

極めて簡単に鉄筋コンクリート構造を説明する講座

第1回 鉄筋コンクリートを知るためのウォーミングアップ

平成29年11月15日
(株)飯島建築事務所
飯嶋 俊比古

<はじめに>

「連載を始める前に」から間が空きましたが、表題の連載を始めます。前回申し上げた通りで、説明を簡単にするために、学問的な正確さに欠けることがあることはご了承ください。正確でなくても少し判れば自分で勉強ができるようになりますから、それが重要と考えていただければ幸いです。また、言い訳をすれば、学問的に正しく、且つ、易しく説明するのは難しいのです。と言うより、出来ません。

最近の一貫構造計算ソフトは進化し、構造力学を知らなくても構造計算書を出力できるようになっています。全てのNGをOKにするゲームと理解すればいいでしょうか。何故NGなのか、どうすればNGを消すことが出来るかと考える必要はなく、NGが無くなるまでデータをちょこちょこ触っていただければいいのです。そのうちにNGを消すスキルが身に付きます。

問題は、構造力学や法令が判らないと確認と適判からくる質問を理解できない、その結果、回答できない、ということです。逆に言えば、適判からの質問に答えられるので構造設計者の存在意義があるというものです。もちろん、構造設計者は適判の質問に答えるだけの役目ではないことは明らかですが・・・。

何が言いたいかと言えば、パソコンが進化するとリアリティが希薄になるということです。そうならないので、リアルに鉄筋コンクリート構造を理解できた方がいい。実際に鉄筋コンクリート構造を造るとなると様々な問題が生じます。問題を解決しなければその先に進めないのですから、問題を解決できるリアルな知識を身に付けることは重要です。そして、問題をクリアすることが出来れば素晴らしいことです。

ということで、1回目を始めます。

<お好み焼きと鉄筋コンクリート>

鉄筋コンクリートとは、鉄筋とコンクリートの混合物です。鉄筋とコンクリートを別々に利用するよりもメリットがあるので混合して使います。混合と言っても、鉄筋が細切れ状態でコンクリートと混ざっているのではないので、コンクリートはドロドロであります。具材が混じった焼く前のお好み焼きのような状態ではありません。型枠の中には組まれた鉄筋があり、そこにコン

クリートを流し込みます。

お好み焼きは加熱することで固まります。一方、コンクリートは熱や乾燥で固まるのではなく、水和反応と言って、セメントが水と反応して固まります。ちなみに、コンクリートはセメント、砂(細骨材という)、砂利(粗骨材という)と水で出来ています。砂と砂利はもともと固体で、セメントと水が反応して固まることでコンクリートは固体になります。鉄筋とコンクリートが一体となり鉄筋コンクリートが出来上がります。

<組み合わせるメリット>

構造的な鉄筋とコンクリートを組み合わせるメリットは以下です。コンクリートは圧縮に強いが引張には弱い。鉄筋は引張にも圧縮にも強い。しかし、鉄筋は細いので細いままの状態では圧縮力が作用すると座屈(後述の<付録>で説明)してしまふ。結局、鉄筋は引張に強いが圧縮には弱くなります。そこで、コンクリートが圧縮を負担し、鉄筋が引張を負担すれば合理的な構造が出来上がるのではないかと考えます。ということで、出来上がったのが鉄筋コンクリート構造となります。

これ以外にもメリットがあります。コンクリートはアルカリ性なので、鉄筋がコンクリートの中に納まっていれば鉄筋は錆びない。また、鉄筋とコンクリートの線膨張係数がほぼ同じなので、温度が変化しても一緒に伸縮するので構造上の問題は生じない。更に、鉄筋がコンクリートに保護されているので火災が起きても熱によって建物が崩壊することはない。鉄骨造であれば火災に対し耐火被覆が必要ですが、鉄筋コンクリートはそれ自体で耐火構造となっている。

