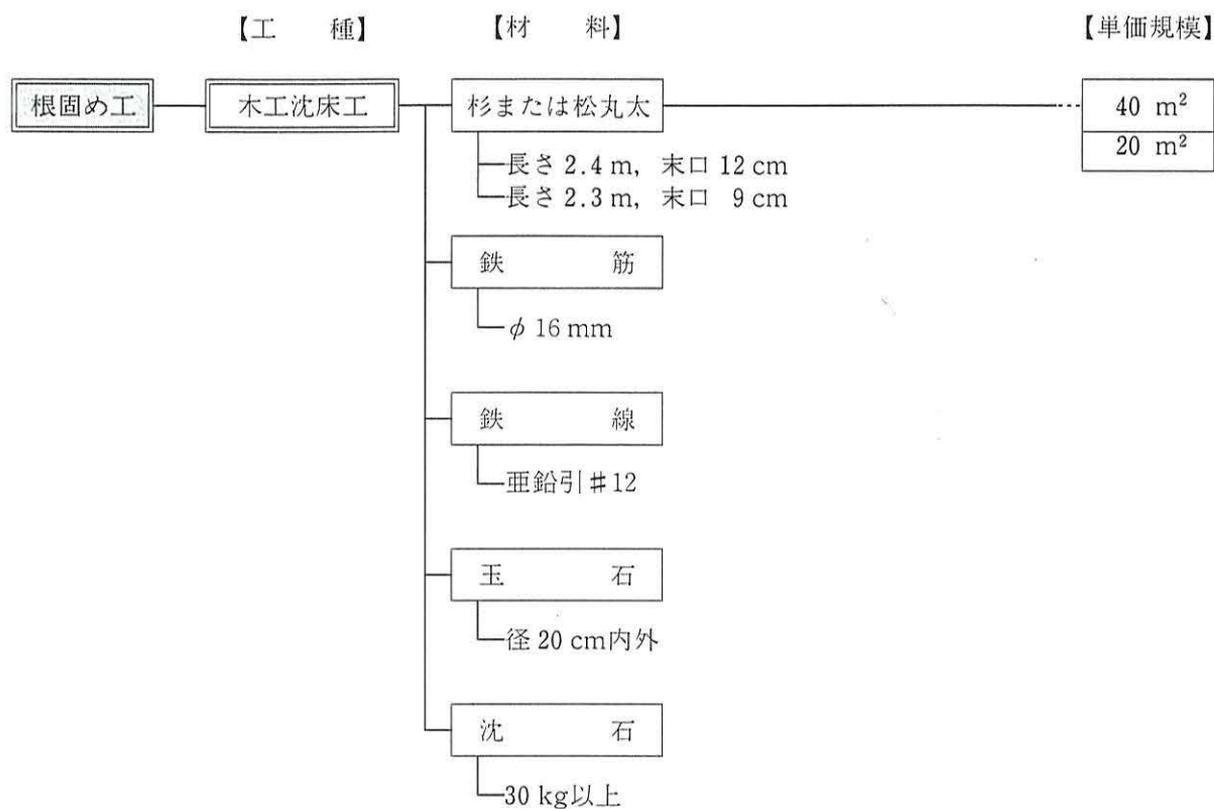


図 6-1 歩掛要素構成

(3) 単価表

木工沈床工

表 6-1 木工沈床工

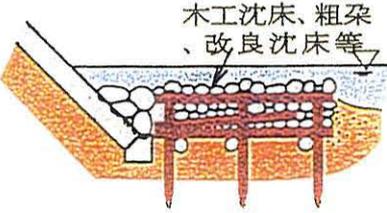
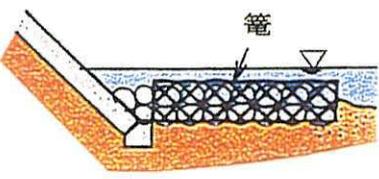
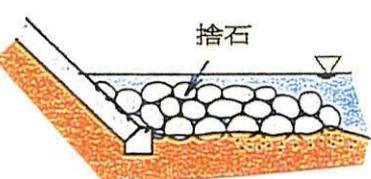
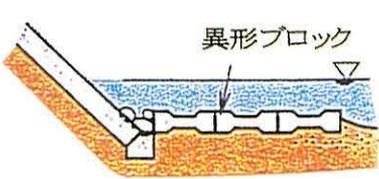
名 称	規 格	単 位	数量 (40m ² 当り) (長10m×幅4m)			数量(20m ² 当り) (長10m×幅2m)	
			3層	4層	5層	3層	4層
型 枠 工		人	3.5	4.4	5.3	1.7	2.2
普通作業員		〃	14.2	17.7	22.2	7.1	8.8
杉または松丸太	長2.4m 末口12cm	本	81.0	108.0	135.0	48.0	64.0
〃	長2.3m 末口9cm	〃	70.0	70.0	70.0	35.0	35.0
鉄 筋	長0.97m 径16mm	〃	22.0	—	—	12.0	—
〃	長0.85m 径16mm	〃	10.0	—	—	8.0	—
〃	長1.21m 径16mm	〃	—	22.0	—	—	12.0
〃	長1.09m 径16mm	〃	—	10.0	—	—	8.0
〃	長1.45m 径16mm	〃	—	—	22.0	—	—
〃	長1.33m 径16mm	〃	—	—	10.0	—	—
鉄 線	亜鉛引# 12	kg	10.0	10.0	10.0	5.0	5.0
