

(69) 橋脚の3次元モデルに幾何公差を適用した 3次元アノテティドモデルの考察

城古 雅典¹・森脇 明夫²・宮本 勝則³・福士 直子⁴・
有賀 貴志⁵・矢吹 信喜⁶

¹正会員 国土基盤モデル研究会 (〒191-0011 東京都日野市日野本町3-8-3)
E-mail:jiyouko.m@jcity.maeda.co.jp / contact@inframodel.org

²非会員 ダッソー・システムズ株式会社 建築・建設業界担当
(〒141-6020 東京都品川区大崎2丁目1番1号ThinkParkTpwer20F)
E-mail:akio.moriwaki@3ds.com

³正会員 一般財団法人日本建設情報総合センター (〒107-8416 東京都港区赤坂7-10-20)
E-mail:miyamotk@jacic.or.jp

⁴学生会員 国際航業株式会社 技術サービス本部 (〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1)
E-mail:naoko_fukushi@kk-grp.jp

⁵正会員 国土基盤モデル研究会 (〒191-0011 東京都日野市日野本町3-8-3)
E-mail:t.aruga@conport.jp / contact@inframodel.org

⁶フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail:yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

土木構造物の図面は設計値が記載されており、許容値は、出来形管理基準に記載された測定項目と規格値に記載されている。一方、製造業の図面は、設計値と共に、許容値も寸法公差や幾何公差を使用して記載されている。

本研究は、橋脚の3次元モデルに寸法公差を適用をしたところ、鋼管ソイルセメント杭の偏心量は寸法公差では表現できないことと、傾斜については寸法公差より幾何公差で表現することが望ましいことが判明した。そこで、幾何公差をこれらに適用した3次元アノテティドモデルの考察を行うものである。

Key Words : 3D annotated model, dimensional tolerance, geometrical tolerance

1. はじめに

2016年3月、日本工業規格 (JIS) の改定^{1) 3)}により、図面には「幾何公差」が必須となった⁴⁾。製造業の電子情報技術産業協会 (JEITA) と日本自動車工業会 (JAMA) は2006年に制定されたISO 16792⁵⁾ に準じた3次元アノテティドモデルのガイドライン^{6) 7)} を制定している。また、日本航空宇宙工業会 (SJAC) では、設計やインターフェイスなどの国際宇宙規格制定の活動を行っている⁸⁾。

製造業の図面には、寸法に加え許容値である寸法公差や幾何公差が記載されているが、公共事業の図面には理論的に正確な寸法が記載されており、許容値は出来形管

理基準に測定項目と規格値が記載されている。

著者ら^{9) 10)}の先行研究により、3次元橋脚設計モデルのうち、橋脚躯体工、鋼管ソイルセメント杭、鉄筋について、出来形管理基準の規格値を寸法公差として付与することができた。寸法公差を付与した3次元アノテティドモデルを使用することにより、モデルをみただけで許容値が分かるため、手戻りや施工ミスが減少するものと考えられる。

しかしながら、鋼管ソイルセメント杭の偏心量は、真の位置が長さではなく点であるため、寸法公差では表現することができなかった。また、傾斜については、寸法公差で表現するよりも、幾何公差で表現することが望ましいことが分かった。

本研究では、鋼管ソイルセメント杭の偏心量と傾斜とについて、橋脚の3次元モデルに幾何公差を適用した3次元アノテーションモデルの考察を行うこととした。

2. 3次元アノテーションモデルとは

3次元アノテーションモデルは、設計モデル (Design Model) に、アノテーション (Annotation) と属性 (Attributes) を付加したものである。そして、設計モデルは、3次元空間内の形状をコンピュータ内部に表現したモデル形状 (Model Geometry) と、設計要件を伝えるためのプロダクト定義に含まれる幾何学的要素ではあるが、製造されたプロダクトの一部を代表することにはならない幾何学的要素である補足形状 (Supplemental Geometry) から構成されている⁹⁾。

