

## 既設 RC 共同溝の復元設計に関する基礎的研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○毛塚 貴洋  
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太  
 独立行政法人土木研究所 フェロー会員 魚本 健人

### 1. はじめに

一般にコンクリート構造物の維持管理においては、設計図書や図面などの書類調査を行い、劣化した構造物あるいは現設計基準を満たさない不適格構造物に対して補修・補強が行われる。しかし、構造物の設計図書などの保存義務期間は10年ほどで、これより古い構造物においては、一般構造図程度しか残っていないのが現状である。このような現状の中、外観寸法のみから計算書等の設計図書を復元させる復元設計の確立が望まれている。復元設計では、構造物に作用する荷重の種類、あるいは要求性能を含めた設計基準等異なることから、構造物の種類ごとに確立する必要がある。

そこで本研究では、実在する地下共同溝を対象とし、解析ソフトを使用しない電卓を用いる方法（以下、手計算と称す）および解析ソフトで復元設計を行い、現設計基準を満足するか照査する。なお、手計算による復元化の目的は、古い構造物の多くが手計算により設計されていたこともあり、有効数字等の影響を明確にすることにある。

### 2. 対象共同溝の復元設計

#### 2-1 復元設計について

復元設計手法とは、既設構造物において、既知の情報に基づき、その構造物が設計された当時の設計基準を用いることによって、構造物内部の配筋や各部材に発生する初期の応力状態を復元し、現設計基準で照査する手法を指す。

#### 2-2 対象構造物

対象とする共同溝は、東京都江東区の有明南地区供給管共同溝（平成2年）で延長東西2本、総延長1,152mのBOXカルバートである。今回は1連BOXカルバート断面の復元設計を行った（図-1）。

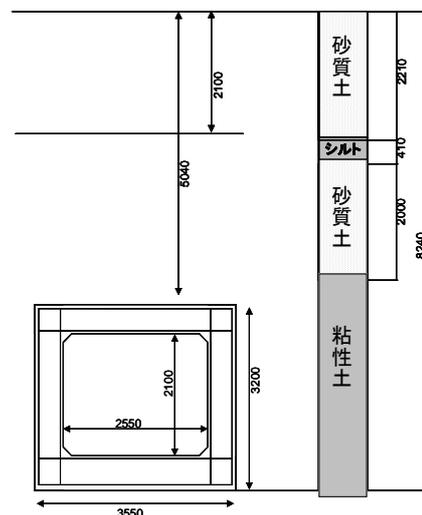


図-1 対象断面概略図

#### 2-3 復元設計計算方法

本研究では、昭和62年制定の共同溝設計指針に準拠し許容応力度設計法で復元設計を行い、現設計基準による照査については2007年制定の土木学会コンクリート標準示方書「設計編」に準拠し限界状態設計法（終局状態・使用状態）にて行った。また限界状態設計法における一般荷重には、許容応力度設計法の設計荷重を用いた。なお復元設計では、設計荷重による断面力を求め、最小必要鉄筋量を算定するが、経済性を考慮し、鉄筋はD19を125mmピッチで配置することとした。また、材料強度は建設当時の特記使用書に記載された値を用いた。

#### 2-4 復元設計の結果

表-1には、断面寸法、鉄筋の種類、鉄筋間隔、かぶり厚さを同一とし、各部材の応力度を手計算および解析ソフトで計算した結果を示す。表-1より底版隅角部に発生する鉄筋の応力度において、手計算による応力度に対し3%程度解析結果が大きくなること以外は、ほぼ同一の結果になることが分かった。

キーワード 復元設計, 地下構造物, RC 構造

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学コンクリート構造研究室 TEL03-5859-8359

両者の応力度には、荷重の単位系を揃える際の有効数字が影響し、差が生じたと考えられるが、隅各部では、ハンチ部断面を考慮するため、その影響が大きくなった可能性がある。

