

鹿島建設技術研究所

正員 野田 進

正員 村山 八洲雄

正員 岩城 良

1. まえがき 最近の構造物は大型化の傾向にあるため、その模型実験を行う場合、実験施設や実験費用の制約から、模型の縮小化が必要になってきている。現在、国内にはD6未満の異形鉄筋がなく、縮小化を進めるためには、D6未満の線材の機械的性質とコンクリートとの付着特性を把握しておくことが重要である。

そこで、著者らは直径3mmの線材を対象に、試作したD3鉄筋も含めて、市販品で比較的入手が容易な3mm線材の引張試験と付着試験を行い、その特性を市販の異形鉄筋の場合と比較検討した。

2. 線材の種類と機械的性質 試作D3鉄筋は、 $\phi 3$ 丸鋼をダイスで加工し、国分・岡村が提案した支圧面積係数が市販の異形鉄筋の範囲をカバーするように、3種類製作した。このD3鉄筋の形状は、図-1に示すように、ほぼ市販鉄筋と相似になっている。

市販の3mm線材としては、 $\phi 3$ 丸棒、 $\phi 3$ インデント鋼およびM3ネジ棒を選んだ。各線材の外観を写真-1に示す。

これらの3mm線材は、このままでは総じて降伏点不明瞭で、模型実験用線材として不都合である。しかし、適当な熱処理を施せば、表-1や図-2に示すように降伏点は明瞭になり、市販鉄筋と同程度の降伏点（単位長重量から換算した公称断面積を用いて応力換算）を得ることが可能である。ただし、今回採用した材質と熱処理の範囲では、3mm線材の場合にはひずみ硬化点が遅く、引張強さが小さい傾向にある。

線材の見掛けの弾性係数は、M3ネジ棒を別にすれば、どの3mm線材も市販鉄筋の場合と同程度の大きさとなっているが、M3ネジ棒では2割ほど小さく、伸び特性において異なる挙動を示す。

3. 付着特性 付着試験は表-1に示す9種類の鉄筋について行った。試験方法は、村田⁽²⁾の提案する i) 引抜き試験 ii) 偏心引抜き試験 iii) 両引き試験 の3種類の方法によった。これらはいずれも鉄筋径に比例した大きさの試験体を用いるもので、模型実験で用いられる相似則が考慮されたものとなっている。

コンクリートには、縮小模型実験での適用性および鉄筋ふしと骨材のかみ合いを考慮して、最大骨材寸法を鉄筋径に応じて変え、



写真-1 D3鉄筋
および3mm鋼材

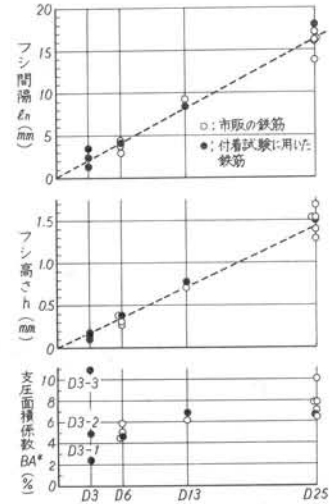


図-1 鉄筋の形状に関する諸定数

表-1 各鉄筋の諸特性

鉄筋の種類	降伏点 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	見掛けの 弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	ひずみ硬化 開始ひずみ (%)
D 25	38.3	59.4	1.96	1.4
D 13	36.8	53.0	1.84	2.3
D 6	36.7	55.3	1.88	1.2
D3-1	37.5	47.0	1.92	4.3
D3-2	37.1	44.3	2.00	4.8
D3-3	35.3	43.2	1.96	5.4
φ3丸棒	35.2	40.5	2.12	7.0
φ3インデント	38.3	43.6	2.01	5.6
M3ネジ	35.4	39.1	1.56	4.7

(検査250mm)(検査10φ)

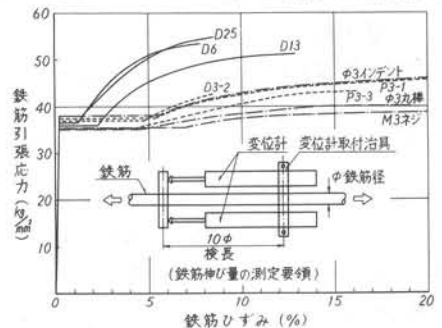


図-2 各鉄筋応力-ひずみ曲線

圧縮強度がほぼ同じになるような、表-2に示す配合を用いた。

3.1 引抜き試験 付着応力度 τ と鉄筋径で無次元化した自由端変位 δ/ϕ の関係を図-3に示す。同図で、D3鉄筋の $\tau-\delta/\phi$ 曲線の範囲は、市販鉄筋に比べて初期勾配が若干小さい傾向にあるが、曲線形状と最大付着

