

技術報文

ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」

三菱ケミカルインフラテック（株）土木・防水補強部 明永 卓也

1. はじめに

ハイブリッドパネル堤とは、計画高さ迄堤防が整備されていない箇所において、あらかじめ一定間隔に設置された支柱間にパネルをはめ込んで止水壁を構築し、河岸等からの越水を防止するモバイルレビーの一種である。この方式は、揖保川や長良川における畳堤やヨーロッパにおける可搬式特殊堤防（ドナウ川、ブルタバ川）¹⁾のように、平常時はパネルを取り外すことで景観を保持する機能を有している。

弊社では、一般社団法人リバーテクノ研究会（以下、研究会と略する）と共同開発により、パネルに剛性が大きく軽量の新材料を用いることで、操作性、機能性、耐久性を高めたパネルを開発し、ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」と称している。図-1 にハイブリッドパネル堤の設置イメージを、写真-1 に支柱へのパネル設置状況を示す。平常時は、支柱間隔から良好な河川景観を望むことができ、河川の水位上昇時には、水防活動によりパネルを支柱間に設置する。

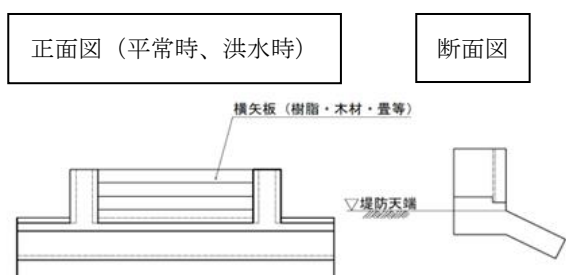


図-1 ハイブリッドパネル堤の基礎と支柱構造²⁾



写真-1 支柱へのパネル設置状況

2. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の特徴

ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」は、パネルとして剛性の大きい軽量板を使用することで、以下のような特徴を有し、従来使用されていた畳堤や金属製止水板に比べて、操作性、機能性、省スペース性、経済性の向上を図ることができる。

- ・ 特徴1：早期に防災機能を発揮
軽量化された止水パネルは、1人で設置が可能で迅速な水防活動の補助を実現できる。
- ・ 特徴2：運搬が容易で保管がしやすい（軽量性）
樹脂性の止水パネルは汚れても簡単に洗浄が可能で、劣化しにくい。また、軽量で重ねて保管が可能（保管が容易）である。
- ・ 特徴3：維持管理コストの低減（経済性）
樹脂性のため腐食しにくく、繰り返し使用が可能である。

3. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の適用範囲

「ダイヤレビーパネル」は、標準パネル（高さ 30cm）とハーフパネル（高さ 14cm）を組み合わせることにより、水深 1 m 以内であれば止水壁の高さを調整可能である。

ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の適用範囲は、下記の通りとする。

- ・ 設計水深 最大 1 m 迄
- ・ 詳細の設計については、モバイルレビーの適用と設計の手引き（一般社団法人リバーテクノロジー研究会編）に準ずる。

4. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の製品仕様

図-2 に「ダイヤレビーパネル」標準パネルの製品図を示す。パネルは、中空の塩化ビニル樹脂製の成型板で、剛性を高めるためにステンレスの帯鋼で補強している。パネルの基本高さは標準パネル 300mm とハーフパネル 140mm であり、必要高さにパネルを積み重ねることにより止水壁を構築する。

