

既設地下通路の増築工事に伴う開口部の補強検討（その2）

(株) 大林組 正会員 ○佐々木一成 加藤 敏明
同上 正会員 井上 昭生 齋藤 隆

1. はじめに

地下通路の開口補強梁の有効性と開口の有無の影響を検証した（その1）の検討に続き、荷重分担が期待される通路の長手方向、すなわち面外方向の検討を3次元FEM解析を用いて行うこととした。既設通路の建設当時の設計においては、通常のカルバートの設計と同様にこの方向の検討は行っておらず、当時の細目規定により細径の配筋が配置されたものと推察される。

2. RC断面計算による検討（検討1）

2.1 検討方法

主方向の検討時に実施した3次元FEM解析の出力から断面力を拾い出し、RC断面計算を行って許容応力度法による照査を行った。配筋は建設当時の設計資料には記載がなく、竣工図面から鉄筋径と配筋間隔を調べて計算を行うこととした。なお、（その1）と同様に、開口部の影響検討を目的として、開口なしのFEM解析から得られた結果に対しても同様の検討を行った。

2.2 検討結果

配筋によるRC断面計算を行った結果を表-1に示す。コンクリートの断面照査では、発生圧縮応力度が許容応力度と同等となる箇所が見られたが、概ね許容応力度内であり、せん断応力度については全ての断面で許容応力度以下となる結果であった。しかし、配筋の発生応力度が上床板のかんりの範囲で許容応力度を上回ることが確認された。これらの断面の大半では鉄筋比が極端に少ないこともあり、最大で 500N/mm^2 を超える応力度が発生し、短期許容応力度だけでなく鉄筋の材料強度を大きく超える値となった。ただし、これは開口のないモデルの結果でも同様の結果であり、実際の構造物にひびわれ発生などの不具合が生じていないことも勘案して、RC断面計算だけでなく別の検討も行い総合的に安全性を判断することとした。

