

(13) 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

城古 雅典¹・森脇 明夫²・有賀 貴志³・福士 直子⁴・矢吹 信喜⁵

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 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

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、許容値も寸法公差を使用して記載されている。

本研究では、橋脚の3次元モデルに橋脚躯体工、鋼管ソイルセメント杭、鉄筋の寸法公差を適用することとした。その結果、鋼管ソイルセメント杭の偏心量以外は出来形管理基準に記載された測定項目と規格値に合致した寸法公差を適用することができた。そして、寸法公差よりも幾何公差の方が適している事例も発見することができた。

Key Words : 3D annotated model, dimensional tolerance, geometric tolerance, ISO 16792

1. はじめに

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、許容値も寸法公差を使用して記載されている。

本研究では、橋脚の3次元アノテーションモデルを作成し、設計値と寸法公差の適用について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¹⁾。

3. 寸法公差とは

ある品物を製作する場合、たとえば、図面にそ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、

表-1 橋脚躯体工の出来形管理基準及び規格値

工種	測定項目	規格値	測定基準	測定箇所
橋脚躯体工	基準高 ∇	± 20	橋軸方向の断面寸法は中央及び両端部、その他は寸法表示箇所.	
	厚 さ t	-20		
	天端幅 $w1$ (橋軸方向)	-20		
	敷 幅 $w2$ (橋軸方向)	-50		
	高 さ h	-50		
	天端長 $l1$	-50		
	敷 長 $l2$	-50		

表-2 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

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 ∇	± 50	全数について杭中心で測定.	
	根入長	設計値以上		
	偏心量 d	100以内		
	傾 斜	1/100以内		
	杭 径 D	設計値以上		

表-3 鉄筋工（組立て）の出来形管理基準及び規格値

工種	測定項目	規格値	測定基準	測定箇所
鉄筋工 (組立て)	平均間隔 d	$\pm \phi$	工事の規模に応じて、1リフト、1ロット当たりに対して各面で一箇所以上測定する.	
	かぶり t	$\pm \phi$ かつ 最小かぶり以上		

機能上から全然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の差を寸法公差といい、許容限界寸法を定めることを「公差を与える」といって、大量生産の場合の互換性確保に欠くことのできない方式である²⁾。

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³⁾の出来型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、橋脚躯体、鋼管ソイルセメント杭、鉄筋について、寸法公差を付加することとした。

