

III - 389 共同溝の地震時挙動について

東洋大学 正会員 小泉 淳 日本環境技研 寫田富雄
北陸電力 正会員 藤田久之 早稲田大学 正会員 村上博智

1. はじめに

ボックスカルバートにより構築される共同溝の長手方向の設計では、不等沈下や地震時の対策として柔継手を設ける例はみられるが、経験的に適当な間隔で柔継手を設けているにすぎない。そこで、昨年度は、柔継手を有するボックスカルバートの長手方向の基礎的挙動を定量的に把握する目的で室内実験を行うとともに理論的な解析を行い、その結果を比較検討した。さらに不等沈下を対象としたケーススタディを行い、柔継手の効果、柔継手を設ける位置や間隔等に関する提言を行った。⁽¹⁾

本報告はその続報であり、対象として地震時の挙動を取扱ったものである。

2. 共同溝と地盤

計算の対象とした共同溝の形状寸法は、図1に示すとおりである。柔継手は、硬質ゴムにボックスカルバート本体の配力筋を通しただけの場合、これらをボルト締めした場合、PC鋼棒を用いて緊結した場合などを想定して、その剛性を計算した。また図2は、この共同溝が埋設される地盤のモデルを示したものである。図の右側は土丹層を、3層に分けた左側は埋め立て地を想定したもので、図中の G_0 は初期せん断弾性係数(tf/m^2)を、また β_0 は初期減衰率(%)を表している。

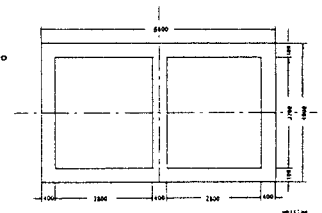


図1 ボックスカルバート断面の形状寸法

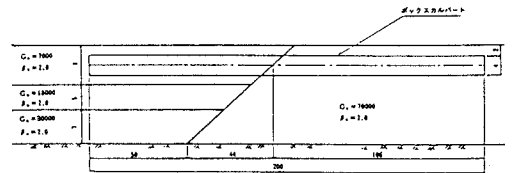


図2 地震モデル

3. 構造モデルと解析方法

共同溝に用いられるボックスカルバートは、その断面に比して十分に長い構造物であることから、ボックスカルバート本体を直線梁部材にモデル化した。また柔継手部は、軸方向、回転方向、せん断方向の弾性ばねに評価した。一方ボックスカルバートの周辺地山は、カルバートに垂直方向と軸方向の弾性ばねに置換した。ただし、軸方向のばねについては、各節点間の相対変位が一定の値を越える場合に、そのばね定数を当初設定した値の1/10とした。また地震の影響は、地震に伴って生ずる地盤変位で評価し、これを地盤ばねを介して強制変位として作用させた。地盤変位の算出には、応答変位法および重複反射理論により実地震波に対する時刻歴応答変位を求める方法を用いた。なお、時刻歴応答変位を求めるに当って、地盤の急変部は8分割し、それぞれが成層地盤をなしているものと見なし計算を行った。

解析は、柔継手の剛性、個数、位置、共同溝両端の拘束条件、地盤変位の入力方向などを変えて計50ケースを行い、発生する断面力および柔継手部の変形量を求めた。表1、表2は解析に用いた柔継手のばね定数および地盤ばねのばね定数を示したものである。

4. 解析結果および考察

解析結果の一例を図3、図4に示す。これらの図は時刻歴応答解析法により求めた発生断面力のうち曲げモーメント図の一例を示したものであり、図3は柔継手を20 m間隔に10箇所、図4は柔継手を設けない

表1 解析に用いた継手ばね定数

	軸ばね定数 (tf/m)	軸ばね定数 引張 (tf/m)	軸ばね定数 引張塑性 (tf/m)	回転ばね 定数 ($\text{tf}\cdot\text{m}$)	せん断ばね 定数 (tf/m)
1	1.31×10^4	1.31×10^4	1.31×10^4	2.62×10^4	5.04×10^4
2	1.66×10^4	1.64×10^4	1.64×10^4	3.38×10^4	6.37×10^4
3	2.49×10^4	2.18×10^4	2.18×10^4	3.31×10^4	9.42×10^4
4	1.58×10^4	6.54×10^4	6.54×10^4	4.16×10^4	5.61×10^4

表2 地盤ばね定数

	N値	K (tf/m^3)	軸方向ばね K_H (tf/m)	鉛直方向ばね K_V (tf/m)	水平方向ばね K_V (tf/m)
土丹層	50	5×10^3	2.16×10^5	6.80×10^4	4.00×10^4
粘土層	2	2×10^4	8.64×10^4	2.72×10^4	1.60×10^4

