

多自然川づくり対応
Fハイリバー工法 (越流水対策も可能)

国土交通省大臣官房作成比較表に選定された工法

(ハイレーム工法の応用)



GeoVector

株式会社 ジオベクトル

本社 〒062-0901

札幌市豊平区豊平1条8丁目1-21野村ビル2F

TEL 011-820-1181 FAX 011-820-1182

東京支店 〒192-0371

東京都八王子市南陽台2丁目10-4

TEL 042-686-1605 FAX 042-686-1606

Mail center@geovectorjapan.com

http://geovectorjapan

Fハイリバーにおける“平均粒径”の考え方—護岸の力学設計法 第5章 設計外力の算定と護岸諸元の安定性の照査 P7

5-1 (3) 照査と護岸強度の設定

(略)力学モデルによる検討を行う上で、同一工種で作用する外力が同じであれば、照査により必要とされた護岸諸元については同様な検討結果がえられる。

5-2 モデル化の考え方

(略)多様な機能に関する要求に対応する新規工法、材料などの採用された護岸にも適用可能である。即ち、護岸の設計の多様性に対応できる自由度を持たせることが可能というメリットがあり、設計者の判断に基づいて合理的な設計を行うことができるものとなっている。例えば、多自然川づくりなどに用いられる従来型でない護岸工法などについても、分類したモデルのどれに相当するか評価し、適合するモデルを選定しうる場合には本章に示す設計法を用いることができる。

(5) 「掃流—一体性が強い」モデル

③ 設置状態

一体性が強い法覆工とは、モデル図に示すように、ほぼ等しい大きさの部材がかみ合わせ効果を期待できるように隙間に碎石などの胴込め材が施工されて、整然と設置されている状態である。

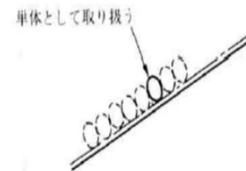


図5-20 破壊形態が掃流であり一体性が強い法覆工のモデル図

Fハイリバーでは、かみ合わせ効果はハイフレームの“土砂拘束”力が担い、充填材の移動・流失はほとんど生じない。

同じ大きさの部材は、粒度分布の良いと読み替えることができる。平均粒径(D_m)はセル高の決定※に関係する。

従って、充填材の最大粒径≒平均粒径で、細粒部分はできるだけ取り除く。(細粒部分は流失する)

但し、水中生物の“住処”の創造時は、細粒分を分離した“単粒度”骨材とする。

※ セル高≒3x平均粒径 の規定がある。(技術資料参照)

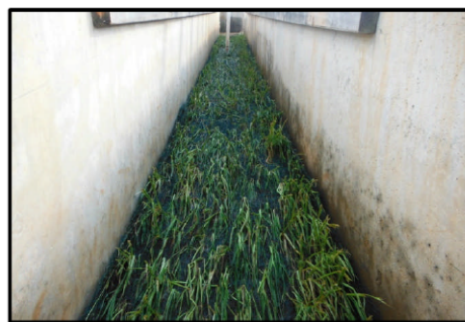
川裏Fハイリバー

ハイパーセル・Fハイリバーによる大規模水路試験 ASTM D 6460

実験機関: TRM/ENVIRONMENTAL, INC.



バムューダ種付ネット+土砂充填



6週間後 6.5m/秒 の実験後

河川堤防の耐越水性向上について 山梨大学院医学工学総合研究所・末次忠司教授

裏のり植生

越流水により植生は倒伏するが、背丈の高い植生は倒れても重層的に堤体表面をカバーし、越流水から堤体を守ってくれる。

(中略)裏のり植生により破堤を守られた区間が長い区間見られた。(中略)一旦侵食が始まると、前面芝張りは裸地のり面に侵食が進行するという結果であった。これは、植生の垂直方向の引抜き力に対しては根は抵抗できるが、のり面方向に作用する力のり面の一部にでも植生少ない箇所や凹地があれば、そこが弱点となって洗掘が進行することを意味している。

Fハイリバー工法の構成

充填材: 単粒度碎石(60mm): 70%に客土(碎石の空隙率30%)の混合材

越流水の流速が5.0m未満では表面播種

越流水の流速が5.0m以上ではネット敷設後に表面播種

Fハイリバー効果

※ 30%の客土で、植生は十分に生育する

※ Fハイリバー(ハイパーセル+充填材)がのり面方向に作用する力に効果を発揮する

在来工法 vs 多自然川づくり = Fハイリバー工法

しかし、各地で環境保全効果を上げる事例がある一方で、河川を画一的な標準横断形で計画したり、施工箇所の状況を考慮せずに単純に他の場所で実施された工法をそのまま移植するなど、課題の残る川づくりも散見された。また、「多自然型」を志向した整備であっても、河川全体の自然の営みが考慮されていないために、期待された効果が得られない事例もあった。