3. 寸法公差と幾何公差

(1) 寸法公差

ある品物を製作する場合、たとえば、図面のある部分の長さが50mmと指定されていたとしても、実際にそれを50.000.....mmのように、極めて正確に仕上げることは一般的に困難であって、若干の誤差は必ず生じるものである。また、そのような誤差が、ある程度よりも小さければ、その品物を実際に使用するに当たって、機能上から全く支障のない場合が多い。そこで、大量生産の場合では、このような製品の機能上の要求を満たし、しかも加工上最も有利なように、あらかじめ、実用上差し支えない適当な大小二つの許容限界寸法、すなわち最大許容寸法と最小許容寸法とを定めておき、この寸法の範囲内に品物ができあがればよいこととしている。この場合の最大許容寸法と最小許容寸法と理論的に正確な値の差を「寸法公差」、許容限界寸法を定めることを「公差を与える」といい、大量生産の場合の部品等の互換性確保に欠くことのできない方式である¹⁰⁾。

(2) 幾何公差とデータム

a) 幾何公差

JIS Z 8114¹²⁾ では、幾何公差を「幾何偏差 (形状、姿勢及び位置の偏差並びに振れ) の許容値」と定義している。

最近の工業製品は、産業技術のめざましい発展ともなあって、きわめて高度化、精密化され、性能も格段に向上したのが見られるようになった。したがって製品の各部分にも、一段と高い精度や互換性が要求されてきたが、その一環としてとくに大きくクローズアップされて

いるのが幾何公差である。

寸法公差は、主として二点間測定による長さ寸法だけの規制である。ところが、一般に品物は、頂点、稜線、面等の各形状要素が結合して幾何学的形体を有している。これらの形体を幾何学的に完全な状態に仕上げることはもとより不可能なので、どの程度までの狂いであれば許容されるかについて、あらかじめ図面に示しておかなければならない。このような形体に対する公差の許容値を幾何公差といい、JIS B 0021 (製品の幾何特性仕様)¹³⁾ で、その記号による表示と、それらの図示方法について規定されている¹¹⁾。

b) データム

平行度などの関連形体において、その公差域を設定するために、何か基準となる部分 (面、線、軸線など) を考えなければならない。このような基準となる部分をデータムという¹¹⁾。

4. 実装

本研究では、製造業の製品イメージに近い、ソリッド形状の橋脚で3次元アノテーションモデルを作ることとした。モデル化する橋脚は、横環南栄IC・JCT下部 (その12) 工事のPU13橋脚 (上り線) とし、申請を行って国土交通省関東地方整備局の情報公開室PCからCD-Rにコピーした2次元図面をもとに3次元モデル作成した。寸法公差の許容値は、国土交通省関東地方整備局が制定している、土木工事施工管理基準及び規格値 平成29年4月5日改訂¹⁴⁾ の出来形管理基準及び規格値を採用した。

アプリケーションは、ダッソー・システムズ社のCATIAを使用して、3次元アノテーションモデルを作成した。また、鋼管ソイルセメント杭 (杭径1,000mm、杭長20,500mm) の偏心量と傾斜について、幾何公差を付加することとした。

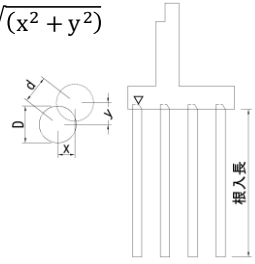
5. 考察

(1) 偏心量

既製杭工 (鋼管ソイルセメント杭) の測定項目、規格値、測定基準、測定箇所は表-1に示す通りである。

編心量dは図-1に示すように位置度を適用することとした。フーチング側面のIとHからそれぞれ、四角で囲んだ理論的に正しい寸法800mmの位置においてφ200の円筒公差域の中に入らなくてはならないことを表示している。これは交差する点と、「×」で表示された杭の中心点の差異が100mm以内であれば良いと判断したためである。ISO 16792では点の要素に向かう引出線の終点は矢

表-1 既製杭工（鋼管ソイルセメント杭）の出来形管理基準及び規格値¹⁴⁾

| 工種 | 測定項目 | 規格値 | 測定基準 | 測定箇所 |
|----------------------|-------|---------|---------------|--|
| 既製杭工 (鋼管ソイルセメント杭) | 基準高 ▽ | ±50mm | 全数について杭中心で測定. | $d = \sqrt{(x^2 + y^2)}$  |
| | 根入長 | 設計値以上 | | |
| | 偏心量 d | 100mm以内 | | |
| | 傾斜 | 1/100以内 | | |
| | 杭径 D | 設計値以上 | | |