玉 石	径20cm 内外	m ³	14.0	21.0	28.0	7.0	10.5
沈 石	30kg 以上	〃	6.0	9.0	12.0	3.0	4.5
諸 雑 費		式	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
計							
1 m ² 当り							

6-2 ふとん籠工

(1) 適用範囲

ふとん籠工は、幅 1.2 m～2.0 m、長さ 2.0～4.0 m に適用する。

表 4-2 根固工法の種類と特徴

	工法概念図	工法の特徴と設計の考え方
木系等		<ul style="list-style-type: none"> ・粗朶沈床は緩流河川、木工沈床は急流河川で用いられることが多い。 ・中詰め材の粒径は設計無次元掃流力を基に設計すること。 ・木系をコンクリートに変えた改良沈床も検討すること。
かご系		<ul style="list-style-type: none"> ・かご材は十分な強度と耐久性を有すること。 ・中詰め材の粒径は設計無次元掃流力を基に設計すること。
石系		<ul style="list-style-type: none"> ・河床低下に対して変形が生じても護岸基礎前面の平坦幅を確保すること。 ・捨石の粒径は設計無次元掃流力を基に設計すること。
ブロック系		<ul style="list-style-type: none"> ・隣接するブロック間は連結又はかみ合わせにより一体化させるとより安定する。 ・流体力に対して滑動・転動を評価して設計すること。

