

(3) 極太径ねじふし鉄筋の使用による新しいコンクリート構造形式の研究

A NEW CONCRETE STRUCTURAL SYSTEM USING ULTRA LARGE
SIZE REINFORCING BARS HAVING THREADED DEFORMATION

池田 尚治・
Shoji IKEDA

It has become possible to produce ultra large size threaded reinforcing bars such as having 64 mm and 70 mm diameters today. Therefore, it is the time to develop new rational design and construction methods utilizing these bars. In this study, ultra large size threaded bars are realized as steel elements in the steel-concrete composite structures. As threaded bars have an advantage to fix bracing members by nuts at any location, a steel truss frame can be built up easily using these bars. This is the idea proposed in this study. Steel truss frames for a square column consisting of four threaded longitudinal bars and hooked bracing members were designed and they were examined to be assembled. The proposed method was found effective for rational utilization of ultra large size threaded bars. The affecting factor to the limitation of large size bars for ordinary use was also discussed.

1. まえがき

直径64mm、70mmといった極太径のねじふし鉄筋の製造が可能となり、これらを使用する合理的な鉄筋コンクリート構造物の設計施工に関する検討が求められる時機となってきた。

本研究では、これらの極太径鉄筋が鉄骨鉄筋コンクリートにおける鉄骨に相当する役割をも持つ構造形式について研究するものであって、今までにない構造形式の提案を行なうものである。即ち、本研究では、ねじふし鉄筋の特性を活用してブレース材を極太径鉄筋にナットで固定することにより、鉄筋自身に曲げ剛性を持たせる構造形式を考案したのである。この形式は、施工上で鉄筋の先組みと建込みが容易となり施工の合理化に大きく寄与するものと思われる。また、施工上のみならず、耐荷力や靱性の点でも優れた性能を発揮するものと思われる。

本論文では、先ず、鉄筋の太径化の経緯と太径化の限界となる要因について検討を行なうこととする。この結果から、本研究で提案した構造形式がこれらの要因の影響を取除くのに適切な方法であることを述べるものである。即ち、鉄筋の太径化の延長上に鉄骨鉄筋コンクリートの鉄骨があることを考え、力学上および施工上の問題点を明らかにしようとするものである。

本研究で提案した構造形式については、必ずしもここで示すもののみでなく、種々の応用が考えられるが、ここでは施工性を中心に考えた鉄筋組立方法を提案した。

鉄筋の太径化は、必ずしもねじふし鉄筋のみに限られている訳でなく、かつ、従来と同様の使用方法で極太径鉄筋の活用を図ることも可能であるが、ここでは先ず、ねじふし鉄筋を対象として検討を行なった。

*：工博 横浜国立大学教授 工学部建設学科

2. 鉄筋の太径化

鉄筋の太径化が進み、日本工業規格（JIS規格）では、それまで直径38mm（D38）が最大であった寸法が昭和39年にはD41が追加され、更に昭和50年には直径51mmのD51が追加された。米国ではNo.18と呼ばれる直径57mmの鉄筋が用いられている。鉄筋の太径化の限界は明らかではないが、太径化の上限を決定する主な因子は、鉄筋の製造、施工時の取扱い、および太径化が及ぼす鉄筋コンクリートの力学的特性であると思われる。⁽¹⁾

現在、直径が64mmあるいは70mmの極太径ねじふし鉄筋の製造が可能であり、また、ケーソン等の運搬に用いる吊筋としては既に直径76mmの異形鉄筋も実用化されている。

通常の鉄筋とは若干異なるが、極太径の異形棒鋼にラチス材等を溶接して組立てる工法では、直径が160mmの異形棒鋼が開発されている。⁽²⁾

一方、鉄筋と同様にコンクリート中に埋込む鋼材としては、鉄骨鉄筋コンクリート中の鉄骨があり、この場合には鉄骨鉄筋コンクリートとしての独特の設計の考え方がある。⁽³⁾