パネルの背面および底板部には止水ゴムが取り付けられており、パネル間や支柱との取り付け部の水密性が確保されている。

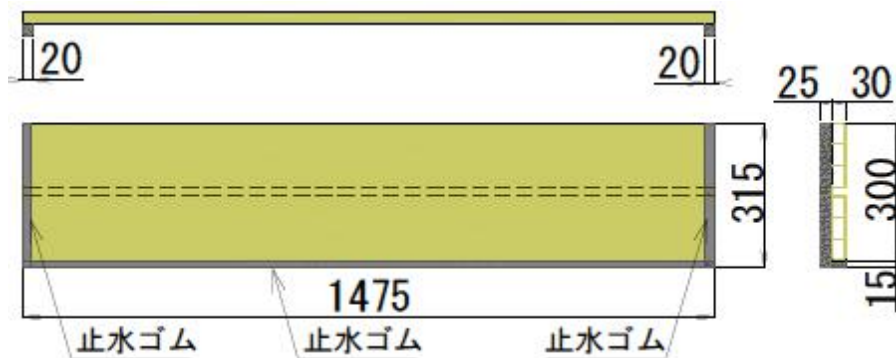


図-2 「ダイヤレビーパネル」標準パネルの製品図

5. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の開発

河川からの越水を防止、または減じる実効性のあるモバイルレビーとすることを目標に、以下の特性を有するハイブリッドパネル堤に使用する止水パネルとして、「ダイヤレビーパネル」を開発し、研究会の指導の下で性能確認を実施した。

(1) 機能性

a) 強度特性

適用水深における水圧に耐えられる強度を有していること。また、ある程度の衝撃（エネルギー）にも耐えられること。

b) 止水性

「ダイヤレビーパネル」や立て込み溝との間から漏水がない、あるいはわずかであること。

c) 景観保全性

平常時は、基礎部から「ダイヤレビーパネル」を取り外して河川の景観を保全できること。

(2) 耐久性

十分な耐候性、耐薬品性を有していること。

(3) 操作性

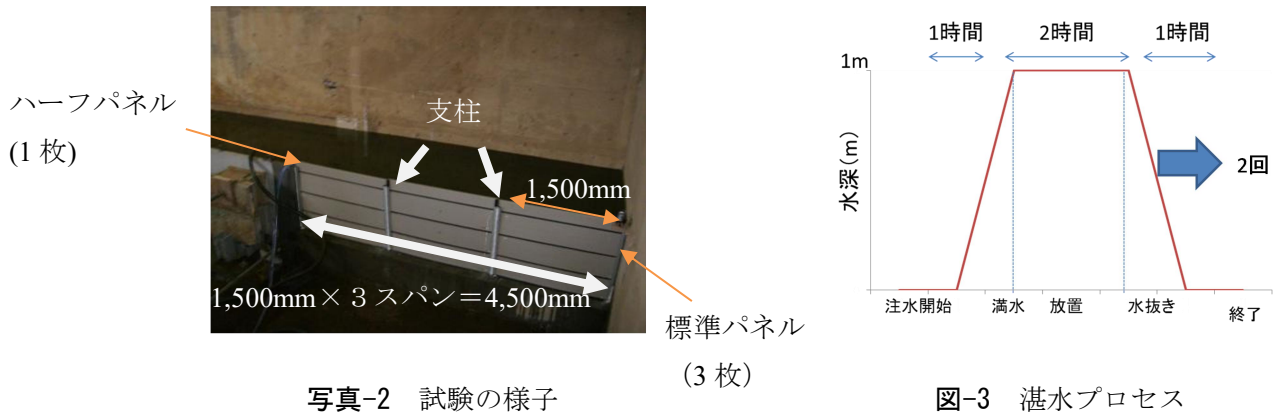
人力での運搬・設置が容易であり、操作性（施工性）に優れること。

6. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の強度特性の確認

「ダイヤレビーパネル」を使用するにあたり、設計水深1mに対して安定性を把握することが必要である。強度特性の確認方法として、「ダイヤレビーパネル」を設置後、堤外地側（川表側）に湛水させ、止水パネルの支柱からの脱落の有無、変形、破損、残留変形の有無を確認した。

（1）試験方法

写真-2に示すように、コンクリート基礎に支柱(軽量溝型鋼)を設置し、支柱間に止水パネルをはめ込んだ後、堤外地側に図-3に示す湛水プロセスで設計水深1mまで湛水した。設計水深1mで湛水した際に、止水パネルの状態を目視により確認した。さらに最下段の止水パネルの中央のたわみ量を測定した。



