

TCVN 8820 : 2011

Xuất bản lần 1

**HỖN HỢP BÊ TÔNG NHỰA NÓNG-
THIẾT KẾ THEO PHƯƠNG PHÁP MARSHALL**

*Standard Practice for Asphalt Concrete Mix Design
Using Marshall Method*

HÀ NỘI – 2011

Mục lục

1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ, định nghĩa.....	6
4 Phân loại bê tông nhựa.....	8
5 Nguyên tắc thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Marshall.....	9
6 Căn cứ thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Marshall.....	9
7 Các giai đoạn và nội dung thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa	10
8 Trình tự thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Marshall.....	13
9 Yêu cầu chung đối với Phòng thí nghiệm hiện trường.....	25
Phụ lục A (tham khảo). Hướng dẫn thiết kế phối trộn cốt liệu.....	27
Phụ lục B (tham khảo). Tính các đặc tính thể tích của hỗn hợp bê tông nhựa. Báo cáo kết quả thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Marshall.....	34

Lời nói đầu

TCVN 8820: 2011 do Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải biên soạn, Bộ Giao thông Vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn đo lường chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Hỗn hợp bê tông nhựa nóng-Thiết kế theo phương pháp Marshall

Standard Practice for Asphalt Concrete Mix Design Using Marshall Method

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này đưa ra trình tự hướng dẫn thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa nóng theo phương pháp Marshall.

1.2 Tiêu chuẩn này áp dụng với loại hỗn hợp bê tông nhựa chặt, sử dụng chất kết dính là nhựa đường thông thường (bitum) hoặc nhựa đường cải thiện (nhựa đường polime).

1.3 Với loại hỗn hợp bê tông nhựa cấp phối gián đoạn, cấp phối hờ, hỗn hợp đá-nhựa (stone matrix asphalt), ngoài việc áp dụng tiêu chuẩn này để thiết kế hỗn hợp, còn áp dụng các tiêu chuẩn bổ sung liên quan được quy định trong tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa tương ứng.

1.4 Các yêu cầu kỹ thuật làm để cơ sở chấp thuận thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa nóng được quy định cụ thể trong tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm ban hành thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm ban hành thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi.

TCVN 7572-2: 2006 Cốt liệu bê tông và vữa-Phương pháp thử- Phần 2: Xác định thành phần hạt.

TCVN 7501:2005 Bitum- Phương pháp xác định khối lượng riêng (phương pháp Picnometer).

TCVN 8860-1: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 1: Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall.

TCVN 8860-4: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 4: Xác định tỷ trọng rời lớn nhất, khối lượng riêng của bê tông nhựa ở trạng thái rời.

TCVN 8860-5: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 5: Xác định tỷ trọng khối, khối lượng thể tích của bê tông nhựa đã đầm nén.

TCVN 8860-9: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 9: Xác định độ rỗng dư.

TCVN 8860-10: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 10: Xác định độ rỗng cốt liệu.

TCVN 8860-11: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 11: Xác định độ rỗng lấp đầy nhựa.

TCVN 8820 : 2011

TCVN 8860-12: 2011 Bê tông nhựa-Phương pháp thử-Phần 12: Xác định độ ổn định còn lại của bê tông nhựa.

TCVN 8819 : 2011 Mặt đường bê tông nhựa nóng-Yêu cầu thi công và nghiệm thu.

TCVN 4195:1995 Đất xây dựng-Phương pháp xác định khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm.

AASHTO T 84-2000 Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate (Xác định tỷ trọng và độ hấp phụ của cốt liệu hạt nhỏ).

AASHTO T 85-2000 Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate (Xác định tỷ trọng và độ hấp phụ của cốt liệu hạt lớn).

3 Thuật ngữ, định nghĩa

3.1 Hỗn hợp bê tông nhựa nóng (Hot mix asphalt-HMA)

Hỗn hợp bao gồm các cốt liệu (đá dăm, cát, bột khoáng) có tỷ lệ phối trộn xác định, được sấy nóng và trộn đều với nhau, sau đó được trộn với nhựa đường theo tỷ lệ đã thiết kế. Sau đây được gọi tắt là BTN.

3.2 Bê tông nhựa cấp phối chặt (Dense-graded HMA)

Loại BTN sử dụng cấp phối cốt liệu có lượng hạt thô, hạt trung gian và hạt mịn gần tương đương nhau, tạo điều kiện để khi đầm nén các hạt cốt liệu dễ chặt khít với nhau nhất. Thường được gọi là BTN chặt. BTN chặt có độ rỗng dư nhỏ, thường từ 3-6%.

3.3 Bê tông nhựa cấp phối gián đoạn (Gap-graded HMA)

Loại BTN sử dụng cấp phối cốt liệu có lượng hạt thô và lượng hạt mịn lớn, nhưng lượng hạt trung gian rất nhỏ. Đường cong cấp phối cốt liệu của loại BTN này có xu thế gần nằm ngang tại vùng cỡ hạt trung gian. Cấp phối cốt liệu này tạo khả năng để các hạt cốt liệu thô chèn móc tốt với nhau, tuy nhiên có xu thế dễ bị phân tầng trong quá trình rải. BTN cấp phối gián đoạn thường có độ rỗng dư lớn hơn so với BTN chặt.

3.4 Bê tông nhựa cấp phối hở (Open-graded HMA)

Loại BTN sử dụng cấp phối cốt liệu cấp phối có lượng hạt mịn chiếm một tỷ lệ nhỏ trong hỗn hợp. Đường cong cấp phối loại này có xu thế gần thẳng đứng tại vùng hạt cốt liệu trung gian, gần nằm ngang và có giá trị gần bằng không (0) tại vùng hạt cốt liệu mịn. Loại BTN này có độ rỗng dư lớn do không đủ lượng hạt mịn lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt thô. Thường được gọi là BTN rỗng. BTN rỗng có độ rỗng dư lớn nhất so với BTN chặt và BTN cấp phối gián đoạn.

Loại BTN rỗng làm lớp móng (base course), thường không sử dụng bột khoáng, có độ rỗng dư từ 7% đến 12%.

3.5 Bê tông nhựa có độ nhám cao, tăng khả năng kháng trượt

Loại BTN sử dụng làm lớp phủ mặt đường, có tác dụng ngăn ngừa hiện tượng văng nước gây ra khi xe chạy với tốc độ cao, tăng khả năng kháng trượt mặt đường và giảm đáng kể tiếng ồn khi xe chạy.

Thường sử dụng loại BTN rỗng, có độ rỗng dư 15-22% (Open graded friction course –OGFC hoặc Porous friction course-PFC) hoặc BTN cấp phối gián đoạn, có độ rỗng dư 10-15% (Very thin friction course-VTO). Cần sử dụng nhựa đường cải thiện để chế tạo loại BTN này.

3.6 Hỗn hợp đá- vữa nhựa (Stone matrix asphalt hoặc Stone mastic asphalt -SMA)

Là loại BTN sử dụng cấp phối gián đoạn. Hỗn hợp BTN này bao gồm nhựa đường, cốt liệu và cốt sợi (fiber). SMA thường sử dụng lượng bột khoáng và nhựa đường nhiều hơn so với BTN cấp phối chặt. Độ rỗng dư của SMA có phạm vi rộng, từ 2-8%, tùy thuộc vào việc sử dụng SMA làm lớp mặt hoặc lớp móng.

3.7 Cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu (Maximum size of aggregate)

Cỡ sàng nhỏ nhất mà lượng lọt qua cỡ sàng đó là 100%.

Trong tiêu chuẩn này sử dụng bộ sàng mắt vuông để thí nghiệm thành phần hạt cốt liệu.

3.8 Cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu (Nominal maximum size of aggregate)

Cỡ sàng lớn nhất mà lượng sót riêng biệt trên cỡ sàng đó không lớn hơn 10%.

3.9 Cốt liệu thô (Coarse aggregate)

Cốt liệu hầu hết có kích cỡ nằm trên sàng 4,75 mm; là sản phẩm khoáng nghiền từ đá tảng, sản phẩm thiên nhiên (cuội sỏi). Còn được gọi là đá dăm.

3.10 Cốt liệu mịn (Fine aggregate)

Cốt liệu có kích cỡ lọt qua sàng 4,75 mm và hầu hết nằm trên sàng 0,075 mm; là sản phẩm khoáng thiên nhiên (cát tự nhiên) hoặc sản phẩm nghiền từ đá tảng (cát xay). Còn được gọi là cát.

3.11 Bột khoáng (Mineral filler)

Sản phẩm được nghiền mịn từ đá các bô nát (đá vôi can xit, đolomit ...), từ xỉ bazơ của lò luyện kim hoặc là xi măng, có ít nhất 70% lọt qua sàng 0,075 mm.

3.12 Hàm lượng nhựa (Asphalt content)

Lượng nhựa đường trong hỗn hợp BTN. Có hai cách biểu thị hàm lượng nhựa, hoặc tính theo phần trăm của tổng khối lượng hỗn hợp BTN (cốt liệu thô, cốt liệu mịn, bột khoáng, nhựa đường), hoặc tính theo phần trăm tổng khối lượng cốt liệu (cốt liệu thô, cốt liệu mịn, bột khoáng).

Cách biểu thị hàm lượng nhựa theo phần trăm của tổng khối lượng hỗn hợp BTN, ký hiệu là Pb, được áp dụng phổ biến trên thế giới và được sử dụng trong Tiêu chuẩn này.

3.13 Hàm lượng nhựa tối ưu (Optimum asphalt content)

Hàm lượng nhựa được xác định khi thiết kế BTN, ứng với một tỷ lệ phối trộn cốt liệu đã chọn, và thỏa mãn tất cả các yêu cầu kỹ thuật quy định với cốt liệu và BTN được chỉ ra tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

3.14 Hàm lượng nhựa hấp phụ (Absorbed Asphalt Content)

Lượng nhựa bị cốt liệu hấp phụ vào trong các lỗ rỗng ở bề mặt hạt cốt liệu, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm khối lượng của hỗn hợp cốt liệu; ký hiệu là Pba.

3.15 Hàm lượng nhựa có hiệu (Effective Asphalt Content)

Hàm lượng nhựa có hiệu của hỗn hợp BTN được tính bằng lượng nhựa có trong hỗn hợp BTN trừ đi lượng nhựa bị hấp phụ vào hạt cốt liệu, ký hiệu là Pbe. Hàm lượng nhựa có hiệu được biểu thị bằng phần trăm khối lượng của hỗn hợp BTN. Lượng nhựa có hiệu tạo nên lớp phủ bề ngoài các hạt cốt liệu và là lượng nhựa chi phối các đặc tính cơ lý của hỗn hợp BTN.

TCVN 8820 : 2011

3.16 Tỷ trọng lớn nhất (Maximum Specific Gravity)

Tỷ trọng của hỗn hợp BTN khi hỗn hợp đó không có độ rỗng dư (độ rỗng dư bằng 0), được ký hiệu là G_{mm}.

3.17 Tỷ trọng khối (Bulk Specific Gravity)

Tỷ số giữa khối lượng của BTN đã đầm nén so với khối lượng nước có cùng thể tích ở cùng nhiệt độ.

3.18 Khối lượng thể tích (Unit Weight)

Khối lượng của một đơn vị thể tích BTN đã đầm nén.

3.19 Độ rỗng dư (Air Voids)

Tổng thể tích của tất cả các bọt khí nhỏ nằm giữa các hạt cốt liệu đã được bọc nhựa trong hỗn hợp BTN đã đầm nén. Độ rỗng dư được biểu thị bằng phần trăm của thể tích mẫu hỗn hợp BTN đã đầm nén, ký hiệu là V_a. Còn được gọi là độ rỗng.

3.20 Độ rỗng cốt liệu (Voids in the Mineral Aggregate)

Thể tích của khoảng trống giữa các hạt cốt liệu của hỗn hợp BTN đã đầm nén, thể tích này bao gồm độ rỗng dư và thể tích nhựa có hiệu. Độ rỗng cốt liệu được biểu thị bằng phần trăm của thể tích mẫu hỗn hợp BTN đã đầm nén, ký hiệu là VMA.

3.21 Độ rỗng lấp đầy nhựa (Voids Filled with Asphalt)

Thể tích của khoảng trống giữa các hạt cốt liệu (VMA) bị phần nhựa có hiệu lấp đầy. Độ rỗng lấp đầy nhựa được biểu thị bằng phần trăm của thể tích nhựa có hiệu chia cho độ rỗng cốt liệu (VMA), ký hiệu là VFA.

4 Phân loại bê tông nhựa

Một số cách phân loại chính được nêu dưới đây

4.1 Phân loại theo cỡ hạt danh định lớn nhất của cốt liệu

Theo cách phân loại này, BTN thường được phân thành các loại có cỡ hạt danh định lớn nhất là: 37,5 mm; 25,0 mm; 19,0 mm; 12,5 mm; 9,5 mm và 4,75 mm (tương ứng với việc phân loại theo cỡ hạt lớn nhất là 50 mm; 37,5 mm; 25,0 mm; 19,0 mm; 12,5 mm và 9,5 mm).

4.2 Phân loại theo đặc tính của cấp phối hỗn hợp cốt liệu

Theo đặc tính của cấp phối cốt liệu, BTN thường được phân thành các loại:

- a) BTN có cấp phối chặt (dense graded mix);
- b) BTN có cấp phối gián đoạn (gap graded mix);
- c) BTN có cấp phối hở (open graded mix).