鉄骨鉄筋コンクリートに用いる鉄骨は鉄筋に比して相対的に大きな断面であるから鉄筋の太径化を検討するに当たっては太径鉄筋を鉄骨鉄筋コンクリート中の鉄骨と対比して考えるのが適当である。通常の場合、鉄骨鉄筋コンクリート中の鉄骨は、それ自身で曲げ剛性を持ち、これを活用して設計、施工がなされる。これに対して鉄筋コンクリートでは、鉄筋の曲げ剛性を設計では全く考えないのが特徴である。また、鉄筋コンクリートでは、鉄筋を容易に運搬、配置でき、さらに鉄筋の曲げ加工や継手工も容易である。しかしながら、鉄筋の太径化が進むと、これらの鉄筋の長所が失われる一方、大型構造物では、鉄筋の間隔が大きくなってコンクリートの打込みが容易となる。鉄筋の組立てに重機を活用すれば、鉄筋の太径化による施工の合理化も図れるものと思われる。

鉄筋自身の材質の問題を別にすれば、ある程度以上の大型構造物に極太径鉄筋を用いても力学的に決定的な問題点が生ずることはない筈である。何故なら、厚さ20cmの鉄筋コンクリートスラブに直径16mmの鉄筋を用いることは厚さ1mの鉄筋コンクリートスラブに直径80mmの極太径鉄筋を用いるのと力学的に際立った差はないからである。

しかしながら、比較的小さな断面に極太径鉄筋を用いる場合には、鉄筋の表面積が相対的に小さくなって付着応力度が増加する点に留意する必要がある。言いかえれば、一般的に鉄筋の太径化の限界の指標として鉄筋の付着応力の制限値が適用できるものと思われる。ただし、鉄筋の表面の異形の形状の改良によって鉄筋の付着強度の増加を図るのみではこの問題を解決することは困難である。何故なら、付着破壊は最終状態として一般に、鉄筋の軸方向に沿ったたてひびわれを発生させてコンクリートを破壊させるからである。鉄骨鉄筋コンクリートの鉄骨が、その付着強度が存在しなくともその機能を果たすことができるのは、鉄骨自身でせん断抵抗の機能を持っているからである。従って、極太径鉄筋を用いて鉄筋の付着応力の制限値に影響されない使用方法としたい場合には、鉄骨の場合と同じように鉄筋同志をブレース材などで連結してトラス機構としなければならないのである。

本研究では、極太径鉄筋のうち、異形の形状がねじふしである鉄筋に着目し、極太径鉄筋の任意の軸方向位置にナットを配置できるねじふしの特性を生かして、ブレース材をナットで固定してトラス状の骨組を形成する構造を考案し、これによって極太径鉄筋を用いる新しいタイプの構造形式を提案するものである。ねじふし鉄筋は、本来、鉄筋をカブラーによって機械的に接合するために造られたものであるが、ここでは、ねじふしを単に軸方向の継手のみならず、横方向のブレース材の接合にも活用するものである。

3. 鉄筋骨組の構成方法

ねじふし鉄筋は、ナットを任意の鉄筋位置に配置することができるので、これを利用して現場ヤードで鉄筋骨組を組立てることについて検討した。

図-1に示すように極太径ねじふし鉄筋を正方形断面の四隅に配置し、これに図-2に示すような両端にフックのついた通常の異形鉄筋のフック部をナットによって締付けて固定し、骨組を形成するのである。

図-2のブレース材は、フックの面と斜材となる面とが直交し、鉄筋の加工がやや複雑となるが、機械的にこれを行えば何ら問題となる点ではないと思われる。

鉄筋ブレース材は、ナットによる固定が鉄筋のフック部分で行われるため、その直径は軸方向鉄筋の直径の1/3程度以下が適当と思われる。

鉄筋骨組の構造形式としては種々のものが考えられるが、現場ヤードでの組立ての容易さを考えると図-3に示す3種類のものが考えられる。図-3(a)のⅠ型は図-1の組立図に示したもので、ブレース材は図-2に示す斜材のみで構成されている。ナットによる固定部分では1ヶ所に4個のフックが集中するが、組立て試験の結果、何ら問題のないことが示された。

図-3(b)のⅡ型は、帯鉄筋状のフープとブレース材との組合せによるブラットラス形式であって、フープ筋によって軸方向鉄筋を連続して取り囲んでいるのが特徴である。この場合には、ナット固定部分で2個のフックと1個の直角曲げ部分が集中する。