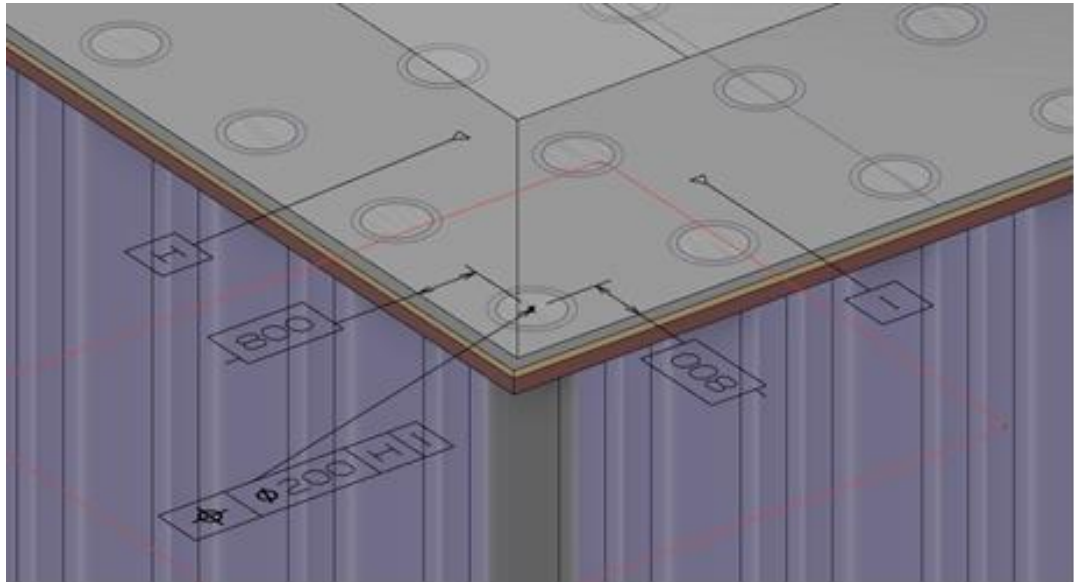


図-1 偏心量dの幾何公差

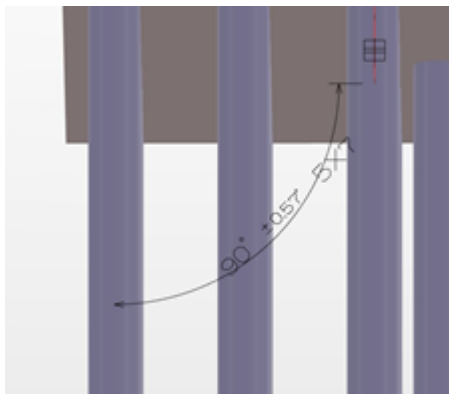


図-2 傾斜の寸法公差

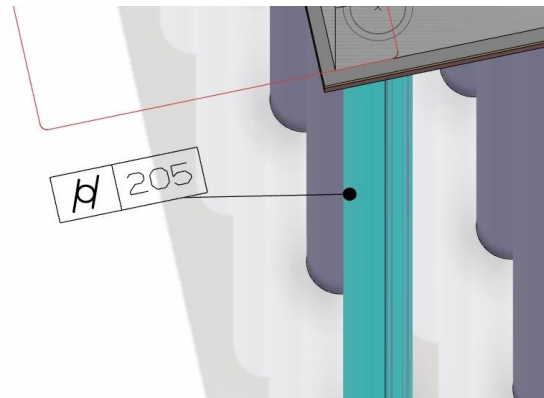


図-3 傾斜の幾何公差

印を使用することになっているので、杭の中心点である「×」の地点を指し示すを指し示す幾何要素の引出線は矢印を使用している。また、表-1の規格値は100mm以内となっているので、公差値は200mmとした。そして、理論的に正しい位置からの離れが半径100mmまで許されるので、φ200と表記することとした。

偏心量については、真の位置が長さではなく点であるため、寸法公差では表現できなかったが、幾何公差の位

置度で表現することができた。

(2) 傾斜

a) 寸法公差

傾斜の寸法公差を図-2に示す。傾斜の寸法公差は、図-2に示すように、角度で表示することとした。なお、寸法公差の0.57°の値は、規格値1/100を角度換算した値である。

b) 幾何公差

傾斜の幾何公差は図-3に示すように円筒度を適用することとした。表-1の規格値が「1/100以内」となっており設計杭長が

20,500mmのため、杭径よりも直径が205mm(20,500mm/100=205mm)大きい円筒の中に杭の表面が収まっていれば良いと判断した。ISO 16792では面の要素に向かう引出線の終点は点を使用することになっているので、杭の表面を指し示す幾何要素の引出線は点を使用している。また、公差値は205mmとした。

