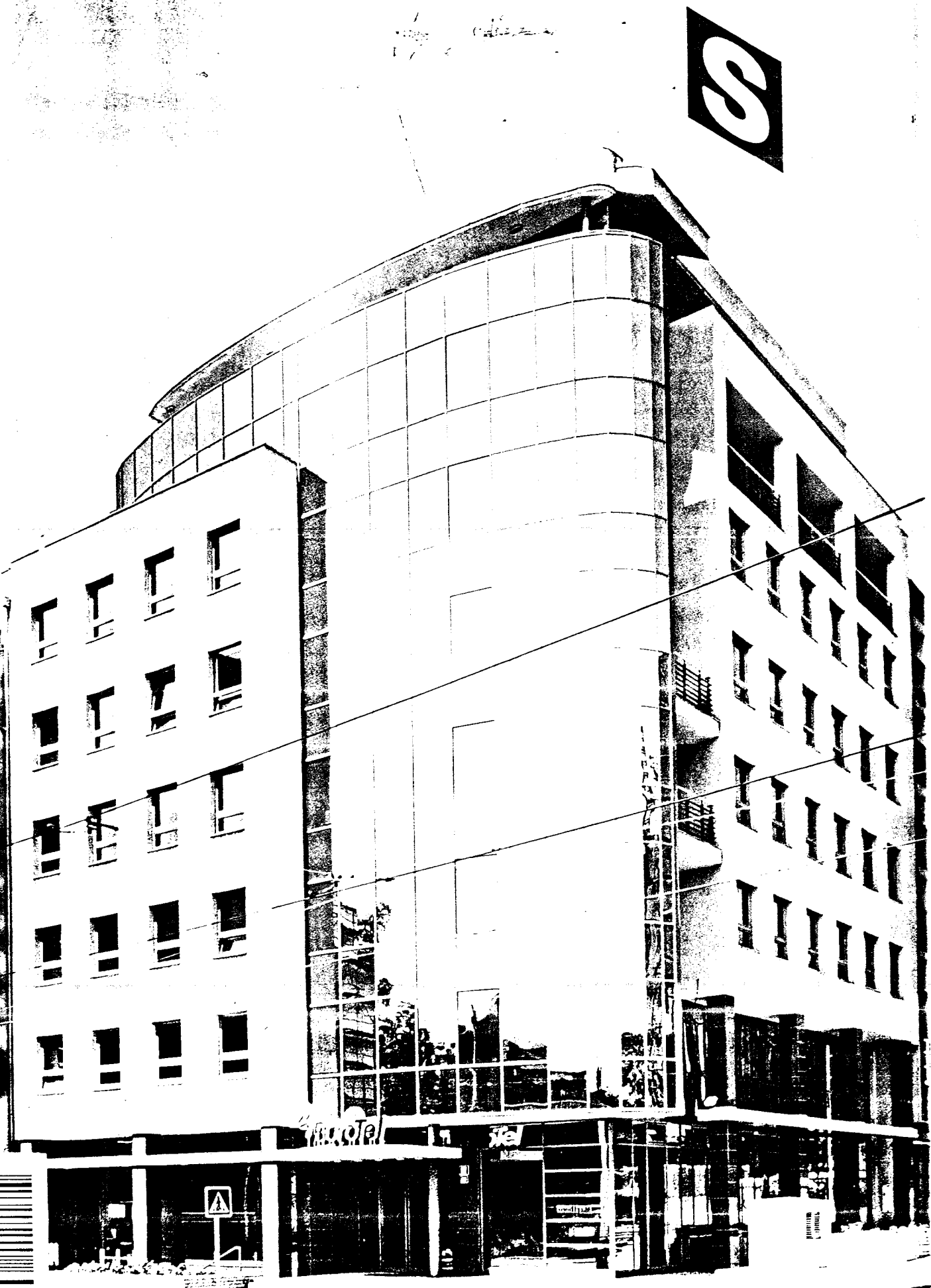


STAVĚBNICTVÍ A INTERIÉR





Stavění, rekonstrukce a výrobky

Profesionálně

COMING spol. s r.o., Nad Kaminkou 1267, 156 00 Praha 5 - Zbraslav, tel.: 02/579 216 14-15, fax: 02/579 217 42

e-mail: coming@coming.cz; http://www.coming.cz

Inženýrská firma A. Barta, Ústí

Architektura

PRAHA
s.r.o.
COMING

Potenciální užití polymerbetonu pro dlouhodobé uložení nízkoreaktivních nukleárních odpadů