図-3(c)のⅢ型は、斜材をらせん鉄筋によって構成し、フープ方向を両端フック付きの単材4本で構成させる形式である。この場合ナット固定部分はらせん鉄筋の直角曲げ部分と2個のフックが集中する。

4. 鉄筋骨組の組立試験

上述の3種類の鉄筋骨組の構成方法について、その組立て作業の難易を検討するために組立試験を行った。試験には、軸方向鉄筋としてD19のねじふし鉄筋を用いた。斜材およびフープ筋にはD6鉄筋を用いた。

この試験の結果、いずれの方法で鉄筋を組立てても、鉄筋骨組の剛性は相当に大きく、架設時にその特性を発揮できるものと思われた。

組立てが最も容易なのは、ワーレン型(図-3(a))であり、ナット固定部分には4個のフックが集中するにも拘らず、フックが180°折曲げの形状のためナットの締付けで十分に固定されることが確かめられた。この形式の場合には斜材を図-3(d)に示すように軸方向鉄筋の内側に配置できるため、細径の付加軸方向鉄筋とそれに対するフープ筋の配置が極めて容易である。

図-3(b)のフープブラット型は、フープ筋が軸方向鉄筋を取り囲んでいるために耐力上は好都合と思われる。また、組立ても比較的容易である。

図-3(c)のスパイラルブラット型は1巻き分のらせん鉄筋を用いて斜材の連続性を保つように意図したものであるがらせん鉄筋の曲げ加工がやや面倒なこと、組立て作業が必ずしも容易でないこと、などの難点がある。

以上の3種類の鉄筋骨組の組立試験の結果、最も組立てが容易で、かつ、鉄筋骨組以外の付加鉄筋の配置に最も有利なワーレン型(図-3(a)のⅠ型)が最も適当な構成方法であることが明らかとなった。

なお、斜材等の組立鋼材としては山形鋼やフラットバーなどの使用も考えられるが、曲げ加工の手間やコンクリートとの付着の小さいこと、などの理由で、ここで示した異形鉄筋に曲げ加工でフックをつける方が得策であるように思われた。

斜材の角度は軸鉄筋に対して45°以上あればよいが、ここでは図-3に示すように60°とした。

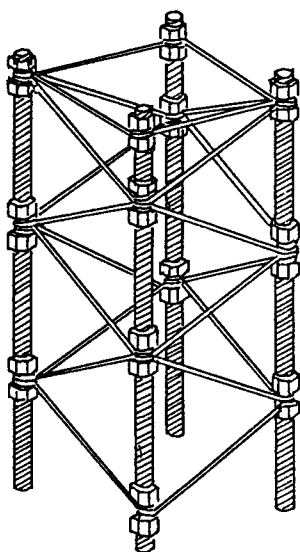


図-1 鉄筋骨組図 (ワーレン型)

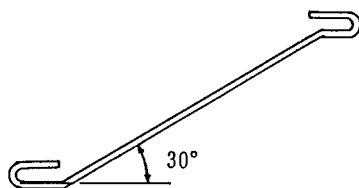
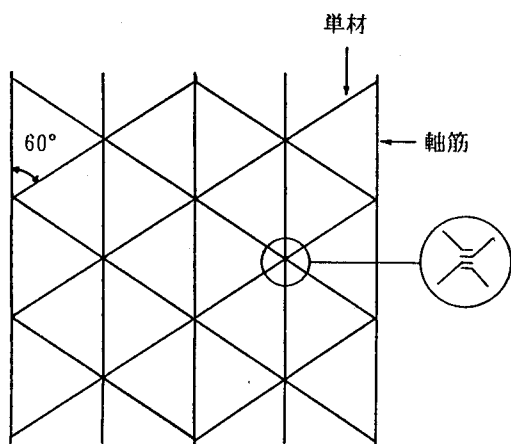
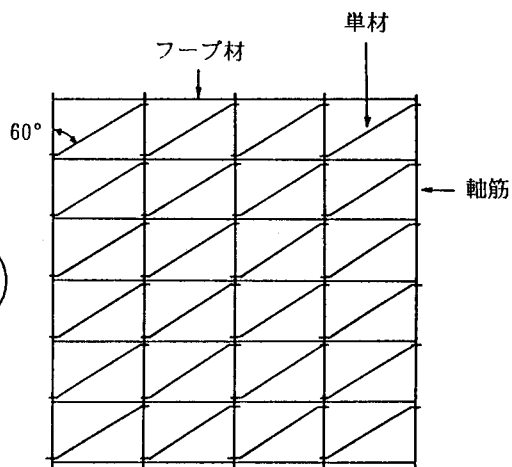


