

資料6

ストパネ工法 水理試験報告書

- ストパネルの粗度係数算出
- ストパネ工法の流況確認

試験実施：平成 27 年 8 月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所
国立大学法人 新潟大学
藤村ヒューム管株式会社
株式会社 水倉組
ジャパンライフ株式会社

はじめに

本試験は、農林水産省農村振興局 平成 26 年度官民連携新技術研究開発事業にて三箇年事業として採択された研究「プレキャストパネルを活用したコンクリート被覆に基づく腐食鋼矢板水路の迅速再生技術の開発」の課題として実施したものである。

実施した試験内容は、①ストパネ工法に用いるプレキャストパネル（ストパネル）の粗度係数の算出と②ストパネ工法の施工前後の流況確認である。尚、試験は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門内の実験水路を用いて実施した。

試験により、以下の結果を得た。

①ストパネルの粗度係数 $n = 0.0096$ （誤差+11%、-7%）を得た。

②ストパネ工法の水路の合成粗度係数の低減が見られ、流下能力は施工前後で同等と推察された。

ストパネ工法の水路の整流化により、河床砂の流下量の低減が確認された。

これらの試験詳細について、本書にて報告する。

目 次

1. 実施概要		
1.1 試験場所	・ ・ ・ ・	5
1.2 試験実施機関	・ ・ ・ ・	5
1.3 試験項目	・ ・ ・ ・	5
1.4 作業工程	・ ・ ・ ・	5
2. ストパネルの粗度係数算出（試験 A）		
2.1 概要	・ ・ ・ ・	7
2.2 試験水路の構造	・ ・ ・ ・	7
2.3 試験設備、使用機器および材料	・ ・ ・ ・	8
2.4 試験方法		
(1) 試験方法	・ ・ ・ ・	8
(2) 試験ケース	・ ・ ・ ・	10
(3) 試験データの整理	・ ・ ・ ・	10
(4) 粗度係数の算出方法	・ ・ ・ ・	11
2.5 試験結果		
(1) 試験データ	・ ・ ・ ・	12
(2) 粗度係数算出結果	・ ・ ・ ・	12
3. ストパネ工法の流況確認（試験 B、試験 C）		
3.1 概要	・ ・ ・ ・	14
3.2 試験水路の構造	・ ・ ・ ・	14
3.3 試験設備、使用機器および材料	・ ・ ・ ・	16
3.4 試験方法（試験 B-1、試験 C-1）		
(1) 試験方法	・ ・ ・ ・	17
(2) 試験ケース	・ ・ ・ ・	19
(3) 試験データの整理	・ ・ ・ ・	19
3.5 試験方法（試験 B-2、試験 C-2）		
(1) 試験方法	・ ・ ・ ・	20
(2) 試験ケース	・ ・ ・ ・	23
(3) 試験データの整理	・ ・ ・ ・	24
3.6 試験結果（試験 B-1、C-1）		
(1) 試験データ（模型水路の試験結果）	・ ・ ・ ・	25
(2) フルード相似則による実大換算データ	・ ・ ・ ・	25
(3) 試験結果の比較	・ ・ ・ ・	26
3.7 試験結果（試験 B-2、C-2）		
(1) 試験データ（模型水路の試験結果）	・ ・ ・ ・	27
(2) フルード相似則による実大換算データ	・ ・ ・ ・	27
(3) 河床砂の観察結果	・ ・ ・ ・	29
4. まとめ	・ ・ ・ ・	32
(参考資料)		
資料 1：試験写真		
資料 2：試験データ		
資料 3：実験水路の粗度係数測定試験（H13：農村工学研究所）		
資料 4：試験 A の不定流解析（H28：農村工学研究所）		

