高変形能高力ボルトをアンカーボルトに用いた 柱脚基部の力学的挙動に関する解析的検討

大阪市立大学大学院 学生員 〇宋 樹剛 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1.はじめに

橋梁構造物の接合部の強度と剛性とを精度よく評価 し、コントロールできる設計法を確立することができ れば、部材の合理化、さらには接合部を活用した構造 物の耐震性能の改善が可能となる。例えば、柱脚アン カー部等の部材接合部に、図-1 に示す高変形性能高力 ボルト¹⁾を採用することで、接合部を半剛結構造とし、 エネルギー吸収能を高め、耐震性能を向上させること が可能である。

本研究では、柱脚基部のアンカーボルトに、これま でにその有効性が明らかにされている高変形能高力 ボルトを適用し、高力ボルトの軸平行部径をパラメー タとした解析を行い、その有効性を検討した.なお、 解析には、汎用の有限要素解析コード ABUQUS²⁾を用 いた.

2.解析モデル

2.1 解析モデルの形状

本研究で用いた解析モデルは箱型断面の柱脚基部を 想定した小型モデルであり,高力ボルト(M24)8本に より基部に直接定着する形式となっている.柱脚基部 のエンドプレート厚さは40mmである.角形鋼管の板 厚は22mmとし,局部座屈が発生しない板厚としてい る.ボルト位置およびその他の構造詳細を図-2に示す. 高変形能高力ボルトの軸平行部径としては文献1)を参 考に,24mmと20mmとした.なお,フーチングと柱脚 基部は板要素でモデル化し,ボルトはソリッド要素で モデル化した.本解析では,フーチングは剛体と仮定 している.

柱脚およびアンカーボルトに対して,解析で用いた 材料定数をそれぞれ表-1および表-2に示す.なお,応 カーひずみ関係はバイリニアを仮定している.



図-1 高変形能高力ボルト



図-2 柱脚部解析モデルの形状(寸法単位:mm)

表-1 柱脚に用いた角形鋼管の機械的性質 3)

引張強度	ヤング係数	降伏点	ポアソン比
(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
464.6	1.99×10^{5}	392.4	0.262

表-2 アンカーボルトに用いた鋼材の機械的性質³⁾

引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	降伏点 (N/mm ²)	ポアソン比
1020	2.10×10^{5}	918	0.3

2.2 接触の考慮

本解析モデルでは、高力ボルトとエンドプレート、 エンドプレートとフーチングとの間で接触/離間を生じ る.したがって、これらの領域において、それぞれ接 触面を形成し、接触・非接触を考慮することとした. なお、これらの接触面間の摩擦係数は0.4 としている.

3. 解析結果と考察

高変形能高力ボルトに対して引張力を作用させた 時の作用荷重と平均ひずみとの関係を図-3に示す.図 の横軸は、ボルトの伸びをもとに算出した平均ひずみ を表している.なお、凡例の R=24 および R=20 は、 それぞれ普通高力ボルトおよび高変形能高力ボルト を示している.

キーワード 高変形能高力ボルト,エネルギー吸収能,柱脚基部 連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学研究室 TEL(06)6605-2785 / FAX(06)6605-2765



図-3 高変形能高力ボルトと普通高力ボルトの比較



(a)R=24 の場合(b)R=20 の場合図-5 柱脚基部の終局時の変形図(変形倍率 1.0 倍)

表-3 エネルギー吸収能						
ボルト直径	ボルト平均	エネルギー				
(mm)	ひずみ(μ)	吸収能(kN·mm)				
R=24	0.01	3109				
R-20	0.05	8/180				

解析結果より得られた,柱脚基部の水平荷重と水平 変位との関係,および変形図を,それぞれ図-4,およ び図-5に示す.

図-4より,高変形性能高力ボルトを用いた柱基部の 水平変位は普通ボルトを用いたものより大きくなっ ていることがわかる.また,高変形能高力ボルトを用 いた場合の柱脚強度は普通高力ボルトを用いた場合 と同等の強度を有していることが確認できる.これは, 高変形能高力ボルトを用いた場合,ボルト自体の伸び 量が大きくなることで基部での離間量が大きくなり 全体の水平変位量が大きくなったためと考えられる. 変形図からも、基部の離間量は高変形能高力ボルトの 方が大きいことがわかる.

次に, エネルギー吸収能を表-3 に示す. 表中のエネ ルギー吸収能は, 図-4 の荷重-変位曲線で囲まれる面積 として, R=24 および R=20 のボルトの最大平均ひずみ に達するまでのエネルギー吸収能を算出した. 表-3 か ら高変形性能高力ボルトの採用によってエネルギー吸 収能が大きく改善されていることがわかる.

4. 結論

本研究では、軸平行部径を細くして変形性能を改善 した高変形能高力ボルトを柱脚基部アンカーボルトに 適用し、その効果を有限要素解析により示すことを試 みた.

本研究で得られた主な結果を以下に示す.

- 柱脚基部アンカーボルトに高変形能高力ボルト (M24 に対して軸平行部を 20mm とした高力ボルト)を適用した場合,普通高力ボルトを用いた場合に比べて,同等の強度を有するにもかかわらず,約2倍の変形能を有し、ボルト破断時までの吸収 エネルギーは普通高力ボルトの場合の約2.7倍になることを確認した.
- 本研究により、高変形能高力ボルトをアンカーボルトに適用する効果は十分に高いことが示された.
 今後は、エンドプレートの局部変形,角形交換部材の局部座屈フーチングの強度・剛性などの異なる終局モードまでを考慮したパラメトリック解析を行い、終局状態付近では半剛結構造の柱脚基部設計のために基礎的資料を収集する必要がある.

参考文献

- 山口隆司,北田俊行,中野貴史:軸方向引張力作用 下の太径高変形能高力ボルト(M30)の変形性能,鋼 構造論文集,第8巻,第32号,日本鋼構造協会, pp.1-8,2001年12月.
- Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc.: ABAQUS / Standard User's Manual Volume I - III Ver.6.3, 2002.
- 山口隆司,北田俊行,岡田潤,中野貴史:柱基部 定着構造の力学的特性に関する実験的研究,構造工 学論文集 Vol.49A, pp.39-46, 2003 年 3 月