総合研究所・都市減災研究センター（UDM）研究報告書（平成23年度）

テーマ3　小課題番号3.1-3

低品質骨材を用いたコンクリートの長期性状について　　　　　　　　　　　　　　　　　　 　　　 低品質骨材　長期性状　圧縮強度　中性化　ヤング係数 　 　　阿部　道彦 \*1 　　 矢島　怜 \*2

関口　祐平 \*3

1．はじめに

表1　実験の要因と水準

|  |  |
| --- | --- |
| 要因 | 水準 |
| W/C(%) | 45，55，65 |
| 細骨材 | 鬼怒川産(kn)、奥入瀬川産(os)米代川産(ys)、最上川産(mg) |
| 粗骨材 | 鬼怒川産(KN)、奥入瀬川産(OS)米代川産(YS)、最上川産(MG)雫石川産（SZ）、白石川産（SR) |
| セメント | 普通ポルトランドセメント |
| 混和剤 | AE減水剤 |
| 空気量(%) | 4 |
| スランプ(㎝) | 18 |

　骨材はコンクリート容積の約7割を占める極めて重要な構成材料である。わが国は良質な河川骨材に恵まれていたが、戦後の急激な骨材需要の増大に伴う供給の不足により河川産以外の骨材や河川産骨材でも従来より品質の劣るものが使用されるようになり今日に至っている。

　本研究では、低品質骨材を使用したコンクリートの長期性状の把握および普通骨材との比較検討を行うことを目的とする。

2．実験概要

表2　試験項目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 試験項目 | 屋内 | 屋外 | 試験方法 |
| 角柱10×10×40 | 角柱15×15×53 | コアφ7.5×15 |
| 圧縮強度 | 　 | 　 | ○ | JIS A 1107 |
| 動弾性係数 | ○ | ○ | ○ | JIS A 1127  |
| 超音波速度 | ○ | ○ | ○ | パンジット使用 |
| 中性化 | ○ | 　 | ○ | JIS A 1152 |

　表1に実験の要因と水準、表2に試験項目を示す。水セメント比は3水準とり、細骨材は4種類、粗骨材は6種類のものを使用している。いずれのコンクリートも、目標空気量4.0%、目標スランプ18cmとしている。なお、このコンクリートは友沢らが調合したもの1)であり、今回、31年経過したこのコンクリートについての実験を行うものとし、養生方法については7日まで20℃水中養生、以降20℃60%R.H.室内に放置された屋内保存のコンクリートおよび、28日まで20℃水中養生、以降、屋外暴露したコンクリートの2つを実験対象とする。なお、屋外暴露されていたコンクリートは、風雨に曝されたことにより、供試体表面に記されていた骨材名の大部分が判別不可能であった。そのため、屋外暴露されたコンクリートの実験に関しては、普通骨材と比較することは困難であった。

3．実験方法

3.1　使用材料

　対象とした骨材は、東北地方の河川産の砂利・砂のうち品質の良くないもの選定し、比較の対象として良質である鬼怒川産の砂利・砂を使用した。これらの骨材の物性を表3に示し、表4に骨材の組み合わせを示す。ここで選定した東北地方産骨材の全般的な特徴として、絶乾密度が小さく、吸水率が大きく、軟石量が多く、安定性が悪いという傾向を持つ。

3.2　調合およびフレッシュ性状

表5に友沢らが実験で用いたコンクリートの調合およびフレッシュ性状について示す。

表3　細骨材・粗骨材の物性値

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 骨材 | 産地 | 絶乾密度（g/cm3） | 吸水率（%） | 実積率（%） | 安定性(%) |
| 細骨材 | 鬼怒川 | 2.51  | 2.88  | 66.9  | 4.8  |
| 奥入瀬川 | 2.53  | 4.32  | 64.8  | 8.6  |
| 米代川 | 2.39  | 4.79  | 66.5  | 9.8  |
| 最上川 | 2.49  | 3.05  | 65.1  | 6.0  |
| 粗骨材 | 鬼怒川 | 2.54  | 1.96  | 66.5  | 15.1  |
| 奥入瀬川 | 2.43  | 3.50  | 65.4  | 16.6  |
| 米代川 | 2.38  | 4.05  | 63.0  | 24.5  |
| 最上川 | 2.47  | 2.86  | 65.6  | 13.4  |
| 雫石川 | 2.55  | 2.82  | 63.9  | 9.0  |
| 白石川 | 2.41  | 3.60  | 64.7  | 23.4  |