1. 実施概要

1. 実施概要

本試験は、ストパネ工法に使用するプレキャストパネル『ストパネル』の粗度係数の算出と、模型水路によるストパネ工法の流況確認を実施した。

尚、本試験は農林水産省官民連携新技術研究開発事業の採択事業（平成 26 年度～平成 28 年度）の一環として実施した。

1.1 試験場所

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 水路工実験棟

1.2 試験実施機関

農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門

新潟大学 農学部

藤村ヒューム管（株）

（株）水倉組

ジャパンライフ（株）

1.3 試験項目

本試験では、次の試験 A～試験 C-2 の 5 つの水理試験を実施した。

①ストパネルの粗度係数算出

試験 A：粗度係数算出試験

②ストパネ工法の流況確認

試験 B-1：ストパネ工法流況確認試験

試験 B-2：ストパネ工法流況確認試験（砂流下）

試験 C-1：鋼矢板水路の流況確認試験

試験 C-2：鋼矢板水路の流況確認試験（砂流下）

1.4 作業工程

平成 27 年 7 月 27 日～平成 27 年 8 月 30 日

表 1.1 作業工程表

項目 \ 日	8月											
	3	4	5	...	10	...	18	19	20	21	...	25
試験A												
試験B-1												
試験B-2												
試験C-1												
試験C-2												

2. ストパネルの粗度係数算出（試験 A）

2. ストパネルの粗度係数算出（試験 A）

2.1 概要

試験 A は、ストパネルの粗度係数の算出を目的として、実験水路内にストパネルを配置し流下試験を実施した。

2.2 試験水路の構造

実験水路および模型水路の構造図および水位計の配置を図 2.1、図 2.2 に示す。ストパネルの形状寸法を図 2.3 に示す。

水路実験棟の可変勾配型の実験水路内にストパネルを水路底面、両側面の 3 面に配置した。設置延長は 30 m で水路の流入側と流末側にそれぞれ 10 m のパネル無設置区間を設けた。模型水路の断面寸法は、水路幅 500 mm、水路高 470 mm である。模型水路のパネル使用数量は、両側面 120 枚、底版 60 枚の計 180 枚である。