（2）試験結果

図-4に最下段の止水パネル中央のたわみ量と水深の関係を示す、水深1m湛水時の止水パネルの状態を写真-3に示す。

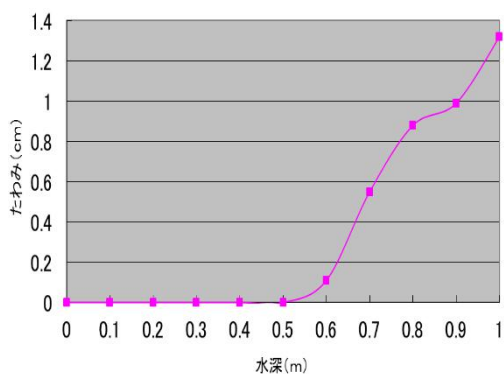
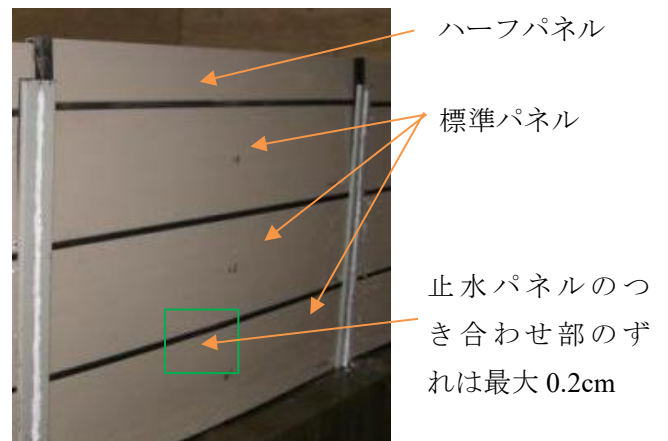


図-4 最下段の止水パネル中央のたわみ量と水深の関係



設計水深1mでの最下段の止水パネル中央のたわみ量は1.32cmであった。一方、最下段とその上の段の止水パネルのつぎ合わせ部のずれは、最大0.2cmに収まっていた。これは、止水パネルの厚み3cmに比べて小さく、上下の止水パネルの一体性は確保されていると判断される。また、止

水パネルのつき合わせ部からの著しい水漏れも確認されなかった。

さらに、水圧による止水パネルの破損等も確認されなかったことから、「ダイヤレビーパネル」は設計水深1 mにおいて十分な安定性があることを確認した。

以上の結果から、「ダイヤレビーパネル」は、設計水深1 mで十分な安定性があることを確認した。

7. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の止水性の確認

止水性の確認は、「ダイヤレビーパネル」を支柱間にはめ込んで水深1.07mの水槽を作り、そこに湛水した後の水位の変化により「ダイヤレビーパネル」の漏水量を算出することにより実施した。

(1) 試験方法

水槽に水を湛水後、1分ごとに5分間水位を測定した。東西側の2つの止水パネルは、目地をコーキングしていることから漏水がないため、水位の変化量に水槽の内側の面積300mm×1,425mmを掛けて2で割った値が「ダイヤレビーパネル」1スパンの漏水量になる。