コンクリートの組み合わせは、比較対象とする鬼怒川産の砂利・砂を軸にして、粗骨材だけを各砂利に変えたもの、細骨材だけを各砂に変えたもの、および同一産地の砂利、砂を組み合わせたもので構成されている。普通骨材を使用したKkのスランプ値は±0.5cmの範囲、空気量は－1.1～－0.6%の範囲となった。

表4　骨材の組み合わせ

3.3　試験方法

　圧縮強度試験、動弾性係数試験、中性化試験については、それぞれ当該JISに規定された方法で行った。ヤング係数については赤荻のヤング係数と動弾性係数との関係式y=1.72x0.901より求めた。屋外暴露のコンクリートについては、動弾性係数を求めるにあたってJIS規格に従ってたわみ振動での一次共鳴振動数を求めたが値のばらつきが著しかったため、その後、縦振動での一次共鳴振動数を求めた。縦振動での値に大きなばらつきは見られなかったため、そちらの値を用いることにした。超音波速度については、パンジットを用いて角柱供試体の長さ方向および幅方向の超音波伝播時間を求め、それを対応した長さで除して求めた。また、圧縮強度は暴露供試体からφ7.5cm×15cmのコアを2本採取して求めた。屋内保存のコンクリートについては、動弾性係数はたわみ振動により、また、超音波速度は供試体の長さ方向で測定し、中性化は、割裂し、JIS規格に準じて求めた。

4．試験結果および考察（屋外暴露）

4.1　圧縮強度試験結果

図1は28日、1年、31年における各骨材を用いたコンクリートの圧縮強度を示したものである。この図を見ると、気中の場合28日から1年にかけて圧縮強度が僅かに上昇しているのに対し、屋外暴露の場合28日から31年にかけて圧縮強度が大きく上昇していることが分かる。また、28日、1年における圧縮強度の差を見ると約20N/mm2となっているが、31年における圧縮強度の差は約30N/mm2となっている。これらの結果から、31年におけるコンクリートの圧縮強度は、屋外においては全体的に上昇し、かつ、水セメント比の違いや骨材の違いによって圧縮強度に大きな差が生じたものと推測される。

4.2　ヤング係数試験結果

表5　調合およびフレッシュ性状

　図2は28日、31年での圧縮強度とヤング係数の関係を示したものである。2つを比較してみると、ヤング係数における差はほとんど見られなかった。図中の曲線はRC構造計算規準式である。図2に見られるように、28日のものではいくつかの骨材を用いたコンクリートが曲線を上回っているが、31年では全てが下回る結果となり、一部を除いてほぼ全ての骨材が20～30kN/mm2の範囲に収まった。そのため、年数経過によるヤング係数の上昇は期待できないと推測される。

4.3 超音波速度試験結果

図3は超音波速度と動弾性係数との関係を示したものである。点線で示した曲線は赤荻が普通骨材を使用した場合における既往の実験データから導き出した関係式 y=1.16x0.383である。2）図を見ると、大部分のコンクリートがこの曲線に近い値を示している。つまり低品質骨材を使用した場合でも、超音波速度と動弾性係数との関係に大差がないことが推測される。また今回の結果から導き出した回帰式はy=1.85x0.25となり、赤荻式より緩やかなカーブを描くような形となった。

図2　圧縮強度とヤング係数の関係

図4　圧縮強度と中性化速度係数の関係

4.4　中性化試験結果

図1　圧縮強度試験結果

図4は圧縮強度と中性化速度係数の関係を示したものである。図を見ると1年（気中）において、中性化速度係数は圧縮強度の低いところと高いところでの差がかなり大きいが、31年では比較的その差が小さいことが分かった。また、図中にある点線は長谷川ら3）が、破線は建研4）が導き出した関係式であり、共に普通骨材を使用した場合の式である。この2つのうち、建研が求めた式にかなり近い値を示した。これらのことから、コンクリートの年数経過に伴う中性化の進行速度は普通骨材を使用した場合とほぼ変わらないことが推測される。