勾配の設定は、可変勾配水路の電動ジャッキにより設定した。

水位計は、ストパネル設置区間に 4 箇所配置した。設置位置は、模型水路の最上流の 7 m 下流から各水位計を 5 m の間隔で配置した。

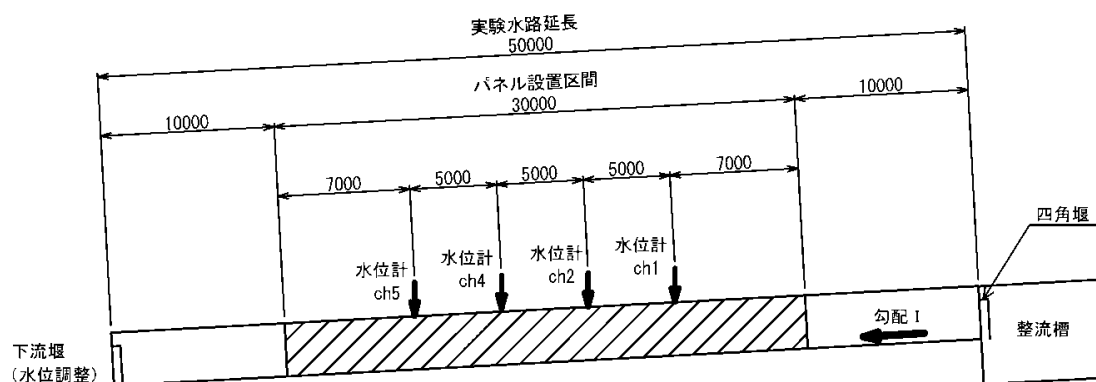


図 2.1 実験水路の構造図（側面図）

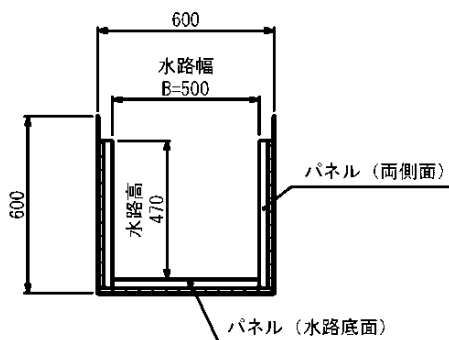


図 2.2 実験水路の構造図（断面図）

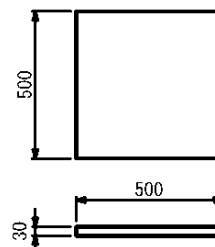


図 2.3 ストパネルの形状寸法図

2.3 試験設備、使用機器および材料

表 2.1 試験設備、使用機器および材料

No	項目	名称	仕様	メーカー名	備考
1	実験水路	可変勾配水路	幅 0.6m×深さ 0.6 m×延長 50 m	農村工学研究所施設	
2	水位計	サーボ式水位計	HBT-60	東京計測（株）	Ch1、Ch2、Ch5
			SWT-101	（株）ケネック	Ch4
3	水深計測	AD 変換ソフト	WAVE SHOT 2000	（株）キーエンス	
		入力レコーダ	NR-2000		
4	ストパネル	プレキャストコンクリート パネル	縦 500mm×横 500mm× 厚さ 30mm	藤村ヒュム管（株）	180 枚