<不都合なこと>

鉄筋とコンクリートを組み合わせることで上記のようなメリットが生じます。ここまでは良いことばかりなのですが、敢えて悪いことを言えば、以下のことが言えます。コンクリートは炭酸ガスと反応することでアルカリ性から中性に変化します。コンクリートが中性化しても強度が下がることはないのですが、鉄筋が錆びるといふ不都合が生じます。鉄筋が錆びると何がまずいかと言えば、体積が増えることです。コンクリートを押し出しコンクリートが爆裂(表現が刺激的で大袈裟ですが、要

するにコンクリートが剥落するという事です) します。こうなるまでには数十年掛かりますから、直ちに心配ということはありません。

<不都合の続き・・・ひび割れ>

コンクリートにひび割れは付き物で、避けられないと考えた方が無難です。いろいろな理由が考えられますが、大きくは乾燥収縮によるひび割れと構造的な理由によるひび割れです。いずれにしてもひび割れが生ずる理由は、コンクリートの引張強度が低い、ということによります。鉄筋が入っているのにひび割れが生じないということはありません。ひび割れが大きくならないという効果はありますが・・・。

原理的には、コンクリートに生じた引張がひび割れ強度以下であればひび割れない、しかし、それを超えればひび割れが生じる、というものです。ひび割れは線状に生じますが、このひび割れ線の直交方向に引張が作用したということです。引張に耐え切れずにコンクリートがパカッと割れる。これがひび割れで、引張が作用する領域で割れるので線状に見える、ということになります。

前述した通り、ひび割れは不可避なので、構造的な理由によるひび割れについては、ひび割れ幅をコントロールしましょう、という考えがあります。ひび割れを許容するがひび割れ幅は制限する、ということです。

<ローマの遺跡はどうなっている？>

ローマの遺跡は、表面は石ですが中身はコンクリートです。前述した数十年で中性化するのであれば、1000年も2000年も遺跡が建っているのは変ではないかと考えられます。私の理解は、中に鉄筋が入っていないのでコンクリートが中性化しても問題はないのだ、というものです。前述の通り、中性化してもコンクリート強度は低下しませんので、構造としては問題が生じません。

最近の聞いたところでは、ローマ時代のセメントは火山灰で出来ているので現在のセメントとは性状が異なる、とかなんとかでありました。詳しいことは判りませんので、興味があれば調べることをお勧め致します。

<付着・・・鉄筋とコンクリートは一体>

鉄筋とコンクリートが一体であることが鉄筋コンクリート構造の前提です。鉄筋が引張を負担するためには、鉄筋とコンクリートが一体となっていなければならないのです。鉄筋を引っ張ったときに鉄筋がコンクリートから抜けてしまっただけでは引張を負担できません。何故かと言えば、以下です。力を入れなくても鉄筋がスルスルと抜けるということは、鉄筋が移動しているだけですから、

鉄筋に引張は生じないということです。結局、鉄筋は引張を負担できない、となります。

これを理解するためには、反力の概念と「歪と応力度」の関係を知る必要があります。これはこれで一つのテーマなので、いずれ説明を致します。ここでは、鉄筋はコンクリートと一体になっているのが、鉄筋コンクリート構造の前提であることを記憶しておいてください。

鉄筋とコンクリートが一体ということは、鉄筋とコンクリートが密着しているということです。密着していることを「付着」と言います。付着は、鉄筋とコンクリートが密着していることで生じますので、コンクリートに密着している鉄筋の表面積に関係することになります。

<定着・アンカー>

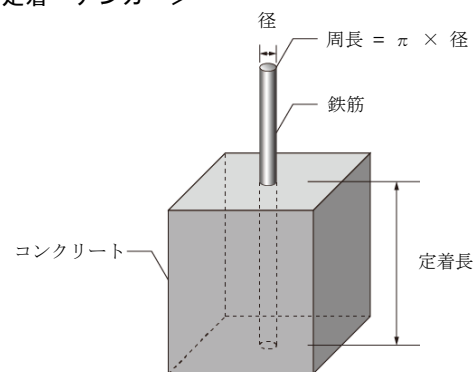


図 1. 定着長

図1のように鉄筋がコンクリートの塊に埋まっているとします。直観的に以下のことが判りそうです。埋まっている長さが極端に短ければ、鉄筋を引っ張ると鉄筋はポロッと抜けそう。埋め込みが深ければなかなか抜けないう感じがします。埋まっている長さに比例し抜け難くなる感じです。埋め込むことを「定着」と言ひまして、埋め込んだ長さを「定着長」と言ひます。

