

Author:
Michał Kociniak, M.Sc. Eng.

Doctoral dissertation on:
**„ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF REINFORCED CONCRETE TOWER STRUCTURES
RESULTING FROM THE THERMAL ACTIONS”**

Supervisor

dr hab. inż. Marek Lechman, prof. ITB

Co-supervisor

dr inż. Robert Geryło

ABSTRACT

The thesis is aimed at presenting reinforced concrete tower structures. Examples of such structures are industrial chimneys, telecommunication towers, lookout towers, cooling towers, solar towers, and others. The structures under consideration are subject to thermal actions of different nature. These include insolation (uneven sun exposure) and temperature difference occurring along the thickness of the tower wall. The influence of insolation on the behaviour of tower-type reinforced concrete structures has not yet been sufficiently recognised. This phenomenon affects structures located at all latitudes. The observations made show that insolation causes additional deflection of tower shells. The aim of this study is to determine the scale of this phenomenon and to determine what order of deformation is to be expected. For this purpose, field tests were carried out on two tower structures together with measurements of their displacements depending on the sun operation. The results of the measurements were compared with measurements made by other authors in their works. On this basis, an analytical model for determining the magnitude of insolation displacements at a given temperature difference between the sunlit and the shaded side was determined.

The second problem addressed in the thesis is the response of tower structures with circular cross-sections to the occurrence of thermal shock. Such situations may occur, for example, in case of failure of a flue gas desulphurisation system working with an industrial chimney or in case of sudden cooling of the chimney shell caused by failure of a power unit. The heat flow in the tower wall is then of a transient character, which means that it is time-dependent. This results in non-linear temperature distributions across the section thickness. This affects the distribution of thermal strains and, consequently, the distribution of stresses and internal forces. The paper solves the problem of unsteady heat flow and presents a procedure for calculating time-dependent temperature fields. The procedure of calculating deformations and stresses in the cross-section for a constant temperature gradient and a non-linear temperature distribution is then presented. The solution to the problem for both cases is compared. In addition, a numerical analysis of the stress distribution and the resulting bending moments from the temperature was performed. The analysis compares models with a linear temperature distribution and a nonlinear distribution as a consequence of transient heat flow. In addition, the effects of parameters such as the strain-stress model of concrete (linear-elastic, parabolic-rectangular and non-linear), concrete class, reinforcement ratio, and the impact of element thickness on the distribution and magnitude of internal stresses and forces were taken into account. In conclusion, the effects of individual models and parameters on the calculation results were determined.

KEY WORDS: reinforced concrete towers, chimneys, transient heat flow, insolation, temperature moment

Michał Kociniak

Autor:
Michał Kociniak, mgr inż.

Rozprawa doktorska:
**„ANALIZA ZACHOWANIA SIĘ ŻELBETOWYCH KONSTRUKCJI WIEŻOWYCH W
WYNIKU ODDZIAŁYWAŃ TERMICZNYCH”**

Promotor
dr hab. inż. Marek Lechman, prof. ITB

Promotor pomocniczy
dr inż. Robert Geryło

STRESZCZENIE

Przedmiotem niniejszej pracy są żelbetowe konstrukcje wieżowe. Przykładami tego rodzaju konstrukcji są kominy przemysłowe, wieże telekomunikacyjne, wieże widokowe, chłodnie kominowe, wieże solarne itp. Rozpatrywane konstrukcje podlegają oddziaływaniom termicznym o różnym charakterze. Należą do nich insolacja (nierównomierne nasłonecznienie) oraz różnica temperatur występująca na grubości ściany wieży. Wpływ insolacji na zachowanie się konstrukcji żelbetowych typu wieżowego nie został jak dotąd dostatecznie rozpoznany. Zjawisko to dotyczy obiektów zlokalizowanych pod każdą szerokością geograficzną. Z poczynionych obserwacji wynika, że insolacja wywołuje dodatkowe ugięcia trzonów wież. Celem niniejszej pracy jest określenie skali tego zjawiska oraz określenie z jakiego rzędu odkształceniami należy się liczyć. W tym celu wykonano badania w terenie dwóch obiektów wieżowych wraz z dokonaniem pomiaru ich przemieszczeń w zależności od operacji słońca. Wyniki pomiarów porównano z wynikami pomiarów poczynionymi przez innych autorów w ich pracach. Na tej podstawie określono analityczny model dla określenia wielkości przemieszczeń insolacyjnych przy zadanej różnicy temperatury pomiędzy stroną nasłonecznioną i zacienioną.

Drugim problemem podejmowanym w pracy jest odpowiedź konstrukcji wieżowych o przekrojach kołowych na wystąpienie szoku termicznego. Sytuacje takie mają miejsce, np. w przypadku awarii instalacji odsiarczania spalin współpracującej z kominem przemysłowym, bądź w wypadku nagłego schłodzenia powłoki komina, spowodowanego awarią bloku energetycznego. Przepływ ciepła w ścianie wieży ma wówczas charakter niestacjonarny, a więc jest zależny od czasu. Powoduje to powstawanie nieliniowych rozkładów temperatur na grubości przekroju. Ma to wpływ na rozkład odkształceń termicznych i w konsekwencji na rozkład naprężeń i sił wewnętrznych. W ramach pracy rozwiązano zagadnienie niestacjonarnego przepływu ciepła oraz przedstawiono procedurę obliczania pól temperatury w zależności od czasu. Następnie przedstawiono procedurę obliczania odkształceń i naprężeń w przekroju w przypadku stałego gradientu temperatury oraz dla nieliniowego rozkładu temperatury. Porównano sposoby rozwiązania zagadnienia dla obu tych przypadków. Dodatkowo wykonano analizę numeryczną rozkładu naprężeń i powstających momentów zginających od temperatury. Analiza polegała na porównaniu modeli z liniowym rozkładem temperatury oraz rozkładem nieliniowym, będącym konsekwencją niestacjonarnego przepływu ciepła. Dodatkowo uwzględniono wpływ parametrów takich jak model odkształcenie-naprężenie betonu (liniowo-sprężysty, paraboliczno-prostokątny oraz nieliniowy), klasa betonu, stopień zbrojenia przekroju oraz wpływ grubości elementu na rozkład i wielkości naprężeń i sił wewnętrznych. W konkluzjach określono wpływ poszczególnych modeli i parametrów na wyniki obliczeń.

SŁOWA KLUCZOWE: wieże żelbetowe, kominy, niestacjonarny przepływ ciepła, insolacja, moment od temperatury

Michał Kociniak