

高強度低弾性セグメントの開発

日本シビックコンサルタント(株) 正 水間 利光, 正 小林 亨
 太平洋セメント(株) 正 上野 雅之, 羽根井 誉久
 日本高圧コンクリート(株) 正 秋田谷 聡

1. はじめに

道路トンネルなどの大断面シールドでは、工事費の中でセグメント費が大きな割合を占めている。そこでセグメントの覆工厚を低減し、工事コストの縮減を図るために、構造用人工軽量骨材を用いた RC 構造低弾性セグメント（以下、低弾性セグメント）の開発を行った。低弾性セグメントは、覆工剛性の低減を活用し硬質地山の抵抗土圧をより有効に働かせることにより、発生曲げモーメントを低減をできる。さらに軽量骨材を使用していることから自重による曲げモーメントを低減できる。この低弾性化と軽量化の相乗効果により、従来の RC 構造より覆工厚の低減ができる。

本試験では実物大低弾性セグメントを製作し、本体の強度と剛性の確認を目的とした単体曲げ試験を行った結果について報告するものである。

2. 試験概要

(1)使用材料：セメントは普通ポルトランドセメント（C），細骨材は埼玉県小川町産砕砂(S),粗骨材は人工軽量骨材（G）を用いた。また、蒸気養生時の温度ひび割れを抑えるため結合材の 20%を高炉スラグ微粉末に置換した。

(2)配合：表 1 にコンクリートの配合条件を示す。

設計基準強度は 40N/mm^2 を設定した。

締固め時の材料分離を抑えるためスランプ値を $0\sim 2\text{cm}$ に設定したため、コンクリートのフレッシュ性状は、振動台コンステンシー試験の沈下度で管理した。

(3)供試体：単体曲げ試験（図 1）の供試体は外径 $9,800\text{mm}$ ，桁高 400mm ，幅 $1,200\text{mm}$ ，8 等分割である。養生は、蒸気養生（前置き 2 時間，昇温 $15\text{ }^\circ\text{C/h}$ ， $60\text{ }^\circ\text{C}$ 2 時間保持，自然徐冷）とし，翌日脱型後セグメントの内部温度と表面温度の差が $5\text{ }^\circ\text{C}$ 以下になってから 7 日間水中養生し，その後材齢 28 日まで気中養生した。

3. 試験結果及び考察

(1)コンクリート試験結果：試験の結果を表 2 に，圧縮強度と静弾性係数の実績を図 2 に示す。低弾性コンクリートは同程度の圧縮強度の通常コンクリートに比べて弾性係数の値が約 6 割である。試験値は実績と比較して妥当な値である。

なお材料面に関しては，これまでにコンクリートの配合，強度，弾性係数の他に乾燥収縮，透水係数，材料分離抵抗性の確認試験を行い，支障がないことを確認している。

表 2 コンクリート試験結果

	1 日	14 日	28 日
圧縮強度 (N/mm^2)	21.4	50.0	60.1
静弾性係数 E_c (kN/mm^2)	-	-	22

表 1 コンクリートの配合条件

設計基準強度(N/mm^2)	40
静弾性係数(kN/mm^2)	20 ~ 22
スランプ(cm)	0 ~ 2
沈下度	30 秒以上
空気量(%)	2.0 ± 1.0
単位容積質量(t/m^3)	2.0 以下
水結合材比 W/P	35.0%
単位粗骨材容積 G_{vol} (l/m^3)	400

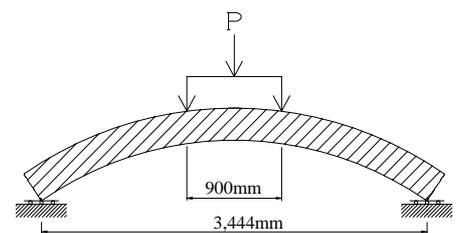


図 1 単体曲げ試験方法

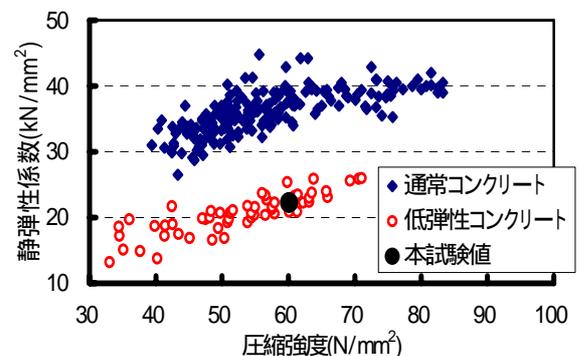


図 2 圧縮強度と静弾性係数の実績

キーワード：コンクリート，弾性係数，高強度，セグメント，人工軽量骨材

連絡先：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 Tel：03-5604-7538 Fax：03-5604-7556

(2)単体曲げ試験結果

載荷荷重 230kN において，載荷点直下のセグメント内面に初期ひび割れが認められた（ひび割れ幅 0.04mm）．セグメント側面では載荷荷重 235kN でひび割れが確認された．およそ 820kN よりセグメント円周方向にひび割れが生じ，荷重 1,135kN で載荷点間の圧縮縁のコンクリートが圧壊し，実験を終了した．

