

Panou fonoabsorbant pentru autostradă – Herzebrock-Clarholz

Armătură inovatoare din plase de carbon

Barieră fonică din beton armat textil (TRC), cu utilizare optimizată a resurselor

Rezumat

Acest proiect a dezvoltat un element prefabricat de barieră fonică pentru autostradă, eficient din punctul de vedere al resurselor, utilizând armătură textilă nemetalică din carbon HITEX pentru a reduce semnificativ consumul de materiale, menținând performanța structurală sub încărcările generate de vânt și trafic.

Barierile fonice convenționale din beton armat sunt durabile, dar necesită cantități mari de materiale și sunt susceptibile la coroziune pe termen lung. Soluția TRC optimizată înlocuiește armătura din oțel cu textile din carbon și adoptă o secțiune portantă în formă de T, permițând reduceri substanțiale ale volumului de beton și ale emisiilor de carbon încorporate.

Validarea structurală la scară reală la TU Dortmund a confirmat fezabilitatea conceptului. Elementul dezvoltat a redus volumul de beton la 34% din cel al unui element comparabil armat cu oțel, iar emisiile de CO₂ asociate cimentului au fost reduse la 58% din cele ale soluției convenționale.

Proiectul demonstrează potențialul structural, ecologic și de extindere la scară industrială al betonului armat cu textile din carbon în infrastructura de transport.

Contextul proiectului

Context

Barierile fonice pentru autostrăzi sunt expuse unor acțiuni importante de mediu și mecanice, inclusiv presiune și sucțiune din vânt, efecte aerodinamice produse de vehicule, gradienti de temperatură și cerințe de durabilitate pe termen lung.

Sistemele tradiționale din beton armat cu oțel necesită o acoperire substanțială cu beton pentru protecția împotriva coroziunii, ceea ce crește grosimea elementelor și consumul de materiale.

Pentru a răspunde obiectivelor de sustenabilitate și a îmbunătăți eficiența utilizării materialelor, o inițiativă comună de cercetare între industrie și mediul academic a dezvoltat un panou fonoabsorbant cu secțiune subțire, din beton armat textil (TRC), optimizat pentru prefabricare și eficiență structurală.

Dezvoltarea și comportarea structurală au fost documentate într-o publicație evaluată de specialiști (Beton- und Stahlbetonbau, 2021, DOI: 10.1002/best.202100061).

Localizare

Dezvoltarea și validarea au fost realizate în Germania:

- Partener pentru producția prefabricatelor: EUDUR-Bau GmbH, Herzebrock-Clarholz.
- Încercări la scară reală: Technische Universität Dortmund, laboratoarele de inginerie structurală.

Domeniu și obiective

Domeniu:

- Optimizarea structurală a unui element prefabricat de perete pentru barieră fonică.
- Integrarea variantei HTC a armăturii textile din carbon Hitexbau.
- Dezvoltarea unei secțiuni eficiente în formă de T.
- Încercări de încărcare la scară mare (deschidere de 4,85 m).

- Evaluarea reducerii consumului de materiale și a emisiilor de CO₂.

Obiective:

- Minimizarea volumului de beton.
- Eliminarea armăturii din oțel și a riscului de coroziune.
- Menținerea capacității structurale sub încărcarea din vânt.
- Posibilitatea extinderii prefabricării la scară industrială.
- Reducerea emisiilor de CO₂ încorporate.

Metode și materiale

1. Conceptul structural de consolidare

Panoul fonoabsorbant optimizat utilizează o secțiune portantă în formă de T pentru a crește eficiența la încovoiere și a minimiza consumul de materiale.

Parametri geometrici principali:

- Grosimea plăcii: 20 mm.
- Lățimea inimii: 50 mm.
- Înălțimea elementului: 1,50 m.
- Deschiderea la încercare: 4,85 m.

Placa subțire din TRC funcționează ca talpă principală la încovoiere, iar inima asigură transmiterea forfecării și rigiditatea.

Acțiunile determinante pentru proiectarea panoului includ:

- Greutatea proprie.
- Presiunea și suucțiunea din vânt.
- Încărcările aerodinamice generate de trafic.

