

高度成長期に入って道路の建設が急速に進み、それに伴い数多くの横断歩道橋が設置されてきた。最近では40年を経過する横断歩道橋が増え始めており、数々の損傷が報告されている。その中でも、階段下端の基礎コンクリートの破損は、損傷例も多く、かつ補修後も再発することから、構造上の問題があることが推測される。



写真-1

柱の基礎には、不等沈下防止のために支持層まで杭が施されているが、階段下端の基礎には、周辺の地盤と同じように沈下するようにするため

支持杭は施されていない¹⁾。もし、階段の基礎が周辺と同じように沈下しないと写真-1のようになるからである。

一方、階段桁と基礎とは剛結合で連結されているため、階段桁と基礎との取り付け部には以下の大きな反力が発生する。

- ①基礎の沈下による反力
- ②階段桁に作用する死荷重、活荷重の反力
- ③歩道橋全体に作用する温度荷重、風・地震荷重の反力

このように反力が集中してくるため、階段基礎に多くの破損が見受けられるものと思われる。これらの反力を予想して昭和40年頃には、階段ベース部に鋼板2枚を重ねて可動構造にしたこともあるが、あまり効果がみられなかったのか、現在では完全な剛結合となっている。

本論文は、これらを立体解析で数値的に検証し、階段基礎にゴム支承を用いて集中する反力を解放させさせようとするものである。階段基部にゴム支承を用いると階段下端がフリーに近い状態となり、構造全体が弱体化し耐震性も低下する。従って、その弱点補うために橋脚、通路桁、階段をすべて剛結合とし、従来の歩道橋よりも安定し、かつ耐震性にすぐれた構造を提案するものである。

以前も、このような考えがなかったわけでもないが、杭の連成バネが解析できなかつたので基礎を剛支点として解析したため、温度変化等で大きな曲げモーメントが柱に発生し不経済になってしまっていた。最近では、連成バネが容易に解けるようになったので、本構造を提案することができるに至った。

[参考文献]

- 1) 既設道路橋を考える会 「既設道路橋を考える」 橋梁&都市PROJECT、2007.8

大阪府立工業高等専門学校 学生員 ○島田 翔二 コスモ技研株式会社 正会員 森 正 忠
 大阪府立工業高等専門学校 正会員 岡南 博夫 コスモ技研株式会社 正会員 鎌倉 洋俊

1. はじめに

高度成長時代にはいって多くの道路が建設されはじめ、交通量も急速に増加しはじめた。それに伴い交通安全施設等整備事業¹⁾が推進され、数多くの横断歩道橋が設置されてきた。最近では設置後 40 年以上たつ横断歩道橋が増え始めており、数々の損傷が指摘され補修も行われてきている。その中でも構造上の問題点と思われる階段下端の基礎コンクリートに損傷が少なからず見受けられる。横断歩道橋の構造は、設置されはじめてから大きな改良はなく、現在でも当初の構造をそのまま踏襲しているのがほとんどである。本研究は、既設横断歩道橋の構造上の問題点を検討し、耐震性にすぐれた新しい横断歩道橋の構造を提案するものである。



写真-1 階段基礎の破損

2. 階段下端基礎の破損調査

階段下端の基礎の破損状況について、横断歩道橋 86 橋を調査した。調査結果を、設置場所の地盤、付近の交通量、構造形式、破損状況等に分類して破損原因を追求したが、地盤の影響が少なからず影響していることが推定されるものの、原因の特定までには至らなかった。調査結果の概要を表-1 に示す。

表-1 基礎の破損調査結果 数字は橋の数である

地域	調査路線	表土が軟弱と思われる箇所			表土が強固と思われる箇所			摘要	
		補修済み	破損	健全	補修済み	破損	健全		
大阪市内	中央大通	3	4	1		2	3	高井田～築港	
	国道25号	2				1	3	王寺～難波	
	国道26号	1	5	2				浜口～大国町	
	中央環状線				2	1	4	久宝寺～摂津	
	大正通り	1	2	3				大正～鶴町	
	長居公園通	2	4	1	3	1	6	出戸～南港	
各地	1	2	1		1	2			
奈良県	各地				1		7		
東京都内	京葉道路	3	3	1				兩國～亀戸	
	各地	2	2	2			1		
総括	合計	37			12			26	86橋
	比率	77%			32%			68%	