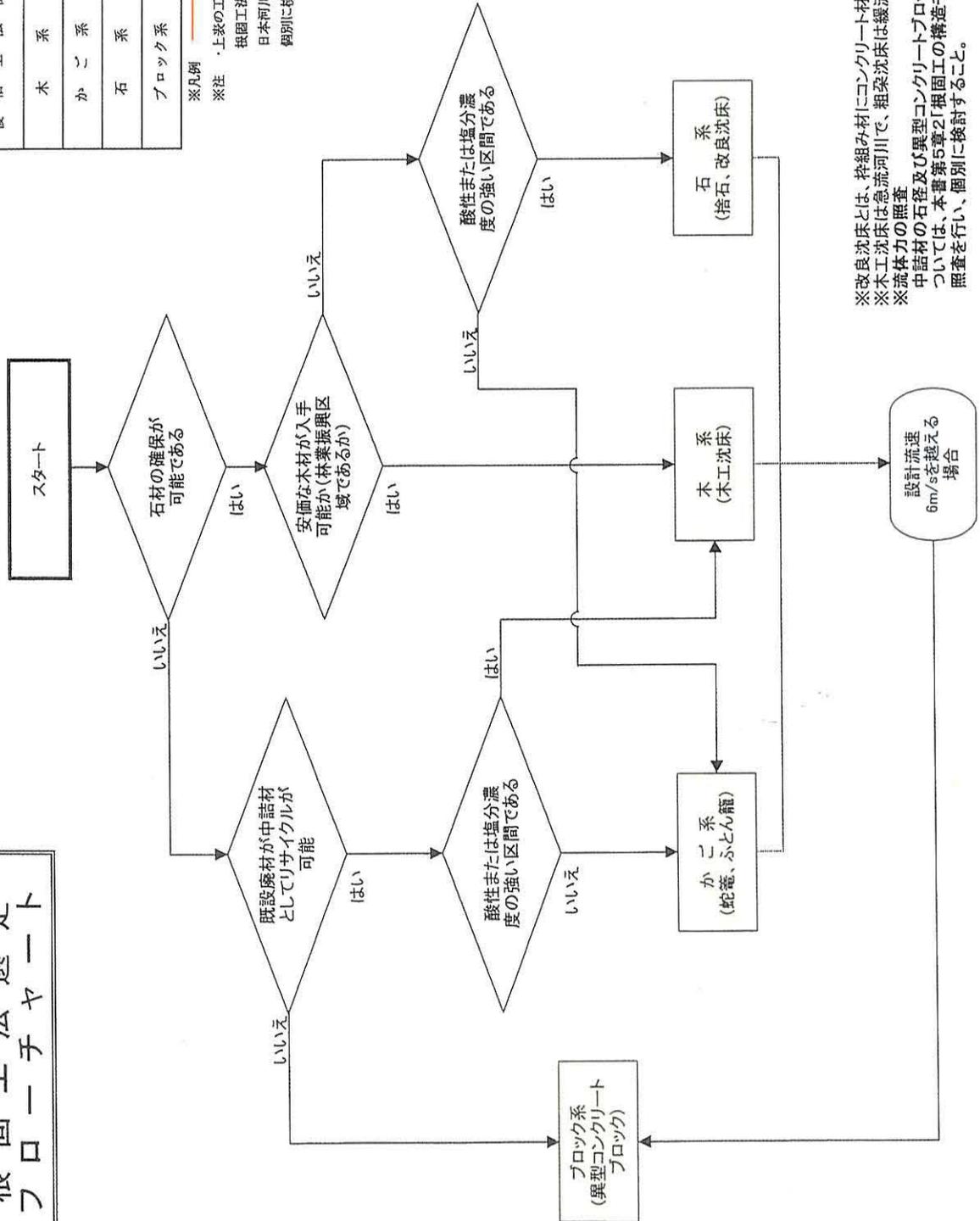
鹿児島県版 根固工法設計流速関係表(C表)
(他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。)

復旧工法例	設計流速(m/s)						適用条件等
	2	3	4	5	6		
木系							河川砂防技術基準(案)及び沿岸の力学設計法等の技術基準による
かご系							
石系							
ブロック系							

※凡例 — 適用可能な範囲

※注 ・上表の工法別の適用範囲は、根固工の比較検討を行うために施工実績等の最大をとっている。
根固工法選定や諸元の詳細については別途「河川砂防技術基準(案)同解説」(社会法人 日本河川協会編)や、「沿岸の力学設計法」(財団法人国土技術開発研究センター)を参考に個別に検討のこと。

根固工法選定フローチャート



※改良沈床とは、砕組み材にコンクリート材を用いたものである。
※木工沈床は急流河川で、粗粒沈床は緩流河川で用いられることが多い。
※流体力の照査
中詰材の石径及び異型コンクリートブロックの形状・重量・積み方に
ついては、本書第5章2「根固工の構造モデル」を参考に、流体力の
照査を行い、個別に検討すること。

木系護岸や根固工等の中詰め材は、「護岸の力学設計法」の「掃流—一体性が強い」モデルと「掃流—中詰め」モデルにより設計無次元掃流力 $\tau_{*c}=0.05$ として計算し（詳細については「第5章 法覆・根固工の構造モデル」P95及びP111⁸³参照）、流体力に対して流出しない粒径とするが、下表を参考としてもよい。

表4-5 中詰め粒径（「掃流—中詰め」モデル）

単位 (cm)