Potřeba nalézt vhodné kontejnery pro uložení radioaktivních odpadů z jiných zdrojů než jsou velké produkční jednotky jako elektrárny, ponorky či součásti jaderných zbraňových systémů je stále silnější. Tato potřeba se rozšířila do oblastí, které byly dosud považovány za relativně bezproblémové, jako nemocniční a klinické aplikace. Nyní však, s rostoucím užitím radioaktivních materiálů v různých léčebných procesech, se běžné prostředky, takové jako rukavice, gázové tkaniny (obvazy), kontejnery, hadice atd., stávají rostoucím nebezpečím. Tento článek je přehledem některých současných inovačních prací ve vývoji transportovatelných a praktických kontejnerů, které využívají jedinečných vlastností polymerbetonů.

Historie

Beton (concrete) znamená jakoukoli hmotu složenou z částic a solidifikovanou (z latiny *concretus* znamená »srůst dohromady«). Ačkoliv polymery byly známy v mnoha formách před rokem 1957, bylo přidávání plnicích materiálů do polymerů užito hlavně ke zvětšení objemu pryskyřice a zlevnění výrobku. Filozofie užít pryskyřice pouze jako pojiva, podobné cementu, však nenapadla do té doby nikoho, kdo vytvářel konečný výrobek. Německý chemický gigant, Bayer, zaklepal na dveře této teorie počátkem 50tých let, ale ceny organických pryskyřic neumožnily rozsáhlé praktické aplikace. V pozdních 50. letech výrobci pryskyřic rozšířili své kapacity, ale velká recese v té době způsobila menší odbyt než se předpokládalo a tím i snížení cen. To byl právě okamžik, kdy ke splnění plánů bylo možno využít výhody levnějších organických pojiv (kolem 1/5 původních cen). Plán přerostl do vývoje a úspěšně nabídky stavebních výrobků ze skutečného polymerbetonu.

Skutečný polymerbeton (PC - Polymer Concrete) je hybridní stavební výrobek, sofistikovaná kombinace současné technologie tvorby betonu z hydratovaného cementu a modernější technologie polymerní chemie. Křemičitany (SiO_2), jeho sloučeniny a kámen jsou spojeny dohromady monomerem (pryskyřicí) a pak polymerizovány (vytvrzeny), vytvářejíce tak tuhou hmotu, jakoby beton. Tento relativně nový kompozitní materiál je nyní uvažován pro užití ke skladování nukleárních

odpadů; konkrétně (v současné době) je uvažován k aplikaci pro nízkourovňové odpady (LLW - low level waste).

Materiál

Jde o kompozitní materiál sestávající z granulovaných anorganických plniv pojených dohromady nízkoviskózní organickou pryskyřicí. Obvykle je poměrně hmotnostní množství pryskyřice $\pm 10\%$ k 90% anorganického obsahu. Solidifikace je vyvolána za normální teploty přidáním speciálních iniciátorů v kombinaci s určitými katalyzátory. Polymerbeton neobsahuje žádný cement, tím nemá kapilární porozitu a výsledkem je vysoká nepropustnost. Většinou je považován spíše za velice kvalitní »lepený beton« než za plast. Od materiálů typu plastu se liší tím, že obsahuje minimum organické hmoty a maximalizuje obsah anorganických plniv různého typu a velikostí. To vede k relativně nízké celkové ceně materiálů.

Se stále rostoucím užitím PC ve světě pro řadu aplikací vzniká velké množství různorodých a speciálních formulací. Z počátku se PC užíval pro exteriérové panely budov, které prokázaly svou trvanlivost v široce proměnných klimatických podmínkách přes 35 let. Existuje mnoho instalací od horkých klimat jižní Floridy do mrazivých zón Aljašky, které ukazují nepatrné, pokud vůbec nějaké poškození. Podzemní klenby, kabelové trasy a transformátorové základny jsou navrženy a užívány přes dvacet pět let v různých odvětvích průmyslu.

Polymerbetonové bezespáré podlahoviny i do nejtěžších průmyslových pro-

vozů při současném zachování estetického vzhledu bezkonkurenčně předčí dosavadní povrchové úpravy. Syntetický kámen charakteru např. pražské chodníkové mozaiky, stejně jako silniční obrubníky, kanálové vyrovnávací prstence a další prvky nasazené v těžkých exteriérových podmínkách měst, slouží bez známek poruch více než 17 let.