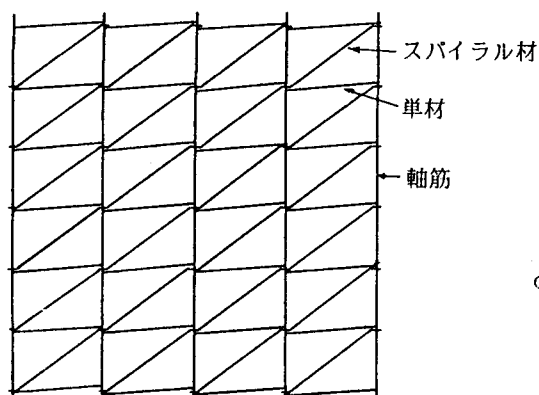
図-2 フックつきブレーシング材



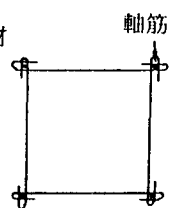
a. I型 (ワーレン型)



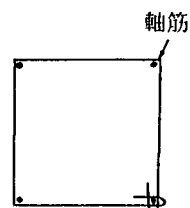
b. II型 (フープブラット型)



c. III型 (スパイラルブラット型)



d. I型の斜材



e. II型フープ筋

III型スパイラル筋

図-3 鉄筋骨組展開図

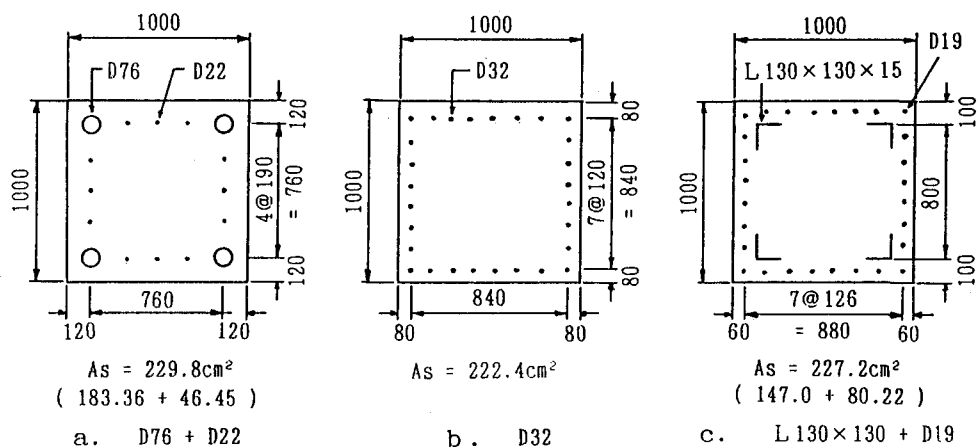


図-4 断面構成の比較

表-1 鉄筋寸法

鉄筋	公称周長(cm)	公称直径(mm)	公称断面積(cm^2)	相当山形鋼 (断面積 cm^2)
D51	16.0	50.8	20.27	90×90×13 (21.71)
D57	18.0	57.3	25.79	100×100×13 (24.31)
D64	20.0	63.7	31.87	130×130×12 (29.76)
D70	22.0	70.0	38.48	130×130×15 (36.75)
D76	24.0	76.4	45.84	150×150×15 (42.74)

表-2 対応ブレース材

主鉄筋	ブレース材	備考
D51	D13～D16	D13 : 1.267 cm^2
D57	D13～D19	D16 : 1.986
D64	D16～D19	D19 : 2.865
D70	D16～D22	D22 : 3.871
D76	D19～D25	D25 : 5.067