そこで国土交通省は、「多自然型川づくり」の課題の検証に基づく新たな川づくりの基本として、平成18年に「多自然川づくり基本指針」を制定し、自然環境と人間との調和が取れた川づくりの一層の推進を図ることとした。「多自然川づくり」と「多自然型川づくり」の相違点として、以下の3点が挙げられる。

- 河川全体の自然の営みを視野に入れ、生物の生息・生育・繁殖環境を保全・創出することはもちろんのこと、地域の暮らしや歴史・文化と結びついた川づくりとする（多自然川づくりの定義）
 - 川づくりのあらゆるプロセスを通じて「多自然川づくり」を実現する
 - 「多自然川づくり」はモデル事業ではなく、すべての川づくりの基本である
- 多自然川づくりに決まった工法はありません。川づくりの”概念”の総称です。



2) 多自然川づくりで適用されている施工技術

以下で紹介する施工技術で共通していることは、極力、施工箇所に存在する植物や木、石などの素材を利用して施工するということである。これは、先に述べた改修前の環境の維持に通じる。

注 1) 護岸

多自然川づくりでは、極力コンクリート護岸に頼らず、現場の石材等を使用しつつ、表面を植生が覆うような工法を採用する。河畔の植物も残し、植生の連続性に配慮する。また、水制という、川の流れを変える構造物を河道内に設けて河川の流れを弱めたり分断したりすることで、岸を守る方法もある。コンクリート護岸を採用する場合にも、表面をコンクリートのままにするのではなく、覆土を利用して隠し護岸とする。

注 2) 河岸

そこで、多自然川づくりでは、自然状態での河川形状をできるだけ活かし、断面や流路、河川床が、自然の営みに応じて変化していくことを基本に、河川整備が行われている。

国土交通省は「カンクン(コペンハーゲン)」合意に基づき【環境政策の動向と今後の取組】を発表している。

2019年度の地球温暖化対策計画等の進捗状況について 国土交通省

○「地球温暖化対策計画」(平成28年5月閣議決定)に掲げる対策・施策の進捗状況について、毎年度、地球温暖化対策推進本部において点検を実施。

インフラのライフサイクル全体でのカーボンニュートラル、循環型社会の実現 国土交通省

○一旦整備されると長期間にわたって供用されるインフラ分野において、供用・管理段階でのインフラサービスにおける省エネ化のみならず、ライフサイクル全体の観点から、計画・設計、建設施工、更新・解体等の各段階において、脱炭素化に向けた取組を推進するとともに、循環型社会の形成に向けて、建設リサイクル推進計画2020に基づき、質を重視した建設リサイクルを推進する。

《参照素材製造時の発生CO2量

コンクリート製品 270kg/m3 日本建設業連合会:低炭素型コンクリートの普及促進に向けて
ハイパーセル 1.52kg/PE樹脂 一般社団法人プラスチック循環利用協会

運搬に関わる発生CO2量

225[g-CO2/トンkm] 国土交通省:運輸部門に於けるCO2排出量

比較施工面積 100m2当たり

工法	製造時 トン	運搬時 kg	CO2計 トン	削減率	備考	
Fハイリバー・ハイフレーム	0.0988	4.39	0.10	96.5%	運搬距離	300km
コンクリートブロック張	2.70	155.25	2.86			30km

Co2削減率は、Fハイリバー・ハイフレームでは約95%

本線(川表)充填材とFハイリバー材料

充填材は、当該河川の環境にもよるが、骨材採取が可能を基本とする。
骨材採取ができない場合は下表を参考とする。

厚さHHH	平均粒径 mm	市販製品名	粒径の範囲	該当製品(標準)	面積/25セル	セル密度
100mm	25mm前後	単粒度碎石4号	30-20	HyP05-100-25	29m2	8.6セル/m2
150mm	50mm前後	単粒度碎石2号	40-60	HyP05-150-25		
200mm	100mm前後	割栗石・中	80-120	HyP04-250-25	37m2	5.4セル/m2
300mm	100mm以上	割栗石・大	150-200	HyP04-300-25		