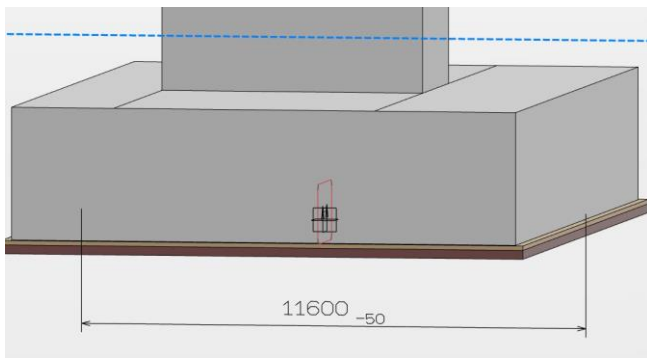


図-1 敷長 ℓ_2 の寸法公差

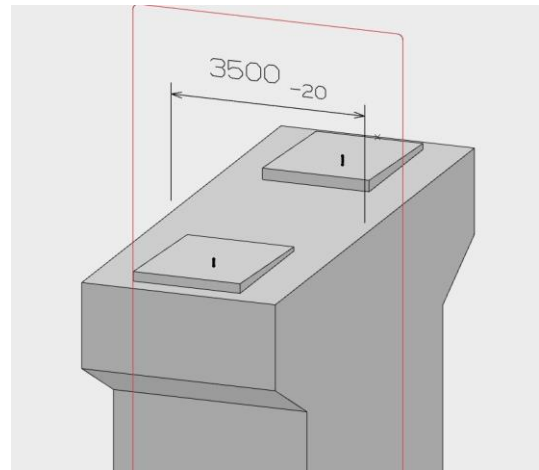


図-2 中央部の天端幅〔橋軸方向〕 w_1 の寸法公差

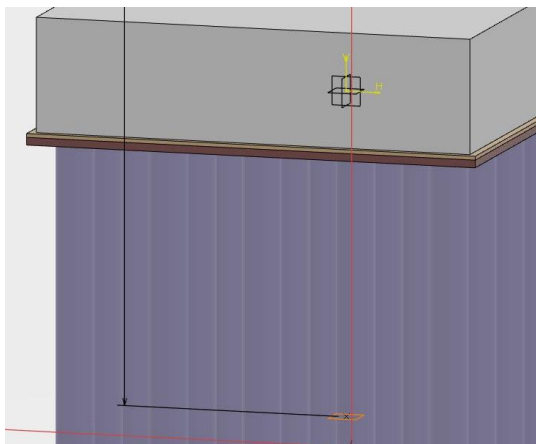


図-3 高さ0点の仮想平面

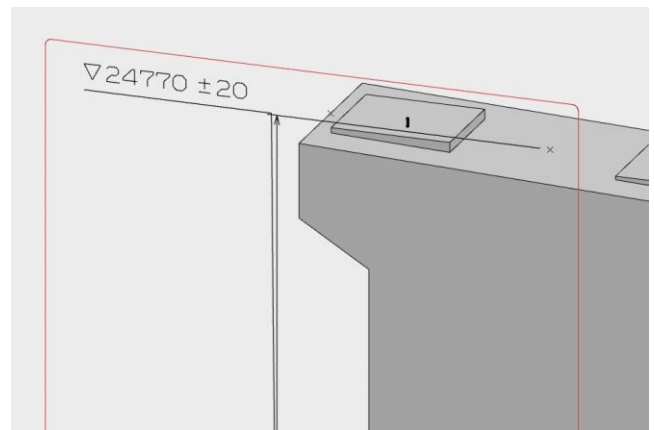


図-4 基準高 ∇ の寸法公差



図-5 根入長の寸法公差

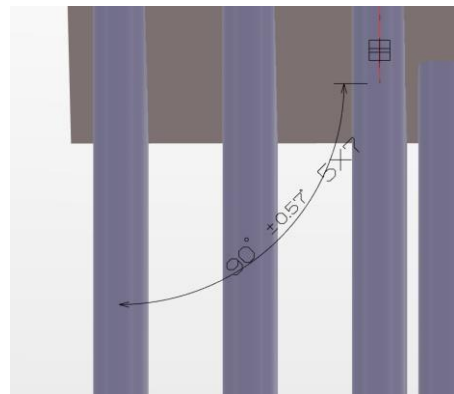


図-6 傾斜の寸法公差



図-7 平均間隔 d の駿府公差

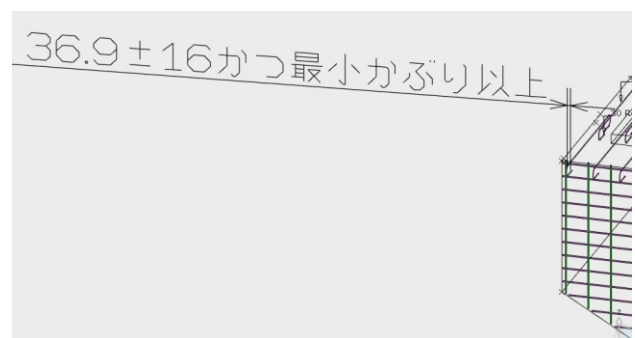


図-8 かぶり t の寸法公差

5. 考察

(1) 橋脚躯体

橋脚躯体については、表-1の測定項目である、基準高▽（規格値：±20mm）、厚さt（規格値：-20mm）、天端幅〔橋軸方向〕w1（規格値：-20mm）、敷幅〔橋軸方向〕w2（規格値：-50mm）、高さh（規格値：-50mm）、天端幅ℓ1（規格値：-50mm）、敷長ℓ2（規格値：-50mm）の検証を行った。