(ア)ひび割れ発生荷重(表3)：計算によるひび割れ発生荷重は， $P_c(cal) = 148.0kN$ で実験値は計算値を上回っており問題ないことが確認できた．

(イ)変形性能：図3に曲げモーメントと垂直変位の関係を示す．低弾性セグメントのひび割れ発生前の垂直変位は全断面有効とした計算値と整合している．ひび割れ発生以後，通常のRCセグメントに比べ変位量が大きくなり，引張鉄筋が許容応力に達する抵抗モーメント(M_r)の段階では1.4mmの差であった．

また，計算値に対しては2.2mm大きかった．

(ウ)低弾性セグメントの強度

通常の破壊モーメント M_u (表4)の計算値は「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」のコンクリートの応力-ひずみ曲線より定めた等価応力ブロックを参考に算出した．

一方，低弾性コンクリートの応力ひずみ曲線は図4に示すように破壊までほぼ一定勾配の直線である．このため低弾性に適した応力ブロックとして，応力分布を三角形と仮定して計算した結果を表4に示す． $M_u(exp)$ に対する $M_u(cal)$ の割合は通常の等価応力ブロックで1.07，三角形の応力ブロックと仮定すると1.12であった．

4.まとめ

コンクリート試験及びセグメント単体曲げ試験の結果から，以下のようにまとめることができる．

- ・本低弾性セグメントは計画したコンクリート強度（設計基準強度 $40N/mm^2$ ），剛性（静弾性係数 $20 \sim 22kN/mm^2$ ）を有している．

今後の課題として，応力-ひずみ曲線，終局ひずみや低弾性に適した等価ブロックの設定について検討を進めて行く予定である．

(参考文献)1)榎木隆ほか：使用骨材の選定が軽量コンクリートの強度発現に及ぼす影響，土木学会第54回年次学術講演会 V-152 1999.9

表3 ひび割れ発生荷重

	Exp	cal	exp/cal
ひび割れ発生荷重 $P_c(kN)$	230.0	148.0 ($f_{ck}=60.1N/mm^2$)	1.55

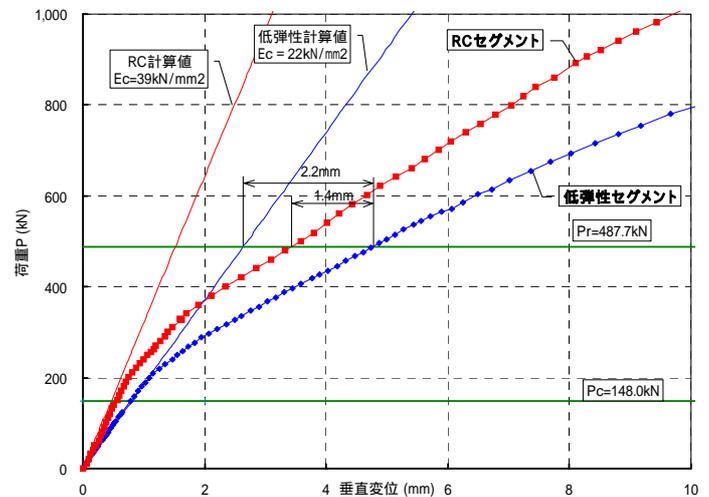


図3 曲げモーメントと載荷点中央の垂直変位の関係

表4 破壊モーメント 単位(kN・m)

		低弾性
破壊モーメント $M_u(exp)$	(自重分を加算)	740.7
破壊モーメント $M_u(cal)$	(通常の等価ブロックによる計算値)	692.9
安全率	/	1.07
破壊モーメント $M_u(cal)$	(三角形等価ブロックによる計算値)	659.9
安全率	/	1.12

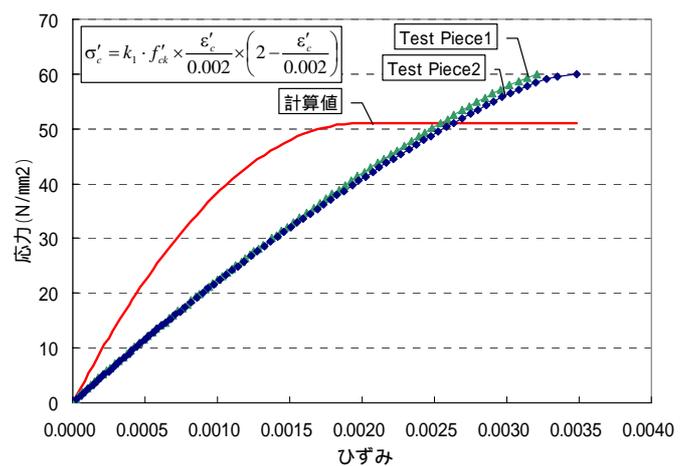


図4 低弾性セグメントの応力-ひずみ曲線