設計水深 (m)	設計流速(m/s)					
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
1.0	5～	5～	10～	30～	—	—
2.0	5～	5～	10～	15～	35～	65～
3.0	5～	5～	10～	15～	25～	45～
4.0	5～	5～	5～	15～	25～	40～
5.0	5～	5～	5～	10～	20～	35～
6.0	5～	5～	5～	10～	20～	30～

注) 上表粒径以上であれば、施工できる範囲で粒度分布を規定しない。

また、かご系護岸やかご系根固工の中詰め材は「護岸の力学設計法」の「掃流—籠詰め」モデルにより設計無次元掃流力 $\tau_{*c}=0.10$ として計算し（詳細については「第5章 法覆・根固工の構造モデル」P99²及びP111⁰参照）、流体力に対して流出しない粒径とするが、下表を参考としてもよい。

表4-6 かご系中詰め材の粒径（「掃流—籠詰め」モデル）

単位 (cm)

設計水深 (m)	設計流速(m/s)					
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
1.0	5～15	5～15	5～15	30	—	—
2.0	5～15	5～15	5～15	5～15	15～20	—
3.0	5～15	5～15	5～15	5～15	15～20	5～20
4.0	5～15	5～15	5～15	5～15	5～15	5～20
5.0	5～15	5～15	5～15	5～15	5～15	5～20
6.0	5～15	5～15	5～15	5～15	5～15	5～20

注) 上表の最小粒径以上であって、施工できる範囲の粒度分布の材料を採用する。

ただし、かご系に用いる石径は、護岸、根固とも最終的には、網目の大きさに左右されるので十分に注意すること。

2. 根固工の構造モデル

2-1. モデルの分類

「美しい山河を守る災害復旧基本方針」(全国版)の中では、「根固工法選定や諸元の詳細については別途「河川砂防技術指針(案)同解説」や「護岸の力学設計法」を参考に個別に検討のこと”(P2-32)と示されている。このため、両書に示されている根固工に対する考え方を要約して紹介する。

根固工の構造モデルは、既存工種、過去の被災事例等を勘案し、破壊要因、主な破壊形態、設置状態により以下の5モデルに分類している。

表5-3 根固工の構造モデル一覧表

NO.	破壊要因	破壊形態	設置状態	構造モデル
①	流体力	滑動、転動	層積み	「滑動・転動－層積み」モデル
②	流体力	滑動、転動	乱積み	「滑動・転動－乱積み」モデル
③	流体力	掃流	乱積み	「掃流－乱積み」モデル
④	流体力	掃流	籠詰め	「掃流－籠詰め」モデル
⑤	流体力	掃流	中詰め	「掃流－中詰め」モデル

※ ここで提示するモデル以外の構造モデルも考えられる。

構造モデル解説上、重要項目として特筆すべき点は、主に流体力が被災原因である根固工に対する設計手法が明確に示された点である。

本県においては、今まで根固工の構造を決定するための特定の設計手法は確立されていなかった。

本設計法(「護岸の力学設計法」)には、①～②の「滑動、転動－層積み」、「滑動、転動－乱積み」モデルによって、被災箇所の流体力に対して安全となるような根固材料(主に二次製品ブロック)のサイズ及び重量算定法が紹介されている。この算定法には流体力を考慮した新たな考え方が採用されており、災害担当の河川技術者が概要を理解できるよう、各モデルに対する考え方及び公式、係数等について整理する。

