

温度変化を考慮した建築構造の設計

久木章江/文化女子大学

本PDは、資料に基づき、9月8日(金)9:00-12:00に、約60名の参加を得て開催された。司会は石川孝重(日本女子大学)、副司会是高橋徹(千葉大学)である。

主旨説明

中島秀雄(清水建設) | 建物を取り巻く温度環境を考慮した温度荷重に対する設計のフローを整理した。従来の設計手法との違いとして、構造体温度の算定というファジーな部分を外気温のみでの評価から、日射の影響、熱伝達特性を考慮し、簡易予測法の提案を行ったことを説明した。温度荷重用の設計資料集の構想案も含め、議論を行いたい。

主題解説

1——躯体温度簡易予測法の概要:永田明寛(首都大学東京) | 簡易予測法の必要性和具体的な提案内容についての詳しい説明を行った。温度や日射の基本値、日変動パターンの考え方や設定方法、相当外気温の考え方と評価方法について解説した。

2——外気温、日射量の統計値、構造体温度実測例:久木章江(文化女子大学) | 外気温データを整理し、全国12箇所(札幌、仙台、前橋、東京、長野、新潟、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、那覇)における再現期間100年の値等の統計データを示した。さらに鋼構造を対象とした温度の算定方法を示し、実測値との整合性も含めて説明した。

3——FEMモデルによる簡易予測法の検証と躯体温度の解析:伊藤博夫(伊藤構造環境研究所) | 外気温、相当外気温等の基本データのほか、構造モデルによる躯体温度について説明し、簡易予測法による値を用いて周期定常で解析した結果と、時刻歴を考慮した非定常解析との比較結果を示した。簡易予測法による評価を検証した結果、周期定常解とFEM非定常解はよく対応することがわかった。

4——温度荷重に対する設計例(鉄骨造):長瀬悟(日建設) | 建物頂部のガラス支持鉄骨部材の温度は年変化で60℃近く変動することなどの温度実測事例を紹介しつつ、多スパン架構造物の設計例や立体トラス屋根の設計例を示した。

5——温度荷重に対する設計例(鉄筋コンクリート造):丹羽博則(大林組) | コンクリートの温度特性として、部材断面内の平均的な温度変化が小さく、S造に比べると部材の伸縮は小さい点を踏まえ、「外壁のひび割れ」を対象にFEM解析に基づき検討を行った事例を紹介した。温度によって生じるひび割れは収縮ひび割れとの関係も強く、両者の影響が複合作用することで発生することなどを説明した。

6——建物基礎二重スラブ空間を利用した蓄熱槽の温度荷重解析例:持田哲雄(竹中工務店) | 特殊熱源を持つ構造物の温度荷重の解析例として、建物基礎二重スラブを利用した蓄熱槽を例として、外周に湧水槽を設けた場合とこれを設けない場合について、地下躯体の温度分布性状と温度応力の発生状況を検討した結果を説明した。

討論

温度荷重と地震荷重等の荷重との同時性(組合わせ)をどう考え

るかとの質問に対し、中島(前出)は、温度荷重は常時働いていて地震時にも作用しているので組合わせは考えるべきであること、組合わせ方については小委員会で議論していることを述べた。

さらに、城(北海道大学)は温度荷重の初期値の取り方について、施工期間が長い場合は常時温度が変化しており、その間の応力やひずみはどう考えるべきか、とくにRCのような弾性体でないものについては初期値の設定が重要ではないかと質問した。長瀬(前出)は、鉄骨造の場合は架構が組み上がり、接合部ボルトが本締めされた段階と考えるのが基本であろうと回答した。なお、途中段階は評価しにくいこと、仕上げや空調開始時によっても変わる点など、評価の難しさについても述べた。さらに丹羽(前出)はRC造の場合、クリープの影響も大きく、竣工以後の季節変動も含め、なじみが生じる効果も考えられると解説した。また中島は、温度荷重小委員会においても、基準温度の設定については非常に判断が難しいため検討中であること、建物は断熱材取り付け前に、より条件が厳しいこともあるため検討していくことなど、今後の課題について述べた。

また高橋(前出)は、温度荷重で部材が疲労破壊していて、台風時に被害を受けた事例もあるが、類似した事例の存在も心配される。このような事例を事前に確認することができないかと質問した。林(鹿島建設)は、二次部材の取り付けは温度に対してルーズになっていない場合があるため、変形追従できないディテールで施工される場合がある。このような問題に対してメーカーと共に検討中であることを説明した。

さらに大型化している鉄骨構造でのエキスパンションの考え方や鉄骨の色による温度や吸収率、反射率などの影響について質問があった。前者については、長瀬、中島より、具体的に何mで切るといったクライテリアは定めていないが、設計の自由度を考え、解析等で確認できるようにしていく予定であることが説明された。後者については、永田(前出)より、鉄骨に限らないが日射吸収率は通常0.8程度の値が使われる。色による違いについてもかなりデータはあるが、最近使われるようになってきた高反射塗料(非可視の近赤外域での反射率を高めたもの)のように、単純に色だけでは説明できない材料もあるなどの実状が説明された。

まとめ

林幸雄(鹿島建設) | 温度荷重は1993年度の『建築物荷重指針』の改訂段階においては「その他の荷重」として温度変化の記述があるのみであったが、2004年の改訂時から徐々にデータが集まってきたというこれまでの経緯について説明があった。温度荷重は条件や変動も大きく、把握しにくい、相当外気温の概念を導入すると70度以上の変動となる場合もあり、無視できない荷重である。今回のPDでは比較的精度の良い簡易予測法が示されたが、設計者が簡便法や詳細な解析法などを選べるような資料の蓄積を期待したい。とくに今後作成予定の資料集ではエクセルによる簡便法なども記載し、設計者が簡易に温度を検討できるようなものを作成していくことを述べた。