



BUDOWA NOWEGO TERMINAŁA LOTNISKA PROKOFIEWA W DONIECKU

SINYAKIN A.G.

Katedra Mechaniki i Technologii Materiałów i Wytrobów Budowlanych Uniwersytet
Budownictwa i Architektury w Charkowie

PANCHENKO A.W.

Sika Ukraina

IVANITSKY J.L.

Fizyko-Mechaniczny Instytut – Akademia Nauk Ukrainy im. G.W. Karpenka.

TARNOPOLSKY D.I.

Mostprojekt

SOBKO J.M.

Politechnika Lwowska

Słowa kluczowe: terminal lotniska, konstrukcje, Donieck

Relacje z obrony „Nowego” Terminala Lotniska Prokofiewa w Doniecku ukazały się we wszystkich stacjach telewizyjnych oraz w Internecie na całym świecie. Obrońcy Terminala w Doniecku opuścili Lotnisko dopiero po wielu dniach ostrzału z ciężkiej artylerii i wybuchu, który całkowicie zniszczył konstrukcję obiektu. Niniejszy artykuł na temat doświadczeń z projektowania i budowy Nowego Terminala autorzy poświęcają pamięci Bohaterów Obrony Lotniska.

Głównym Projektantem Terminala było Biuro „SREDA” z Doniecka. Część prac projektowych, tj. projekt estakady dojazdowej wykonała firma „Most-Proekt” z Kijowa.

Celem było zaprojektowanie i wybudowanie nowoczesnego, komfortowego dla pasażerów i personelu Lotnika klasy Premium.

Jednym z problemów, jakie napotkali projektanci był fakt, iż konstrukcja nośna miała być posadowiona na słabonośnych gruntach i wyrobiskach. Pod nowoprojektowaną konstrukcją mogły znajdować się stare kopalnie i sztolnie, a także inne wyrobiska, co mogłoby doprowadzić do nadmiernego osiadania fundamentów jak i całej konstrukcji.

Biorąc pod uwagę powyższe zdecydowano się na stworzenie konstrukcji szkieletowej żelbetowo – stalowej, co pozwoliło połączyć prostotę i elegancję elementów stalowych z maszynowymi elementami żelbetowymi.

Elewacja budynku wykonana została z płyt mocowanych do konstrukcji przy pomocy systemu SikaTack® Panel System. Dach wykonano z membrany TPO Sarnafil® TS 77-15. Do budowy betonowych elementów estakady dojazdowej użyto domieszek Sika.

Przy projektowaniu Terminala w Doniecku ściśle ze sobą współpracowali specjaliści wymienionych wyżej Biur Projektowych ze technologami z firmy Sika. Wszyscy korzystali z doświadczeń zdobytych przy budowach i remontach różnych obiektów na całym świecie.

Podczas budowy wiaduktu sąsiadującego z budynkiem Lotniska w Doniecku opracowane zostały „Zalecenia dot. budowy monolitycznych konstrukcji mostowych”, w których określono właściwości i parametry poszczególnych składników betonu jak i gotowej mieszanki betonowej oraz wytyczne odnośnie pielęgnacji świeżego betonu.

Zalecenia opracowano w celu określenia parametrów składników mieszanki betonowej optymalizacji jej składu, a także w celu poprawy jakości prac związanych z betonowaniem konstrukcji. Ważnym aspektem prac była ocena możliwości prognozowania temperatury i różnic temperatur występujących w procesie wiązania wielkogabarytowych elementów betonowych. Mieszanka betonowa dostarczana na budowę prześła wiaduktu miała odpowiadać następującym parametrom: B40, P4, F200, W6 zgodnie z Państwowym Standardem DSTU B.V. 2.7-96.

Poniżej podano parametry betonu dla pozostałych konstrukcji:

- P-4 konsystencja (opad stożka wg Państwowej normy DSTU B.V.2.7-96.) mieszanki podawanej do pompy, przy zastosowaniu wysokoefektywnych domieszek powinna zawierać się w granicach 16–23 cm (opad stożka), przy zachowaniu $W/C \leq 0,4$;
- napowietrzenie $4,5 \pm 1,5$ %;
- średnia gęstość 2350 ± 30 kg/m³ ;
- temperatura mieszanki betonowej w momencie rozładunku na budowie (z kontenera) nie powinna być wyższa niż +25 °C.