4.3 Phân loại theo độ rỗng dư

Theo độ rỗng dư, BTN thường được phân thành các loại:

- BTN chặt, có độ rỗng dư từ 3% - 6%.
- BTN rỗng, bao gồm các loại BTN có độ rỗng dư lớn hơn 6%.

4.4 Phân loại theo vị trí và công năng trong kết cấu mặt đường

Theo vị trí và công năng trong kết cấu mặt đường, BTN thường được phân thành các loại:

- BTN có độ nhám cao, tăng khả năng kháng trượt: sử dụng cho đường ô tô cấp cao, đường cao tốc, các đoạn đường nguy hiểm. Lớp BTN này được phủ trên mặt BTN, ngay sau khi thi công các lớp BTN phía dưới hoặc được phủ sau này, khi nâng cấp mặt đường.
- BTN dùng làm lớp mặt (surface course mixture), bao gồm:
 - + BTN dùng làm lớp mặt trên (wearing course mixture): thường sử dụng BTN chặt.
 - + BTN dùng làm lớp mặt dưới (binder course mixture): thường sử dụng BTN chặt.
- BTN dùng làm lớp móng (base course mixture): loại BTN chặt và BTN rỗng đều có thể sử dụng làm lớp móng. BTN rỗng có giá thành thấp hơn do không cần sử dụng bột khoáng và hàm lượng nhựa thấp hơn so với BTN chặt.
- BTN cát (sand-asphalt mixture): sử dụng làm lớp mặt tại khu vực có tải trọng xe không lớn, vỉa hè, làn dành cho xe đạp, xe thô sơ. Có thể sử dụng để làm 1 lớp bù vênh mỏng trước khi rải lớp BTN lên trên. Cốt liệu sử dụng cho BTN cát là cát nghiền, cát tự nhiên hoặc hỗn hợp của hai loại cát này.

5 Nguyên tắc thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall

Công tác thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall nhằm mục đích tìm ra hàm lượng nhựa tối ưu ứng với hỗn hợp cốt liệu đã chọn. Việc thiết kế phải tuân thủ các yêu cầu sau:

- Tất cả các vật liệu sử dụng (đá dăm, cát, bột khoáng, nhựa đường) đều phải thỏa mãn các chỉ tiêu cơ lý theo quy định của Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.
- Đường cong cấp phối của hỗn hợp cốt liệu sau khi phối trộn phải nằm trong giới hạn của đường bao cấp phối quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.
- Hàm lượng nhựa tối ưu lựa chọn phải thỏa mãn các chỉ tiêu liên quan đến đặc tính thể tích (Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu...), các chỉ tiêu thí nghiệm theo Marshall (độ ổn định, độ dẻo...) và các chỉ tiêu bổ sung nếu có theo quy định của Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

6 Căn cứ thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall

6.1 Trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN có quy định các nội dung sau, là cơ sở để thiết kế hỗn hợp BTN và lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu:

- Yêu cầu kỹ thuật của các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu thô (đá dăm); cốt liệu mịn (cát); bột khoáng (với loại BTN có sử dụng bột khoáng).
- Giới hạn đường bao cấp phối hỗn hợp cốt liệu: kích cỡ sàng, giới hạn lượng lọt qua sàng (cận trên, cận dưới) ứng với từng cỡ sàng.
- Loại nhựa đường phù hợp và yêu cầu kỹ thuật các chỉ tiêu cơ lý của nhựa đường. Khoảng hàm lượng nhựa tham khảo (tính theo phần trăm của tổng khối lượng hỗn hợp BTN).
- Nhiệt độ trộn hỗn hợp BTN và nhiệt độ đúc mẫu hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall.
- Phương pháp đầm mẫu Marshall (Marshall tiêu chuẩn, Marshall cải tiến), số chày đầm/mặt.

TCVN 8820 : 2011

- Yêu cầu kỹ thuật của các chỉ tiêu về đặc tính thể tích của mẫu BTN đầm theo Marshall: Độ rỗng dư (Va); độ rỗng cốt liệu (VMA), độ rỗng lấp đầy nhựa (VFA)...
- Yêu cầu kỹ thuật của các chỉ tiêu của mẫu BTN theo Marshall: Độ ổn định (Stability), độ dẻo (Flow), độ ổn định Marshall còn lại.
- Yêu cầu kỹ thuật của một số các chỉ tiêu khác liên quan đến chất lượng vật liệu, chất lượng BTN (nếu trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN đó có quy định).

6.2 Việc thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall phải thỏa mãn các chỉ tiêu quy định nêu trên.

7 Các giai đoạn và nội dung thiết kế hỗn hợp BTN

Công tác thiết kế hỗn hợp BTN liên quan rất mật thiết với tiến độ thi công của công trình. Công tác thiết kế hỗn hợp BTN được chia làm 4 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Thiết kế sơ bộ (Preliminary design hoặc cold bin mix design);
- Giai đoạn 2: Thiết kế hoàn chỉnh (hot bin mix design);
- Giai đoạn 3: Phê duyệt công thức chế tạo BTN sau khi rải thử (Job-mix formula verification);
- Giai đoạn 4: Kiểm soát chất lượng hàng ngày (Routine construction control).

Mỗi giai đoạn trong quá trình thiết kế đều có vai trò riêng; nhưng tất cả các giai đoạn đều quan trọng và không thể bỏ qua bất cứ giai đoạn nào. Các nội dung thiết kế hỗn hợp BTN cho mỗi giai đoạn được tóm tắt tại Hình 1.

7.1 Giai đoạn thiết kế sơ bộ (Giai đoạn 1)

7.1.1 Mục đích chính của công tác thiết kế sơ bộ là xác định chất lượng của các loại cốt liệu sẵn có tại nơi thi công; đối chiếu với các yêu cầu kỹ thuật xem có phù hợp hay không; liệu rằng có thể sử dụng những cốt liệu này để sản xuất ra BTN đạt yêu cầu về thành phần hạt và các chỉ tiêu quy định với hỗn hợp BTN hay không.

7.1.2 Trường hợp tại nơi thi công có nhiều nguồn vật liệu thì phải tiến hành nhiều thiết kế với các nguồn vật liệu khác nhau để từ đó lựa chọn ra 1 hỗn hợp cốt liệu có giá thành thấp nhất đồng thời thỏa mãn được tất cả các yêu cầu kỹ thuật đã đề ra.

7.1.3 Giai đoạn này sử dụng mẫu vật liệu lấy tại nguồn cung cấp hoặc phểu nguội của trạm trộn để thiết kế. Thành phần hạt của hỗn hợp cốt liệu thường được chọn nằm giữa miền giới hạn của biểu đồ thành phần hạt quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

7.1.4 Trình tự thiết kế hỗn hợp BTN: tiến hành theo 7 bước (Hình 1), chi tiết xem tại Phần 8.

7.1.5 Ý nghĩa của giai đoạn thiết kế sơ bộ:

- Khẳng định sự phù hợp của cốt liệu và hỗn hợp BTN sử dụng các loại cốt liệu này đối với các yêu cầu kỹ thuật của công trình. Giai đoạn này đặc biệt có ý nghĩa nếu như trước đây chưa có số liệu nào về các nguồn cốt liệu sẵn có tại nơi thi công;
- Là cơ sở để tính giá thành xây dựng;
- Làm căn cứ để tiến hành giai đoạn thiết kế hoàn chỉnh.

7.2 Giai đoạn thiết kế hoàn chỉnh (Giai đoạn 2)

7.2.1 Mục đích của giai đoạn thiết kế này là tìm ra thành phần hạt thực của hỗn hợp cốt liệu và hàm lượng nhựa thực khi sản xuất hỗn hợp BTN tại trạm trộn. Thành phần hạt của cốt liệu trong giai đoạn này phải được thiết kế sao cho tương tự như thành phần hạt của giai đoạn thiết kế sơ bộ.

7.2.2 Giai đoạn này được tiến hành sau khi đã có kết quả thiết kế sơ bộ.

7.2.3 Trình tự thiết kế hỗn hợp BTN: theo 7 bước (Hình 1), tương tự như giai đoạn thiết kế sơ bộ, chỉ khác ở chỗ sử dụng cốt liệu lấy từ phểu nóng của trạm trộn để thí nghiệm và thiết kế.

Bước 7:
Xác định hàm
lượng nhựa tối ưu

Bước 7:
Xác định hàm
lượng nhựa tối ưu

Hình 1: Các giai đoạn và trình tự thiết kế hỗn hợp BTN

7.2.4 Ngay trước khi tiến hành thiết kế hoàn chỉnh, phải tiến hành hiệu chuẩn các phễu nguội của trạm trộn BTN và thiết lập biểu đồ quan hệ giữa tốc độ cấp cốt liệu nguội và tốc độ của băng tải. Cách tiến hành như sau:

- Điều chỉnh sao cho kích thước của cửa phễu bằng hoặc lớn hơn 3 lần kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu.
- Vận hành băng tải cấp đá dăm và cát của trạm trộn với các tốc độ băng tải bằng: 20 %, 50 % và 70 % của tốc độ tối đa. Thiết lập đường cong quan hệ giữa tốc độ cấp liệu (tấn/giờ) và tốc độ băng tải (mét/phút) cho đá dăm và cát.
- Dựa trên kết quả thiết lập đường cong quan hệ tốc độ cấp liệu-tốc độ băng tải, tính toán tốc độ băng tải cho đá dăm, cho cát để đạt được các tỷ lệ đá dăm, cát theo kết quả phối trộn tại Bước 2 của giai đoạn thiết kế sơ bộ (Hình 1).
- Đưa toàn bộ trạm trộn vào vận hành với tốc độ băng tải tính toán cho đá dăm và cát (tương tự như khi sản xuất đại trà nhưng chỉ khác là không trộn cốt liệu với nhựa đường và bột khoáng).
- Khi trạm trộn đã ở trong trạng thái hoạt động ổn định, lấy mẫu cốt liệu từ các phễu dự trữ cốt liệu nóng (cốt liệu từ mỗi phễu nóng được coi là 1 loại cốt liệu), lấy mẫu bột khoáng để phân tích thành phần hạt. Tính toán tỷ lệ phối hợp giữa các loại cốt liệu tương tự như Bước 2 của giai đoạn thiết kế sơ bộ. Điều chỉnh tốc độ của băng tải cho phù hợp sao cho đường cong cấp phối hỗn hợp cốt liệu tương tự như kết quả của Bước 2 của giai đoạn thiết kế sơ bộ.

7.2.5 Ý nghĩa của giai đoạn thiết kế hoàn chỉnh:

- Chứng minh khả năng có thể sản xuất được hỗn hợp BTN tại trạm trộn;
- Hỗn hợp BTN sản xuất ra phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của công trình;
- Làm căn cứ để tiến hành sản xuất thử và rải thử.

7.2.6 Nếu số liệu trong phòng thí nghiệm chỉ ra rằng hỗn hợp BTN thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đã đề ra thì tiến hành sản xuất thử hỗn hợp BTN tại trạm trộn và rải thử ngoài hiện trường.

7.3 Giai đoạn phê duyệt công thức chế tạo BTN (Giai đoạn 3)

7.3.1 Giai đoạn này bao gồm 5 bước như sau (Hình 1):

- Bước 1: Sản xuất thử – Trên cơ sở kết quả của giai đoạn thiết kế hoàn chỉnh, sản xuất khoảng từ 60 đến 100 tấn hỗn hợp BTN tại trạm trộn.
- Bước 2: Rải thử – lấy lượng hỗn hợp BTN vừa trộn thử để rải 1 đoạn dài từ 200 đến 300 m.
- Bước 3: Kiểm tra hỗn hợp BTN vừa trộn thử (thí nghiệm trong phòng đối với hỗn hợp sản xuất tại trạm trộn)
- Bước 4: Kiểm tra hỗn hợp BTN sau khi rải thử ngoài hiện trường.
- Bước 5: Phê duyệt công thức chế tạo BTN.

7.3.2 Nếu kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường chỉ ra rằng hỗn hợp BTN khi sản xuất thử phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN và

có tính công tác phù hợp, có thể thi công bằng các phương tiện hiện có, đảm bảo yêu cầu về độ chặt, độ bằng phẳng, kích thước hình học... thì đây là thời điểm Nhà thầu trình công thức chế tạo BTN để Tư vấn và Chủ đầu tư phê duyệt. Công thức chế tạo BTN bao gồm các nội dung sau:

- Nguồn cốt liệu và nhựa đường dùng cho hỗn hợp BTN;
- Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của nhựa đường, cốt liệu đá dăm, cát, bột khoáng phù hợp với quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN;
- Thành phần cấp phối của hỗn hợp cốt liệu;
- Tỷ lệ của các loại cốt liệu: đá dăm, cát, bột khoáng tại phểu nguội, phểu nóng;
- Kết quả thiết kế hỗn hợp BTN và hàm lượng nhựa tối ưu;
- Các giá trị nhiệt độ thi công quy định: trộn, xả hỗn hợp ra khỏi máy trộn, vận chuyển tới công trường, khi rải, khi lu;
- Phương án thi công ngoài hiện trường như: chiều dày lớp BTN chưa lu lèn, sơ đồ lu, số lượt lu trên 1 điểm, độ nhám mặt đường...