5．試験結果および考察（屋内保存）

5.1　動弾性係数試験結果

図5は圧縮強度と動弾性係数の関係を示す。図中の実線は普通骨材を使用した場合、点線は低品質骨材を使用した場合を示す。動弾性係数は粗骨材に普通骨材を用いたものの方が全体的に大きく、水セメント比が高くなるにつれて動弾性係数の値は小さくなった。動弾性係数の値を低品質骨材を使用したものと、粗骨材・細骨材共に普通骨材を使用しているKkと比較すると、平均的に80~90%低下する結果となった。低品質骨材を用いた場合、普通骨材を使用したKkに近い値を示しているものもあるが、骨材間の品質の差が大きいため、動弾性係数の幅を小さくするのは難しいと推測される。

図3　超音波速度と動弾性係数の関係

5.2　超音波速度試験結果

図6は動弾性係数と超音波速度との関係を示す。図中の実線は今回の試験結果から求めた回帰式であり、点線は赤荻式を示している。超音波速度において、水セメント比による差はほとんど見られず、普通骨材を使用したものと低品質骨材を使用したものとの明確な違いは見られなかった。

本実験の回帰式の傾きが赤荻式よりも小さくなり、骨材の種類によっては水セメント比が低いにもかかわらず超音波速度が低いものがある。一点鎖線で同じ骨材を結んでいるものは細・粗骨材に普通骨材を使用したもので、長期材齢においては、赤萩式には適合しなかった。

5.3　中性化試験結果

図7に材齢25年および31年における圧縮強度と中性化速度係数の関係を示す。図の点線と一点鎖線は長谷川らの式と建研式を示している。材齢25年の図を見ると中性化速度係数はほぼ建研式に一致しているのに対して、材齢31年の図を見ると中性化速度係数は水セメント比55~45%にかけて建研式からやや離れた。今回の試験では建研式よりも中性化の進行が遅れている結果となった。

図5　圧縮強度と動弾性係数の関係

図6　動弾性係数と超音波速度の関係

図8に骨材全体の吸水率と中性化速度係数の関係を示す。低品質骨材を使用したコンクリートは水セメント比が小さくなるにつれて、中性化速度係数の差が小さくなった。また、骨材全体の吸水率と中性化速度係数の間には明確な関係は見られなかった。特に水セメント比が45％の場合、骨材の差はほとんど見られなかった。この結果を見ると、骨材全体の吸水率はコンクリートの中性化にあまり影響を及ぼさないと推測される。

6．まとめ

　低品質骨材を用いたコンクリートの長期性状について実験的検討を行った結果は次のようにまとめられる。

図7　圧縮強度と中性化速度係数の関係

1）材齢31年における屋外暴露の圧縮強度は28日よりも上昇しているが、ヤング係数については、ほぼ横ばいとなった。

2）超音波速度は、動弾性係数との関係において、屋外暴露では普通骨材を用いたコンクリートに近い値を示したが、屋内保存では低い値を示した。

3）中性化については、屋外暴露と屋内保存のいずれの場合も普通骨材と大きな差は見られなかった。

謝辞

本研究を実施するに当たり、建築研究所の鹿毛忠継氏と日東コンクリートの田中斉氏の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

1）友沢史紀、枡田佳寛、田中斉：低品質の骨材を用いたコンクリートの性質、コンクリート工学年次論文集、Vol.4、pp.97-100、1982.6

2）長谷川拓哉、千歩修：文献調査に基づく屋外の中性化進行予測、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、No.1、pp.665-670、2006.6

図8　骨材全体の吸水率と中性化速度係数の関係

3）赤荻満、阿部道彦：動弾性係数による高強度域を含むコンクリートの物性評価、コンクリート構造物の非破壊検査 論文集、Vol.3、pp.1-6、2009.8

4）阿部道彦：コンクリートの中性化試験データの表示方法、建設省建築研究所 春季研究発表会、聴講資料、pp.9-18、1999.5

\*1　工学院大学建築学部建築学科 教授

\*2 工学院大学建築学部建築学科

\*3 同上