止水性確認試験の状況を写真-4に、漏水量の計算の模式図を図-5に示す。

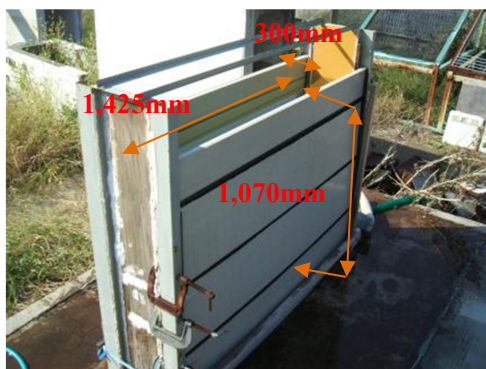


写真-4 止水性確認試験の状況

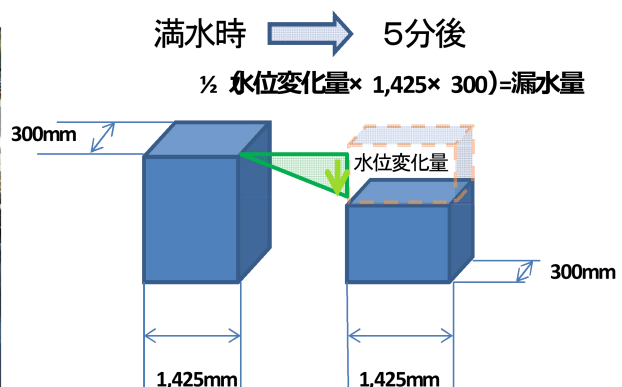


図-5 漏水量の計算の模式図

(2) 試験結果

1分毎の水位の変化量と「ダイヤレビーパネル」1スパン分の漏水量の関係を表-1に、時間と「ダイヤレビーパネル」1スパン分の漏水量の関係を図-6に示す。

表-1 1分毎の水位の変化量と「ダイヤレビーパネル」1スパン分の漏水量の関係

時間(min)	水位の変化量(mm)	漏水量 (L)
1	-2	0.43
2	-4	0.86
3	-7	1.50
4	-9.5	2.03
5	-12	2.57

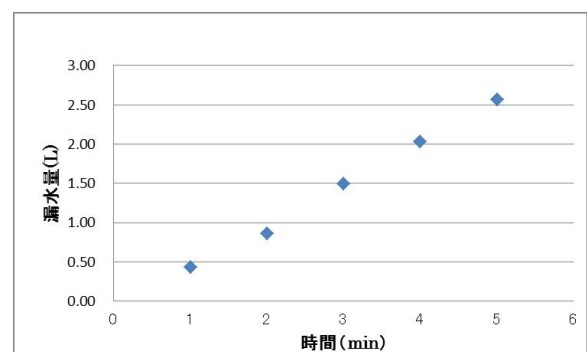


図-6 時間と「ダイヤレビーパネル」1スパン分の漏水量の関係

「ダイヤレビーパネル」の1スパン（止水パネル4段設置）の支柱との取り付け部、止水パネルのつぎ合わせ部および地面との接地部の漏水量は、5分間で2.57ℓ程度であった。「ダイヤレビーパネル」の1スパン分の漏水量は想定洪水継続時間を6時間とすると、 $2.57\ell \times (60 \text{分} \div 5 \text{分}) \times 6 \text{時間} = 0.185\text{m}^3$ で実用上問題のない程度であることを確認することができた。

8. 景観保全性の確認

「ダイヤレビーパネル」は、平常時は止水パネルを取り外しておけば、川の視認性をさまたげることなく（河川風景や景観保全）、人の水辺へのアクセスを阻害しない（親水性の維持）など、現状に近い形で河川環境や景観を保全することが要求されるため景観保全性を確認した。

（1）確認方法

「ダイヤレビーパネル」を壘堤の支柱に取り付けて、設置前と設置後の状況を比較する。また、「ダイヤレビーパネル」を取り外した後で堤内地側からの河川方向の眺望が阻害されないか確認を実施した。

（2）確認結果

写真-5と写真-6に壘堤の支柱に「ダイヤレビーパネル」を設置前と設置後を示す。洪水時には「ダイヤレビーパネル」を設置することにより、支柱天端迄止水壁が構築することができる。平常時には、「ダイヤレビーパネル」を取り外すことで堤内地側から河川の水面を望むことができることを確認した。



写真-5 「ダイヤレビーパネル」設置前



写真-6 「ダイヤレビーパネル」設置後

9. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の耐久性の確認

「ダイヤレビーパネル」の耐久性の一つである耐候性について評価した。止水パネルは、塩化ビニル樹脂製中空板（母材）とステンレスプレートから構成され、このうち塩化ビニル樹脂は、屋外で連続使用（屋外暴露）した時に、紫外線劣化により物理特性の劣化が懸念される場合がある。そこで、止水パネルの母材について促進暴露試験と屋外に15年間暴露した（屋外暴露試験）試験体を用いて引張試験を行い、止水パネルの耐候性を評価した。

