

鋼・コンクリート合成セグメント
に関する実験的研究

東京理科大学大学院 学生会員 河村和信
 東京理科大学理工学部 正会員 松本嘉司
 ハザマ都市土木統括部 正会員 粥川幸司

1. はじめに

近年、都市における地下空間は、鉄道、道路、電力洞道などのトンネル、あるいは地下駐車場や建造物の基礎などにより非常に過密化した状態となっている。そのため今後新設される地下構造物は、いわゆる大深度地下空間に構築され、これに伴いその構築技術も日々進歩している。地下空間構築に際して、シールド工法は最も代表的な施工法の1つであるが、トンネルの大深度化に伴いその覆工材であるセグメントに対しても、高剛性、高耐力が要求されることとなる。

そこで本研究では、図-1に示すような鋼とコンクリートから成る合成構造のセグメントを考案することとした。合成構造においては、鋼とコンクリートが一体化し外力に抵抗することが重要となる。ここでは、本セグメントで構造的に最も重要な主桁部分の鋼とコンクリートの一体性について検討するため、実物大の主桁試験体を試作し曲げ性能試験を行ったので、その結果を報告する。

2. 試験概要

今回考案するセグメントでは、鋼とコンクリートを一体化させる方法としてジベルを用いることとした。そこで、試験では本構造の有効性を確認するとともに、ジベル量の相違による性能比較を行うことを目的とした。

図-2に試験体概要を示す。試験体は、鉄道複線トンネル向けの中子型合成セグメント(8分割)の主桁を想定したものである。厚さはこのクラスで通常用いられる平板型コンクリートセグメント(厚さ400mm)と同等の曲げ性能を有する300mmとし(鋼板厚9mm)、桁幅を340mmとした。次に形状について、まず本構造の特性を把握するため、CASE1として直線梁を採用した。次にCASE2、CASE3として上記のR形状を想定した曲線梁を採用した。ジベルには異形鉄筋を用い、CASE1、CASE2でD13、長さ250mmを、CASE3でD13、長さ130mmを、いずれも鋼板片側に100mmピッチで配置した。またCASE3ではジベルの他にスターラップ(D10)も配置した。使用した鋼板の機械的性質は表-1の通りであり、コンクリートの圧縮強度は 596kgf/cm^2 であった。載荷は、許容応力度発生荷重まで2回繰り返した後、終局まで加力をした。

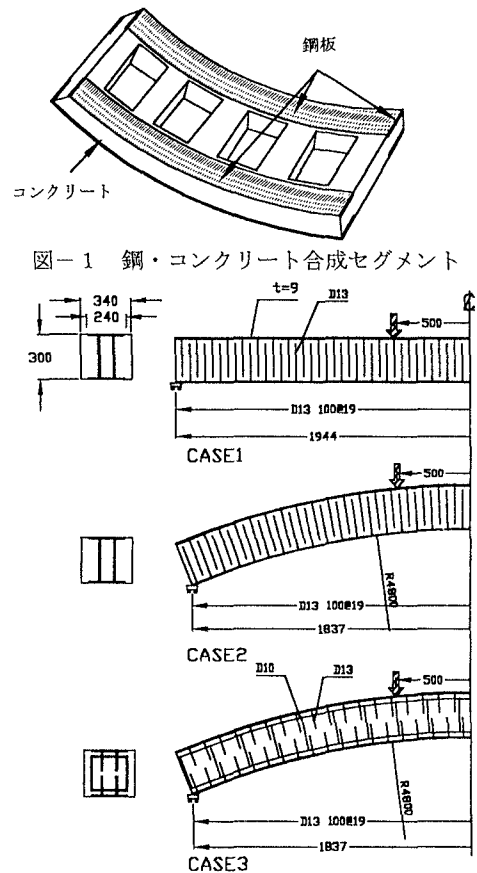


図-2 試験体概要

表-1 鋼板の機械的性質

種類	規格	許容応力度 (kgf/cm^2)	降伏点 (kgf/cm^2)	引張強さ (kgf/cm^2)
鋼板	SM490	2150	3316	5000

キーワード シールド工法、セグメント、合成構造、ジベル、RC理論

連絡先 東京理科大学 (住所 千葉県野田市山崎2641 電話 0471-24-1501 FAX 0471-23-9766)

3. 試験結果および考察

試験および解析結果を図-3、4、表-2に示す。解析における許容応力度発生荷重、引張鋼板降伏荷重は、RC理論による許容応力度法より、また最大耐力は、限界状態設計法より算出したものである。