7.3.3 Công thức chế tạo BTN được phê duyệt trên là cơ sở cho toàn bộ các công tác tiếp theo, từ sản xuất, thi công, nghiệm thu đến thanh quyết toán giữa Nhà thầu với Chủ đầu tư sau này.

7.4 Kiểm soát chất lượng hàng ngày trong quá trình sản xuất và thi công (Giai đoạn 4)

Công tác kiểm soát chất lượng hàng ngày bao gồm 2 bước như sau (Hình 1):

- Bước 1: Kiểm soát chất lượng trong quá trình sản xuất, việc kiểm soát chất lượng tại bước này tương tự như Bước 3 của giai đoạn phê duyệt công thức chế tạo BTN.
- Bước 2: Kiểm soát chất lượng sau khi thi công - tương tự như Bước 4 của giai đoạn phê duyệt công thức chế tạo BTN.

7.4.1 Kiểm soát chất lượng trong quá trình sản xuất

7.4.1.1 Mục đích của giai đoạn này là nhằm kiểm soát sự ổn định về chất lượng BTN, đảm bảo dung sai của cấp phối hạt cốt liệu và hàm lượng nhựa so với công thức chế tạo hỗn hợp BTN nằm trong giới hạn quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

7.4.1.2 Công tác này được tiến hành theo 1 kế hoạch đã định sẵn, với tần suất lấy mẫu kiểm tra nhất định. Mẫu cốt liệu nóng và hỗn hợp BTN được lấy tại trạm trộn. Mục đích của công tác này là kiểm tra hỗn hợp BTN sản xuất hàng ngày sau đó so sánh với Công thức chế tạo BTN đã được phê duyệt để phát hiện ra những thay đổi bất thường, từ đó có những điều chỉnh cho thích hợp.

7.4.1.3 Khi phát hiện ra những thay đổi quá lớn (chất lượng nguồn vật liệu đầu vào, biến đổi lớn về chất lượng của vật liệu...) vượt quá khả năng điều chỉnh của trạm trộn thì phải tiến hành thiết kế lại hỗn hợp BTN và xác lập lại công thức chế tạo hỗn hợp BTN.

7.4.1.4 Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN sẽ quy định chi tiết tần suất lấy mẫu kiểm tra, chỉ tiêu kiểm tra cho giai đoạn này.

7.4.2 Kiểm soát chất lượng sau khi thi công

7.4.2.1 Công tác này bao gồm rất nhiều hạng mục khác nhau, trong đó việc khoan mẫu để xác định độ chặt liên quan trực tiếp đến công tác thiết kế hỗn hợp BTN.

TCVN 8820 : 2011

7.4.2.2 Công tác này cũng chính là cơ sở để tiến hành nghiệm thu công trình.

7.4.2.3 Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa sẽ quy định chi tiết chỉ tiêu kiểm tra, mật độ kiểm tra cho giai đoạn này.

8 Trình tự thiết kế hỗn hợp BTN theo phương pháp Marshall

Trình tự thiết kế hỗn hợp BTN theo Marshall được tiến hành theo 7 bước được chi tiết dưới đây.

8.1 Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu và nhựa đường

Tiến hành thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm, cát, bột khoáng, nhựa đường. Đối chiếu với yêu cầu quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN để đánh giá chất lượng. Nếu vật liệu nào đó không đủ chất lượng quy định phải có biện pháp thay thế.

8.2 Phối trộn các cốt liệu

8.2.1 Mục đích của công tác phối trộn cốt liệu là phải tìm ra tỷ lệ các nhóm cốt liệu (đá dăm, cát, bột khoáng) hiện có để hỗn hợp cốt liệu sau khi phối trộn có thành phần hạt nằm trong giới hạn đường bao cấp phối hỗn hợp cốt liệu quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

8.2.2 Các loại cốt liệu: đá dăm, cát, bột khoáng được sản xuất riêng. Với đá dăm, cần sử dụng 2 hoặc 3 nhóm cỡ hạt để thiết kế tùy thuộc vào kích cỡ hạt danh định lớn nhất của hỗn hợp BTN. Vì vậy cần thiết phải phối trộn để tìm ra hỗn hợp cốt liệu phù hợp.

8.2.3 Tiến hành phân tích thành phần hạt các nhóm cốt liệu: đá dăm, cát, bột khoáng với các cỡ sàng quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

8.2.4 Tính toán để tìm ra tỷ lệ phối trộn giữa các nhóm cốt liệu (tính theo phần trăm tổng khối lượng cốt liệu) sao cho cấp phối hỗn hợp cốt liệu thiết kế nằm trong giới hạn đường bao cấp phối quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN. Đường cong cấp phối hỗn hợp cốt liệu thiết kế phải đều đặn, không được thay đổi từ giới hạn dưới của một cỡ sàng lên giới hạn trên của cỡ sàng kế tiếp hoặc ngược lại.

8.2.5 Nguyên lý tính toán phối trộn được chi tiết tại Phụ lục A. Việc tính toán phối trộn có thể được tiến hành bằng cách áp dụng công thức toán, bằng bảng tính Microsoft Excel hoặc bằng phần mềm chuyên dụng (xem Phụ lục A).

8.3 Chuẩn bị mẫu hỗn hợp cốt liệu để đúc mẫu Marshall

8.3.1 Số lượng mẫu cốt liệu cần thiết:

- Để đúc mẫu Marshall, xác định tỷ trọng khối của BTN và thí nghiệm Marshall: 15 mẫu (5 tổ mẫu, mỗi tổ 3 mẫu);
- Để xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN: 5 mẫu nếu xác định theo cách thứ nhất (xem tại 8.5.5.1) hoặc 2 mẫu nếu xác định theo cách thứ hai (xem tại 8.5.5.2).
- Để kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý của mẫu BTN sau khi biết hàm lượng nhựa tối ưu: 3 mẫu.
- Để xác định độ ổn định Marshall còn lại của mẫu BTN sau khi biết hàm lượng nhựa tối ưu: 2 mẫu.
- Để kiểm tra các chỉ tiêu BTN bổ sung sau khi biết hàm lượng nhựa tối ưu: số lượng mẫu theo quy định của Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

8.3.2 Chuẩn bị cốt liệu: căn cứ số lượng mẫu cần thiết, chuẩn bị đủ lượng hỗn hợp cốt liệu, sấy khô, sàng thành các cỡ hạt riêng biệt, sau đó phối trộn các cỡ hạt lại để tạo thành các mẫu hỗn hợp cốt liệu riêng biệt:

- Trường hợp thí nghiệm theo phương pháp Marshall thông thường: lượng hỗn hợp cốt liệu cho mỗi mẫu khoảng 1200 g;
- Trường hợp thí nghiệm theo theo phương pháp Marshall cải tiến: lượng hỗn hợp cốt liệu cho mỗi mẫu khoảng 4000 g.

8.4 Trộn cốt liệu với nhựa đường, đầm mẫu Marshall

8.4.1 Dự đoán hàm lượng nhựa tối ưu

8.4.1.1 Để thiết kế hỗn hợp BTN, cần phải chế tạo 5 tổ mẫu hỗn hợp BTN với 5 giá trị hàm lượng nhựa cách nhau 0,5 %. Việc chọn được giá trị hàm lượng nhựa ở giữa 5 giá trị hàm lượng nhựa, qua đó tính được 4 giá trị hàm lượng nhựa còn lại là cần thiết. Hàm lượng nhựa được chọn này cần phải thỏa mãn điều kiện sao cho hàm lượng nhựa tối ưu xác định được nằm trong khoảng giữa của 5 giá trị hàm lượng nhựa của mẫu BTN thí nghiệm. Hàm lượng nhựa được chọn này gọi là hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán.

8.4.1.2 Trường hợp trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN có đưa ra khoảng hàm lượng nhựa đường tham khảo thì hàm lượng nhựa đường tối ưu dự đoán được chọn nằm trong khoảng hàm lượng nhựa đường tham khảo đó.

8.4.1.3 Trường hợp Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN không đưa ra khoảng hàm lượng nhựa đường tham khảo, cần thiết phải xác định hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán. Có thể xác định hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán theo công thức sau:

$$P = 0,035a + 0,045b + Kc + F$$

Trong đó:

- P là hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán (tính theo % tổng khối lượng hỗn hợp BTN);
- a là phần trăm cốt liệu nằm trên sàng 2,36mm, đưa vào dưới dạng số nguyên (ví dụ 22,3 % thì ghi là 22);
- b là phần trăm cốt liệu lọt sàng 2,36mm và nằm trên sàng 0,075mm; đưa vào dưới dạng số nguyên;
- c là phần trăm cốt liệu lọt sàng 0,075mm; đưa vào dưới dạng số thập phân (ví dụ 6,25% thì ghi là 6,25);
- K chọn là 0,15 nếu lượng lọt sàng 0,075mm từ 11 đến 15%; K chọn là 0,18 nếu lượng lọt sàng 0,075mm từ 6 đến 10%; K chọn là 0,20 nếu lượng lọt sàng 0,075mm từ 0 đến 5%;
- F chọn giá trị từ 0,2 đến 0,6 phụ thuộc vào độ hấp phụ nhựa đường của cốt liệu thô. Cốt liệu có độ hấp phụ nhựa (hoặc độ hấp phụ nước) nhỏ thì chọn giá trị thấp và ngược lại.

8.4.2 Trộn cốt liệu với nhựa đường

8.4.2.1 Xác định số lượng mẫu BTN cần thiết (theo 8.3) để tiến hành chuẩn bị mẫu nhựa đường và trộn mẫu hỗn hợp BTN, bao gồm:

TCVN 8820 : 2011

- Đúc mẫu Marshall, xác định tỷ trọng khối của BTN và thí nghiệm Marshall: Trộn 5 tổ mẫu cốt liệu (mỗi tổ 3 mẫu) với 5 hàm lượng nhựa thay đổi khác nhau 0,5 % xung quanh giá trị hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán.
- Xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN: Trộn 5 mẫu cốt liệu với 5 hàm lượng nhựa nếu xác định theo cách thứ nhất (theo 8.5.5.1) hoặc 2 mẫu với hàm lượng nhựa tối ưu dự kiến nếu xác định theo cách thứ hai (theo 8.5.5.2).
- Kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý của mẫu BTN ứng với hàm lượng nhựa tối ưu: Trộn 3 mẫu cốt liệu với hàm lượng nhựa tối ưu đã biết (trên cơ sở thiết kế hỗn hợp BTN).
- Xác định độ ổn định Marshall còn lại của mẫu BTN ứng với hàm lượng nhựa tối ưu: Trộn 2 mẫu cốt liệu với hàm lượng nhựa tối ưu đã biết.
- Kiểm tra các chỉ tiêu BTN bổ sung ứng với hàm lượng nhựa tối ưu: số lượng mẫu BTN theo quy định của Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.

8.4.2.2 Việc trộn hỗn hợp cốt liệu với nhựa đường được tiến hành theo trình tự sau:

- Cân xác định khối lượng của các mẫu nhựa ứng với hàm lượng nhựa đã chọn (tính theo % khối lượng hỗn hợp BTN).
- Cho mẫu nhựa đường vào trong tủ sấy và gia nhiệt đến nhiệt độ trộn được quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN.
- Cho mẫu cốt liệu vào một tủ sấy khác và nung nóng đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trộn là 15°C.
- Trộn cốt liệu với nhựa.

8.4.3 Đầm mẫu Marshall

8.4.3.1 Thiết bị đầm mẫu Marshall, dụng cụ thí nghiệm, trình tự đầm mẫu theo quy định tại TCVN 8860-1:2011.

8.4.3.2 5 tổ mẫu hỗn hợp BTN (mỗi tổ 3 mẫu) đã trộn lần lượt được đưa vào khuôn để đầm mẫu. Chiều cao của mẫu hỗn hợp BTN sau khi đầm trong khuôn phải ở trong khoảng quy định (63,5 mm ± 1,3 mm khi đầm theo Marshall thông thường hoặc 95,2 mm ± 1,8 mm khi đầm theo Marshall cải tiến). Thông thường, hỗn hợp cốt liệu có khối lượng khoảng 1200 g (khi đầm theo phương pháp Marshall thông thường) hoặc khoảng 4000 g (khi đầm theo phương pháp Marshall cải tiến) sẽ cho mẫu đúc có chiều cao phù hợp.

8.4.3.3 Trường hợp chiều cao mẫu không nằm trong khoảng quy định thì điều chỉnh lượng cốt liệu cần thiết để đúc mẫu như sau:

$$\text{Lượng cốt liệu cần thiết, g} = \frac{A \times \text{Lượng cốt liệu đã sử dụng (g)}}{\text{Chiều cao mẫu ứng với lượng cốt liệu đã sử dụng (mm)}}$$

Trong đó:

- A bằng 63,5 mm khi đầm theo Marshall thông thường.
- A bằng 95,2 mm khi đầm theo Marshall cải tiến.

8.4.3.4 Nhiệt độ đầm tạo mẫu Marshall được quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu BTN, phụ thuộc vào loại nhựa đường (bitum) sử dụng.