Fハイリバーでは、かみ合わせ効果はハイフレームの”土砂拘束”力が担い、充填材の移動・流失はほとんど生じない
同じ大きさの部材は、粒度分布の良いと読み替えることができる。平均粒径(D_m)はセル高の決定※に関する。
覆土部・ハイフレームの充填材は、発生砂利に客土を混ぜる。

Fハイリバー工法・充填材の、平均粒径(護岸の力学設計法)

設計計算							
	充填材の種類	自然石	Φ =	38°		設定流速	代表流速
	施工場所	法覆工	τ _{sd} =	0.0824336		流速	5.00m/s
			τ _{sd} =	0.12			
	法勾配 1:	2.00	1:1.29より緩勾配				
	s = ρ _s / ρ _w - 1 =	1.65		D _{m1} = k _s	H _d / D _{m1}	log(H _d / D _{m1})	D _m
	H _d : 設計水深 =	3.00	m (= H.W.L. - Z _注)	0.082	36.585	1.563	0.082
	g: 重力加速度 =	9.8	m/sec ²	0.083	36.145	1.558	0.083
	V ₀ : 代表流速 =	5.00	m/sec	0.084	35.714	1.553	0.084
	繰返し計算でK _s = D _m のD _m を求める			0.085	35.294	1.548	0.085
	D _m : 石の平均粒径 =	0.084	m	0.086	34.884	1.543	0.086
	使用碎石	割栗石・中 80-120mm					

川表充填材とFハイリバー材料

越流水の流速は、実際の水害時の実測から 流速は概ね5.0m/秒以下となっている。
当該条件では平均粒径は60-45mmとなる。
45mm単粒度碎石(発生砂利): 空隙25%~30%
空隙には良質土(客土)を混合・充填する

厚さHHH	平均粒径 mm	市販製品名	粒径の範囲	該当製品(標準)	面積/25セル	セル密度
150mm	50mm前後	単粒度碎石2号	40-60	HyP08-150-25	18m ²	13.8セル/m ²

多自然川づくり 河川法覆工（国交省大臣官房作成比較表より）

工法		Fハイリバー/多自然川づくり	大型ブロック張工/多自然型ブロック張工
イメージ図			
特徴		充填材の粒径が大きく”魚巢”となる	連節ブロック重量で流速に対処（隠し護岸対応可能）
材質		高密度ポリエチレン	コンクリート
CO2排出量		90%以上の削減率	
施工性	製品形状	立体整形・折畳された状態	プレキャストコンクリートブロック
	運搬	小型運搬車 or 一輪車	大型運搬車
	施工法	現場にて展開布設	クレーンにて布設
	現場加工	カッター切断・ホッチキス接続	コンクリートカッター切断・モルタル仕上げ
設計流速(基準)		護岸の力学設計法「掃流-一体性が強い」モデル	護岸の力学設計法「滑動-単体/群体」モデル
勾配		1:1.5～	1:1.5～
植生工	方法	在来種による自然植生	自然/人工植生
	客土	H.W.Lより上に必要時	
	隠し護岸	覆土厚は自由	
耐久性		耐腐食性が高い。耐候性も土中では半永久的	連節用部材が腐食する
		寒冷地で凍上を受けない	
景観性		施工直後から部材は見えないので威圧感が無く 植生再開後は周辺景観と溶け合う	施工直後はコンクリート、客土が混在して見えるが 植生再開後は景観は良い
経済性 350kg/m ²	積算基準	積算基準の歩掛に準ずる	
	発生土利用	現場発生 of 砂利(篩分け)	少量を利用
	直(材)工費	¥6,960㎡(HyP04-300-25) 参考: 20kg/m ³ ×0.3m×70%=420kg/m ²	¥12,000/㎡
総合比較		○	△

法覆工 比較表

※令和4年4月8日 国土交通省 大臣官房技術調査課 北陸地方整備局「緊急復旧堤防の法面補強に関する新技術」選定25工種からの抜選定工法は通常時の「法覆工」工種で、緊急時にも適用できる特性を有しています。

