

骨材を組み合わせた高強度軽量コンクリートのヤング係数について

山口大学大学院 学生員 ○世良健祐
 山口大学工学部 正会員 吉武 勇
 (株) 銭高組 正会員 山口佳起
 (株) 栗本鐵工所 正会員 田中 浩
 山口大学工学部 正会員 浜田純夫

1. はじめに

経済性・施工性の観点から少数主桁化・プレキャスト工法による橋梁建設がすすめられている。少数主桁橋梁では、床版に作用する曲げモーメントが卓越するため、その対策として床版の増厚が求められる。しかしながら、床版の増厚は主桁および下部構造の荷重負担が大きくなり、また、プレキャスト工法においては、床版の大型化・重量増加により運搬性・施工性において不利な面もみられる。これらの問題に対して、プレキャスト床版に軽量コンクリートを適用することが有効な対策の一つと考えられる。

軽量コンクリートによる床版は、その引張耐力が小さいことから、プレストレスを導入した軽量PC床版とすることが不可欠である。しかしながら、軽量PC床版は、軽量コンクリートのヤング係数が小さく、弾性変形に伴うプレストレス時の応力損失が著しくなることが予想される。

本研究は、軽量PC床版(プレキャスト製品)を対象に、各種骨材を組み合わせることにより、軽量コンクリートのヤング係数向上を図るとともに、そのヤング係数の推定モデルの構築を試みた。

表-1 使用材料

	セメント(C)	細骨材(S)		粗骨材(G)			混和剤(Ad)
		S_L	S_N	G_{LI}	G_{LII}	G_N	
使用材料 主原料	早強ポルトランドセメント	膨張頁岩系 軽量骨材	北九州 若松産 海砂	真珠岩系 軽量骨材	石炭灰系 軽量骨材	山口県 宮野産 安山岩砕石	高性能 AE減水剤
密度(g/cm^3)	3.13	1.84	2.60	0.85	1.85	2.70	1.05
吸水率(%)	—	9.8	1.19	5.0以下	3.0以下	0.64	—

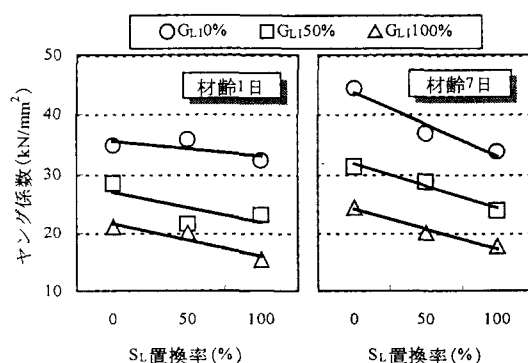
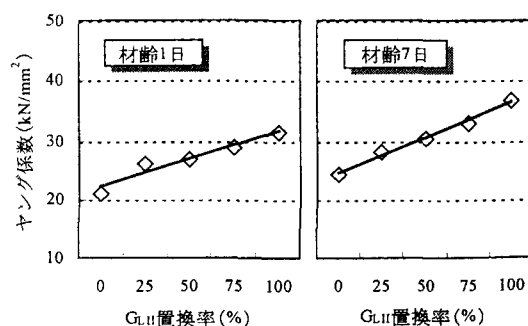
2. 使用材料および配合条件

本研究では、表-1に示す材料を用いて、 G_{LI} - G_N の組み合わせ、 G_{LI} - G_{LII} の組み合わせの2つのパターンで骨材組み合わせコンクリートを作製した。 G_{LI} - G_N の組み合わせは、細骨材に S_L と S_N を、粗骨材に G_{LI} と G_N を用いた。同配合は、広範囲に及ぶ単位容積質量を有するコンクリートの試験を可能とするもので、 S_L と G_{LI} の置換率をそれぞれ 0, 50, 100%とし、計 9 パターンの供試体を作製した。 G_{LI} - G_{LII} の組み合わせは、細骨材に S_N を、粗骨材に G_{LI} と G_{LII} を用いた。同配合は、ヤング係数の向上と軽量性の確保するため、 G_{LII} の置換率を 0, 25, 50, 75, 100%とし、計 5 パターンの供試体を作製した。なお本研究の配合は、 $W/C=30\%$ 、 $s/a=44\%$ と設定し、軽量骨材置換率のみを変化させた。

3. ヤング係数試験結果

G_{LI} - G_N の組み合わせコンクリートの軽量骨材置換率に伴うヤング係数を図-1に示す。材齢 1, 7 日ともに、 S_L 置換率の増加に伴い、ヤング係数の低下傾向がみられる。また、 G_{LI} 置換率の増加により、ヤング係数の低下が確認される。これらは、軽量細骨材モルタルおよび G_{LI} 自体のヤング係数が小さいことに起因するものと考えられる。

G_{LI} - G_{LII} の組み合わせにおける軽量骨材置換率に伴うヤング

図-1 G_{LI} - G_N の組み合わせ図-2 G_{LI} - G_{LII} の組み合わせ

係数の推移を図-2に示す。材齢1, 7日ともに, G_{LII} 置換率の増加により, ヤング係数はほぼ直線的に増加する傾向がみられる。この結果から, 剛性の高い骨材を多く含むことにより, コンクリートのヤング係数が大きくなることが確認された。さらに, G_{LII} を 50%以上混入すると, 軽量性を保ちつつ, 普通コンクリートレベルのヤング係数を得ることができた。