8.5 Thí nghiệm và tính toán các chỉ tiêu đặc tính thể tích của hỗn hợp BTN

Các thí nghiệm và các chỉ tiêu tính toán cần thiết liên quan đến đặc tính thể tích phục vụ thiết kế hỗn hợp BTN tuân theo trình tự sau:

- 1) Thí nghiệm xác định tỷ trọng của nhựa đường theo TCVN 7501:2005. Có thể xác định trước (xem tại Mục 8.1).
- 2) Thí nghiệm xác định tỷ trọng cốt liệu thô (theo AASHTO T 85-2000; tỷ trọng của cốt liệu mịn (theo AASHTO T 84-2000; tỷ trọng của bột khoáng (theo TCVN 4195:1995, thí nghiệm tại nhiệt độ 25°C, tương ứng với tỷ trọng của nước là 1 g/cm³). Có thể xác định trước theo hướng dẫn tại 8.1.
- 3) Tính tỷ trọng khối, tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu.
- 4) Tính tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu.
- 5) Thí nghiệm xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN ở trạng thái rời.
- 6) Thí nghiệm xác định tỷ trọng khối, khối lượng thể tích của mẫu BTN đã đầm.
- 7) Tính hàm lượng nhựa hấp phụ.
- 8) Tính hàm lượng nhựa có hiệu.
- 9) Tính độ rỗng cốt liệu của hỗn hợp BTN đã đầm.
- 10) Tính độ rỗng dư của hỗn hợp BTN đã đầm.
- 11) Tính độ rỗng lấp đầy nhựa của hỗn hợp BTN đã đầm.

8.5.1 Thí nghiệm xác định tỷ trọng nhựa đường

Tỷ trọng của nhựa đường được ký hiệu là G_b.

8.5.2 Thí nghiệm xác định tỷ trọng của cốt liệu

8.5.2.1 Thí nghiệm xác định tỷ trọng của cốt liệu thô (đá dăm), cốt liệu mịn (cát), bột khoáng sẽ đưa ra các kết quả ứng với 3 loại tỷ trọng và độ hấp phụ nước:

- Tỷ trọng khối (Bulk Specific Gravity);
- Tỷ trọng khối (bão hòa-khô bề mặt) (Bulk Specific Gravity-saturated surface-dry);
- Tỷ trọng biểu kiến (Apparent Specific Gravity);
- Độ hấp phụ nước (Absorption).

8.5.2.2 Các kết quả thí nghiệm trên được sử dụng với mục đích sau:

- Tỷ trọng khối (Bulk Specific Gravity) của cốt liệu (đá dăm, cát) được sử dụng để tính tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu.
- Tỷ trọng biểu kiến (Apparent Specific Gravity) của cốt liệu (đá dăm, cát, bột khoáng) được sử dụng để tính tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu.
- Đối với bột khoáng, do khó có thể xác định chính xác được tỷ trọng khối nên sử dụng tỷ trọng biểu kiến thay cho tỷ trọng khối, việc thay thế này không làm sai lệch đáng kể kết quả tính toán.

TCVN 8820 : 2011

- Độ hấp phụ nước (Absorption) của cốt liệu là cơ sở dự đoán lượng hấp phụ nhựa (nhiều tài liệu khuyến nghị độ hấp phụ nhựa của cốt liệu xấp xỉ bằng 0,5 độ hấp phụ nước của cốt liệu).

8.5.3 Tính tỷ trọng khối, tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu

8.5.3.1 Tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu

Tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu được tính theo công thức sau:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (1)$$

Trong đó:

- G_{sb} là tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu.
- P_1, P_2, \dots, P_n là hàm lượng từng loại cốt liệu, tính theo % của tổng khối lượng hỗn hợp cốt liệu.
- G_1, G_2, \dots, G_n là tỷ trọng khối của từng loại cốt liệu có trong hỗn hợp cốt liệu.

8.5.3.2 Tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu

Tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu được tính theo công thức sau:

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1'} + \frac{P_2}{G_2'} + \dots + \frac{P_n}{G_n'}} \quad (1')$$

Trong đó:

- G_{sa} là tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu.
- P_1, P_2, \dots, P_n là hàm lượng từng loại cốt liệu, tính theo % của tổng khối lượng hỗn hợp cốt liệu.
- G_1', G_2', \dots, G_n' là tỷ trọng biểu kiến của từng loại cốt liệu có trong hỗn hợp cốt liệu.

8.5.4 Tính tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu

Tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu được xác định theo công thức sau:

$$G_{se} = \frac{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (2)$$

Trong đó:

- G_{se} là tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu;
- G_{mm} là tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN (được xác định tại Mục 9.5.5);
- P_{mm} là phần trăm khối lượng của tổng khối lượng hỗn hợp ở trạng thái rời ($P_{mm} = 100$);
- P_b là hàm lượng nhựa, tính theo % tổng khối lượng hỗn hợp BTN;

- Gb là tỷ trọng của nhựa đường.

CHÚ THÍCH 1:

Tỷ trọng có hiệu của cốt liệu luôn nằm trong giới hạn giữa tỷ trọng khối và tỷ trọng biểu kiến. Nếu kết quả tính tỷ trọng có hiệu nằm ngoài giới hạn trên thì kết quả đó là sai. Khi đó cần phải kiểm tra lại giá trị tỷ trọng lớn của hỗn hợp BTN theo thí nghiệm, kiểm tra lại tỷ lệ phối trộn cốt liệu và hàm lượng nhựa để tìm ra nguyên nhân dẫn đến sai sót.

8.5.5 Xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN

Có 2 cách để xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN ứng với hàm lượng nhựa khác nhau.

8.5.5.1 Cách thứ nhất

Thí nghiệm xác định 5 giá trị tỷ trọng lớn nhất của mẫu BTN rời ứng với 5 hàm lượng nhựa đường khác nhau.

8.5.5.2 Cách thứ hai

Tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN xác định theo cách này được khuyến nghị áp dụng. Trình tự tiến hành như sau:

- Thí nghiệm xác định tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN của 2 mẫu BTN có hàm lượng nhựa tối ưu dự kiến. Tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN (Gmm) là trung bình cộng của 2 giá trị tỷ trọng lớn nhất của 2 mẫu.
- Tính tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu (Gse) theo công thức 2 (Mục 8.5.4) với giá trị tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN đã biết (Gmm).
- Tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu này (Gse) được xem là không đổi tại tất cả các hàm lượng nhựa (bởi vì lượng nhựa hấp phụ tại các hàm lượng nhựa khác nhau thì gần tương tự nhau). Tính tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN tại các hàm lượng nhựa khác theo công thức dưới đây.

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \quad (3)$$

Trong đó:

- Gmm là tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN;
- Pmm là phần trăm khối lượng của hỗn hợp BTN ở trạng thái rời (Pmm= 100);
- Ps là tỷ lệ cốt liệu, tính theo % tổng khối lượng hỗn hợp BTN;
- Pb là hàm lượng nhựa, tính theo % tổng khối lượng hỗn hợp BTN;
- Gse là tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu;
- Gb là tỷ trọng của nhựa.

8.5.6 Thí nghiệm xác định tỷ trọng khối và khối lượng thể tích của mẫu BTN đã đầm

Tỷ trọng khối của mẫu BTN đã đầm, ký hiệu là Gmb, được xác định theo TCVN 8860-5: 2011.

TCVN 8820 : 2011

Khối lượng thể tích của mẫu BTN được tính bằng cách lấy giá trị tỷ trọng khối của mẫu BTN nhân với khối lượng thể tích của nước. Khi thí nghiệm ở nhiệt độ trong phòng 25 độ C, khối lượng riêng của nước được lấy bằng 1g/cm³.

8.5.7 Tính hàm lượng nhựa hấp phụ

Hàm lượng nhựa hấp phụ được tính theo công thức sau:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad (4)$$

Trong đó:

- P_{ba} là hàm lượng nhựa hấp phụ, % khối lượng của hỗn hợp cốt liệu;
- G_{se} là tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu;
- G_{sb} là tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu;
- G_b là tỷ trọng của nhựa.

8.5.8 Tính hàm lượng nhựa có hiệu

Hàm lượng nhựa có hiệu được tính theo công thức sau:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (5)$$

Trong đó:

- P_{be} là hàm lượng nhựa có hiệu, % khối lượng của hỗn hợp BTN;
- P_b là hàm lượng nhựa, % khối lượng hỗn hợp BTN;
- P_{ba} là lượng nhựa hấp phụ, % khối lượng cốt liệu;
- P_s là tỷ lệ cốt liệu, % khối lượng hỗn hợp BTN.

8.5.9 Tính độ rỗng cốt liệu của hỗn hợp BTN đã đầm

Độ rỗng cốt liệu được tính theo công thức sau:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (6)$$

Trong đó:

- VMA là độ rỗng cốt liệu, tính theo % tổng thể tích hỗn hợp BTN;
- G_{sb} là tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu;
- G_{mb} là tỷ trọng khối của mẫu BTN đã đầm nén;
- P_s là tỷ lệ cốt liệu, tính theo % khối lượng hỗn hợp BTN.

8.5.10 Tính độ rỗng dư của hỗn hợp BTN đã đầm

Độ rỗng dư được xác định theo công thức sau:

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (7)$$

Trong đó:

- V_a là độ rỗng dư của hỗn hợp BTN đã đầm, tính theo % của thể tích mẫu BTN;
- G_{mm} là tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN;
- G_{mb} là tỷ trọng khối của hỗn hợp BTN đã đầm.

8.5.11 Tính độ rỗng lấp đầy nhựa của hỗn hợp BTN đã đầm

Độ rỗng lấp đầy nhựa được xác định theo công thức sau:

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{VMA} \quad (8)$$

Trong đó:

- VFA là độ rỗng lấp đầy nhựa của hỗn hợp BTN đã đầm, tính theo % của độ rỗng cốt liệu (VMA);
- VMA là độ rỗng cốt liệu, tính theo % thể tích mẫu BTN;
- V_a là độ rỗng dư, tính theo % thể tích mẫu BTN.

Phụ lục B đưa ra ví dụ tính toán các đặc tính thể tích của hỗn hợp BTN.

8.6 Thí nghiệm xác định độ ổn định, độ dẻo trên các mẫu Marshall

8.6.1 Thí nghiệm này tiến hành sau khi đã hoàn tất thí nghiệm xác định tỷ trọng khối (và tính khối lượng thể tích) của các mẫu BTN đã đầm theo Marshall.

8.6.2 Yêu cầu về thiết bị, dụng cụ thí nghiệm, trình tự tiến hành thí nghiệm theo hướng dẫn tại TCVN 8860-1: 2011.

8.6.3 Tiến hành thí nghiệm xác định độ ổn định và độ dẻo với 5 tổ mẫu BTN ứng với các giá trị hàm lượng nhựa khác nhau đã chọn, mỗi tổ 3 mẫu.

8.6.4 Hiệu chỉnh kết quả thí nghiệm độ ổn định với các mẫu có chiều cao khác với chiều cao của mẫu chuẩn (63,5 mm với phương pháp Marshall thông thường hoặc 95,2 mm với phương pháp Marshall cải tiến) bằng cách áp dụng hệ số hiệu chỉnh (TCVN 8860-1: 2011).

8.6.5 Tính độ dẻo trung bình của 5 tổ mẫu ứng với từng hàm lượng nhựa và tính độ ổn định trung bình sau khi đã hiệu chỉnh của 5 tổ mẫu.

Phụ lục B đưa ra ví dụ kết quả thí nghiệm độ ổn định, độ dẻo Marshall.

8.7 Lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu

8.7.1 Thiết lập các đồ thị quan hệ giữa hàm lượng nhựa và các chỉ tiêu liên quan

8.7.1.1 Vẽ các đồ thị quan hệ giữa hàm lượng nhựa với các chỉ tiêu liên quan: Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa, Khối lượng thể tích mẫu BTN, trong đó trục hoành biểu thị các hàm lượng nhựa; trục tung biểu thị các giá trị tương ứng:

TCVN 8820 : 2011

- Độ ổn định -Hàm lượng nhựa.
- Độ dẻo-Hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng dư-Hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng cốt liệu-Hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng lấp đầy nhựa -Hàm lượng nhựa.
- Khối lượng thể tích mẫu BTN-Hàm lượng nhựa.

8.7.1.2 Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa, Khối lượng thể tích mẫu BTN là giá trị trung bình cộng của 3 giá trị tương ứng của 3 mẫu thí nghiệm.

8.7.1.3 Hình 2 đưa ra một ví dụ về các đồ thị quan hệ giữa hàm lượng nhựa với các chỉ tiêu liên quan: Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa, Khối lượng thể tích mẫu BTN trên cơ sở số liệu tại Bảng B5, Phụ lục B.

8.7.2 Xác định hàm lượng nhựa tối ưu

8.7.2.1 Cách thứ nhất

Áp dụng phù hợp với BTN chặt. Việc xác định hàm lượng nhựa tối ưu theo trình tự sau:

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ Độ rỗng dư-Hàm lượng nhựa, xác định hàm lượng nhựa ứng với độ rỗng dư bằng 4%.
- Dựa vào các biểu đồ quan hệ còn lại, xác định các giá trị: Độ dẻo, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa ứng với hàm lượng nhựa vừa xác định (hàm lượng nhựa ứng với độ rỗng dư bằng 4%).
- So sánh các giá trị: Độ dẻo, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa vừa xác định với các yêu cầu kỹ thuật nêu trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN. Nếu các chỉ tiêu này thỏa mãn thì hàm lượng nhựa chọn trên là hàm lượng nhựa tối ưu.
- Nếu không thỏa mãn, có thể chọn lại hàm lượng nhựa đường ứng với độ rỗng dư lựa chọn, trong khoảng độ rỗng dư từ lớn hơn 3,5% đến nhỏ hơn 4,5% và tiến hành lặp lại cách xác định trên. Nếu vẫn không thỏa mãn cần phải điều chỉnh lại thiết kế hỗn hợp BTN.