本構造の特性の把握を目的とした直線梁であるCASE1について考察する。図-3に示すスパン中央部の鋼板、コンクリートの荷重～ひずみ曲線より、引張鋼板降伏ひずみの試験値は解析値とほぼ等しくなった。また、コンクリートおよび圧縮鋼板ひずみの試験値が直線的に増加していることから、鋼とコンクリートが一体化して外力に抵抗していることが確認される。以上より、本構造の弾性域での応力分布は、RC理論による解析値とほぼ等しいと考えられる。図-4に示すスパン中央部の荷重～たわみ曲線より、試験値は解析値より大きくなった。これより、曲げ剛性の低下が考えられるが、表-2に示す最大耐力は、解析値の約1.4倍となった。次に、曲線梁であるCASE2、CASE3について考察する。図-3に示す荷重～ひずみ曲線より、ジベル長さ250mmのCASE2と、ジベル長さ130mmでスターラップ(D10)と組立用の軸方向筋(D10)とを有したCASE3の引張鋼板ひずみの試験値を比較すると、許容応力度発生荷重以降のCASE2の試験値の勾配が、CASE3の試験値の勾配より小さくなった。これは、図-4に示す荷重～たわみ曲線と同じ傾向であり、ジベル長さの相違より、むしろCASE3の組立用の軸方向筋(D10)が影響していると考えられる。許容応力度発生荷重および最大耐力については、CASE1と同じ傾向を示した。また、CASE2、CASE3の試験値より、ジベル長さ、スターラップおよび組立用の軸方向筋は、最大耐力に顕著な影響を与えないものと思われる。部材の終局時は、写真-1に示すように、引張鋼板とコンクリートの一体性が崩壊したが、各試験体とも十分な耐力を有することが判明した。

4. おわりに

今回の試験では、考案する合成構造は耐力的に十分であるが、桁の曲剛性の低下現象が見られた。今後の課題として、曲げ剛性についての理論的考察を行うとともに、実用化に向けて、さらに検討する予定である。

＜参考文献＞ セグメントの設計、平成6年、（土木学会）

コンクリート標準示方書、設計編、平成8年、（土木学会）

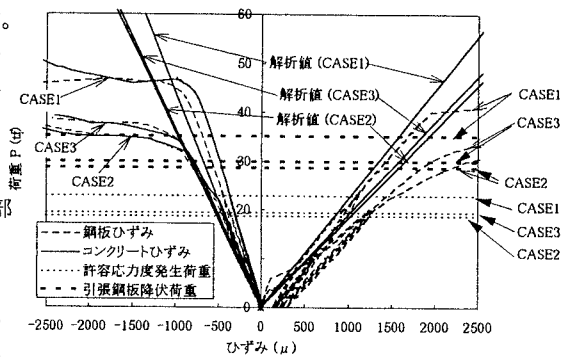


図-3 スパン中央部の荷重～ひずみ曲線

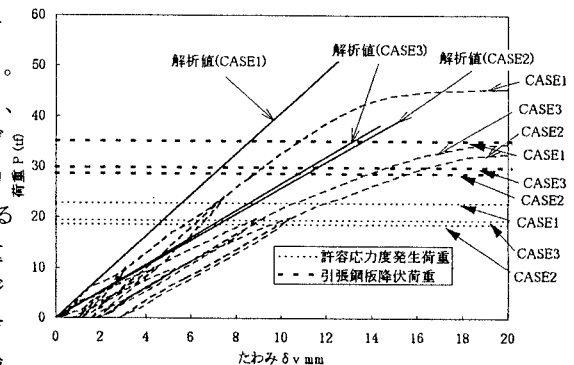


図-4 スパン中央部の荷重～たわみ曲線

表-2 荷重結果と破壊形式

試験体	許容応力度発生荷重 (t)			最大耐力 (t)			破壊形式
	試験値(a)	解析値(b)	(a)/(b)	試験値(a)	解析値(b)	(a)/(b)	
CASE1	20.98	22.76	0.92	53.31	38.13	1.40	曲げ破壊
CASE2	15.96	18.61	0.85	40.17	31.79	1.26	曲げ破壊
CASE3	16.99	19.40	0.88	39.20	33.67	1.16	曲げ破壊

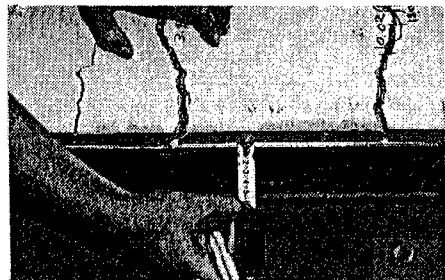


写真-1 鋼とコンクリートとの剥離状況