鉄筋が抜け難くなる理由は前述の「付着」です。鉄筋の径が決まれば周長(円周の長さ)が決まり、埋め込み長さが判れば、付着の大きさ(面積) = 周長 × 定着長が判ります。鉄筋の引き抜けに対する抵抗力は付着面積に比例します。ですから、同じ鉄筋径であれば、埋め込み深さが深ければ深いほど抜け難くなります。この認識で正しいのですが、実際には、あまりに深くすると抜ける前に、鉄筋が千切れてしまいます。ということは、深く埋めることに意味はあるが、必要以上に埋めても意味がない、ということになります。

配筋検査で「定着長が足りない」という会話があります。定着長が不足すると鉄筋の能力を最大に発揮できないので構造的に問題だ、ということです。鉄筋の埋め込

み長さは、場所毎に決まっているのですが、構造設計者の意図が工事の方に正確に伝わっていない場合に、このような不具合が生ずることになります。

鉄筋が所定の定着長より短いのは問題ですが、長い分には問題はありません。ですから、いろいろな場合に対し定着長さがそれぞれ決まっていますが、判りにくいので、何処でも一番長い定着長にしておけばいいという考え方も存在します。鉄筋量が増えること、納まりがごちゃごちゃするという問題を気にしなければ、ですが。

<結び>

今回はこれで終了です。構造に対するアレルギー症状が出ることなく読んでいただけたでしょうか。

<付録>座屈について

ここで言う座屈とは、長柱の座屈のことです。棒は圧縮力が作用すれば縮み、引張力を加えれば伸びます。これが普通の状態です。圧縮力を加えたら棒が伸び、引張力を加えたら棒が縮んだ、ということは有り得ません。念のために申し上げれば、棒に圧縮力を加えるとは、圧縮力を棒の長さ方向に加えるということです。

細長い柱に圧縮力を徐々に加えていくと、柱は軸方向に縮むのですが、ある時点から軸と直角方向に変形します。すなわち、曲がる、ということです。この現象を座屈と言います。以下のような経験がありますでしょうか。ある長さの針金の両端を持って引っ張ります。そうすると針金はピンと張った状態になります。この状態から針金を押します。すなわち、針金の両端の間隔を縮めます。こうすると、針金は単純に短くなるのではなく、グニャッと曲がります。こんな感じです。

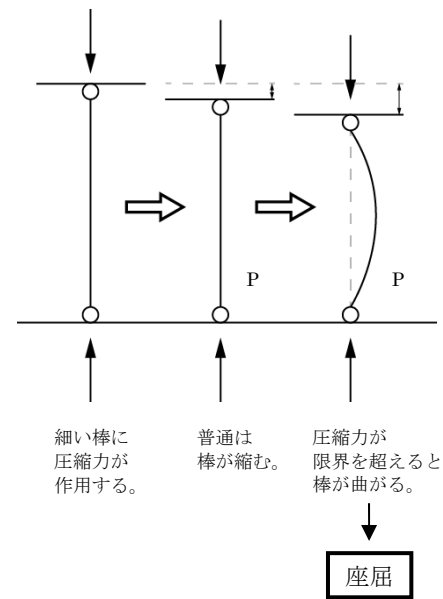


図 2. 長柱の座屈

針金を鉄筋にスケールアップし、長い鉄筋に圧縮力が作用すると、グニャではないですが、外側に曲がります。曲がった状態に圧縮力を加えれば、どんどん曲がることになります。最終的に圧縮力を負担できなくなります。

この鉄筋の外側に曲がるのを拘束するのがコンクリートです。鉄筋がコンクリートに拘束されていれば、鉄筋は座屈しない、となります。従って、鉄筋がコンクリートの中に入っていれば、鉄筋は引張にも圧縮にも抵抗出来ることになります。

以上