ここで, 単位容積質量とヤング係数の関係を図-3に示す。材齢1, 7日において, 単位容積質量の増加に伴い, ヤング係数は線形的な増加傾向にあることが分かる。また, 材齢1, 7日で比較すると, ヤング係数に大きな差異は認められなかった。このことから, コンクリートのヤング係数は, モルタル部の水和度による影響は小さく, 骨材自体のヤング係数に大きく影響を受けるものと推察される。

圧縮強度とヤング係数の関係を図-4に示す。材齢1, 7日において, 圧縮強度の増加に伴い, ヤング係数は増加するものの, 両材齢ともばらつきが大きく, 単位容積質量との関係ほど明確な相関性は認められなかった。

4. ヤング係数の推定

Hashin-Hansen モデルによるヤング係数推定値と実験値(材齢7日)の整合性評価を図-5に示す。すべての推定値は, 実験値の $\pm 15\%$ の範囲に収まったものの, 実験値に比べ推定値が若干小さな値を示す傾向がみられた。また, $G_{LI}-G_N$ および $G_{LI}-G_{LII}$ の組み合わせコンクリートの平均誤差は, それぞれ 6.74%, 7.95%であった。

修正 Hirsch モデルによるヤング係数推定値と実験値(材齢7日)の整合性評価を図-6に示す。すべての推定値は, 実験値の $\pm 15\%$ の範囲に収まり, $y=x$ ライン近傍に分散している。また, $G_{LI}-G_N$ および $G_{LI}-G_{LII}$ の組み合わせコンクリートの平均誤差は, それぞれ 4.69%, 4.80%であり, 修正 Hirsch モデルは Hashin-Hansen モデルに比べ若干推定精度の高い結果となった。

5. 結論

- ①骨材を組み合わせたコンクリートは, ヤング係数の小さい骨材を用いることによって, ヤング係数は低下するが, 軽量骨材を適切に組み合わせることで普通コンクリートと同等レベルのヤング係数を得ることができる。
- ②骨材を組み合わせたコンクリートのヤング係数は, 単位容積質量の増加に伴い, 線形的な増加傾向にあるものの, 圧縮強度との明確な相関性は得られなかった。
- ③Hashin-Hansen モデルおよび修正 Hirsch モデルによるヤング係数推定値と実験値の整合性評価を行ったところ, $G_{LI}-G_N$, $G_{LI}-G_{LII}$ の組み合わせで, 平均誤差はそれぞれ 6.74%, 7.95%および 4.69%, 4.80%となり, 修正 Hirsch モデルは Hashin-Hansen モデルに比べ推定精度が高い結果となった。

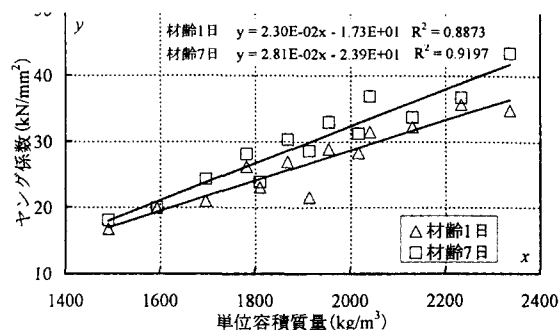


図-3 単位容積質量－ヤング係数

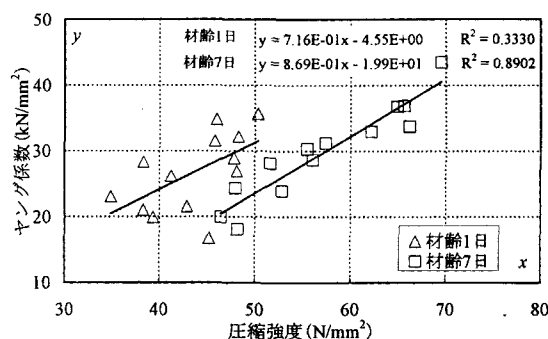


図-4 圧縮強度－ヤング係数

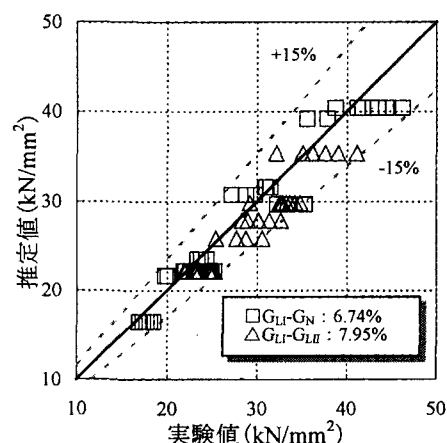


図-5 整合性評価 (Hashin-Hansen)

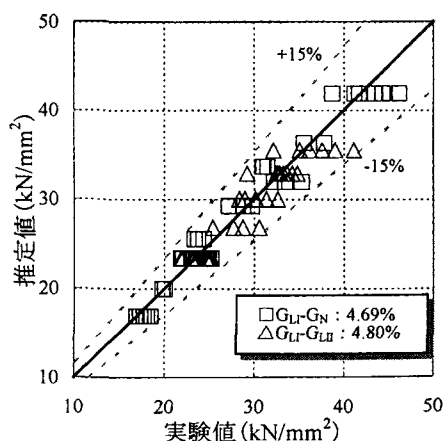


図-6 整合性評価 (修正 Hirsch)