3. 階段基礎破損原因の推定

一般的には、横断歩道橋の階段桁の設計は、通路桁と階段基礎で支持された単純桁として設計している。支承条件は、通路桁とは可動支承、基礎とはピン支承としている。しかし実際の構造は、通路桁とはフックで取り付けられており十分に可動するとは考えにくい。また、階段下端はアンカーボルトで基礎に剛結されているためピン支承のように回転しない。従って、歩道橋全体に作用する荷重が階段を通して基礎に少なからず作用していることが想定される。また、階段基礎には杭が打たれていないことから、周辺地盤と同じように沈下することも十分考えられる²⁾。

前項の破損調査結果もあわせて、構造上の問題が階段基礎破損の主因になっていることが推定される。ここで、実際の構造にできるだけ忠実にモデル化をして構造解析を行い、階段基礎に作用する断面力や応力度から、破損原因を推定することにした。構造解析のモデルは、図-1 に示す支間 30m 幅員 2.1m の標準的な横断歩道橋とし、立体骨組解析で行った。基礎の不等沈下量は、基礎全体が 10mm 沈下または基礎の回転量が基礎の前後差で 10mm とした。解析結果の階段ベース部の反力を表-2 に、その時の階段取り付けアンカーボルト部の応力度を表-3 に示す。これによると、階段基礎の不等沈下や歩道橋全体に作用する荷重の影響が階段ベース部に集まってきて、階段取り付けアンカーボルト部の応力度が破壊に至っていることがわかる。これらの力を解放するために階段ベース部にゴム支承を設けて、別途解析を行った。その結果が表-2 の右のテーブルである。これより、階段基礎に集中していた力がほとんど解放されているのがわかる。

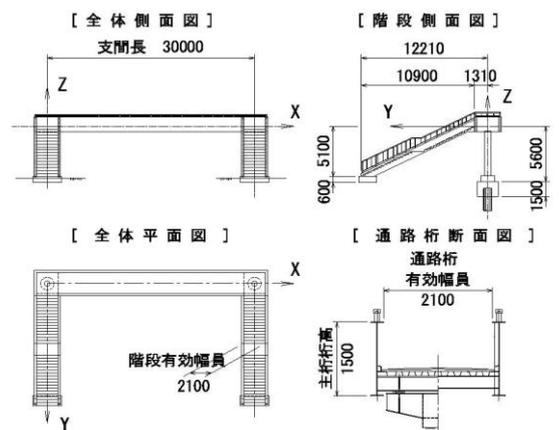


図-1 横断歩道橋構造モデル

表-2 階段基部の反力集計

単位：kN, kNm

	従来解析モデル			構造に忠実にモデル化した場合						階段ベース部にゴム支承を使用した場合					
	RX	RY	RZ	RX	RY	RZ	RMX	RMY	RMZ	RX	RY	RZ	RMX	RMY	RMZ
死荷重			39.98	0.00	-2.12	52.98	-33.00	0.00	0.00	0.00	-6.39	42.63	-1.45	0.00	0.00
活荷重			38.77	0.00	-7.13	52.94	-111.84	-0.19	0.00	0.00	-6.67	42.25	-1.52	-0.02	0.00
温度変化				± 37.11	± 5.97	± 3.65	± 7.07	± 195.87	± 391.47	± 0.46	± 5.20	± 2.61	± 0.12	± 2.42	± 4.84
通路桁方向風	± 24.85			± 54.40	± 0.08	± 0.04	± 0.01	± 130.21	± 260.42	± 30.62	± 1.58	± 0.79	± 0.00	± 4.72	± 9.45
通路桁直角方向風		± 13.19		± 6.13	± 96.09	± 39.10	± 24.79	± 32.32	± 64.65	± 0.05	± 81.45	± 34.09	± 0.40	± 0.27	± 0.54
基礎全体沈下				0.00	4.59	-10.07	82.01	0.00	0.00	0.00	5.45	-2.86	1.40	0.00	0.00
基礎回転沈下				± 0.00	± 16.10	± 58.97	± 706.99	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.28	± 1.01	± 12.11	± 0.00	± 0.00

4. 横断歩道橋の構造提案

前述の結果より、階段基礎部の破損を防止するために、階段ベース部にゴム支承を設けることとする。また、従来は、通路桁、階段、橋脚を独立させ各々を支承やフックで連結し、さらに落橋防止装置を取りける構造とされていたが、ここで図-2 に示す一体型ラーメン構造形式を提案する。すなわち、橋脚と通路桁および階段桁と通路桁は剛結合とする。