寸法公差では1方向についての傾斜の規定しかできなかったが、幾何公差では円筒度を適用し、許容範囲の円筒と杭の表面を比較する方法により、すべての方向に対する傾斜を規定することができた。

6. まとめ

公共事業の図面には理論的に正確な寸法が記載されており、許容値は出来形管理基準に測定項目と規格値が記載されているが、製造業と同様に、公共事業においても橋梁の3次元モデルに寸法公差や幾何公差を適用した3次元アノテーションモデルを作成することができた。また、寸法公差では表現できなかった、鋼管ソイルセメント杭の偏心量と、寸法公差では1方向についての規定しかできなかった傾斜についても、幾何公差の適用により的確な形態の規定ができることが分かった。

幾何公差を使用することにより、図面解釈の一義性が保証されることにより、あいまいさや解釈の違いが排除され、正確な情報伝達が行なわれる。また、幾何公差は、寸法公差に比べ公差域が数多く用意されているため、対象物の幾何特性に関する設計意図を確実に、かつ正確に指定することができるため、今後NC(Numerical Control: 数値制御)施工や自動化施工を目指すためには幾何公差の導入が必要不可欠と思われる。

謝辞: ダッソー・システムズ(株)の和泉弘龍氏にはモデル作成を協力して頂いた。また、土木学会 土木情報学委員会 建設3次元情報利用研究小委員会 3D Annotated Model WGからは様々な意見を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) JIS B 0420-1: 製品の幾何特性仕様 (GPS) ー寸法の公差表示方式ー 第1部 長さに関わるサイズ, 2016.
- 2) JIS B 0401-1: 製品の幾何特性仕様 (GPS) ー長さに関わるサイズ公差の ISO コード方式ー 第1部 サイズ公差、サイズ差及びはめあいの基礎, 2016.
- 3) JIS B 0401-2: 製品の幾何特性仕様 (GPS) ー長さに関わるサイズ公差の ISO コード方式ー 第2部 穴及び軸の許容差並びに基本サイズ公差クラスの表, 2016.
- 4) JIS が警鐘を鳴らす「図面鎖国」の危機 <<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/feature/15/122200045/122800003/>> (入手 2019.5.9) .
- 5) ISO : ISO 16792 First Edition 2006-12-15 Technical product documentation – Digital product definition data practices, 2006.
- 6) (一社) 電子情報技術産業協会 : 3DA モデルガイドライン ー3DA モデル作成及び運用に関するガイドラインー, 2013.
- 7) (一社) 日本自動車工業会 : JAMA/JAPIA 3D 図面ガイドライン ー3D 単独図ガイドラインー, 2009.
- 8) (一社) 日本航空宇宙工業会 : ISO TC20/SC14 宇宙システム・運用分委員会 制定標準 (IS 及び DIS・FDIS) の要旨 (ISO_SC14 国際宇宙規格概要集) , 2018.
- 9) 城古雅典, 森脇明夫, 有賀貴志, 福土直子, 矢吹信喜 : 橋脚の 3 次元モデルに寸法公差を適用した 3 次元アノテーションモデルの考察, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.42, pp.43-46, 2017.
- 10) 城古雅典, 森脇明夫, 有賀貴志, 福土直子, 矢吹信喜 : 3 次元橋脚設計モデルに寸法・基準高・寸法公差のアノテーションを付与した 3 次元アノテーションモデルの提案, 土木学会論文集 F 3 (土木情報学) ,Vol.73,No.2, I_21- I_28,2017.
- 11) 大西清 : JIS にもとづく標準製図法 (第 13 全訂版) , pp.66~84, オーム社, 2016.
- 12) JIS Z 8114 : 製図ー製図用語, 1999.
- 13) JIS B 0021 : 製品の幾何特性仕様 (GPS) ー幾何公差表示方式ー 形状, 姿勢, 位置及び振れの公差表示方式, 1998.
- 14) 国土交通省関東地方整備局 : 土木工事施工管理基準及び規格値 (平成 29 年 4 月改定) <http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000671113.pdf> (入手 2019.5.9) .