（1）試験方法

促進暴露試験では、サンシャインウェザーメーターを用いて一定時間促進暴露した後、母材の引張試験を行い、引張強度保持率を確認した。

屋外暴露試験は、屋外暴露前と屋外暴露15年経過後の試験体でそれぞれ引張試験を行い、引張強度保持率および引張降伏ひずみ保持率を確認した。

(2) 試験結果

図-7にカーボンアーク照射時間と引張強度の関係を、表-2に促進暴露試験後の引張強度と保持率を示す。促進暴露試験後の引張強度は、試験前の強度よりも大きくなっており、引張強度保持率は100%以上であった。カーボンアーク照射1,000時間は、屋外暴露2年間に相当すると云われており、促進暴露試験の結果から「ダイヤレビーパネル」は屋外暴露2年経過後も十分な耐候性を有していると判断される。

表-3に屋外暴露試験後の引張強度と保持率を示す。図-8に屋外暴露試験後の試験体の引張強度試験における引張応力度と引張ひずみの関係を示す。屋外暴露15年経過後の引張強度は、促進暴露試験の結果と同様に試験前の強度よりも大きくなっており、引張強度保持率は100%以上であった。

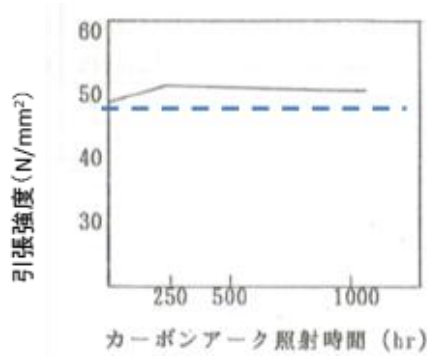


図-7 カーボンアーク照射時間と引張強度の関係

表-2 促進暴露試験後の引張強度と保持率

カーボンアーク照射時間 (hr)	引張強度 (N/mm ²)	引張強度強度保持率 (%)
0	49	100
250	52	106
500	51	104
1,000	51	104

表-3 屋外暴露試験後の引張強度と保持率

試験体	引張強度* (N/mm ²)	引張降伏ひずみ (%)	引張強度保持率 (%)	引張降伏ひずみ保持率 (%)
初期強度 (ブランク)	50.45	2.71	100	100
屋外暴露15年	53.82	2.41	107	88.9

*引張強度は、降伏時における強度とする

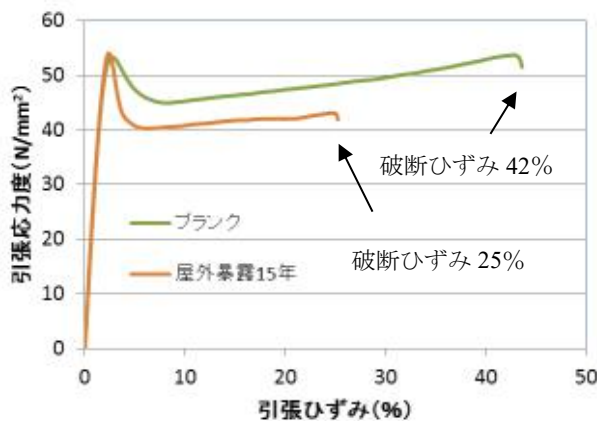


図-8 屋外暴露後の引張強度試験 (引張応力度と引張ひずみの関係)

表-4 「ダイヤレビーパネル」の連続使用期間と換算耐久年数

連続使用期間	換算耐久年数
1年間	15年
6か月	30年

図-8に示すように、「ダイヤレビーパネル」の母材は、引張降伏応力度が最大値を示しており、屋外暴露の影響による引張降伏ひずみの減少は、約10%（引張降伏ひずみ保持率約90%）であった。よって、「ダイヤレビーパネル」は、屋外暴露15年経過後も十分な耐候性を有していると判断される。