8.7.2.2 Cách thứ hai

Áp dụng cho các loại BTN.

- Căn cứ yêu cầu kỹ thuật nêu trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN tương ứng, dựa vào từng đồ thị quan hệ đã lập, xác định khoảng hàm lượng nhựa thỏa mãn từng chỉ tiêu tương ứng: Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa.
- Xác định khoảng hàm lượng nhựa thỏa mãn tất cả các chỉ tiêu nêu trên. Đây là khoảng hàm lượng nhựa tối ưu (khoảng hàm lượng nhựa được chấp thuận).
- Chọn 1 giá trị nằm trong khoảng hàm lượng nhựa tối ưu này. Thường chọn giá trị ở giữa khoảng này làm hàm lượng nhựa tối ưu. Nếu không thỏa mãn cần phải điều chỉnh lại thiết kế hỗn hợp BTN.

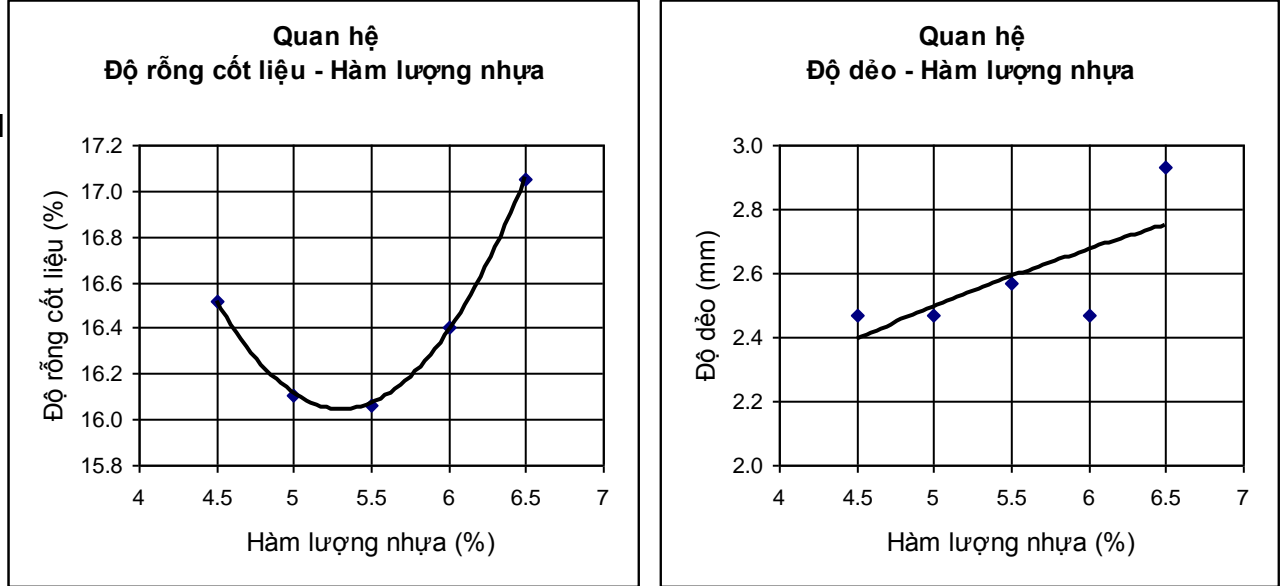
Hình 3 đưa ra một ví dụ về biểu đồ xác định hàm lượng nhựa tối ưu. Trên cơ sở các giá trị khoảng hàm lượng nhựa thỏa mãn từng chỉ tiêu tương ứng: Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu (dựa trên số liệu tại Hình 2) và khoảng hàm lượng nhựa tối ưu theo yêu cầu thiết kế với bê tông nhựa (tham chiếu tại TCVN 8819 : 2011, Bảng 3), tiến hành xác định khoảng hàm lượng nhựa thỏa mãn

các chỉ tiêu trên. Đó là khoảng hàm lượng nhựa tối ưu. Giá trị hàm lượng nhựa tối ưu chọn để thiết kế nằm trong khoảng hàm lượng nhựa tối ưu, và thường chọn giá trị trung gian.

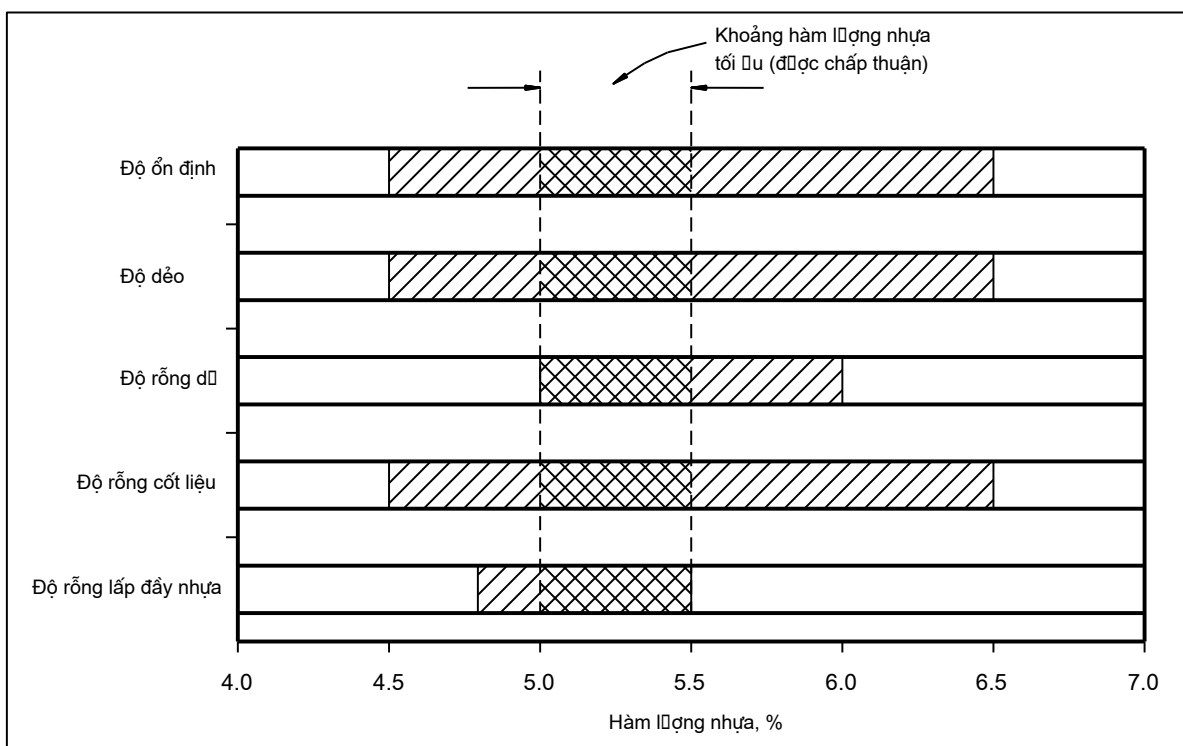
CHÚ THÍCH 2:

a). Trường hợp giá trị hàm lượng nhựa tối ưu xác định được không trùng với bất kỳ giá trị hàm lượng nhựa của mẫu đã thí nghiệm, việc xác định các thông số của BTN (Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Khối lượng thể tích) ứng với hàm lượng tối ưu sẽ được nội suy từ các đồ thị tương ứng.

b). Nếu cần thiết, đúc 3 mẫu BTN với hàm lượng nhựa tối ưu đó và thí nghiệm xác định các thông số của BTN. So sánh các kết quả thí nghiệm này với các chỉ tiêu yêu cầu tương ứng quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN để xem xét tính phù hợp.



Hình 2- Đồ thị quan hệ giữa hàm lượng nhựa với các chỉ tiêu liên quan



Hình 3- Khoảng Hàm lượng nhựa tối ưu (chấp thuận)

CHÚ THÍCH 3:

Việc thí nghiệm xác định độ ổn định Marshall còn lại, các chỉ tiêu bổ sung (nếu quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN) được tiến hành trên cơ sở các mẫu BTN ứng với hàm lượng nhựa tối ưu. So sánh các kết quả thí nghiệm này với các chỉ tiêu yêu cầu tương ứng quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN để xem xét tính phù hợp.

8.7.3 Quy luật về về hình dạng của các đường cong quan hệ

Hình dạng các biểu đồ quan hệ giữa hàm lượng nhựa và các đặc tính cơ lý của hỗn hợp BTN thường tuân theo những quy luật được trình bày dưới đây.

- Độ ổn định Marshall: ban đầu độ ổn định tăng dần theo chiều tăng của hàm lượng nhựa. Khi đạt đến 1 giá trị cực đại nào đó, độ ổn định lại giảm theo chiều tăng của hàm lượng nhựa.

- Độ dẻo (biến dạng): độ dẻo tăng theo chiều tăng của hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng dư: độ rỗng dư sẽ giảm dần đều theo chiều tăng của hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng cốt liệu (VMA): ban đầu độ rỗng cốt liệu giảm dần theo chiều tăng của hàm lượng nhựa. Khi đạt đến 1 giá trị cực tiểu nào đó thì độ rỗng cốt liệu lại tăng dần theo chiều tăng của hàm lượng nhựa.
- Độ rỗng lấp đầy nhựa (VFA): Độ rỗng lấp đầy nhựa tăng dần đều theo chiều tăng của hàm lượng nhựa.
- Khối lượng thể tích BTN: quy luật biến đổi của khối lượng thể tích cũng tương tự như quy luật của độ ổn định Marshall. Tuy nhiên, hàm lượng nhựa ứng với giá trị khối lượng thể tích BTN cực đại sẽ lớn hơn một chút so với hàm lượng nhựa ứng với giá trị độ ổn định cực đại.

9 Yêu cầu chung đối với Phòng thí nghiệm hiện trường

Phòng thí nghiệm hiện trường được thiết lập để thực hiện các phép thử cần thiết để thiết kế hỗn hợp BTN, kiểm soát chất lượng và đưa ra các điều chỉnh thích hợp, kịp thời để vận hành trạm trộn nhằm đảm bảo hỗn hợp BTN sản xuất ra luôn được duy trì phù hợp với yêu cầu kỹ thuật.

Sau đây là các yêu cầu cơ bản đối với 1 phòng thí nghiệm hiện trường đi cùng với trạm trộn BTN.

9.1 Yêu cầu về cơ sở hạ tầng của phòng thí nghiệm

Phòng thí nghiệm phải thỏa mãn 1 số điều kiện sau đây:

- Phòng thí nghiệm phải được bố trí ngay sát trạm trộn, có diện tích nhỏ nhất là 15m², được cung cấp đủ điện, nước, và phải có hệ thống thông gió tốt.
- Phải có hệ thống bàn, bệ vững chắc để đặt các thiết bị thí nghiệm.
- Phải có ít nhất 2 cửa sổ, trong đó có 1 cửa nhìn thẳng ra trạm trộn, có thể quan sát trạm trong toàn bộ thời gian mà trạm hoạt động.

9.2 Yêu cầu về thiết bị thí nghiệm

Các thiết bị chính của một phòng thí nghiệm hiện trường đi cùng với trạm trộn bao gồm:

- Máy nén Marshall và khuôn mẫu.
- Máy đầm mẫu Marshall.
- Máy ly tâm để xác định hàm lượng nhựa.
- Bộ thiết bị hút chân không và bình chứa mẫu để xác định tỷ trọng rời.
- Dụng cụ xác định tỷ trọng của cốt liệu thô gồm giỏ tỷ trọng và các thiết bị đi kèm.
- Bộ dụng cụ xác định tỷ trọng của cốt liệu mịn gồm côn, chày đầm và các thiết bị đi kèm.
- Bộ sàng lưới thép mắt vuông với các cỡ sàng quy định trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTN .
- Dụng cụ xác định giới hạn chảy, giới hạn dẻo.
- Dụng cụ xác định chỉ tiêu cát tương đương ES.
- Máy khoan mẫu hiện trường.

TCVN 8820 : 2011

- Các dụng cụ khác: cân các loại, tủ sấy, nhiệt kế; các dụng cụ để lấy mẫu, chia mẫu, xúc mẫu, khay đựng mẫu, chảo trộn, chổi lông,...
- Các thiết bị, dụng cụ thí nghiệm khác nếu trong Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu BTN có quy định các chỉ tiêu thí nghiệm bổ sung.

9.3 Yêu cầu về nhân lực

Phòng thí nghiệm phải có đủ nhân lực và trình độ để tiến hành các thí nghiệm một cách chính xác, kịp thời để phục vụ cho công tác sản xuất. Các thí nghiệm viên được phân công làm thí nghiệm liên quan đến thiết kế hỗn hợp BTN phải có chứng chỉ đào tạo phù hợp, có kiến thức về vật liệu xây dựng nói chung và về BTN nói riêng.