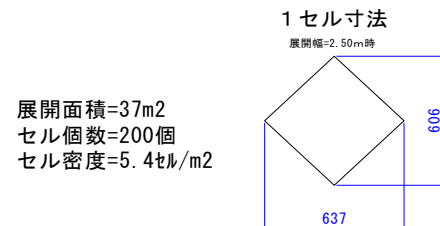
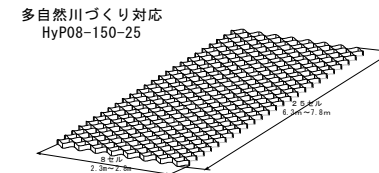
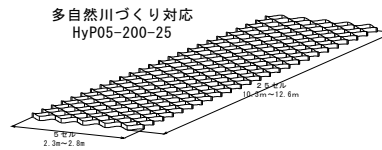
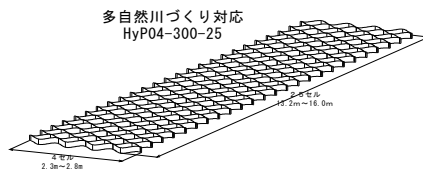
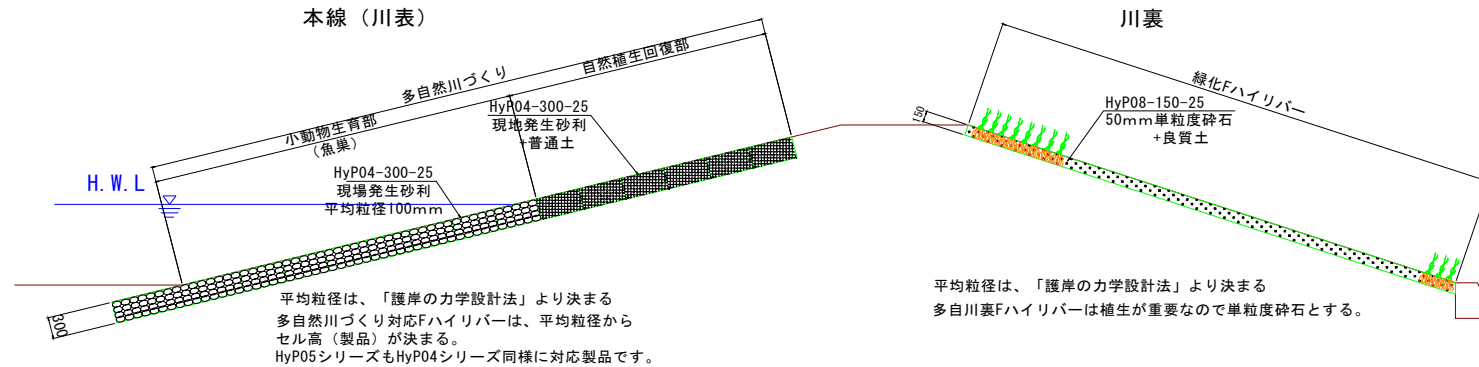
NETISサイト:「テーマ設定型の比較表」 <https://www.net-netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>

