

せん断遅れ解析の一手法

2013. 9. 27
T. Y.

1. まえがき

「せん断遅れ」の性状については、2011. 12. 28の当交流会で述べたところではある、がラーメン隅角部におけるせん断遅れについて論じる必要が生じたので、改めて書き記しておく。

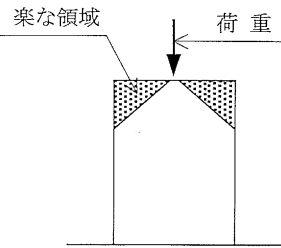
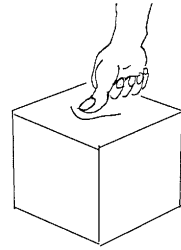
2. 「せん断遅れ (=Shear lag)」とは

(2011. 12. 28 資料より)

ゴムブロックの中央を指で押せば、押した所は大きく凹むものの周りにはあまり凹もうとしない。

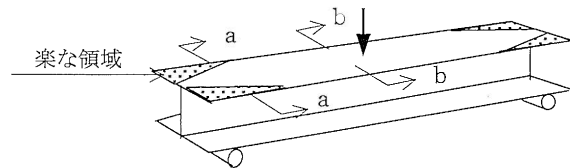
この現象は、ゴム塊内部において、せん断力が横方向に伝わらないことによるもので、この現象を「せん断遅れ (Shear lag)」と言う。

上図のゴム塊を鋼板に替えても同じことが言える。鋼板はゴムよりもせん断伝達能力に優れるため、作用軸力は急速に柱全体に分布するものの、載荷点の脇の方では無応力状態となっている。

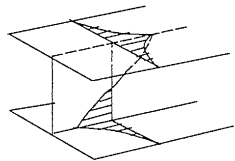


① 単純桁における「せん断遅れ」

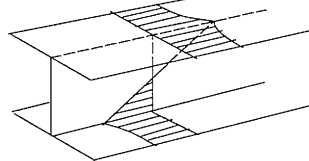
下図のように桁に荷重載荷すると、桁端フランジのウェブから離れたところでは応力の負担が少ない。



a-a 断面の応力分布



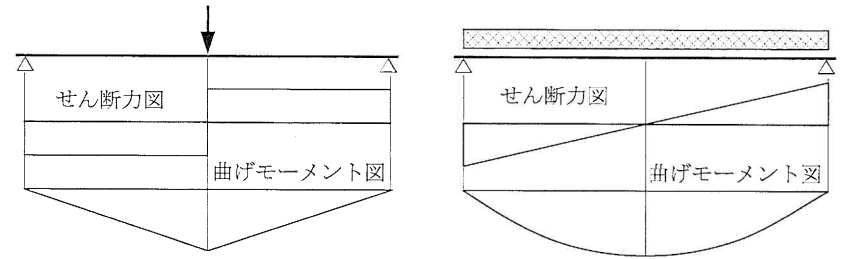
b-b 断面の応力分布



支点に近い領域ではせん断力が大きいので、Shear lag によって断面各部位のひずみ量が異なり、Bernoulli-Euler の平面保持の定理が成り立たない。一方、支間中央の断面でも shear lag はあるものの、桁端から累積されたひずみの総量が大きくなっているため、その影響が小さくなっている。

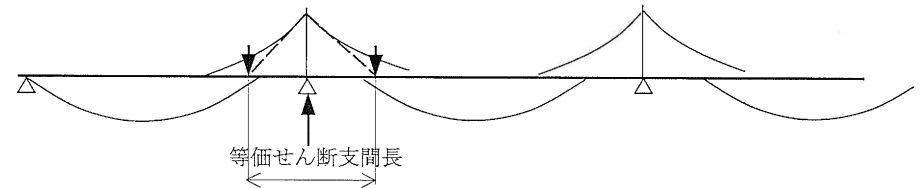
集中荷重と分布荷重の違い

同じ単純桁でも、分布荷重に対しては支間中央でのせん断力は小さくなり、支間中央におけるせん断遅れの影響は、より小さくなる。



② 連続桁の中間支点における「せん断遅れ」

連続桁の中間支点においては、支承反力が単純桁の集中荷重場合と同様に桁にせん断作用を及ぼすが、その換算支間長は、支点モーメントの傾きを延長して得られる「等価せん断支間長 (仮称)」となる。

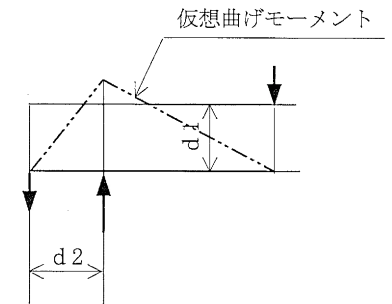


③ ラーメン隅角部における「せん断遅れ」

ラーメン隅角部において仮想曲げモーメントを想定して等価せん断支間長を設定した場合、この支間長に比して桁高が大きく、通常のせん断遅れの計算は成り立たないことが知られていた。

そこで奥村・石沢らは、実物大の試験体を計測することでフランジ・ウェブの断面積、梁高・梁幅などをパラメータとした「せん断遅れの推定図」を作成し、広く実用に供している。