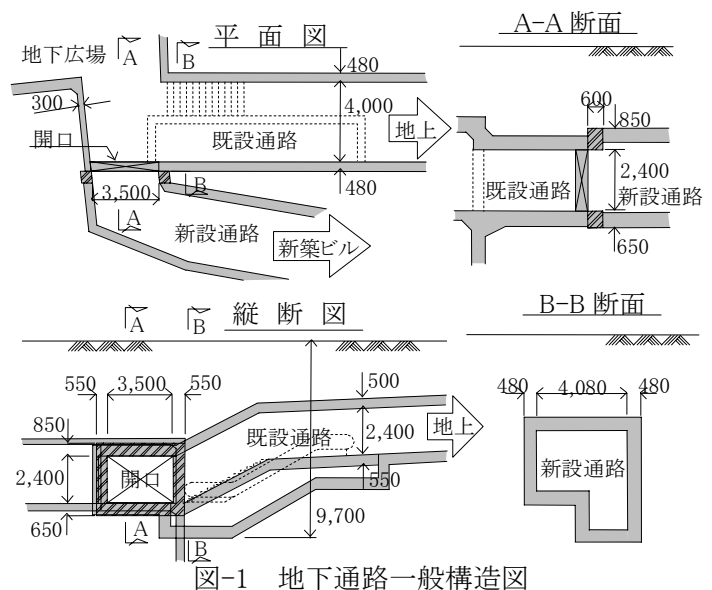


図-1 地下通路一般構造図

表-1 配筋方向の応力度照査結果一覧表

＜コンクリートの圧縮応力度＞										
			部材厚	主筋	開口有り			開口なし		
					$\sigma(\text{N/mm}^2)$	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	判定	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	判定
頂版	開口部	中央部	t=550	16 ϕ 250	4.5	6.0	○OK	3.9	6.0	○OK
		端部		16 ϕ 500	5.6	6.0	○OK	5.2	6.0	○OK
	一般部	中央部		16 ϕ 500	0.8	6.0	○OK	0.9	6.0	○OK
		端部		16 ϕ 250	5.2	6.0	○OK	5.3	6.0	○OK
底板	開口部	中央部	t=600	16 ϕ 500	4.2	6.0	○OK	4.0	6.0	○OK
		端部		16 ϕ 250	5.99	6.0	△OK	5.99	6.0	△OK
	一般部	中央部		16 ϕ 500	1.6	6.0	○OK	1.0	6.0	○OK
		端部		16 ϕ 250	2.5	6.0	○OK	2.2	6.0	○OK
側壁	一般部		t=480	16 ϕ 250	1.3	6.0	○OK	1.3	6.0	○OK

＜コンクリートのせん断応力度＞										
			部材厚		開口有り			開口なし		
					$\tau(\text{N/mm}^2)$	$\tau(\text{N/mm}^2)$	判定	$\tau(\text{N/mm}^2)$	$\tau(\text{N/mm}^2)$	判定
頂版	開口部		t=550		0.24	0.55	○OK	0.24	0.55	○OK
		一般部			0.23	0.55	○OK	0.22	0.55	○OK
底板	開口部		t=600		0.20	0.55	○OK	0.20	0.55	○OK
		一般部			0.32	0.55	○OK	0.29	0.55	○OK
側壁	一般部		t=480		0.25	0.55	○OK	0.18	0.55	○OK

＜鉄筋の引張応力度＞										
			部材厚 (mm)	主筋	開口有り			開口なし		
					$\sigma(\text{N/mm}^2)$	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	判定	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	判定
頂版	開口部	中央部	t=550	16 ϕ 250	276	130	×NG	229	130	×NG
		端部		16 ϕ 500	375	130	×NG	352	130	×NG
	一般部	中央部		16 ϕ 500	489	130	×NG	468	130	×NG
		端部		16 ϕ 250	260	130	×NG	263	130	×NG
底板	開口部	中央部	t=600	16 ϕ 500	167	130	×NG	167	130	×NG
		端部		16 ϕ 250	521	130	×NG	522	130	×NG
	一般部	中央部		16 ϕ 500	---	130	---	---	130	---
		端部		16 ϕ 250	426	130	×NG	366	130	×NG
側壁	一般部		t=480	16 ϕ 250	179	130	×NG	171	130	×NG

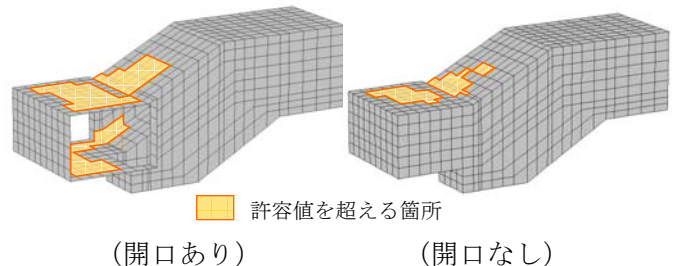


図-3 鉄筋応力度が許容値を超えている範囲

キーワード カルバート, 3次元FEM解析, 配筋

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2品川インターシティB棟 (株)大林組 橋梁技術部 TEL03-5769-1306

3. コンクリートの引張強度評価（検討2）

3.1 検討方法

検討1で得られた配筋方向のRC断面の耐力グラフを図-4に示す。同図から、鉄筋の降伏モーメントに対して曲げひび割れ発生モーメントの方が遥かに大きいことがわかる。実現象においても配筋方向の引張力をコンクリートが負担していることが考えられることから、コンクリートの引張強度を期待した検討を行うこととした。この時、制限値として使用する許容引張力は、軸力の効果を見込んだ引張強度算定式より算出した。

3.2 検討結果

コンクリートの引張強度による配筋方向の照査結果を表-2及び図-5に示す。供用中の通路と同じ状態を示す開口なしのモデルでは、全ての断面でコンクリートの引張力が制限値以下であったことに対し、開口有りのモデルでは上床板の中央付近で許容値を上回る箇所が確認された。