Do produkcji betonu stosowano cementy ogólnego zastosowania zgodnie z Państwową normą DSTU B.V.2.7-96., ASTM C150 – typ I, II (ГОСТ 10178-85, GOST (stary radziecki standard) 22236-85, GOST 22237-85); do produkcji betonu klasy B25-40 stosowano cementy PC (cement portlandzki, dalej PC) I-500H, PC II/A-400, SSPC-400D20, (cement portlandzki, odporny na siarczany, dalej SSPC produkcji HEIDELBERG CEMENT, miasto Amwrosijewka, Ukraina.

Zastosowanie domieszek chemicznych zarówno w warunkach temperatur normalnych jak i podwyższonych wpływa na początek wiązania cementu, dlatego też ich zastosowanie pozwala na znaczne wydłużenie czasu transportu, układania i zagęszczania mieszanki betonowej. Jednakże w takich przypadkach należy zwrócić szczególną uwagę na pielęgnację betonu szczególnie w początkowej fazie.

Zastosowanie kombinacji domieszek: SikaPlast® + SikaRatarder® + Sika®Mix Plus pozwala na produkcję wysokowytrzymałościowych betonów w różnych warunkach temperaturowych, co zostało sprawdzone na wielu budowach również na Ukrainie: Nowa Arka, Czarnobyl, Wiadukt na lotnisku w Boryspolu. Użycie wymienionej powyżej kombinacji domieszek przy odpowiednim doborze składu mieszanki betonowej pozwala na uzyskanie wysokowartościowych betonów w wielkogabarytowych konstrukcjach dzięki efektywnemu działaniu: superplastyfikatora SikaPlast® pozwalającemu na redukcję wody, zastosowaniu opóźniacza początku wiązania cementu SikaRatarder® i domieszki Sika®Mix Plus dla utrzymania zadanego napowietrzenia betonu $4,5 \pm 1,5$ %.

Zastosowanie domieszek Sika pozwoliło na zredukowanie ilości cementu o 25–30% przy zachowaniu pozostałych parametrów, co z kolei wpłynęło na zmniejszenie ilości wydzielanego w procesie wiązania cementu ciepła a w konsekwencji na redukcję naprężeń termicznych i rys skurczowych.

Zastosowanie opisanej technologii jest możliwe przy zachowaniu odpowiedniego reżimu technologicznego, dokładnemu dozowaniu domieszek i wstępnym wykonaniu badań laboratoryjnych i polowych z zadaniem składem mieszanki betonowej.

W procesie betonowania niedopuszczalne są przerwy technologiczne dłuższe niż 45 minut, konieczne jest dokładne zawibrowanie betonu we wszystkich przekrojach konstrukcji. Po zakończeniu betonowania i wyrównaniu powierzchni wymagana jest odpowiednia pielęgnacja świeżego betonu poprzez przykrycie polietylenową folią na okres 3–7 dni w zależności od temperatury betonu.



Fot. 1. Przykład pielęgnacji świeżego betonu w elementach pionowych

Duże doświadczenia z zastosowaniem cementów portlandzkich żuźlowych, cementów z dodatkami mineralnymi PC II/A-400, PC II/B-400 i CPZ III/A-400 (cement portlandzki żuźlowy, dalej CPZ) w połączeniu z stosowaniem efektywnych domieszek chemicznych i zastosowaniem odpowiednich procesów technologicznych zabezpieczających określone warunki temperaturowo-wilgotnościowe podczas procesu wiązania, pozwalają wyciągnąć wniosek, iż technicznie możliwe jest znaczące obniżenie kosztów produkcji wysokowartościowych betonów.