Polymerbetonové dálniční příslušenství, jako dálniční ohrazení, přepážky a obrubníky se nyní užívají pro jejich jedinečné vlastnosti v trase, na mostech a v tunelech. Speciálně formulované a vhodně vyráběné vysokovoltážní elektrické izolátory z PC jsou nyní užívány i pro vyšší úrovně voltáže (až do 138 kV). Z tohoto hlediska musí být poznamenáno, že má-li PC správně fungovat jako izolátor trvale bez změny vlastností, musí být extrémně nepropustný pro vlhkost v jakékoli formě. V posledních dvou dekadách v důsledku výzkumného úsilí několika hlavních elektrotechnických společností stejně jako výzkumných ústavů např. EPRI (Electrical Power Research Institut v USA) je nyní k dispozici značné množství informací o dielektrických druzích PC.

Všechny předchozí poznatky mohou být výhodně využity k formulaci materiálů, který by měl být užít pro LLW kontejnery. Mohou tím být též dosaženy i značné ekonomické výhody.

Anorganická složka

Pokud jde o anorganickou složku obvykle jsou použity v PC vyvřelinové šterky spolu s několika frakcemi jemných inertních plniv. Do kompozitu jsou často vkládány hutný čedič, křemičitý diorit a žuly, které mají součinitel nepropustnosti 10^{12} až 10^{19} cm/sec. Dále se používají k zajištění unikátních funkcí, jako např. dobré chemické vazby mezi anorganickými a organickými složkami, vhodné silanové přísady.

Výztuže

K dalšímu zvýšení celkové pevnosti konečného produktu mohou být přidána

sekaná skleněná vlákna, skleněný roving, skleněné nebo kovové výztužné pruty nebo Kevlarové (aramidové) vlákno.

Různé přístupy

Jak bylo řečeno, v aplikacích pro nukleární odpady mohou být použity vhodné, speciálně formulované pryskyřice, které mají vysokou odolnost proti radiaci po žádanou dobu životnosti systému. Např. velmi odolný radiaci je příčně zesíťovaný nenasycený polyester. Spolu s vyvřelinovým štěrkem může být takový systém považován za bezpečně vyhovující pro 300 leté požadavky na LLW systémy. Ovšem k výrobě PC v různých podmínkách mohou být užity i některé další polymery, např. epoxidy, vinylestery, isokyanáty a močovinoformaldehydy, lišící se v ceně, fyzikálních, chemických a životnostních charakteristikách a zejména pak furfurylalkoholové pryskyřice a obdobné systémy na furanové bázi.

Pracovníci

Měli by být nasazeni pouze pracovníci zkušení v užití, zacházení a výrobě polymerbetonových produktů. Z důvodu striktních kvalitativních, fyzikálních a chemických požadavků (standardů) pro konečné výrobky, musí být zajištěna komplexní školicí procedura, aby zaměstnanci z normální výroby byli zbaveni chybných návyků a aby nebylo zapotřebí přísného a trvalého dohledu techniků.

Zkoušení

Obecné mechanické vlastnosti PC jsou:

- tlaková pevnost ± 140 MPa
- tahová pevnost (v příčném tahu) ± 25 MPa
- ohybová pevnost ± 35 MPa
- ohybová pevnost s výztuží ± 70 MPa
- Yongův modul v tlaku $\pm 35\ 000$ MPa

Dále je uvedeno několik žádaných zkoušek, které zabezpečí certifikaci relativně malých kontejnerů pro uložení nukleárních odpadů.

1. Zkouška zkrápění vodou - k simulaci dešťových srážek 50 mm/hod. je vzorek zkrápěn ze čtyř směrů po dobu jedné hodiny před každou z následujících zkoušek 2, 3, 4.

2. Zkouška volným pádem - to je míněno k simulaci možného maximálního porušení při spadnutí jednotky na nepoddajný povrch z výšky minimálně 120 cm

takovým způsobem, aby byla namáhána nejvíce nejslabší část kontejneru.

3. Tlaková zkouška - tato zkouška trvá 24 hod. přičemž kontejner je namáhán tlakem 70 MPa, působícím na vršek a spodek kontejneru.