階段ベース部にゴム支承を設けることにより部分的には弱くなるが、全体的にはラーメン構造になっているため、安定した剛性の高い構造物となる。前述のモデルを使用し、従来構造と提案構造で構造解析を行って比較したのが表-4 である。これより提案構造は、すべての荷重に対して断面力が1カ所に集中することなくバランスよく配分されていることがわかる。また、一体構造であるため耐震に対しても有利な構造といえる。レベル2の地震に対しては、動的応答解析により従来構造と提案構造の比較を行った。これによると橋脚基部において、通路桁方向地震については大差なかったが、通路桁直角方向地震については従来構造では階段ベース部のアンカーボルトが破損し、提案構造の約4倍の曲げモーメントが発生した。

5. おわりに

階段基礎の損傷に対して有利で、かつ構造特性に優れた構造を提案することができた。また、提案構造の方が断面力も小さくなっており、かつ橋脚上の支承や落橋防止装置も不要となつて、鋼重も軽減することが予想できる。近年、利用の少ない横断歩道橋は撤去されていることもあるが、交通量の多い道路や通学路では、新たに設置もされている。今後は、さらに橋脚をそのまま支持層まで打ち込み、橋脚と基礎を一体化した構造を検討していきたい。

【参考文献】

- 1) (財)日本道路協会 立体横断施設技術基準・同解説,1979.1
- 2) 既設道路橋を考える会 「既設道路橋を考える」 橋梁&都市PROJECT, 2007.8

表-3 階段ベース部応力

単位：N/mm²

	従来解析モデル			構造に忠実にモデル化した場合					
	RX	RY	RZ	RX	RY	RZ	RMX	RMY	RMZ
作用反力									
応力照査箇所	A			A			C		
許容応力度	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	0.70	0.70	-6.00
死荷重				0.00	-0.11	-0.08	-1.20		0.00
活荷重				0.00	-0.38	-0.08	-4.07		0.00
温度変化				± 1.98	± 0.32	± 0.01	± 0.26	± 1.66	± 17.40
通路桁方向風	± 1.33			± 2.90	± 0.00	± 0.00	± 0.00		± 11.57
通路桁直角方向風		± 0.70		± 0.33	± 5.12	± 0.06	± 0.90		± 2.87
基礎全体沈下				0.00	0.24	-0.01	2.98		0.00
基礎回転沈下				± 0.00	± 0.86	± 0.08	± 25.73		± 0.00

A: アンカーボルトと基礎コンクリートの支圧応力度(圧縮を負とする)
 B: 階段ベースプレートと基礎コンクリートの支圧応力度(圧縮を負とする)
 C: アンカーボルト引き抜きに対するコンクリートの付着応力度

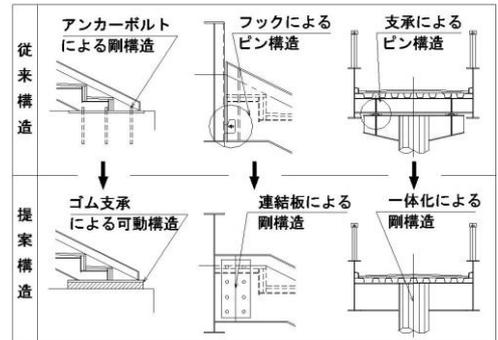


図-2 構造提案

表-4 断面力

単位：kNm

荷重	着目点	従来モデル	従来構造	提案構造	
死荷重 + 活荷重	通路桁端	面内M	0.00	-3.89	-577.10
	通路桁中央	面内M	2137.50	2117.39	1544.18
	橋脚下端	My	0.00	50.52	216.28
	階段ベース部反力	RMx	0.00	-229.41	-2.87
		RMz	0.00	-0.48	-1.38
温度変化	通路桁端	面外M		± 47.01	± 76.95
	橋脚下端	My		± 72.94	± 88.71
	階段ベース部反力	RMx		± 7.07	± 0.06
		RMz		± 391.74	± 4.27
		RMz		± 391.74	± 4.27
通路桁直角方向風	通路桁中央	面外M	± 590.63	± 567.05	± 442.03
	橋脚下端	Mx	± 671.35	± 30.51	± 159.14
	階段上端	面外M		± 0.00	± 136.68
	階段ベース部反力	RMx		± 24.79	± 0.08
		RMz		± 32.32	± 0.20
		RMz		± 64.65	± 0.41
		RMz		± 64.65	± 0.41
通路方向地震	橋脚下端	My	± 729.97	± 60.78	± 158.34
	階段上端	面外M		± 0.00	± 167.45
	階段ベース部反力	RMx		± 0.23	± 0.03
		RMz		± 255.50	± 2.66
RMz			± 511.02	± 5.32	
基礎沈下 (全体+回転)	橋脚天端	Mx		84.68	12.65
	橋脚下端	Mx		82.79	42.78
	階段ベース部反力	RMx		789.00	13.54
		RMz		0.00	0.00