2.4 試験方法

(1) 試験方法

試験フロー図を図 2.4 に示す。試験状況を写真 2.1、写真 2.2 に示す。

①模型水路の製作

水路実験棟の可変勾配水路内にストパネルを配置し、模型水路を製作した。詳細は「2.2 試験水路の構造」を参照。

②水位計の設置、水位計の斜距離・水路幅の測定

水位計をストパネル設置区間に 4 箇所配置した。水位計の設置間の斜距離および各断面の水路幅を測定した。

③水路底勾配の設定、水路底高の測定

水路底勾配は、可変勾配水路の電動ジャッキにて設定した。勾配はレベル計測により水路底高を測定し確認した。

④流量の設定、計量堰の水位測定、堰公式による流量算出

流量制御装置にて供給バルブの開度を調整し、設定流量を設定した。実流量は、計量堰の越流水深をマノメータにより測定し、四角堰の流量公式から算出した。

⑤下流堰の高さ設定

下流堰の高さを調整。その後、各水位計の変動値を監視し水面がほぼ一定であることを確認した。

⑥水位計による水深計測

水面の変動が安定したことを確認した後、5 分間の水深を記録。計画の試験ケースの水深計測を実施し試験を完了した。



写真 2.1 模型水路の製作状況



写真 2.2 水位計による水深測定状況

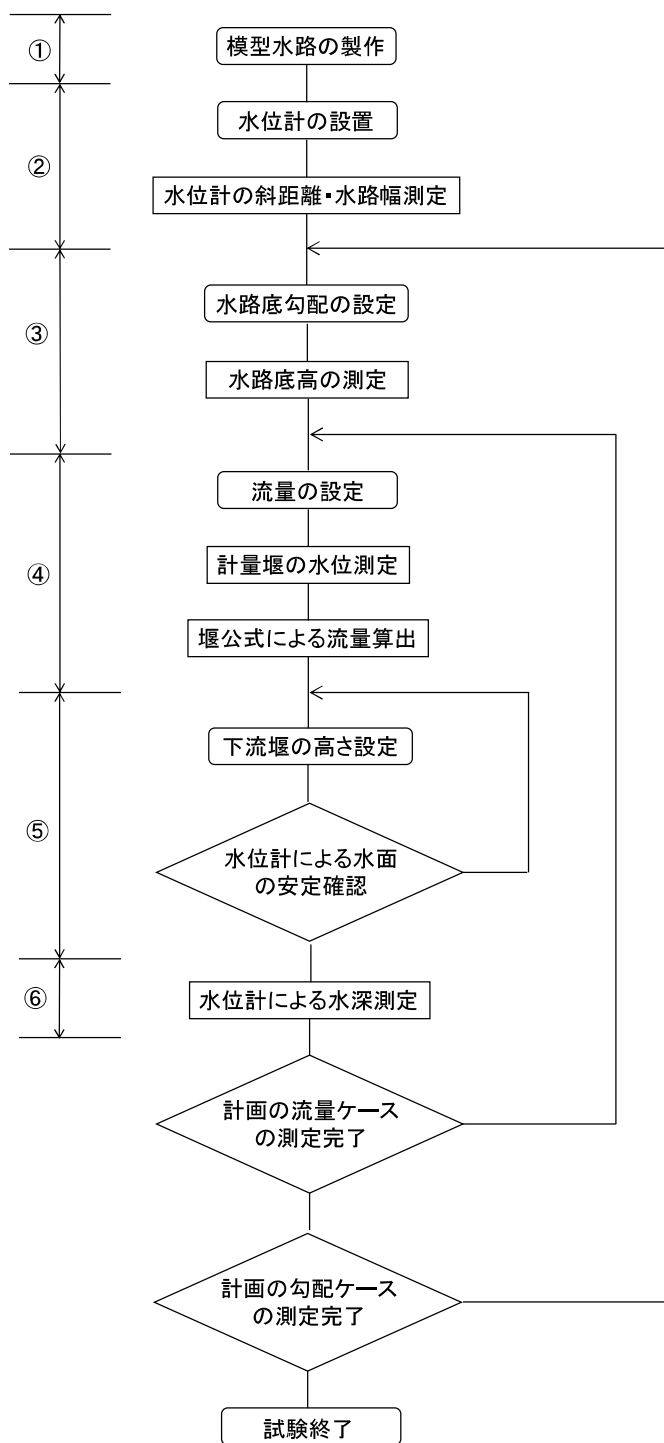


図 2.4 試験 A の試験フロー図

(2) 試験ケース

試験は勾配と流量を設定し、表 2.2 に示す 10 ケースの測定を行った。

表 2.2 試験条件（設定値）

ケース	水路幅 B (m)	水路底勾配 i	流量 Q (m ³ /s)	備考
1	0.500	1/600	0.15	No.13
2		1/500	0.06	No.24
3		1/500	0.15	No.25
4		1/400	0.15	No.28
5		1/400	0.13	No.29
6		1/400	0.10	No.32
7		1/400	0.08	No.36
8		1/400	0.08	No.37
9		1/400	0.06	No.38
10		1/400	0.06	No.39

(3) 試験データの整理

表 2.3 試験データの整理

No	作業	測定値	計算値	備考
1	水位計の斜距離 水路幅測定	水路幅 B 斜距離 L	—	
2	水路底高の測定	水路底高 z	水路底勾配 i	
3	計量堰の水位測定 堰公式による流量算出	越流水位	流量 Q	堰公式により算出
4	水位計による水深測定	水深 h	水位 H 水面勾配 I 流積 A 潤辺 P 径深 R	水深は測定時間（5 分間） の平均値
5	粗度係数の算出	—	潤辺 P（平均） 径深 R（平均） 流速 v（平均） エネルギー勾配 I_e 粗度係数 n フルード数 レイノルズ数	測定 2 点間平均にて算出

(4) 粗度係数の算出方法

粗度係数は、マンニングの流速公式により求めた。

マンニングの流速公式 $V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot le^{1/2}$ より、

$$\text{粗度係数 } n = R^{2/3} \cdot le^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{V}\right)$$

ここで、

$$\text{エネルギー勾配} : le = L - \left\{ \frac{\alpha \cdot Q^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{1}{L} \cdot \left(\frac{1}{A1^2} - \frac{1}{A2^2} \right) \right\}$$

$$\text{流速} : V1 = Q/A1, V2 = Q/A2 \text{ (m/s)}$$

$$\text{流積} : A1 = B1 \cdot h1, A2 = B2 \cdot h2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{水路幅} : B1, B2 \text{ (m)}$$

$$\text{水深} : h1, h2 \text{ (m)}$$

$$\text{水路底高} : z1, z2 \text{ (m)}$$

$$\text{水位} : H1 = h1 + z1, H2 = h2 + z2 \text{ (m)}$$

$$\text{径深} : R1 = A1/P1, R2 = A2/P2 \text{ (m)}$$

$$\text{潤辺} : P1 = 2 \cdot h1 + B1, P2 = 2 \cdot h2 + B2 \text{ (m)}$$

$$\text{水面勾配} : I$$

$$\text{水路底勾配} : i$$

$$\text{重力加速度} : g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{エネルギー補正係数} : \alpha = 1.0 \quad \text{※設計「水路工」 P.199}$$