9.4 Yêu cầu về hệ thống quản lý chất lượng

Phòng thí nghiệm phải có hệ thống quản lý để điều hành, theo dõi toàn bộ các hoạt động của phòng. Phòng thí nghiệm phải có biện pháp kiểm soát những vấn đề sau đây:

- Kiểm soát hệ thống tài liệu, hệ thống Tiêu chuẩn liên quan đến BTN;
- Kiểm soát hệ thống hồ sơ;
- Công tác xem xét yêu cầu kỹ thuật của BTN;
- Quản lý các thiết bị thí nghiệm;
- Điều chỉnh việc sản xuất BTN tại trạm trộn khi phát hiện những thay đổi bất kỳ đối với BTN sản xuất;
- Công tác đào tạo và đào tạo lại nhân viên thí nghiệm trong phòng.

Phụ lục A

(tham khảo)

Hướng dẫn thiết kế phối trộn cốt liệu

A.1 Nguyên tắc chung

A.1.1 Trong công tác thiết kế hỗn hợp BTN, công việc đầu tiên là phải phối trộn cốt liệu (đá dăm, cát, bột đá) để chọn ra 1 hỗn hợp cốt liệu có thành phần hạt đạt yêu cầu kỹ thuật.

A.1.2 Việc phối trộn cốt liệu được tiến hành theo nguyên tắc sau: đối với bất kỳ 1 hỗn hợp cốt liệu nào thì lượng lọt sàng (%) của hỗn hợp cốt liệu qua 1 cỡ sàng bất kỳ đều tuân theo công thức sau:

$$P = Aa + Bb + Cc + Dd + \dots \quad (B1)$$

Trong đó:

- P là lượng lọt qua sàng (%) của 1 cỡ sàng bất kỳ của hỗn hợp cốt liệu;
- A, B, C, D,... là lượng lọt qua sàng (%) của 1 cỡ sàng bất kỳ của từng loại cốt liệu sử dụng để phối trộn;
- a, b, c, d,... là tỷ lệ phối trộn của từng loại cốt liệu sử dụng để phối trộn.

$$a+b+c+d+\dots = 1 \text{ (100\%)} \quad (B2)$$

A.1.3 Dựa vào công thức B1 và B2, trên cơ sở đã biết cấp phối của từng loại cốt liệu (lượng lọt sàng qua các cỡ sàng bất kỳ A, B, C, D...), tiến hành lựa chọn tỷ lệ phối trộn của từng loại cốt liệu (a, b, c, d,...) một cách hợp lý để sao cho hỗn hợp cốt liệu được chọn có thành phần hạt nằm trong miền giới hạn đường bao cấp phối hỗn hợp cốt liệu quy định tại Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu.

A.1.4 Dựa trên nguyên tắc này để tính toán phối trộn. Để thuận tiện cho việc tính toán phối trộn, tiến hành lập phần mềm tính toán hoặc sử dụng phần mềm Microsoft Excel.

A.2 Một số ví dụ thiết kế phối trộn cốt liệu

A.2.1 Phối trộn với 2 loại cốt liệu

TCVN 8820 : 2011

Công thức áp dụng khi phối trộn 2 loại cốt liệu là

$$P = Aa + Bb \quad (B3)$$

Vì $a + b = 1$ (hay 100%) nên $a = 1 - b$.

Thay $a = 1 - b$ vào công thức B3 sẽ được:

$$b = \frac{P - A}{B - A} \quad (B4)$$

hoặc

$$a = \frac{P - B}{A - B} \quad (B5)$$

Giả sử có 2 cốt liệu, cốt liệu I (ký hiệu CL I) và cốt liệu II (ký hiệu là CL II). Thành phần hạt (lượng lọt sàng) của 2 loại cốt liệu, yêu cầu về thành phần hạt (lượng lọt sàng yêu cầu), trung bình lượng lọt sàng yêu cầu của hỗn hợp cốt liệu nêu tại Bảng B1.

Bảng B1

Cỡ sàng (mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng lọt sàng yêu cầu (%)									
-Cận trên	100	100	90	70	50	29	23	16	10
-Cận dưới	100	80	70	50	35	18	13	8	4
-Trung bình	100	90	80	60	42,5	23,5	18	12	7
CL I	100	90	59	16	3,2	1,1	0	0	0
CL II	100	100	100	96	82	51	36	21	9,2

Chọn hàm lượng lọt sàng 2,36 mm làm chuẩn. Điểm trung bình của lượng lọt sàng yêu cầu tại cỡ sàng 2,36 mm là 42,5. Tính giá trị a và b theo công thức B4:

$$b = \frac{P - A}{B - A} = \frac{42,5 - 3,2}{82 - 3,2} = 0,50$$

$$a = 1 - 0,5 = 0,5$$

Từ số liệu tại Bảng B1, biết a và b, tính lượng lọt sàng của 2 loại cốt liệu (Aa, Bb) và của hỗn hợp cốt liệu ($P=Aa+Bb$) trên các cỡ sàng. Kết quả được nêu tại Bảng B2.

Bảng B2

Cỡ sàng (mm)	Tỷ lệ	19	12,5	9,5	4,75	2,36	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng lọt sàng yêu cầu (%)										
-Cận trên		100	100	90	70	50	29	23	16	10

-Cận dưới		100	80	70	50	35	18	13	8	4
-Trung bình		100	90	80	60	42,5	23,5	18	12	7
CL I	0,5	50	45	29,5	8	1,6	0,6	0	0	0
CL II	0,5	50	50	50	48	41	25	18	10,5	4,6
Hỗn hợp cốt liệu	$\Sigma=1$	100	95	79,5	56	42,6	25,6	18	10,5	4,6

Qua Bảng B.2, thấy rằng lượng lọt sàng qua cỡ sàng 0,075 mm của hỗn hợp cốt liệu (4,6%) thấp nên có thể nâng tỷ lệ cốt liệu II lên, cụ thể là $b = 0,55$, và khi đó tỷ lệ cốt liệu I là $a = 0,45$. Kết quả tính tỷ lệ lượng lọt sàng của 2 loại cốt liệu và của hỗn hợp cốt liệu như Bảng B3.

Xét thấy hàm lượng lọt sàng 0,6 mm quá cao (28,5%), gần với giới hạn trên của lượng lọt sàng yêu cầu), vì vậy hạ tỷ lệ cốt liệu II xuống còn $b = 0,52$, khi đó tỷ lệ cốt liệu I là $a = 0,48$. Kết quả tính tỷ lệ lượng lọt sàng của 2 loại cốt liệu và của hỗn hợp cốt liệu được trình bày tại Bảng B4.

Bảng B3

Cỡ sàng (mm)	Tỷ lệ	19	12,5	9,5	4,75	2,36	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng lọt sàng yêu cầu (%)										
-Cận trên		100	100	90	70	50	29	23	16	10
-Cận dưới		100	80	70	50	35	18	13	8	4
-Trung bình		100	90	80	60	42,5	23,5	18	12	7
CL I	0,45	45	40,5	26,6	7,2	1,4	0,5	0	0	0
CL II	0,55	55	55	55	52,8	45,1	28	19,8	11,5	5,1
Hỗn hợp cốt liệu	$\Sigma=1$	100	95,5	81,6	60	46,5	28,5	19,8	11,5	5,1

Bảng B4

Cỡ sàng (mm)	Tỷ lệ	19	12,5	9,5	4,75	2,36	0,6	0,3	0,15	0,075
Lượng lọt sàng yêu cầu (%)										
-Cận trên		100	100	90	70	50	29	23	16	10
-Cận dưới		100	80	70	50	35	18	13	8	4
-Trung bình		100	90	80	60	42,5	23,5	18	12	7
CL I	0,48	48	43,2	28,3	7,7	1,5	0,5	0	0	0

TCVN 8820 : 2011

CL II	0,52	52	52	52	49,9	42,6	26,5	18,7	10,9	4,8
Hỗn hợp cốt liệu	$\Sigma=1$	100	95,2	80,3	57,6	44,1	27	18,7	10,9	4,8

Hỗn hợp cốt liệu tại Bảng B4 thỏa mãn yêu cầu (nằm trong giới hạn của lượng lọt sàng yêu cầu). Kết quả phối trộn:

Cốt liệu I: 48%

Cốt liệu II: 52%

A.2.2 Phối trộn 5 loại cốt liệu (sử dụng hàm “Solver” của Microsoft Excel)

Công thức cơ bản áp dụng khi phối trộn 5 loại cốt liệu là:

$$P = Aa + Bb + Cc + Dd + Ee \quad (B5)$$

$$1 = a + b + c + d + e \quad (B6)$$

Giả sử có 5 loại cốt liệu, đã biết thành phần hạt (lượng lọt sàng) của từng loại cốt liệu này:

- Cốt liệu thô (đá dăm), Dmax 25 mm, ký hiệu là D25;
- Cốt liệu thô (đá dăm), Dmax 9,5 mm, ký hiệu là D10;
- Cốt liệu mịn (cát xay), Dmax 4,75 mm, ký hiệu là D5;
- Cát tự nhiên, Dmax 4,75 mm; ký hiệu là CTN;
- Bột khoáng, ký hiệu là BK.

Cần phải tính tỷ lệ phối trộn 5 loại cốt liệu trên (a, b, c, d, e) để tạo thành hỗn hợp cốt liệu thỏa mãn yêu cầu quy định (trong ví dụ này, cấp phối cốt liệu thiết kế phải thỏa mãn yêu cầu quy định tại TCVN 8819:2011, Bảng 1, với loại BTNC 19). Trong đó, a là tỷ lệ của đá dăm D25; b là tỷ lệ của đá dăm D10; c là tỷ lệ của cát xay D5; d là tỷ lệ cát thiên nhiên CTN và e là tỷ lệ của bột khoáng BK.

Cách làm như sau:

1/ Nhập số liệu vào bảng tính Microsoft Excel (Bảng B5):

- Nhập giá trị đường bao giới hạn lượng lọt sàng yêu cầu tương ứng với các cỡ sàng: cận trên (dòng 3), cận dưới (dòng 4), trung bình (dòng 5).
- Nhập giá trị lượng lọt sàng tương ứng với các cỡ sàng của 5 loại cốt liệu: D25 (dòng 6), D10 (dòng 7), D5 (dòng 8), CTN (dòng 9) và BK (dòng 10).

Bảng B5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cỡ sàng (mm)	Tỷ lệ phối trộn	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.075
2	Lượng lọt sàng yêu cầu (%)											
3	Cận trên		100	100	86	78	61	45	33	25	17	8
4	Cận dưới		100	90	71	58	36	25	17	12	8	5
5	Trung bình		100	95	78.5	68	48.5	35	25	18.5	12.5	6.5

6	D25		100	86.3	30.6	7.4	2.1	0.3	0.3	0.2	0	0
7	D10		100	100	100	90.9	46.2	15.2	0.9	0.7	0.2	0
8	D5		100	100	100	100	90.5	70.1	45.5	18.9	12.5	7.4
9	CTN		100	100	100	98.8	95	89.3	78.1	45.6	8.7	0.9
10	BK		100	100	100	100	100	100	100	100	96.4	76.1
11	Kết quả chạy chương trình lần 1											
12	D25	0.33	33.0	28.5	10.1	2.4	0.7	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
13	D10	0.20	20.4	20.4	20.4	18.6	9.4	3.1	0.2	0.1	0.0	0.0
14	D5	0.34	34.0	34.0	34.0	34.0	30.8	23.9	15.5	6.4	4.3	2.5
15	CTN	0.09	9.4	9.4	9.4	9.3	8.9	8.4	7.3	4.3	0.8	0.1
16	BK	0.03	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	2.4
17	Hỗn hợp	1.00	100.0	95.5	77.1	67.5	53.0	38.6	26.3	14.1	8.1	5.0

2/ Thiết lập quan hệ theo công thức B5 ($P = Aa + Bb + Cc + Dd + Ee$) (Bảng B5):

- Gán các giá trị a, b, c, d và e (các giá trị bất kỳ) vào các ô từ B12 tới B16.
- Xác định giá trị Aa tương ứng với các cỡ sàng: được biểu thị từ ô C12 đến ô L12. Các giá trị này là tích của giá trị ô B12 với giá trị các ô tương ứng từ C6 đến L6 (viết theo ngôn ngữ Excel là: $C12 = \$B12 * C6$, $D12 = \$B12 * D6$, ..., $L12 = \$B12 * L6$).
- Xác định giá trị Bb, Cc, Dd, Ee tương ứng với các cỡ sàng: theo cách đã xác định với Aa, được biểu thị tương ứng từ dòng 13 đến dòng 16, từ cột C đến cột L.
- Thiết lập quan hệ P ($P = Aa + Bb + Cc + Dd + Ee$) tương ứng với các cỡ sàng: được biểu thị từ ô C17 đến ô L17. Các giá trị này là tổng các giá trị tương ứng từ dòng 12 đến dòng 16, cột C đến cột L. Ví dụ như $C17 = C12 + C13 + C14 + C15 + C16$ (viết theo ngôn ngữ Excel là $C17 = \text{SUM}(C12:C16)$).