表-2 コンクリートの配合

縮小率	配 合						骨 材 の 種 類
	W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	G _{max} (mm)	
1/1	55	176	320	746	1050	20	コンクリート標準示方書の標準粒度分布内に入るように細骨材を粒度調整 S/a=42%
1/2	55	218	396	728	884	10	粗骨材: G _{max} 25mmのF.M 704の骨材を10mmでふるう 細骨材: 下の細骨材1/4の骨材と同じ
1/4	55	287	521	1304	5		F.M 245
1/8	55	289	525	1312	2.5		G _{max} 5mm F.M 292の砂を2.5mmでふるう

早強セメント使用、材令1週で試験

使用したコンクリートに強度差があるので、最大付着応力度 τ_2 の強度補正後の値 τ_2' を図中に併記した。これより、D25の τ_2' を1とすると、市販鉄筋が0.92~1.19の範囲であるのに対し、D3は種類によって異なるが、1.01~1.46の範囲にある。

3.2 両引き試験 試験体はノッチ無しのもを使用し、鉄筋応力度が30 kg/mm²になるように引張力を与えた時のひびわれの本数を測定した。

測定結果を表-3に示す。同表で、市販鉄筋ではひびわれ本数が4本または5本、D3鉄筋ではいずれも5本となっており、D3鉄筋と市販鉄筋ではほぼ一致している。一方、他の3mm材をみると $\phi 3$ インデントは5本と一致しているが、 $\phi 3$ 丸棒は2本と極端に少なく、M3ネジ棒では7本と多い。

3.3 偏心引抜き試験 前述の2つの試験結果で付着特性の良好なD3鉄筋については、更に偏心引抜き試験による付着特性の確認を行った。付着応力度 τ と鉄筋径で無次元化した載荷側の変位量 δ/ϕ の関係を図-4に示す。同図で、D3鉄

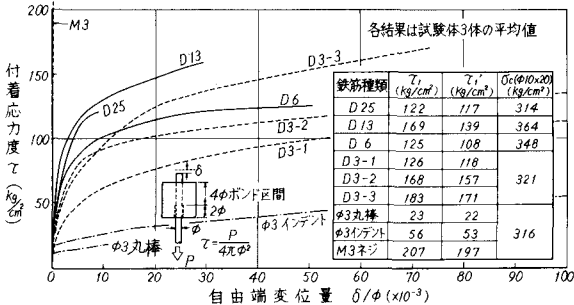


図-3 引抜き試験結果

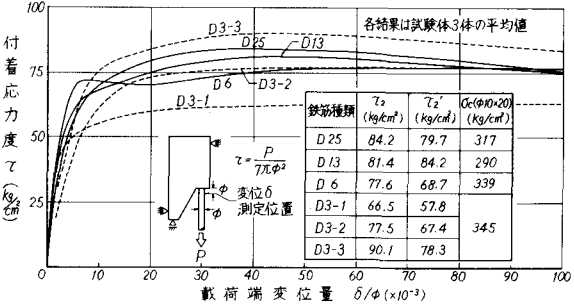


図-4 偏心引抜き試験結果

鉄の $\tau-\delta/\phi$ 曲線の範囲は、市販鉄筋に比べて初期勾配が若干小さい傾向にあるが、曲線形状と最大付着応力度 τ_2 はほぼ対応したものとなっている。

この場合も、使用したコンクリートに強度差があるので強度補正を施すと、同図に示すとおりである。D25の τ_2' を1とすると市販鉄筋が0.86~1.06であるのに対し、D3は種類により異なるが0.73~0.98の範囲にある。

4. ま と め 以上の試験により、3mm線材の機械的性質や付着特性の、市販異形鉄筋に対する位置づけがかなり明らかになった。

コンクリートのたてひびわれおよびひびわれ分散に関わる付着特性のいずれにおいても、試作D3以外の3mm材は概して市販鉄筋との対応がよくないが、D3鉄筋は良好な対応を示した。また、引張鉄筋の定着に関わる付着特性についても良好であった。3種類のD3鉄筋の中では、支圧面積係数が市販鉄筋での値に近いものの方が、付着特性の近似度は高い。

参考文献 (1) 国分・岡村“大径鉄筋の使用に関する研究”土木学会論文報告集第202号、1972年6月
(2) 村田“鉄筋とコンクリートの付着強度試験法”コンクリート工学 Vol 18 No.4 1980年4月

表-3 両引き試験結果

鉄筋種類	ひびわれ本数(本)	コンクリート圧縮強度 (kg/cm ²)
D 25	4	314
D 13	5	364
D 6	5	348
D3-1	5	321
D3-2	5	
D3-3	5	
φ3丸棒	2	316
φ3インデント	5	
M3ネジ	7	

(試験体寸法)