4. 健全性の判断

検討1、2及び（その1）に示した結果とを合わせて考えた場合、現状の既設通路は2次元骨組み構造での主方向では3次元的な荷重分担を期待しなくても十分に主鉄筋の応力度に余裕があり、配筋方向では配筋ではなくコンクリートの引張力によって各主方向断面が一体化して構造物全体の安全性が確保されていると考えられる。

なお、開口を設けた際の配筋方向の引張強度の断面不足に対しては、表-3に挙げた補強工法のうちから1方向炭素繊維補強工法を選定し、開口補強梁の設置と同時施工を行うこととした。（図-6）

5. おわりに

カルバートの設計や補強検討は2次元骨組みモデルで照査することが一般的であるが、開口や凹凸を有する複雑な形状の場合は、3次元モデルの採用が有効な検討手段となると考えられる。ただし、その場合は、従来配筋方向として省略される方向の検討も重要となる点に注意が必要である。

また、既設構造物の改築・補強検討などに際しては、簡単な計算だけで安易に過度な補強策を採用するのではなく、まず、既設構造物の現状挙動を正しく把握するための事前調査や解析方法の設定に時間をかけることが大切である。

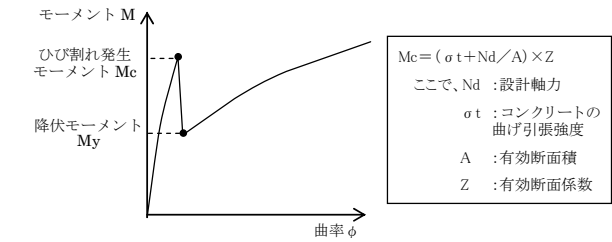


図-4 配筋方向の断面耐力イメージ

表-2 配筋方向の引張力に対する安全率一覧

頂版 コンクリート引張力安全率分布(開口有り)								頂版 コンクリート引張力安全率分布(開口なし)							
0.14	0.17	0.18	0.17	0.16	0.13	0.11		0.09	0.11	0.14	0.15	0.14	0.12	0.08	
0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.53		0.06	0.19	0.30	0.39	0.45	0.49	0.52	
0.80	0.86	0.90	0.93	0.94	0.93	0.91		0.12	0.33	0.53	0.67	0.77	0.83	0.85	
0.95	1.01	1.07	1.11	1.11	1.07	1.02		0.12	0.36	0.61	0.79	0.90	0.95	0.95	
0.83	0.94	1.02	1.06	1.04	0.96	0.88		0.09	0.32	0.57	0.75	0.83	0.84	0.80	
0.52	0.58	0.71	0.78	0.73	0.57	0.41		0.02	0.21	0.43	0.57	0.59	0.48	0.36	
0.13	0.05	0.17	0.18	0.12	0.02	0.24		0.03	0.12	0.16	0.16	0.08	0.05	0.27	
0.60	0.30	0.18	0.53	0.59	0.35	0.55		0.03	0.05	0.03	0.37	0.51	0.35	0.57	
0.54	0.38	0.25	0.55	0.60	0.39	0.60		0.08	0.00	0.07	0.42	0.50	0.37	0.62	
0.37	0.32	0.27	0.25	0.28	0.35	0.46		0.11	0.05	0.07	0.14	0.22	0.32	0.46	
0.20	0.21	0.19	0.05	0.06	0.21	0.24		0.12	0.08	0.05	0.03	0.02	0.19	0.23	
0.15	0.11	0.14	0.23	0.23	0.13	0.10		0.13	0.05	0.06	0.15	0.18	0.10	0.10	
0.12	0.07	0.07	0.13	0.13	0.06	0.08		0.12	0.05	0.03	0.09	0.09	0.04	0.07	
0.12	0.05	0.01	0.11	0.11	0.02	0.07		0.12	0.05	0.00	0.12	0.12	0.01	0.07	
0.09	0.03	0.01	0.07	0.07	0.00	0.03		0.09	0.03	0.01	0.07	0.07	0.00	0.03	
0.07	0.01	0.03	0.15	0.14	0.01	0.04		0.07	0.02	0.04	0.16	0.15	0.00	0.03	
0.07	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02		0.07	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	
0.08	0.01	0.04	0.10	0.09	0.03	0.03		0.08	0.01	0.03	0.09	0.09	0.03	0.03	
0.09	0.01	0.00	0.08	0.09	0.02	0.04		0.09	0.01	0.01	0.09	0.09	0.03	0.05	
0.08	0.02	0.01	0.08	0.08	0.04	0.06		0.08	0.02	0.01	0.08	0.09	0.04	0.07	
0.09	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.08		0.09	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.08	
0.07	0.03	0.06	0.20	0.21	0.09	0.08		0.07	0.03	0.06	0.21	0.22	0.10	0.08	
0.07	0.01	0.03	0.12	0.13	0.06	0.06		0.07	0.01	0.03	0.13	0.14	0.06	0.06	
0.06	0.03	0.10	0.16	0.15	0.06	0.02		0.06	0.03	0.10	0.16	0.15	0.06	0.02	
0.06	0.05	0.13	0.15	0.14	0.10	0.01		0.06	0.05	0.13	0.15	0.14	0.10	0.01	
0.06	0.03	0.05	0.06	0.06	0.04	0.01		0.06	0.03	0.05	0.06	0.06	0.04	0.01	