③～⑤のモデルは、各モデル毎の掃流力に抵抗する安全な石径を算定するモデルであり、これらについても概要・適用範囲を解説する。

参考文献 :1)護岸の力学設計法 (財)国土開発技術研究センター編 山海堂
2)土木工事設計要領 第二編 河川編 監修 九州地方建設局

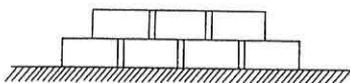
2-2. 用語の定義

根固工構造モデルを理解する際に必要となる用語を以下に説明する。

係数及び法覆工モデルと重複する用語は、「第5章 1. 法覆工の構造モデル 1-1. 用語の定義」を参照のこと。

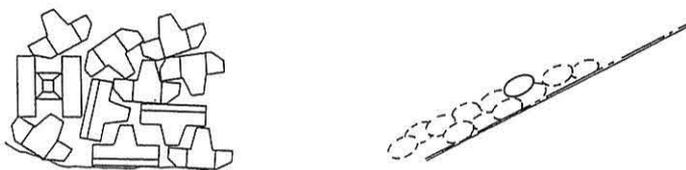
①. 層積み

部材が規則的に敷き並べられた状態である。例えば、異形ブロック層積み工などの設置状態を指す。



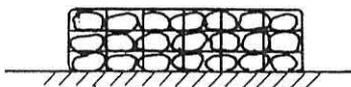
②. 乱積み

部材が不規則的に積み上げられた状態である。例えば、異形ブロック乱積み工、捨石根固工などの設置状態を指す。



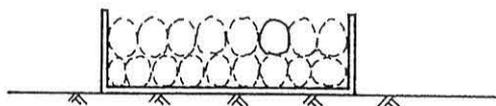
③. 籠詰め

籠状のものの中に石などの材料を詰めた状態である。例えば、籠根固工などの設置状態を指す。



④. 中詰め

枠状のものの中に石などの材料を詰めた状態である。例えば、粗朶沈床、木工沈床等設置状態を指す。



⑤. 移動限界流速

ブロックが一つでも移動するような限界流速のことを指す。

⑤ 「掃流－中詰め」モデルの照査法

中詰め状態の根固工とは、ほぼ等しい径の部材(切り出し石など)がかみ合わせ効果が発揮できるよう、敷設されている状態である。部材が格子枠状に詰められている場合もある。粗朶沈床、木工沈床が該当する。

安定性の照査は、代表流速 V に対して、部材の移動を許さないよう照査を行う。具体的内容については、法覆工の「掃流－一体性が強い」モデルと同様である。

掃流一中詰めモデル(粗朶、木工、改良沈床工)

		設計水深Hd(m)										
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0		
代表流速Vo(m/s)		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.0		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2.5		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
3.0		0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
3.5		0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4.0		0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
4.5		0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12
5.0		0.32	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
5.5		0.45	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22
6.0		0.64	0.52	0.44	0.40	0.36	0.34	0.31	0.30	0.30	0.30	0.28
6.5		0.92	0.71	0.59	0.52	0.47	0.44	0.41	0.38	0.38	0.38	0.36
7.0		1.35	0.97	0.79	0.68	0.61	0.56	0.52	0.49	0.49	0.49	0.46

τ_{*d}=0.05 : 移動限界掃流力
s = 1.65 : 河床材料の水中比重

$$D_m = V_o^2 / \{ [6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/K_s)]^2 \cdot \tau_{*d} \cdot s \cdot g \}$$

※相当粗度K_sはD_mと等しくとればよい。
 ※必要径D_mは初期値をD_{m1}とし、K_s=D_{m1}と仮定し、繰り返し計算によって求める。
 ※この表の値は石材の最小径を示すものであり、施工においては表記された石径以上を用いること。

- ・現場周辺から必要とする石材が調達できず購入する場合には一般的に高価になることが多いので、代替できる材料がないかどうか、購入の必要性があるかどうか検討する。



■石材は現場の自然景観をよく考慮して用いないと不自然となる⁷⁾

4) 木材に関する留意事項

木材は強度や耐久性を十分に考慮し、素材の選択や設置場所に留意する

- ・木材は、その素材によって強度や耐久性が異なる材料であるため、工種や要求される機能に応じ適切な材料を採用する必要がある。
- ・一般に針葉樹と広葉樹とでは、広葉樹の方が強度が大きい。木杭材についてはスギ材よりもマツ材（アカマツ、クロマツ、カラマツ）の方が強度や耐久性に優れているとされる。
- ・水際で乾湿を繰り返すような条件下では木材は腐りやすく、期待される耐久性を発揮しない場合がある。一方、水中に没した状態では期待される耐久性よりも長くもつ場合もある。このため、木材を使用する位置や水位の条件に配慮することが必要である。
- ・使用にあたっては、節腐れや繊維の傾斜、割れ、わん曲等の木材の品質についても注意する。
- ・防腐処理された木材の使用にあたっては生物に与える影響について十分に留意する。