新技術活用システム(NETIS)を管轄する部署が選定した「新技術」です。準NETIS取得工法です

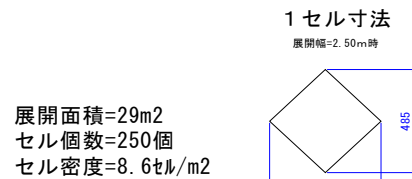
通し番号 整理番号		4	6	7	10	11	12	18	22	25
		Br-4	Br-6	Br-7	BrM-2	BrM-3	BrM-4	Kg-2	Kg-6	Sn-1
技術名		シャックル連結式大型連節ブロック	共和式連結ブロック	連結兼連節ブロック工法「ジオロックCL」	多自然型川づくり対応大型ブロックマット(ミドルブロックマット)	布製型枠工法	ソルコマット工法	立体ジオグリッド・ジオウェブ工法	「省力化かご工」ハイパーマット:吊り式ハイパーマットH=300	Fハイリバー工法
概要図、写真										
申請者		護岸用連結ブロック工法研究会	共和コンクリート工業(株)	日建工学(株)	揖斐川工業(株)	旭化成アドバンス(株)	旭化成アドバンス(株)	旭化成アドバンス	共和ハーマテック(株)	(株)ジオベクトル
NETIS登録状況		掲載終了技術	掲載終了技術	今後登録予定	掲載終了技術	登録申請手続き中	掲載終了技術	掲載終了技術	CG-110022-VE	今後登録予定
A-1 堤防決壊時の応急復旧の法面補強材料	D-1 施工後の耐久性	・一出水期以上 ・5.3m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・5.0m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・3.2~4.8m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・5.1m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・3.5m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・4.9m/s ・護岸力学設計法	・一出水期以上 ・5.2m/s ・実験による	・一出水期以上 ・5.0m/s ・美山河	・一出水期以上 ・4.4~6.0m/s ・護岸力学設計法
	D-2 備蓄時の耐久性	・5年程度以上(実績)	・5年程度以上(実績)	・5年程度以上(実績)	・5年程度以上(試験)	・5年程度以上(実績)	・5年程度以上(実績)	・5年程度以上(試験)	・5年程度以上(試験)	・5年程度以上(試験)
	D-3 耐浸食性	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速2m/sを超える	・耐浸食流速5.2m/s	・耐浸食流速最大5m/s程度	・耐浸食流速2m/sを超える
	D-4 堤防とのなじみ	・法面に追従する ・300~400kg/m ²	・法面に追従する ・305~320kg/m ²	・法面に追従する ・354kg/m ²	・法面に追従する ・250kg/m ²	・法面に追従する ・215kg/m ²	・法面に追従する ・125~180kg/m ²	・法面に追従する ・165~228kg/m ²	・法面に追従する ・500kg/m ²	・法面に追従する ・190~570kg/m ²
	D-5 使用材料の品質	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない	・クラック発生しない
	D-6 透水性	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)	・土堤程度 (シート併用)
A-2 荒締切堤防の法面の早期・経済的な補強	B-1 100m ² 当たりの価格	1,203,010円	1,195,270円	1,404,270円	956,030円	895,500円	738,000円	1,014,832円	2,092,600円	696,000円
	B-2 10m ² 当たりの価格	2,958,923円	2,939,886円	3,453,942円	2,351,451円	2,202,572円	1,815,185円	2,496,081円	5,164,959円	1,711,882円
	C-1 24h当たり作業量	447m ² (積算基準) 525m ² (実績)	300m ² (基準)	447m ² (積算基準)	750m ² (自社)	960m ² (自社)	693~942m ² (積算基準)	459m ² (実績)	300m ² (自社)	447m ² (積算基準)
	C-2 施工工程	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能	・荒締切と並行作業可能
F-1 悪天候時の施工	降雨時に施工不可能な素材の使用不可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可	・雨天時に24h施工可
F-2 施工資機材の調達	2日以内の最低供給量	・6,000m ² ・北海道内一部遠方除く	・1,000~5,000m ² ・地域によって異なる	・200~600m ² ・関東圏内	・1,000m ² ・急対応製造	・200~300m ² ・関東圏内	・500m ² ・関東圏内	・20,000m ² ・保管場所:仙台、神戸	・400m ² ・北陸、関東、東北	・5,000m ² ・関東、中部、北陸、関西、中国、四国、九州圏内
F-3 施工の容易性	作業員の職種	・ブロック工、オペレータ以外は普通作業員	・ブロック工、オペレータ以外は普通作業員	・ブロック工、オペレータ以外は普通作業員	・ブロック工、オペレータ以外は普通作業員	・オペレータ以外は普通作業員	・オペレータ以外は普通作業員	・オペレータ以外は普通作業員	・中詰工、オペレータ以外は普通作業員	・オペレータ以外は普通作業員
アピールポイント		・シャックル連結式にし労力短縮改善	・ブロックを敷設後、埋め込みフックを利用して連結金具で隣り合うブロックを連結する。	・緊急復旧で使用したブロックを本復旧で連節ブロックとして再利用可能。	・現地で長さの変更が可能。 ・法面への一括敷設が可能。	・重機が入らない場所でも施工可能。	・重機使って吊り上げ敷設することで省力化。	・簡単な構造で、施工にあたって専門技術者が不要。	・従来かご工では出来なかった吊り施工を可能としたことで、施工性向上。	・材料のハイフレームは軽量で危険性が少なく、単純作業で普通作業員による夜間作業も可能。

※ 紙面の制約から、25工種からの抜粋を行ったが、修正等は一切行っていない

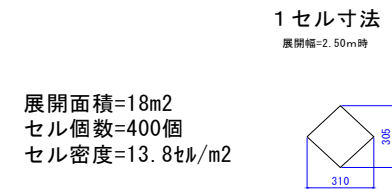
多自然川づくり工法 Fハイリバー



最大”平均”粒径
≒10cm (H=30cm)



最大”平均”粒径
≒10cm (H=300mm)



最大”平均”粒径
≒5cm (H=150mm)
≒7cm (H=200mm)