表-1 復元設計曲げ応力度比較

コンクリートの曲げ応力度			構造計算応力度 σc(kgf/cm <sup>2</sup> )	ソフト応力度 σc(kgf/cm <sup>2</sup> )
頂版	左隅角部	外側引張	23.10	23.10
	支間部	内側引張	19.76	19.80
	右隅角部	外側引張	24.49	24.40
左右側壁	上隅角部	外側引張	2.61	2.62
	支間部	内側引張	0.23	0.23
	下隅角部	外側引張	2.48	2.49
底板	左隅角部	外側引張	17.20	17.20
	支間部	内側引張	18.07	18.10
	右隅角部	外側引張	17.20	17.20
鉄筋の応力度			構造計算応力度 σs(kgf/cm <sup>2</sup> )	ソフト応力度 σs(kgf/cm <sup>2</sup> )
頂版	左隅角部	外側引張	880.18	886.90
	支間部	内側引張	593.69	595.40
	右隅角部	外側引張	880.18	886.90
左右側壁	上隅角部	外側引張	86.98	87.39
	支間部	内側引張	12.81	12.84
	下隅角部	外側引張	82.03	82.93
底板	左隅角部	外側引張	698.60	716.70
	支間部	内側引張	588.12	590.60
	右隅角部	外側引張	698.60	716.70

3. 対象共同溝の耐震性能照査

耐震性能については「2009年制定の下水道施設計画・設計指針と解説」に準拠し、レベル1地震動(設計水平震度=0.192)について、応答変位法(手計算)と解析ソフトを用い照査した。表-2より、両者の荷重モーメントにはほとんど差はないことが分かる。また、レベル1地震によって発生する荷重モーメントは常時のモーメントよりもすべての部位において小さく、レベル1地震動については十分安全であることも分かる。なお、レベル2地震動については、非線形解析が必要なことから、手計算と比較する目的により本研究では対象外とした。

表-2 常時・地震時荷重モーメント比較

単位: t・m	手計算による構造計算		解析ソフト		
	常時設計荷重M	地震時荷重M	常時設計荷重M	地震時荷重M	
頂版	左隅角部	-5.50	-4.66	-5.49	-4.67
	支間部	3.80	2.75	3.78	2.74
	右隅角部	-5.50	-4.66	-5.59	-4.67
左右側壁	上隅角部	-5.50	-4.66	-5.49	-4.67
	支間部	2.46	1.58	2.46	1.58
	下隅角部	-6.08	-5.67	-6.08	-5.68
底板	左隅角部	-6.08	-5.67	-6.07	-5.68
	支間部	4.67	3.98	4.65	3.99
	右隅角部	-6.08	-5.67	-6.09	-5.68

4. 限界状態設計法による照査

限界状態設計法による照査は、解析ソフトによる計算において行ったが、表-3に示すように現設計基準を満足する結果となった。

表-3 終局限界・使用限界照査結果

限界状態設計法	終局状態 (γi・Md)/Mud	使用状態・ひび割れ幅(mm)	
		ひび割れ幅	許容ひび割れ幅
頂版	左隅角部	0.323	0.032
	支間部	0.202	0.026
	右隅角部	0.323	0.028
左右側壁	上隅角部	0.258	0.018
	支間部	0.048	0.009
	下隅角部	0.237	0.018
底板	左隅角部	0.223	0.012
	支間部	0.198	0.024
	右隅角部	0.223	0.012

5. 結論「復元設計の留意すべき点」

今回、断面力算定時に手計算と解析ソフトの結果に有効数字の影響がどの程度生じるか検討し、さらに許容応力度設計法で設計された共同溝が限界状態設計法において不適格構造物にならないか照査した。手計算による計算結果は、解析ソフトによる計算した結果と大きく異なることはないが、特に隅各部においては、ハンチ部の影響があり、他の部位に比べ鉄筋の応力度に差が大きく生じることに留意すべきである。また今回の復元対象とした共同溝においては、限界状態設計法で照査しても要求性能を満足することも分かった。

なお、今回の研究では手計算による影響を明確にすることを主目的としているが、共同溝の復元設計の場合、以下の点についても留意する必要がある。

- ①断面厚さが不明なため、非破壊検査等で必ず調査する必要がある。したがって、検査による計測誤差が、復元精度に影響を与えることになる。
- ②鉄筋のかぶり厚さは使用するコンクリート用粗骨材の最大寸法の 4/3 倍以上確保しなければならないが、共同溝の場合、耐久性から決まる最小かぶり厚さが大きいため、一般的には最小かぶり厚さが実際に適用されている。
- ③最小必要鉄筋量は設計荷重から決定されるが、実際の鉄筋の種類と鉄筋量については鉄筋間隔が影響するため、復元設計の精度を向上させるためには、検査の必要がある。

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費 基盤研究 B 22360174 (研究代表者：魚本健人)による支援を受けて実施したことをここに記す。また、ご指導して頂いた皆様に、感謝の意をここに記す。