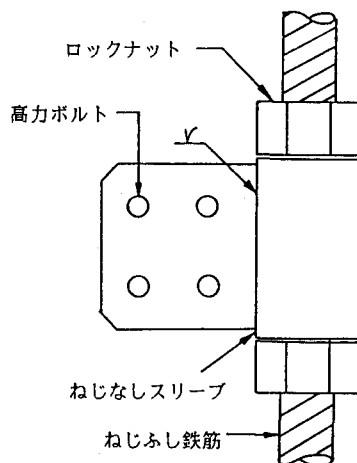


図-5 ねじなしスリーブの適用

5. 断面構成の検討

ここでは、特定の断面力を考えずに、極太径鉄筋を使用する場合の基本的な断面構成を考えてみる。
表-1に極太径鉄筋の寸法を示す。ここで相当山形鋼とは、断面積がそれぞれの鉄筋とほぼ等しい山形鋼の寸法を示したものである。

例示する断面は図-4に示す寸法のもので1辺が100cmの正方形断面である。

図-4(a)は、4隅にD76をそれぞれ配置し、その間にそれぞれD22を3本配置したものである。コンクリート全体の断面積に対する全鉄筋断面積の比を鉄筋比とするならば図-4(a)では、2.30%の鉄筋比となる。この鉄筋比を基準として、これと同等の断面を通常の鉄筋コンクリートとして構成したのが図-4(b)の断面であって、D32が1段で計28本の配置となる。極太径鉄筋を4隅に配置する場合と比べて軸方向鉄筋が腹部にも分散配置されるため主軸の曲げ抵抗は小さい。

図-4(c)は、同様にして図-4(a)の断面を鉄骨鉄筋コンクリートとして置換えたものであり、約65%の軸方向鋼材を山形鋼とし、残りを28本のD19で構成したものである。これらの3断面の施工性を考えると、(a)の極太径鉄筋を用いる場合が最も合理化の可能なものであることが考えられる。

ブレース材については、極太径鉄筋の直径の1/3以下の直径の鉄筋がフックの曲げ半径やナットの締付けの関係で適切であるので、各軸方向鉄筋の直径に対して表-2に示す寸法のものが適当である。図-4(a)の断面の場合には、D19からD25までが適当であるが、D25を用いてもその断面積は、軸方向鉄筋のそれと比して1/9程度であって、必ずしも十分なせん断抵抗機能を有している訳ではない。しかしながら腹鉄筋比としては0.1%以上の量に該当しているので構造上からは相当に有効なものである。ブレース材に高強度鉄筋を用いると一層有利になるものと思われる。

6. フック付き鉄筋以外によるブレース材

より大きなせん断抵抗をブレース材に求めたい場合には、フラットバーや山形鋼を用いるのがよい。極太径鉄筋との接合には図-5に示すように、ねじ山のないスリーブ表面に2枚の直交する小鋼板を溶接しておき、これとブレース材とを高力ボルトによって摩擦接合するのである。スリーブはナットによって両側から固定される。ブレース材の現場接合は、必ずしもスリーブ付近で行う必要はなく、あらかじめ、小鋼板とブレース材の半分とを工場溶接しておき、現場ヤードでブレース材を摩擦接合する方がよい場合も有り得る。

同様にして鉄筋ブレース材の半分の長さを小鋼板にフレア溶接しておき、現場ヤードで鉄筋同志を圧着接合することも考えられる。

7. おわりに

極太径ねじふし鉄筋のねじふしを利用して、極太径鉄筋を用いた新しい構造形式の考案とその検討を行った結果、考案した方法が合理的で、かつ、実用的なものであることを示すことができたものと思われる。

参考文献

- 1) 池田尚治、鉄筋に関する最近の技術の動向、コンクリート工学、Vol.25、No.2、1987、pp.6~13
- 2) 小林、森本、飯村、柳本、極太異形棒鋼鉄骨を用いたSRCはりの力学特性、合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、1986.9、pp.211~216
- 3) 池田尚治、合成構造の設計法とその問題点、コンクリート工学、Vol.21、No.12、1983、pp.81~87