場合（図中破線で示す）の正負の最大曲げモーメント発生位置に柔継手を設けた場合の図である。これらの図から、最大曲げモーメントは地盤急変部の開始部分および終了部分の近傍に発生し、柔継手を適切な位置に設けるとその値を効果的に低減できることがわかる。表3は柔継手を設けない場合に発生する断面力の最大値に対して、柔継手を設けた場合にそれがどの程度低減できるかを示したものである（時刻歴応答解析による結果）。この表から、継手の数を増す程、また継手の剛性を低くする程、断面力の最大値は減少することがわかる。さらに継手は等間隔に数多く用いるよりも、最大断面力の発生する位置に集中して配置する方（表中のA1, A2）が断面力の低減には有効であることがわかる。しかし軸力については、柔継手による低減効果は非常に小さく、何らかの対策を含めて今後の検討事項と考えられる。なおせん断力については、発生する値そのものが比較的小さく、応力的にはほとんど問題がないと思われる。

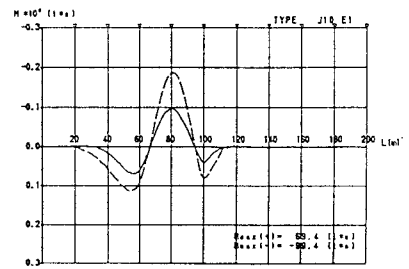


図3 曲げモーメント図

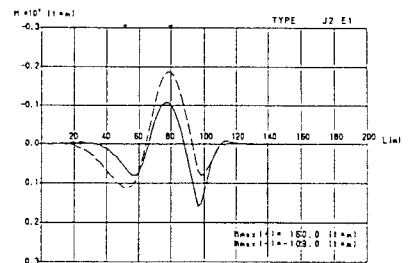


図4 曲げモーメント図

また、柔継手部に発生する変形量は小さく、収容される構造物への影響や防水上の問題などはないようである。

以上に示した例は、すべて両端フリーとして計算を行った結果であるが、両端が固定または一端が固定の場合には、固定端に大きな断面力が発生し、地震時には、固定端（立坑やマンホールなどの接合部）は破壊されることが予想される。このため、このような他構造物との接合部は、可能な限り剛性を低くできる接合方法を考える必要があると思われる。なお、応答変位法による結果は、時刻歴応答解析法に比べ、断面力、変形ともに大きな値を示したが、定性的には、時刻歴応答解析法の結果と同様の傾向を示した。

5. まとめ

ボックスカルバートにより構築された共同溝は、地震時に、地盤が急変する部分や他構造物との接合部において非常に大きな断面力が発生し、被害を受けることが予想される。これを防止する目的で柔継手を設けることは有効と考えられる。この場合、昨年度行った不等沈下を

受ける場合と全く同様に柔継手は等間隔に設けるよりも、柔継手がないとして計算された最大断面力の発生位置に設ける方がより効果的であることがわかった。しかしながら発生する軸力（軸引張力）については、この程度の剛性を有する柔継手ではその低減効果は少なく、許容される変形量以内で、軸剛性がさらに低い継手を考える必要があり、今後の検討課題と考えている。

表3 ボックスカルバート断面力の低減率（両端フリー）

継手の 入れ方	継手 数	継手 剛性	軸力 Σ		曲げモーメント Σ		せん断力 Σ	
			正	負	正	負	正	負
等 間 隔	0	—	100.0	—	100.0	100.0	100.0	100.0
	10	1	95.6	—	58.8	53.1	66.6	44.6
		2	96.1	—	95.3	93.5	96.2	90.0
		3	96.7	—	100.8	100.4	101.3	61.9
		4	97.8	—	100.7	101.1	101.9	102.3
	20	1	95.3	—	58.7	43.7	72.9	47.7
		2	96.2	—	90.1	89.5	95.7	61.0
		3	97.4	—	98.6	99.8	106.1	66.2
		4	99.6	—	99.5	100.0	100.3	101.7
	50	1	88.8	—	30.4	25.6	49.2	33.7
		2	90.8	—	78.2	78.9	88.8	61.6
		3	93.7	—	96.5	98.8	97.5	101.5
		4	98.7	—	99.2	101.6	112.9	105.9
A1	2	1	98.5	—	140.4	58.3	109.7	93.7
A2	4	1	96.6	—	84.4	37.5	109.1	94.7

A1：継手無で生じた最大曲げモーメント（正負）の位置に挿入

A2：A1で生じた最大曲げモーメント（正負）の位置に更に挿入