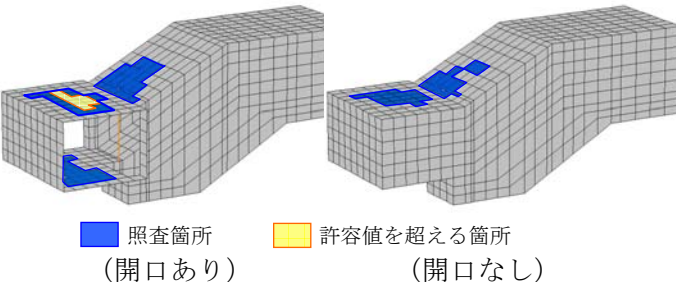


図-5 コンクリートの引張力が許容値を超えている範囲

表-3 配筋方向の補強工の工法選定

対策工法		仕様	長所	短所
A	強度再評価	強度26N/mm ² 以上を確認	既設構造物に対して、手を加えずに良い	強度確認試験の結果によっては他の対策が必要となる
B	吹付け工	30N/mm ² t=30mm	補強工が耐火被覆の役割も果たす	躯体自重が4~5%増加する
C		40N/mm ² t=25mm		
D	鋼板接着工	SS400 t=1mm以上	補強工が耐火被覆の役割も果たす	仮留めにあと施工アンカーを多用する必要がある
E	炭素繊維補強工	高弾性型	繊維が軽量であり、躯体自重を増加させない	耐火構造とするためにモルタル系の材料で被覆する必要がある
F		目付量300,2枚 中弾性型 目付量300,3枚		

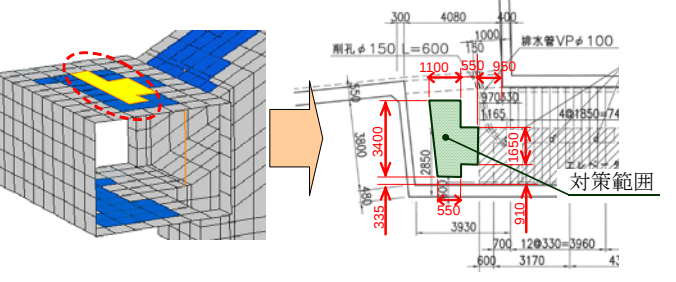


図-6 配筋方向の繊維補強工の実施範囲