図-1は、敷長ℓ2の寸法公差について表示したものである。敷長ℓ2の規格値はマイナス側のみ規定しているため、下限値の規格値-50mmのみ記載することとした。

図-2は中央部の天端幅〔橋軸方向〕w1の寸法公差を示したものである。橋脚躯体工の出来形管理基準では、橋軸方向の断面寸法は中央及び両端部で寸法を測定することとなっている。天端幅〔橋軸方向〕w1の寸法公差においては、中央の場所が特定できるよう、赤い線で示された切り口（Section）を使用して表示することとした。規格値については、敷長と同様、マイナス側のみ規定しているため、下限値の規格値-20mmのみ記載することとした。

厚さt、高さh、天端幅ℓ1については、敷長ℓ2と同様の表示方法、敷幅〔橋軸方向〕w2については、天端幅〔橋軸方向〕w1と同様に表示することができた。

ISO 16792には寸法はモデルから得られなければならないとの規定がある。敷長ℓ2や天端幅〔橋軸方向〕w1は2点間の距離であり、今回使用したシステムでも寸法をモデルから得ることができたが、基準高▽は、2点間の距離ではないため、今回使用したシステムでは寸法として表示することができなかった。そこで、基準高の寸法公差については、高さ0の点に仮想平面を作り（図-3）、そこからの寸法をモデルから抽出することにより、基準高を表示し、規格値±20mmを付与することとした（図-4）。

(2) 鋼管ソイルセメント杭

鋼管ソイルセメント杭については、基準高▽（規格値：±50mm）根入長（規格値：設計値以上）、偏心量d（規格値：100mm以内）、傾斜（規格値：1/100以内）、杭径D（規格値：設計値以上）の検証を行った。

図-5は根入長の寸法公差を表示したものである。根入値の規格値は設計値以上となっており、設計値が20000mmであったため、20000mm以上という表記にすることとした。

図-6は傾斜の寸法公差を表示したものである。傾斜の寸法公差は、図-6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0.5°の値は、規格値1/100を角度換算した値である。今回の表現方法では1方向につい

ての規定しかできないため、傾斜については、幾何公差の直角度で規定した方が望ましいと考えられる。

基準高▽については、橋梁躯体の基準高▽と同様の表示方法とした。また、杭径dについては、根入長同様設計値以上という表示方法とした。

偏心量d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ず、幾何公差の位置度で表現する方が望ましいことが分かった。

(3) 鉄筋

鉄筋については、平均間隔d（規定値：±φ）と、かぶりt（規格値：±φかつ最小かぶり以上）の検証を行った。平均間隔dの寸法公差は、図-7に示すように、同じ規格、呼び径および形状を持つものを色でグループリングし、寸法公差については、1箇所のみ表示とした。平均間隔を寸法公差で規定した場合、たとえば、D13mmの鉄筋100本が、すべてマイナス側の規格値-13mmとなった場合、残りの1,300mmの区間は鉄筋がなくても、寸法公差の定義上は合格という判定も可能となるため、寸法公差で規定するよりも、幾何公差の位置度で規定したほうが望ましいと考えられる。

かぶりtの寸法公差は、鋼管ソイルセメント杭の根入長と同様に、設計値36.9、規格値である鉄筋径±16にかつ最小かぶり以上の文字を加えることとした（図-8）。

6. まとめ

土木構造物である橋脚の3次元モデルにも、製造業で用いられている寸法公差を適用した3次元アノテティドモデルを作成することができた。これにより、3次元アノテティドモデルをみただけで許容値が分かるため、施工ミスが減少するものと考えられる。また、NC（Numerical Control：数値制御）施工や自動化施工を目指すためには寸法公差の導入が必要不可欠と思われる。さらに、寸法公差よりは幾何公差を適用したほうが良い事例も発見できたため、今後は幾何公差も視野にいたれた研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) JAMA/JAPLA : 3D 図面ガイドライン <http://www.jama.or.jp/cgi-bin/it/download_01.cgi>（入手 2017.5.10）。
- 2) 大西清：JIS にもとづく標準製図法（第 13 全訂版）、p.66、オーム社、2016。
- 3) 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 2017.4.24）。