一方、図-8の破断ひずみを比較すると、初期強度（ブランク）では42%に対して、屋外暴露15年では25%であった。紫外線劣化により、屋外暴露15年では塑性変形能が初期強度（ブランク）の60%程度（ $100 \cdot 25/42=59.5$ （%））に低下する。「ダイヤレビーパネル」は、約60%の塑性変形能を有していることから、屋外暴露15年経過後も、紫外線劣化に伴う硬化（塑性変形能の低下）による破損の心配は無いと評価する。

但し、15年を超えて、さらに経年的に紫外線劣化による塑性変形能が低下すると、「ダイヤレビーパネル」の耐衝撃性に影響を及ぼすことが懸念される。

そこで、「ダイヤレビーパネル」を1年間連続（止水パネルを倉庫などに入れずに設置したまま）使用した場合の耐用年数は、15年程度を目安とする。

「ダイヤレビーパネル」の連続使用期間を、①1年間（暴露試験条件）を基準に、②6カ月（増水期のみ使用と想定）を換算した耐久年数を表-4に整理した。

促進暴露試験および屋外暴露15年経過後の引張強度の保持率は100%以上であることから、「ダイヤレビーパネル」は、連続使用においても十分な耐候性を有している。

10. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレビーパネル」の操作性の確認

「ダイヤレビーパネル」の設置の容易さ、設置に必要な時間を、実作業を行うことで把握した。

（1）試験条件

操作性の確認試験は、延長4.5m（止水パネル3スパン）に設けられた支柱に、標準パネルを3枚×3スパン、ハーフパネルを1枚×3スパン、計12枚を設置することにより実施した。

（2）試験結果

止水パネルはめ込みの状況を写真-7に、設置完了後の状況を写真-8に示す。標準パネル1枚当たりの重量は、8kgと軽量であるため、一人で持ち運び設置することが可能であった。また、支柱に設けられた溝に止水パネルをはめ込むのに特殊な工具を用いる必要はなく、設置に要した時間も30秒/枚とスムーズに止水パネルをはめ込むことができた。



写真-7 止水パネルはめ込みの状況



写真-8 設置完了後の状況

基礎に設置された支柱に止水パネルのはめ込みを行ったところ、落とし込むだけで簡単に施工

ができ、延長 4.5m 当り 6 分で完了し短時間で施工できることを確認した。

1 1. ハイブリッドパネル堤「ダイヤレバーパネル」の適用事例

(1) 特殊堤の開口部（陸閘）への適用

本現場では、堤防の嵩上げに特殊堤が計画されていたが、河川敷への進入路や階段工の部分は河川敷へのアクセスを確保する必要があるため、特殊堤の一部をハイブリッドパネル堤「ダイヤレバーパネル」で実施した。支柱は平常時にはアクセスの際に障害とならないように脱着式とした。

写真-9 に止水パネル設置前を写真-10 に止水パネル設置後を示す。



写真-9 止水パネル設置前



写真-10 止水パネル設置後

(2) 掘り込み河道の越水防止対策としての適用例

本現場では、水位上昇時には河川の水位が堤防高さを超えて溢水が生じるため、越水防止対策が必要となり、ハイブリッドパネル堤「ダイヤレバーパネル」が採用された。止水パネルは平常時には取り外して、近くの水防倉庫に保管している。写真-11、12 に止水パネル設置状況を示す。



写真-11 止水パネル設置状況



写真-12 止水パネル設置状況

1 2. おわりに

ハイブリッドパネル堤「ダイヤレバーパネル」の開発により、洪水時に河岸等からの越水を防ぎ、浸水被害の低減を実現することができた。近年、河川の氾濫による浸水被害が多発しており、越水防止対策の必要性は高まっていることから、今後モバイルレバーの普及が期待される。

参考文献

- 1) 20082 年ヨーロッパ水害調査—概要報告書—, 2002 年ヨーロッパ水害調査団, 平成 15 年 3 月
- 2) モバイルレバーの適用と設計の手引き Ver.2, 一般社団法人リバーテクノ研究会, 平成 29 年 4 月