F ハイリバー工法に類似 機能・効果

表 2.8 護岸工法設計流速関係表 (C表)

護岸の法勾配が 1 : 1.5 より緩い場合に適用する工法例
(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										
素材	構造	工法			(m/s)									
					2	3	4	5	6	7	8	~		
石系	自然石(練)	1	巨石張(練)	4~8										
		2	野面石張(練)	4~8										
		3	間知石張(練)	4~8										
	自然石(空)	4	巨石張(空)	5										
		5	野面石張(空)	5										
		6	間知石張(空)	5										
		7	連結自然石(空張)	4~8										
コンクリート系	コンクリート ブロック張	8	コンクリートブロック張	4~8										
		9	ポーラス コンクリートブロック張	4~8										
		10	法枠工	4~8										
	連結ブロック	11	連節ブロック	5										
		12	大型連節ブロック	5										
		13	ポーラス連節ブロック	5										
かご系	蛇籠	14	植生蛇籠	5										
	かご(平張)	15	鉄線籠型平張り工	5										
	袋体	16	連結袋体張(礫)	5										
木系	丸太格子	17	丸太格子 (片法枠工含)	4										
	粗朶法枠	18	粗朶法枠	4										
		19	粗朶柵工	4										
		20	木製格子工	4										
	杭柵	21	杭柵	4										
		22	板柵	4										
シート系	ジオテキスタイル	23	ジオテキスタイル	3										
		24	植生マット	3										
	ブロックマット	25	ブロックマット	4										
		26	植石ネット	4										
植生系	張芝	27	張芝	2										

※上表の適用範囲は目安であるため、設計流速に適用できる合理的な工法は積極的に採用して良い。

※復旧工法の留意事項を十分考慮し、工法を選定する。

※法枠工：中張材によって、設計流速が変わる工法である。

(例 中張材がコンクリートの場合は8m/s、自然石(空)の場合は5m/s等。)

Q&A (Fハイリバー工法)

Q1 多自然川づくりに準じているのか？

- A1 ・一工法で多自然川づくり全般に対応できる工法はない。
- ・多自然川づくりは”概念”で、工法ではない。
 - ・充填材は現地採取の砂利とするを原則とするが、購入材も利用できる。

Q2 遵守する基準は？

- A2 ・「護岸の力学設計法」の「掃流—一体性が強い」モデル
- 力学設計法の各モデル(計算結果)は、当該河川部(の流速、勾配、水深当)に対処して”同じ効果”を有する
- ・「美しい山河を守る」の”護岸の被災原因”
 - ・漁港の技術指針(水産庁) 風送流-----ため池/調整池

Q3 何を根拠に寸法や充填材を決めるのですか？

- A3 ・「護岸の力学設計法」 「掃粒—一体性が強い」モデルで充填材の平均粒径を求める

Q4 Fハイリバーの寸法は？

- A4 ・国交省・河川局発行・設計基準に、土砂が拘束される場合は、拘束材の寸法は中詰(充填)約3倍の基準有る
- ・Fハイリバー工法は”土砂拘束工法”なので、「力学設計法」から求められた平均粒径の約3倍をセル対角線とセル高を有する製品とする

Q5 川裏にFハイリバーは適応できるのか？

- A5 ・実物大の実験で有効性は実証されている
- ・特に、植生Fハイリバーが推奨されている
- 粒径50mm(程度)の単粒度碎石を使用し、空隙(25%-30%)には植生基盤となる”良質土”を使用する

Q6 明度6以下は？

- A6 ・明度規定は【コンクリート系】の規定で、環境保全の目的です。
- Fハイリバーは充填材に覆われるので明度は問題とならない。

Q7 自然環境について？

- A7 ・”自然環境を保全するため法面に生物・生育環境が確保されている”(美山河より)が重要です。
- 中詰め材の適当な空隙が生物・生育に必要です。
- ・Fハイリバーでは充填材に「単粒度碎石」を用いることで空隙25%程度は確保できます。
- 小魚、エビ、カニやうなぎ(等)の生育場所となります。

Q8 施工速度は？

- A8 ・Fハイリバーとハイフレームの施工手順の相違点は、充填材の粒径の大きさ違う点です。
- 粒径が大きいので、表面整形に時間と手間がかかります。充填作業と整形作業の作業割合は、6:4です。
- 従って、ハイフレーム施工速度の60%となります。

Q9 歩掛は？

- A9 ・土木工事 積算基準 に準じます
- Q8 整形作業は追加で計上します。