Dzięki obniżeniu współczynnika W/C możliwa jest produkcja betonów klasy B40 i wyższych przy zastosowaniu kruszywa niskiej jakości i zwykłych cementów. Możliwa jest również produkcja mieszanek samozagęszczalnych przy relatywnie niewielkim dozowaniu cementu.

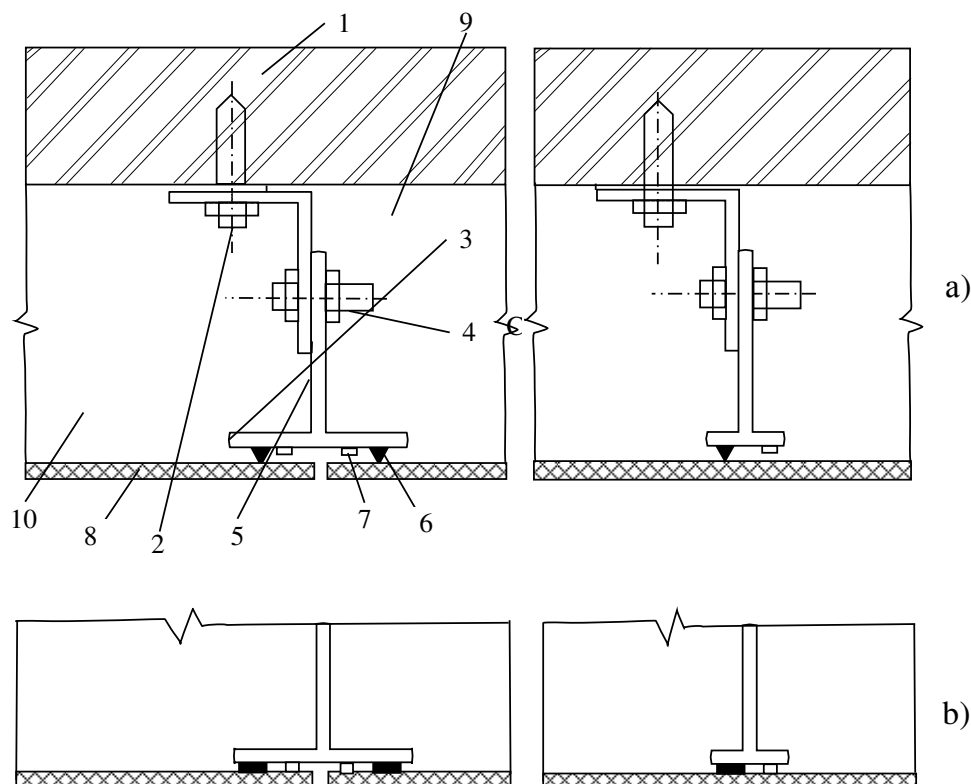
W projekcie zaproponowano nowy sposób mocowania paneli elewacyjnych. Montaż płyt elewacyjnych do ścian wewnętrznych lub zewnętrznych wykonano za pomocą połączenia klejowego systemu SikaTack®-Panel System (rys. 1) przy użyciu jednokomponentowego kleju poliuretanowego SikaTack®-Panel. Proponowany system montażu eliminuje koncentrację naprężeń, nadmierne odkształcenia a także zabezpiecza połączenia.

W skład Systemu SikaTack®-Panel wchodzi poliuretanowy klej SikaTack®-Panel, taśma dwustronna SikaTack®-Panel Fixing Tape która czasowo mocuje elementy elewacyjne do pełnej polimeryzacji kleju oraz materiałów uzupełniających służących do wstępnej obróbki klejonych powierzchni. System SikaTack®-Panel pozwala na niewidoczne mocowanie paneli elewacyjnych.

Właściwości systemu:

- materiał jednokomponentowym, gotowy do użycia,
- ekonomiczny, szybki montaż,
- jednorodne naprężenia na całej powierzchni paneli,
- odporność na warunki atmosferyczne,
- system mocowania kompensuje przemieszczenia,
- swoboda w projektowaniu elewacji.