$$\text{斜距離} : L$$

粗度係数の算出は、断面Ⅰ、Ⅱの流速 $V1$ 、 $V2$ の平均値と径深 $R1$ 、 $R2$ の平均値とする。

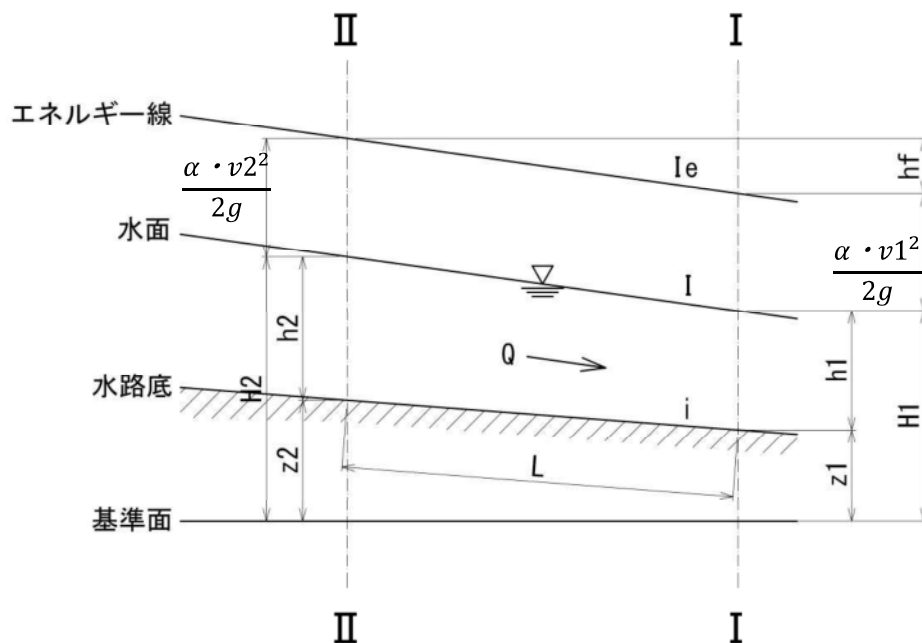


図 2.5 開水路の流れ

3. ストパネ工法の流況確認試験（試験 B、試験 C）

3. ストパネ工法の流況確認試験（試験 B, 試験 C）

3.1 概要

本試験は鋼矢板水路にストパネ工法を施工した前後の流況変化の確認を目的として、表 3.1 に示す模型水路による流況確認試験を実施した。

水路実験等の勾配固定型の実験水路内にストパネル模型の水路と鋼矢板模型の水路を製作し流況の確認を実施した（試験 B-1、試験 C-1）。また、各模型水路の水路底に河床砂を敷設した場合の流況の確認を実施した（試験 B-2、試験 C-2）。

各試験の作業工程は図 3.1 の通りである。

表 3.1 流況試験一覧

試験名		模型タイプ	条件
試験 B	B-1	ストパネル水路	河床砂なし
	B-2		河床砂あり
試験 C	C-1	鋼矢板水路	河床砂なし
	C-2		河床砂あり

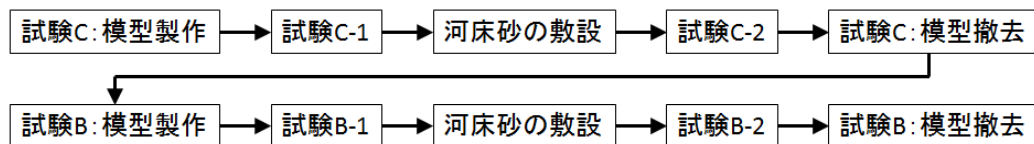


図 3.1 流況確認試験の作業工程図

3.2 試験水路の構造

実験水路および模型水路の構造図および水位計の配置を図 3.2、図 3.3 に示す。

水路実験棟の勾配固定型のコンクリート水路内に模型水路を製作した。製作延長は 15 m で、水路の流入側に 12.5 m、流末側に 22.5 m の模型無設置区間を設けた。

模型水路のスケールは、実水路 幅 4.0 m×深さ 2.0 m の鋼矢板水路とこれにストパネ工法を施工した水路を想定し、1/5 スケールにて製作した。模型水路のスケール換算による実水路の想定寸法は、表 3.2 の通りである。

ストパネル模型（試験 B）は、実物のストパネルを実験水路の両側面に配置した。模型水路の断面寸法は、水路幅 800 mm、水路高 400mm である。ストパネルの寸法形状は、図 3.4 に示した通りで、パネル使用数量は両側面で 60 枚である。鋼矢板模型（試験 C）は、軽量鋼矢板 3D 型の 1/5 スケールを鉄板（SPCC 材）にて再現し、実験水路の両側面に配置した。加工鉄板の 1 枚当たりの寸法は図 3.6 に示した通りで、使用数量は両側面で 114 枚である。