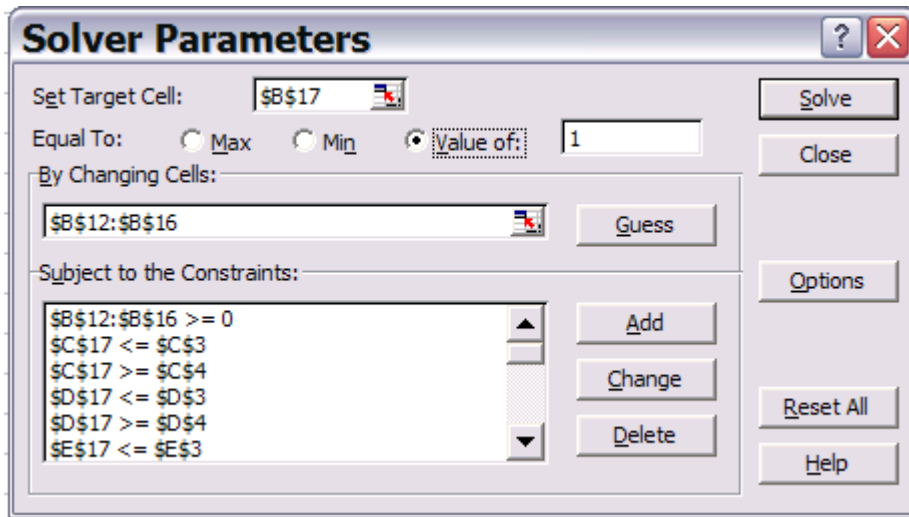
3/ Thiết lập quan hệ theo công thức B6 ($1 = a + b + c + d + e$) (Bảng B5):

- Giá trị tại ô B17 bằng tổng giá trị từ ô B12 đến ô B16 (viết theo ngôn ngữ Excel là $B17 = \text{SUM}(B12:B16)$).
- Việc gán giá trị bằng 1 cho ô B17 ($1 = a + b + c + d + e$) được thực hiện bằng hàm Solver.

4/ Khai báo các nội dung trong hàm "Solver":

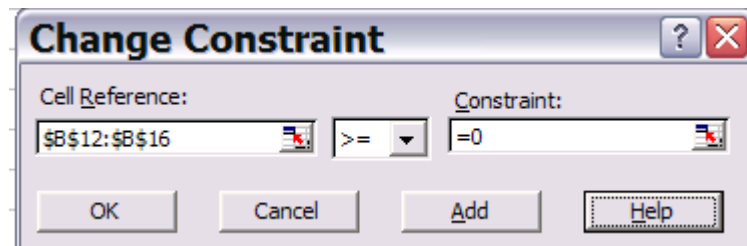
- Trong Microsoft Excel, vào menu Tool – Add in – đánh dấu cài đặt hàm Solver. Sau khi cài đặt xong, trong menu Tool sẽ xuất hiện mục Solver.
- Vào mục Solver trong menu Tool, sẽ xuất hiện cửa sổ "Solver Parameter" để khai báo, thực hiện các khai báo sau (Hình B1):

Hình B1



- Dòng lệnh “Set Target Cell”: nhập vào địa chỉ B17 (viết theo ngôn ngữ Excel là \$B\$17).
- Dòng lệnh “Equal To”: chọn mục “Value of” và nhập giá trị 1 (giá trị của phương trình B6).
- Dòng lệnh “By Changing Cells”: nhập các địa chỉ từ B12 đến B16 (viết theo ngôn ngữ Excel là \$B\$1:\$B\$16).
- Dòng lệnh “Subject to the constraints”: chọn mục “Add”, sẽ hiển thị của số “Add Constraint” để nhập vào các ràng buộc của bài toán (Hình B2).

Hình B2



- + Để đảm bảo điều kiện các giá trị tại ô từ B12 đến B16 (biểu thị các giá trị a, b, c, d và e) không nhận giá trị âm (-), nhập dòng lệnh \$B\$12:\$B\$16 vào của sổ “Cell Reference”, chọn dấu biểu thức >=, nhập số 0 vào của sổ “Constraint” và nhấn nút “OK”. Dòng lệnh nhập sẽ được hiển thị tại Hình B1 (\$B\$12:\$B\$16>=0).
- + Để đảm bảo điều kiện các giá trị của các ô từ C17 đến L17 (lượng lọt sàng của các cỡ sàng của hỗn hợp cốt liệu) phải nằm trong giới hạn lượng lọt sàng yêu cầu (nhỏ hơn giá trị cận trên và lớn hơn giá trị cận dưới của đường bao lượng lọt sàng yêu cầu), nhập vào của sổ “Cell Reference” như hướng dẫn trên. Dòng lệnh nhập sẽ được hiển thị tại Hình B1 (\$C\$17>=\$C\$3, \$C\$17<=\$C\$4; \$D\$17<=\$D\$3, \$D\$17>=\$D\$4; \$E\$17<=\$E\$3, \$E\$17>=\$E\$4; ...; \$L\$17<=\$L\$3, \$L\$17>=\$L\$4).

5/ Chạy chương trình: sau khi nhập xong, chọn nút “Solve” của của sổ “Solver Parameter” (Hình B1). Chương trình sẽ hiển thị kết quả phối trộn, đưa ra tỷ lệ phối trộn từ ô B12 đến ô B16; đưa ra giá lượng lọt sàng của hỗn hợp cốt liệu từ ô C17 đến ô L17 (Bảng B5-Kết quả chạy chương trình lần 1). Việc chạy chương trình nhiều lần bằng cách thay đổi giá trị từ ô B12 đến ô B16 sẽ nhận được các kết quả phối trộn khác. Một số kết quả chạy chương trình được thể hiện ở Bảng B6.

Bảng B6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cỡ sàng (mm)	Tỷ lệ phối trộn	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.075
2	Lượng lọt sàng yêu cầu (%)											
3	Cận trên		100	100	86	78	61	45	33	25	17	8
4	Cận dưới		100	90	71	58	36	25	17	12	8	5
5	Trung bình		100	95	78.5	68	48.5	35	25	18.5	12.5	6.5
11	Kết quả chạy chương trình lần 2											
12	D25	0.42	41.8	36.1	12.8	3.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
13	D10	0.16	15.9	15.9	15.9	14.5	7.4	2.4	0.1	0.1	0.0	0.0
14	D5	0.26	25.9	25.9	25.9	25.9	23.5	18.2	11.8	4.9	3.2	1.9
15	CTN	0.10	10.0	10.0	10.0	9.9	9.5	8.9	7.8	4.6	0.9	0.1
16	BK	0.06	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.1	4.8
17	Hỗn hợp	1.00	100.0	94.3	71.0	59.7	47.6	36.0	26.2	16.0	10.3	6.8
11	Kết quả chạy chương trình lần 3											
12	D25	0.30	30.4	26.2	9.3	2.2	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
13	D10	0.23	22.7	22.7	22.7	20.7	10.5	3.5	0.2	0.2	0.0	0.0
14	D5	0.28	27.9	27.9	27.9	27.9	25.2	19.5	12.7	5.3	3.5	2.1
15	CTN	0.12	12.0	12.0	12.0	11.8	11.4	10.7	9.4	5.5	1.0	0.1
16	BK	0.07	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8	5.3
17	Hỗn hợp	1.00	100.0	95.8	78.9	69.6	54.8	40.8	29.3	18.0	11.3	7.5
11	Kết quả chạy chương trình lần 4											
12	D25	0.29	29.0	25.0	8.9	2.1	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
13	D10	0.21	21.0	21.0	21.0	19.1	9.7	3.2	0.2	0.1	0.0	0.0
14	D5	0.35	35.0	35.0	35.0	35.0	31.7	24.5	15.9	6.6	4.4	2.6
15	CTN	0.10	10.0	10.0	10.0	9.9	9.5	8.9	7.8	4.6	0.9	0.1
16	BK	0.05	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	3.8
17	Hỗn hợp	1.00	100.0	96.0	79.9	71.1	56.5	41.7	29.0	16.4	10.1	6.5

6/ Chọn tỷ lệ phối trộn hợp lý: so sánh lượng lọt sàng của các hỗn hợp cốt liệu thu nhận được từ các kết quả chạy chương trình (Bảng B5, Bảng B6) với giới hạn giá trị lượng lọt sàng yêu cầu (lớn nhất, nhỏ nhất, trung bình) để chọn một kết quả phối trộn hợp lý.

Trong ví dụ này, chọn tỷ lệ phối trộn cốt liệu theo kết quả chạy chương trình lần 4. Tỷ lệ phối trộn cốt liệu như sau:

Cốt liệu D25 = 29%

Cốt liệu D10 = 21%

Cốt liệu D5 = 35%

Cát tự nhiên (CTN) = 10%

Bột khoáng (BK) = 5%

Phụ lục B

(tham khảo)

Tính các đặc tính thể tích của hỗn hợp bê tông nhựa. Báo cáo kết quả thiết kế hỗn hợp bê tông nhựa theo phương pháp Marshall

B.1 Số liệu đầu vào và kết quả thí nghiệm

B.1.1 Giả sử sử dụng 5 loại cốt liệu (D25, D10, D5, CTN, BK) đã biết tỷ lệ phối trộn (Phụ lục A- phối trộn theo A.2.2, kết quả chạy chương trình lần 4) để thiết kế hỗn hợp BTN, loại có đường kính hạt lớn nhất danh định 19 mm làm lớp mặt dưới.

B.1.2 Kết quả thí nghiệm kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý của 5 loại cốt liệu (xem tại 8.1) thỏa mãn yêu cầu quy định.

B.1.3 Kết quả thí nghiệm tỷ trọng của 5 loại cốt liệu và nhựa đường (xem tại 8.5.1 và 8.5.2) được nêu tại Bảng B1.

Bảng B1 – Kết quả thí nghiệm

Vật liệu	Tỷ trọng						Tỷ lệ phối trộn, % (tổng khối lượng hỗn hợp cốt liệu)	
	Tỷ trọng (Specific Gravity)		Tỷ trọng khối (Bulk Specific Gravity)		Tỷ trọng biểu kiến (Apperent Specific Gravity)			
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1. Nhựa đường	Gb	1,03 1						
2. Đá dăm D25			G1	2,761	G1a	2,792	P1	29
3. Đá dăm D10			G2	2,710	G2a	2,800	P2	21
3. Cát xay D5			G3	2,652	G3a	2,698	P3	35
4. Cát CTN			G4	2,562	G4a	2,610	P4	10
5. Bột khoáng BK			G5	2,810	G5a	2,810	P5	5
							$\Sigma=$	100

B.1.4 Chọn 5 hàm lượng nhựa (tính theo % khối lượng hỗn hợp BTN) là: 4,5%; 5,0%; 5,5 %; 6,0% và 6,5%. Chuẩn bị Các mẫu hỗn hợp cốt liệu riêng biệt, mỗi mẫu 1200 g. Tính 5 lượng nhựa đường ứng với 5 hàm lượng nhựa đã chọn để cho vào các mẫu hỗn hợp cốt liệu có khối lượng 1200 g theo Bảng B2.

Bảng B2 - Khối lượng nhựa dùng để đúc mẫu Marshall (tính theo 1200 g cốt liệu)

STT	Hàm lượng nhựa (% khối lượng hỗn hợp BTN)	Lượng nhựa, g	Tổng khối lượng hỗn hợp BTN, g
1	4,5	56,5	1256,5
2	5,0	63,2	1263,2
3	5,5	69,8	1269,8
4	6,0	76,6	1276,6
5	6,5	83,4	1283,4

B.1.5 Trộn 5 tổ mẫu (mỗi tổ 3 mẫu) với 5 lượng nhựa đã chọn. Tiến hành đúc mẫu Marshall với số chày 75 x 2 (xem Mục 8.3 và 8.4). Thí nghiệm xác định tỷ trọng khối của 5 tổ mẫu BTN ứng với 5 hàm lượng nhựa (xem tại 8.5.6), tính khối lượng thể tích mẫu BTN (sử dụng giá trị khối lượng riêng của nước bằng 1 g/cm³). Kết quả thí nghiệm (giá trị trung bình) tại Bảng B3.

B.1.6 Trộn 2 mẫu hỗn hợp BTN với hàm lượng nhựa 5,5 % (hàm lượng nhựa tối ưu dự đoán). Thí nghiệm xác định tỷ trọng lớn nhất của 2 mẫu hỗn hợp BTN (xem tại 8.5.5). Kết quả thí nghiệm (giá trị trung bình) nêu tại Bảng B3.

Bảng B3 - Kết quả thí nghiệm mẫu BTN

Tên chỉ tiêu	Hàm lượng nhựa, Pb (%)				
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
1. Tỷ trọng khối của mẫu BTN đã đầm (Gmb)	2,354	2,378	2,392	2,395	2,389

TCVN 8820 : 2011

2. Khối lượng thể tích của mẫu BTN đã đầm, g/cm ³	2,354	2,378	2,392	2,395	2,389
3. Tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN rời (Gmm)			2,488		

B.2 Tính các chỉ tiêu đặc tính thể tích của hỗn hợp BTN**B.2.1 Tính tỷ trọng khối, tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu****B.2.1.1 Tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu- Gsb**

Sử dụng công thức (1) (xem tại 8.5.3), với kết quả thí nghiệm tại Bảng B1, tính được giá trị tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu Gsb:

$$Gsb = \frac{\frac{25}{29} + \frac{22}{21} + \frac{30}{35} + \frac{18}{10} + \frac{5}{5}}{\frac{2,761}{2,761} + \frac{2,710}{2,710} + \frac{2,652}{2,652} + \frac{2,562}{2,562} + \frac{2,810}{2,810}}$$

$$Gsb = \frac{100}{37,13} = 2,693$$

B.2.1.2 Tính tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu -Gsa

Sử dụng công thức (1') (xem tại 8.5.3), với kết quả thí nghiệm tại Bảng B1, tính được giá trị tỷ trọng biểu kiến của hỗn hợp cốt liệu Gsa:

$$Gsa = \frac{\frac{25}{29} + \frac{22}{21} + \frac{30}{35} + \frac{18}{10} + \frac{5}{5}}{\frac{2,792}{2,792} + \frac{2,800}{2,800} + \frac{2,698}{2,698} + \frac{2,610}{2,610} + \frac{2,810}{2,810}}$$

$$Gsa = \frac{100}{36,47} = 2,742$$

B.2.2 Tính tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu

Sử dụng công thức (2) (xem tại 8.5.4), biết Gb=1,031 (Bảng B1); Gmm=2,488 tương ứng với hàm lượng nhựa Pb=5,5% (Bảng B3), tính tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu:

$$Gse = \frac{\frac{100}{2,488} - \frac{5,5}{1,031}}{\frac{100}{40,193} - \frac{5,5}{5,335}} = \frac{94,5}{34,858} = 2,711$$

So sánh giá trị Gse với các giá trị Gsb và Gsa ta thấy: $Gsb=2,693 < Gse=2,711 < Gsa=2,742$, nên kết quả thí nghiệm và tính toán có đủ độ tin cậy.