しかし同推定値は、着眼点を隅角部の部材構成において作成したものであるから、これを拡大解釈して局部応力の推定にまで使用するのには適切ではない。



3. 代替解析手法

① FEM 解析

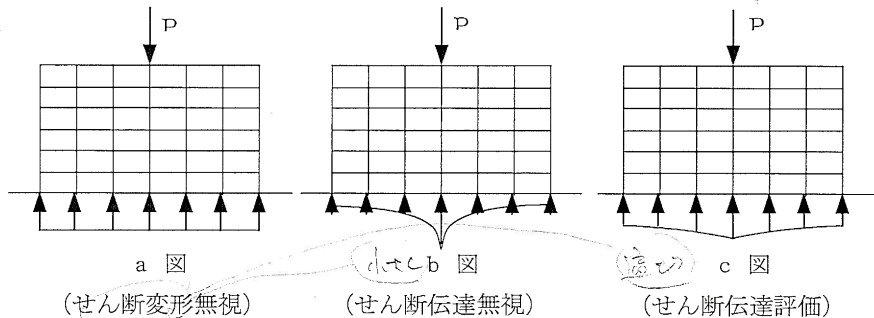
おそらく今の時代、局部応力度を正確に求めようとするならば、FEM解析が最良であろうと思われる。部材を細かくメッシュ切りして個々の要素の釣合を前提に解析するのであるからせん断遅れを反映した局所応力を正確に求めることができる。ただし、部材設計に反映すべき適切な値となると判断が難しい。ソリッド形式でメッシュを細かくして弾塑性解析して正値を求めたところで、それではあまりにも大きな値が出すぎて現実的ではない。

② 骨組解析

我々が常日ごろ用いている「任意系立体骨組解析ソフト」(SPACER)を用いて、実用に供する解を手軽に求めることが可能と思われる。まずは骨組解析における「せん断遅れ」の評価法を理解して、試算によって目途別のGRID割要領を確立すべきである。

・ 「格子壁」における応力の伝達経路とせん断遅れ現象

下図のごとき格子壁の頂点に集中荷重を作用させると横材のせん断伝達性能を以て徐々に複数の柱材に軸力が伝達されていくはずである。ここで、横材のせん断変形を無視する(せん断伝達性能を無限大の意)と各柱材には、即、均等のひずみを強いることになる(a図)。また横材のせん断抵抗がなければ横材の曲げ抵抗による荷重伝播となるので、載荷柱以外の柱の反力は限られたものとなる(b図)。そこで各横材のせん断変形を性能を適切に考慮することによって、壁材のせん断遅れを適切に評価することができる(c図)。ただし、横材の曲げ変形による荷重非伝達を避けるため、各垂直材の曲げ剛度を十分に大きくしておく必要がある。



全柱の反力が一定となりせん断遅れを評価できない。 載荷柱に荷重が集中したまま適切ではない。 せん断抵抗を考慮するのでせん断遅れを評価できる。

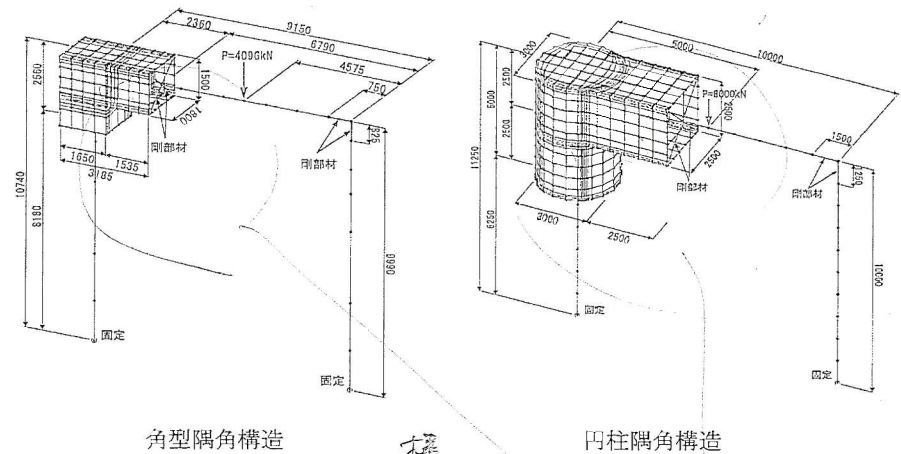
上記手法(c図)によってせん断遅れが適切に評価できることは実証済みであり、また、これを立体に反映させることも有効であると考えます。

・ 構造設計への反映

実際のラーメン構造は立体的であり。立体骨組での解析手法は、「国土技術政策総合研究所資料」として発表されている。

ただここでは「一定せん断流パネルを用いた解析法」となっているので、その運用に難しさがある。

我々は常日ごろ用いている解析ソフトで手軽に扱えることを提案するものである。



全体骨組の中では、大きくは防モデルで構成し、隅角部だけをメッシュモデルとしている。

※ いずれも「国総研資料」から借用

4. あとがき

我々の行う設計業務は、正確でわかり易くなければならないが、加えて効率的でなければならない。

その意味で、手元にある解析ソフトで気軽に解析できることが何よりも魅力である。今後、いくつかのモデルで、他の設計手法との整合性を図りながら、実用化に結び付けていきたい。

解析手法の検証には、数多くの試算を通じた妥当性の構築が求められており、皆で折に触れて試算を繰り返し、説得力あるメッシュ切りと成果のまとめ方にまでたどり着きたいと願っている。

今回の資料においては、「薄肉構造物におけるせん断遅れの性状」ならびに「骨組解析ソフトでの解析法」を伝えることにあるので、多少なりとも、この点において理解を深めた人がいてくれたら満足である。

だがね、一歩進んで、当提案に興味を抱いて実務に生かしてくれる人がいたらもっとうれしいね。