Acțiunea vântului este, în mod obișnuit, cazul de încărcare determinant pentru instalările pe autostrăzi.

2. Materiale

Sistemul de armare combină armătura textilă și armătura nemetalică sub formă de bare:

- Armătură textilă principală: HITEXBAU HTC 20/50-80-T.
- Armătură textilă pentru forfecare: HITEXBAU HTC 50/50-80.
- Armătură suplimentară: bare GFRP de Ø 12 mm.

Sistemul de armare nemetalică permite:

- Acoperire redusă cu beton.
- Control îmbunătățit al deschiderii fisurilor.
- Durabilitate fără coroziune.
- Rezistență pe termen lung în medii de infrastructură expuse.

3. Validare experimentală

Au fost efectuate încercări la încovoiere la scară reală pe elemente cu deschiderea de 4,85 m.

Programul experimental a validat:

- Capacitatea portantă ultimă.
- Comportarea la dezvoltarea fisurilor.

- Rigiditatea și performanța în ceea ce privește deformațiile.
- Adecvarea pentru producția prefabricată.

Rezultatele au confirmat că o performanță structurală comparabilă cu cea a elementelor convenționale armate cu oțel poate fi obținută cu un consum de materiale semnificativ redus.

Execuție

Procesul de dezvoltare a urmat etape structurate:

1. Analiză structurală și optimizarea secțiunii.
2. Fabricarea prototipurilor în unitatea de prefabricare.
3. Integrarea textilelor din carbon HITEXBAU și a barelor GFRP.
4. Turnarea controlată a secțiunilor subțiri din TRC.
5. Încercări structurale de încărcare la scară reală.
6. Evaluarea performanței și îmbunătățirea proiectării.

Accentul a fost pus pe echilibrul dintre performanța mecanică, posibilitatea de fabricație și sustenabilitate.

Provocări și soluții

Eficiența utilizării materialelor

Provocare: reducerea consumului de materiale, menținând integritatea structurală.

Soluție: geometrie în formă de T combinată cu textile performante din carbon.

Eliminarea coroziunii

Provocare: evitarea degradării pe termen lung provocate de coroziunea oțelului.

Soluție: sistem de armare integral nemetalic (textile din carbon + GFRP).

Verificare structurală

Provocare: demonstrarea echivalenței performanței la scară reală.

Soluție: încercări la încovoiere cu deschiderea de 4,85 m, în condiții de laborator.

Extindere la scară industrială

Provocare: asigurarea compatibilității cu procesele existente de producție a prefabricatelor.

Soluție: fabricarea prototipurilor și adaptarea iterativă a proiectului.

Rezultate

Reducerea consumului de materiale

- Volumul de beton redus la 34% din cel al unui element comparabil din beton armat cu oțel.
- Emisiile de CO₂ asociate cimentului reduse la 58% din cele ale soluției convenționale.

Performanță structurală

- Capacitate portantă la încovoiere validată.
- Dezvoltare controlată a fisurilor.
- Raport eficient între rigiditate și greutate.

Impact asupra sustenabilității

Panoul fonoabsorbant din TRC demonstrează că armătura textilă din carbon poate reduce semnificativ emisiile de carbon încorporate în infrastructura de transport, fără a compromite performanța structurală.

Concluzie

Dezvoltarea acestui panou fonoabsorbant din TRC pentru autostradă, cu utilizare optimizată a resurselor, confirmă avantajele tehnice și ecologice ale înlocuirii armăturii din oțel cu textile din carbon HITEXBAU în elementele prefabricate de infrastructură.

Prin combinarea:

- Unei secțiuni în formă de T, eficiente structural.
- Secțiunilor subțiri de placă din TRC, de 20 mm.
- Armăturii nemetalice.
- Prefabricării industriale.

proiectul a obținut reduceri substanțiale ale volumului de beton și ale emisiilor de CO₂, menținând fiabilitatea mecanică.

Acest caz stabilește betonul armat textil ca alternativă fără coroziune, care poate fi extinsă la scară mare, pentru noua generație de sisteme de bariere fonice pentru autostrăzi.