- estetyka elewacji, łatwość konserwacji,
- nie zawiera silikonów.



a) początkowy montaż paneli, b) końcowe mocowanie paneli poprzez przyciśnięcie do taśmy dwustronnej, 1 – konstrukcja nośna ściany, 2 – dyble mocujące, 3 – stelaż, 4 – mocowanie profilu do stelaża, 5 – profil naprowadzający, 6 – klej SikaTack®-Panel, 7 – dwustronna taśma klejąca SikaTack®-Panel Fixing Tape, 8 – element elewacji, 9 – izolacja termiczna, 10 – przestrzeń powietrzna.

Rys. 1. Schemat technologiczno-konstrukcyjny prefabrykowanego systemu elewacyjnego z wentylacją

W wyniku działania siły ciężenia w połączeniu klejowym występują naprężenia ścinające τ , natomiast obciążenie wiatrem P wpływa na naprężenia normalne σ (rys. 2).

Obliczenie minimalnej szerokości ścieżki klejowej h_τ od ciężaru własnego paneli – warunek wytrzymałości na ścinanie (1):

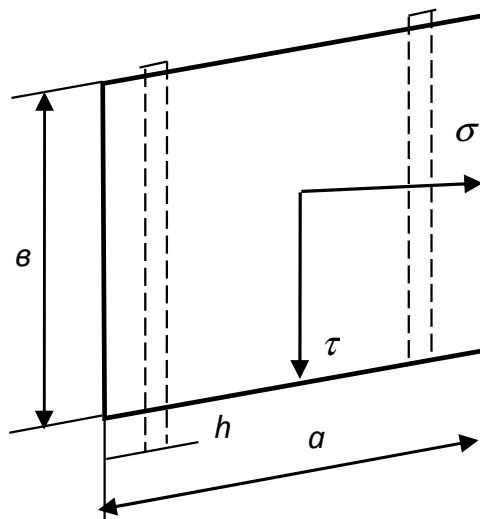
$$h_\tau = \frac{p}{bn\gamma_1\gamma_2\tau_q} \quad (1)$$

gdzie: p – ciężar płyty elewacyjnej, b – wysokość płyty, n – wiązanie, γ_1, γ_2 – współczynnik bezpieczeństwa, τ_q – dopuszczalne naprężenia ścinające w warstwie klejowej.

Obliczenie minimalnej szerokości warstwy kleju h_σ od obciążenia wiatrem (2):

$$h_\sigma = \frac{W \cdot a}{n \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \sigma_q} \quad (2)$$

gdzie: W – maksymalne obciążenie wiatrem, a – szerokość paneli, σ_q – dopuszczalne naprężenia normalne w warstwie klejowej



Rys. 2. Schemat obliczeniowy połączenia SikaTack®-Panel

Obliczenie minimalnej szerokości połączenia klejowego od ciężaru własnego paneli i obciążenia wiatrem (3):

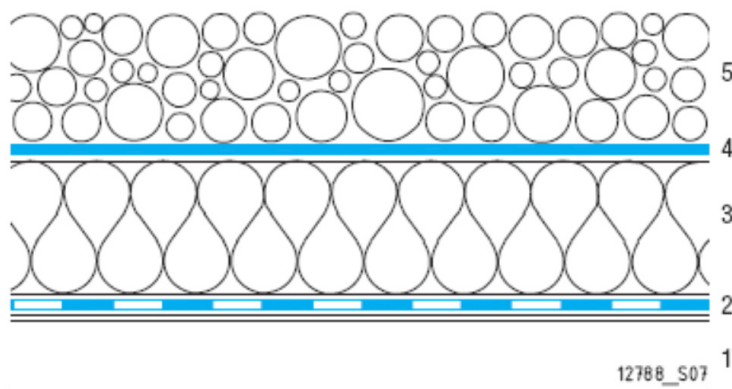
$$h_{*} = \max \left\{ \frac{1}{2} \left[h_{\sigma} + \sqrt{h_{\sigma}^2 + 4 \left(\frac{\tau_q}{\sigma_q} \right)^2 h_{\tau}^2} \right], \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\sigma_q}{\tau_q} \right)^2 h_{\sigma} + 4 h_{\tau}^2} \right\} \quad (3)$$

Obliczenie rozszerzalności termicznej połączenia klejowego (4):

$$\Delta l = \Delta T \times (\alpha_c - \alpha_n) \cdot \sqrt{(0,5a)^2 + (0,5b)^2} \quad (4)$$

gdzie: ΔT – maksymalna różnica temperatur, α_n – współczynnik rozszerzalności cieplnej paneli, α_c – współczynnik rozszerzalności cieplnej ściany.