B.2.3 Tính tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp cốt liệu tại các hàm lượng nhựa khác nhau

Sử dụng công thức (3) (xem tại 8.5.5.2), coi tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu (Gse) tại tất cả các hàm lượng nhựa là không đổi (bởi vì lượng nhựa hấp phụ tại các hàm lượng nhựa khác nhau thì gần tương tự nhau) để tính tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN tại các hàm lượng nhựa khác nhau.

Biết $G_b=1,031$ (Bảng B1), $G_{se} = 2,711$ (được coi là không đổi), tính được tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN tại các hàm lượng nhựa khác nhau.

Ví dụ, tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN với hàm lượng nhựa là 5,0% ($P_b=5,0$; $P_s=95$) là:

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{95,0}{2,711} + \frac{5,0}{1,031}}$$

$$G_{mm} = \frac{100}{35,042 + 4,850} = \frac{100}{34,858} = 2,507$$

B.2.4 Tính hàm lượng nhựa hấp phụ

Sử dụng công thức (4) (xem tại 8.5.7), biết $G_b=1,031$ (Bảng B1), $G_{sb}=2,693$, $G_{se} = 2,711$, tính được lượng nhựa hấp phụ tại hàm lượng nhựa 5,5%:

$$P_{ba} = 100 \frac{2,710 - 2,663}{2,6693 \times 2,711} \times 1,031$$

$$P_{ba} = 10 \frac{0,018}{7,301} \times 1,031 = 0,254$$

Hàm lượng nhựa hấp phụ, $P_{ba}=0,254$, được coi là không đổi để sử dụng tính các thông số sau.

B.2.5 Tính hàm lượng nhựa có hiệu của hỗn hợp BTN

Sử dụng công thức (5) (xem tại 8.5.8), biết $P_{ba}=0,254$, biết các giá trị P_b , P_s , tính được hàm lượng nhựa có hiệu của hỗn hợp BTN với các hàm lượng nhựa khác nhau.

Ví dụ, hàm lượng nhựa có hiệu của hỗn hợp BTN với hàm lượng nhựa 5,5% ($P_b=5,5$; $P_s=94,5$) tính được là:

$$P_{be} = 5,5 - \frac{0,254}{100} \times 94,5 = 5,260$$

B.2.6 Tính độ rỗng cốt liệu của hỗn hợp BTN

Sử dụng công thức (6) (xem tại 8.5.9), Biết các giá trị G_{mb} (Bảng B3), biết $G_{sb}=2,693$, biết P_s , tính được độ rỗng cốt liệu của hỗn hợp BTN với hàm lượng nhựa khác nhau.

Ví dụ, độ rỗng cốt liệu tại mẫu BTN có hàm lượng nhựa 5,5% ($G_{mb}=2,392$; $P_s=94,5$) là:

$$VMA = 100 - \frac{2,392 \times 94,5}{100 \times 2,693} = 16,06$$

TCVN 8820 : 2011

$$= \frac{\quad}{2,693}$$

B.2.7 Tính độ rỗng dư của hỗn hợp BTN đã đầm

Sử dụng công thức (7) (xem tại 8.5.10), biết các giá trị Gmb (Bảng B3), biết Gm (tính toán tại B.2.3), tính được độ rỗng dư của mẫu BTN với hàm lượng nhựa khác nhau.

Ví dụ, độ rỗng dư tại mẫu có hàm lượng nhựa 5,5% (Gmb=2,392, Gmm=2,488) tính được là:

$$V_a = \frac{100}{x} \frac{2,488 - 2,392}{2,488} = 3,859$$

B.2.8 Tính độ rỗng lấp đầy của hỗn hợp BTN đã đầm

Sử dụng công thức (8) (xem tại 8.5.11), biết VMA (tính toán tại B.2.6), Va (tính toán tại B.2.7), tính được độ rỗng lấp đầy của mẫu BTN với các hàm lượng nhựa khác nhau.

Ví dụ, độ rỗng lấp đầy của mẫu BTN tại hàm lượng nhựa 5,5 % (VMA=16,06; Va= 3,859) tính được là:

$$VFA = \frac{100 (16,06 - 3,859)}{16,06} = 75,97$$

Kết quả thí nghiệm và tính toán các đặc tính thể tích của hỗn hợp BTN với các mẫu có hàm lượng nhựa 4,5%; 5,0%; 5,5 %; 6,0% và 6,5 % được tóm tắt tại Bảng B4.

B.2.9 Kết quả thí nghiệm mẫu Marshall, xác định hàm lượng nhựa tối ưu (xem tại 8.6 và 8.7)

Tổng hợp kết quả thí nghiệm, tính toán các đặc tính thể tích của BTN, kết quả thí nghiệm Marshall của 05 tổ mẫu BTN ứng với 5 hàm lượng nhựa được báo cáo ở Bảng B5.

Trên cơ sở số liệu tại Bảng B5, thiết lập các biểu đồ quan hệ Hàm lượng nhựa với các chỉ tiêu: Độ ổn định, Độ dẻo, Độ rỗng dư, Độ rỗng cốt liệu, Độ rỗng lấp đầy nhựa, Khối lượng thể tích mẫu BTN (xem tại Hình 2).

Trên cơ sở số liệu thí nghiệm (xem tại Hình 2) và theo yêu cầu thiết kế bê tông nhựa (TCVN 8819:2011, Bảng 3, BTNC 19), lập biểu đồ xác định khoảng hàm lượng nhựa thỏa mãn từng chỉ tiêu tương ứng: Độ ổn định (4,5% đến 6,5%), Độ dẻo (4,5% đến 6,5%), Độ rỗng dư (5,0% đến 6,0%), Độ rỗng cốt liệu (4,5% đến 6,5%). Xác định khoảng hàm lượng nhựa tối ưu là từ 5,0% đến 5,5%) (xem Hình 3). Chọn một giá trị hàm lượng nhựa trong khoảng 5,0% đến 5,5% làm giá trị hàm lượng nhựa tối ưu, ví dụ chọn là 5,2%.

Bảng B4 -Tổng hợp kết quả thí nghiệm và tính toán các chỉ tiêu đặc tính thể tích hỗn hợp BTN

Mẫu: _____		Ngày: _____						
Địa điểm, lý trình: _____								
Thành phần hỗn hợp BTN								
	Tỷ trọng, G		Mẫu thí nghiệm (thành phần hỗn hợp, tính theo % khối lượng hỗn hợp BTN)					
	Khối	Biểu kiến		1	2	3	4	5

1. Cốt liệu thô D25	G1	2,761	G1a	2,792						
2. Cốt liệu thô D10	G2	2,710	G2a	2,800						
3. Cốt liệu mịn D5	G3	2,652	G3a	2,698						
4. Cát	G4	2,562	G4a	2,610						
5. Bột khoáng	G5	2,810	G5a	2,810						
6. Tổng cốt liệu	Gsb	2,693	Gsa	2,742	Ps	95,5	95,0	94,5	94,0	93,5
7. Nhựa đường	Gb	1.031			Pb	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
8. Tỷ trọng khối của tổng hỗn hợp cốt liệu, Gsb				Công thức (1)		2,693				
9. Tỷ trọng lớn nhất của hỗn hợp BTN, Gmm				Công thức (3)		2,526	2,507	2,488	2,470	2,451
10. Tỷ trọng khối của mẫu BTN đã đầm, Gmb				-		2,354	2,378	2,392	2,395	2,389
11. Tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu, Gse				Công thức (2)				2,711		
12. Lượng nhựa hấp phụ, % khối lượng hỗn hợp cốt liệu, Pba				Công thức (4)				0,254		
Tính toán:										
13. HLN có hiệu, Pbe = Dòng 7 - $\frac{\text{Dòng 12} \times \text{Ps}}{100}$				Công thức (5)		4,257	4,759	5,260	5,761	6,263
14. ĐR cốt liệu, VMA = $100 - \frac{\text{Dòng 10} \times \text{Ps}}{\text{Dòng 8}}$				Công thức (6)		16,52	16,11	16,06	16,40	17,05
15. Độ rỗng dư, Va = $100 \times \frac{(\text{Dòng 9} - \text{Dòng 10})}{\text{Dòng 9}}$				Công thức (7)		6,809	5,146	3,859	3,036	2,530
16. ĐR lấp đầy, VFA = $100 \times \frac{(\text{Dòng 14} - \text{Dòng 15})}{\text{Dòng 14}}$				Công thức (8)		58,79	68,06	75,97	81,49	85,17

Bảng B5 - Báo cáo kết quả thí nghiệm mẫu BTN

Số TN:

Tỷ trọng của nhựa:

1,031

Loại BTN: BTNC 19 (theo TCVN 8819:2011)

Tỷ trọng khối của hỗn hợp cốt liệu:

2,682

Số chàỳ đầm/mặt: 75

Tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu:

2,711

Ký hiệu mẫu- Hàm lượng nhựa (% hỗn hợp BTN)	Khối lượng mẫu BTN cân trong không khí, g	Khối lượng mẫu BTN cân trong nước, g	Khối lượng mẫu BTN khi lau khô, g	Thể tích mẫu BTN, cm ³	Tỷ trọng khối BTN	Tỷ trọng lớn nhất BTN	Độ rỗng dư Va	Độ rỗng cốt liệu VMA	Độ rỗng lấp đầy VFA	Chiều dày mẫu, mm				Độ ổn định	Hệ số hiệu chỉnh	Độ ổn định sau hiệu chỉnh	Độ đéo
										1	2	3	TB				
A-4,5	1255,1	724,1	1257,3	533,2	2,354					63,7	63,6	63,6	63,6	11,38	0,96	10,92	2,5
B-4,5	1253,2	720,0	1254,2	534,2	2,346					64,2	64,2	64,4	64,3	11,47	0,96	11,01	2,4
C-4,5	1255,0	725,6	1256,7	531,1	2,363					63,8	63,7	63,8	63,8	11,35	0,96	10,90	2,5
Trung bình					2,354	2,526	6,809	16,52	58,79							10,94	2,5
A-5,0	1260,3	731,2	1262,1	530,9	2,374					63,8	64,0	63,8	63,9	11,98	0,96	11,50	2,5
B-5,0	1259,8	730,8	1261,5	530,7	2,374					64,0	63,4	63,8	63,7	11,85	0,96	11,38	2,3
C-5,0	1262,0	734,3	1263,4	529,1	2,385					63,5	63,9	63,7	63,7	12,52	0,96	12,02	2,6
Trung bình					2,378	2,507	5,146	16,11	68,06							11,63	2,5
A-5,5	1267,1	738,4	1269,2	530,8	2,387					64,0	63,5	64,2	63,9	12,58	0,96	12,08	2,5
B-5,5	1265,3	739,3	1266,9	527,6	2,398					63,6	63,3	63,9	63,6	12,20	0,96	11,71	2,5
C-5,5	1261,4	735,3	1263,1	527,8	2,390					64,0	63,4	63,7	63,7	12,68	0,96	12,17	2,7
Trung bình					2,392	2,488	3,859	16,06	75,97							11,99	2,6
A-6,0	1273,3	744,3	1275,1	530,8	2,399					63,6	64,0	63,8	63,8	11,23	0,96	10,78	2,5
B-6,0	1271,8	741,8	1273,0	531,2	2,394					63,5	63,7	63,8	63,7	12,05	0,96	11,57	2,4
C-6,0	1270,5	740,8	1271,9	531,1	2,392					64,0	63,5	64,0	63,8	11,21	0,96	10,76	2,5
Trung bình					2,395	2,470	3,036	16,40	81,49							11,04	2,5
A-6,5	1281,2	746,6	1283,1	536,5	2,388					63,7	64,2	63,5	63,8	10,25	0,93	9,53	3,0
B-6,5	1280,6	746,2	1281,3	535,1	2,393					63,9	64,1	64,3	64,1	11,08	0,96	10,64	2,6
C-6,5	1282,2	746,5	1284,1	537,6	2,385					63,5	64,0	64,5	64,0	10,10	0,93	9,39	3,2
Trung bình					2,389	2,451	2,530	17,05	85,17							9,85	2,9