4. Zkouška průraznosti - kontejner bude umístěn horizontálně na rovný nepoddajný povrch a tyč o průměru 32 mm o hmotnosti 6 kg s hemisférickým zakončením spadne z výšky min. 100 cm na jeho střed.

5. Kontejner vyzkoušený podle bodů 2, 3 a 4 bude naplněn betonovými předvyrobenými prvky do 3/4 výšky kontejneru a zbytek prostoru o 1/4 výšky bude vyplněn suchým cementem.

6. Teplotní zkouška - kontejner bude vystaven teplotě -40°C po dobu 24 hod. a po periodě 24 hod. tání bude exponován na 70°C po dalších 24 hod.

7. Vibrační zkouška - skutečná akcelerační, vibrační a vibračně rezonanční zkouška bude provedena na úseku 160 km »hrbolaté silnice« umístěním kontejneru na podlahu nákladního auta tak, aby to simulovalo reálné dopravní podmínky.

8. Zkouška v redukované atmosféře - kontejner se umístí do přístroje, kde bude redukována atmosféra na 0,25 MPa a udržována po dobu 10 min.

Speciální prvotní zkouška

Zkouška, která je pravděpodobně nejvíce vypovídající o vhodnosti pro uložení LLW je tzv. louhovací zkouška. Louhovací zkouška je provedena obalným tělesem z radioaktivního cementového odpadu, obsahujícího radionuklidy, polymerbetonem. To bude ponořeno na dobu 14 dní a bude sledováno podle speciálních postupů popsanych v příslušných standardech. Žádný vzorek vyluhu v sedmi stanovených intervalech nesmí vykazat aktivitu výrazně vyšší než byla výchozí hodnota; pro Cesium - Cs_{137} toto vede k tzv. louhovacímu indexu převyšujícím 13,0 při stanovené minimální úrovni detekce. Doba louhování by měla být stanovená (příp. prodloužena) tak, aby bylo jisté, že ani malá aktivita nezůstane nedetekována. **Konečný výsledek musí prokázat, že během zkoušky nevznikla žádná cesta pro průnik vody.**

Podle v současnosti provedených zkušebních studií americké certifikované laboratoře, čtvercový PC kontejner přibližně 61 x 61 x 91 cm s tloušťkou $\pm 3,5$ cm podstoupil všechny tyto popsané zkoušky

a prošel s takovou lehkostí, že může být uvažován i pro uskladnění nukleárního odpadu střední úrovně.

Jiné metody

Jedno z potenciálních užití polymeru nepopisované v tomto článku, ale jistě považované za alternativní postup, je solidifikace/stabilizace obalených nebezpečných odpadů. V tomto postupu se tuhý odpad užije jako plnivový materiál. Takto může být skladován nebo uložen podle povolených podmínek jako polymerbetonový tuhý prvek libovolného tvaru.

Užití

Zdá se, že s vysokou pevností, chemickou odolností, nízkou propustností a se schopností odolávat vysoké radiaci do potřebné úrovně pro systémy odpadového hospodářství, skýtá PC přímo královské možnosti pro některé užitečné oblasti aplikací jako:

- vysoce integrované opláštění kontejnerů, v současnosti vyráběných z jiných materiálů, jako např. beton z portlandského cementu a kovové sudy,
- stěnové obložení základů velkých podzemních skládek,
- svislé pilotové stěny k zastavení transportu podzemní vody ze skladových prostor do blízkých řek a jezer,
- kompletní vysoce integrované kontejnery vyrobené z PC,
- cesta k solidifikaci odpadů,
- dielektrické přepážky pro kovové kontejnery k zabránění toku korozních proudů,
- předvyrobené, modulově skladovatelné, neuzavřené kontejnery pro odpady v systémech skladovacích zařízení.

Závěrem je nutné konstatovat, že polymerbeton jakožto materiál, který skýtá všechny potřebné atributy dalšího vývoje nejméně pro skladování nukleárních odpadů nízké úrovně, a jako materiál značně předčící konvenční beton z portlandského cementu, zvláště pokud jde o nepropustnost a korozní odolnost, zaslouží víc a bezprostřední pozornosti pro takové užití. Ačkoli v kilogramovém vyjádření PC je tři až pět krát dražší než nejkvalitnější konvenční cementový beton, jeho lepší vzhled, technické vlastnosti, rychlá výroba, relativně menší váha a účinnější schopnost uskladnění může dát vyšší stupeň jistoty v celém cyklu životnosti podle daných předpisů pro skladování. □