Zgodnie z rekomendacjami firmy Sika wykonano również hydroizolację dachu Terminala w technologii membrany TPO. Przekrój przez warstwy dachowe przedstawiono na rysunku 3.



1 – warstwa nośna: blacha trapezowa, 2 – paroizolacja, 3 – wełna mineralna 220 mm (160 kg/m³), 4 – membrana dachowa TPO Sarnafil® TS 77-15, 5 – warstwa balastowa 50 mm

Rys. 3. Przekrój przez warstwy dachowe

W związku z podwyższonymi wymaganiami ppoż. na dachu zaprojektowano warstwę zabezpieczającą ze żwiru o gr. 50 mm.

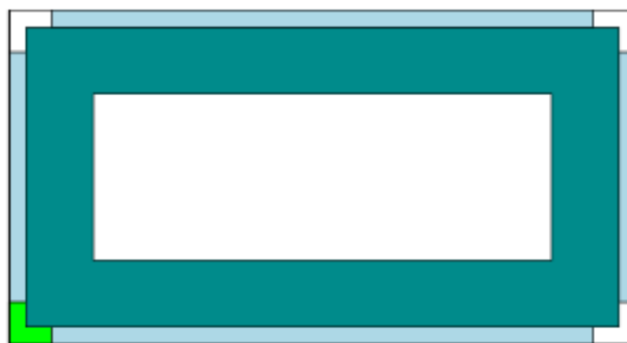
W celu optymalizacji gabarytów konstrukcji ramy żelbetowej i fundamentów przyjęto koncepcję izolacji dachu z membraną układaną swobodnie z mocowaniem mechanicznym (obciążenie wiatrem) z dodatkową warstwą balastową o gr. 50 mm ze żwiru dla zwiększenia bezpieczeństwa przeciw pożarowego.

Obliczenie systemu mocowania mechanicznego wykonane zostało w systemie Sika Jet Stream 4.1. Dynamiczne obciążenie wiatrem wg. Eurocode EN-1991-1-4(2005) obliczono według wzoru (5):

$$w(h) = 1,5q(h) \cdot (cPe + cPi) \quad (5)$$

gdzie: 1,5 – współczynnik bezpieczeństwa, $g(h)$ – obciążenie wiatrem [kN/m], cPe , cPi – współczynnik ciśnienia wewnętrzznego i zewnętrznego.

W wyniku wykonanych obliczeń otrzymano optymalny schemat mocowania mechanicznego z podziałem na strefy wynikające z obciążenia wiatrem (rys. 4).



Rys. 4. Schemat stref wiatrowych na dachu

Należy nadmienić iż do izolacji dachu Terminala Lotniska w Doniecku użyto ponad 25 500 m² ekologicznej membrany TPO o wysokiej jakości Sarnafil® TS 77-15. Był to największy na świecie projekt firmy Sika z zastosowaniem tego typu membrany izolacyjnej do pokrycia dachu na obiektach lotniskowych.

Podsumowanie

Lotnisko w Doniecku zaprojektowane zostało według najnowszych technologii i wybudowane przy użyciu materiałów najwyższej jakości. Miało służyć pasażerom przez wiele lat. Niestety korzystaliśmy z niego tylko trzy lata. W wyniku działań wojennych lotnisko w Doniecku zostało całkowicie zniszczone w styczniu 2015 r.

CONSTRUCTION OF A NEW TERMINAL IN DONETSK SERGEY PROKOFIEV INTERNATIONAL AIRPORT

Keywords: airport terminal, construction, Donetsk.