尚、ストパネル水路、鋼矢板水路の模型とも水路底は、実験水路のコンクリート面とした。

水位計は、模型設置区間に 3 箇所配置した。設置位置は、模型水路の最上流の 2.5 m 下流地点から各水位計を 5 m の間隔で配置した。水位計の設置位置にマーキングを行い、試験 B と試験 C で同位置に配置している。

表 3.2 模型水路の寸法根拠

種類		幅 (m)	深さ (m)	長さ (m)
ストパネル水路 (試験 B)	実水路	3.665	2.0	75
	1/5 スケール	0.733	0.400	15
鋼矢板水路 (試験 C)	実水路	4.0	2.0	75
	1/5 スケール	0.800	0.400	15

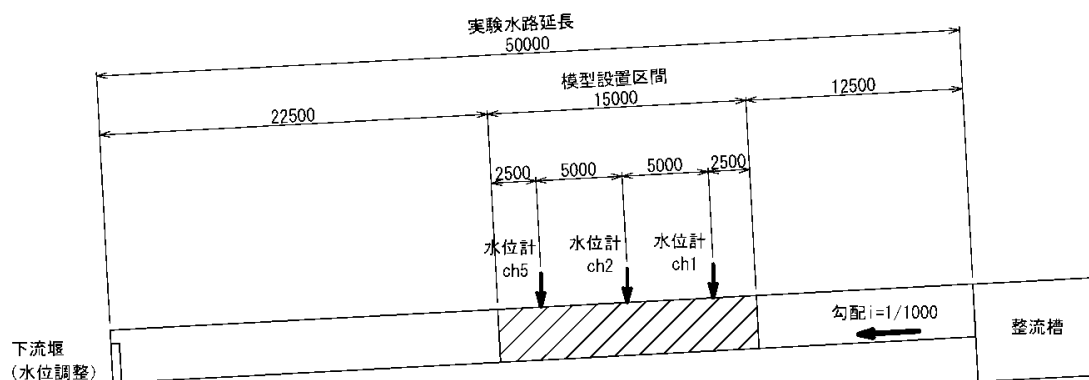
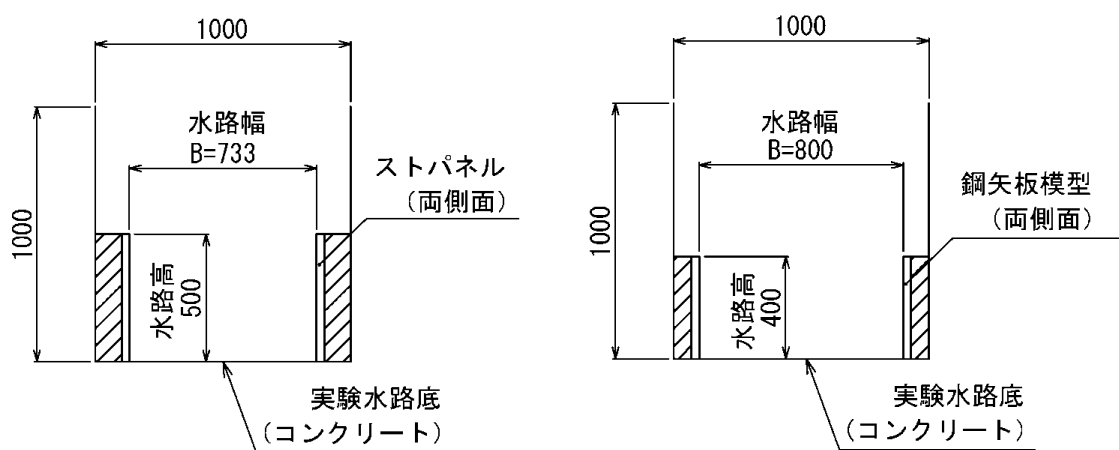


図 3.2 実験水路の構造図（側面図）



試験 B：ストパネル水路

試験 C：鋼矢板水路

図 3.3 実験水路の構造図（断面図）

