

Bauakademie der DDR
Institut für Industriebau

Magdeburger Stahlbau GmbH
Industriemontagen GmbH
Leipzig

Anwendung
der Stahlzellenverbundbauweise
für Kernkraftwerke mit DWR 1300 MW_e
(Konvoiprojekt)

Teil 2 Stahlzellen für die Sekundärabschirmung

Berlin, 15. Juni 1990

1. Grundsätze für den Lösungsvorschlag

Die Sekundärabschirmung besteht geometrisch aus 2 unterschiedlichen Bereichen, dem Zylinder und der Kuppel, die in ihrer konstruktiven Lösung gleiche Grundprinzipien aufweisen. Es werden einseitige Stahlzellen mit stabilisierenden Konstruktionsteilen auf der Betonseite vorgesehen. Im Zylinder und im unteren Bereich der Kuppel, kommen unverformte Bleche zur Anwendung; verformte Bleche werden nur im Haubenbereich der Kuppel eingesetzt.

Weitere Ausgangswerte für die Lösung der Sekundärabschirmung in Stahlzellen sind:

- teilweiser Ersatz der inneren Bewehrung durch Stahlblech,
- veränderte Querbewehrung,
- Beibehaltung der äußeren Bewehrung und der Anschlußbewehrungen für Decken und Wände des Konvoiprojektes,
- Einbau aller technischen und technologischen Einbauteile wie Konsolen, Durchführung, Verankerungen u. ä.,
- Beibehaltung der Betongüte.

Aus den zur Verfügung stehenden Projektunterlagen konnten nicht alle Detailfragen geklärt werden. Sie sind bei der späteren Projektbearbeitung zu lösen.

2. Verwendete Unterlagen

Sekundärabschirmung

Zeichn.-Nr.	41425 1	51760 1
	41426 0	51767
	51758	51965 C
	51759	54778

Treppe Zeichn.-Nr. 41508 t

Deckenunteransichten + 6,0 und + 9,0 m

Zeichn.-Nr. 41436

41440

3. Technische Erläuterung der Stahlzelle

Die Konstruktion der Stahlzellenlösung für den Zylinder und die ist in den Zeichnungen

Nr. 031/2 - 01 bis 05

dargestellt.

Ausgehend von den vorhandenen fertigungs- und montagetecnologischen Erfahrungen wurde eine horizontale Aufteilung der Stahlzellen gewählt.

Beim Zylinder sind 12 Zellenringe vorhanden, bei der Kuppel von 0° - 60° ebenfalls 12 Zellenringe. Im Bereich $> 60^\circ$ (Kuppelhaube) werden die Zellen meridianförmig angeordnet (18 Stck). Der Scheitel besteht aus einer zweigeteilten Kalotte.

Im Bereich 0° - 60° werden die Zellen kegelstumpfförmig angeordnet, so daß die Bleche nur 1-achsig zu verformen sind. Im Bereich $> 60^\circ$ werden wegen der Passung 2-achsig verformte Bleche vorgesehen.

Die Größe der Stahlzellen leitet sich von den Transport- und Fertigungsbedingungen ab. Sie beträgt im Zylinder 2417/11030 mm (18 Zellen/Ring) und in der Kuppel unterschiedlich 2758/11030 - bis 9460 mm (7 Ringe a 18 Zellen) bzw. 13400 bis 8000 mm bei den weiteren 5 Ringen a 12 Zellen. Die Kuppelhaube besteht aus 18 Meridianzellen ca. 5800/12000 mm und der Kalotte mit einem Durchmesser von ca. 6000 mm. Die max. Masse der Zellen beträgt ca. 6 t.

Die einseitigen Stahlzellen bestehen aus Bl 6 mm auf der Innenseite und Dübelleisten Fl 8 x 80 mm; $e \leq 460$ mm.

Die Zylinderzellen werden durch zwei Horizontalfachwerke (HV), zwei Vertikalfachwerke (VF) in Radialebene und ein zusätzliches VF in der Ebene der Obergurte stabilisiert. Die Gurte und die Diagonalen der HV bestehen aus L-Profilen, für die Diagonalen der VF werden Kreuzverbände aus Rundstahl vorgesehen.

Im Kuppelbereich $0 - 60^\circ$ werden die Stahlzellen durch einen räumlichen Dreigurtträger stabilisiert. Die radial angeordneten VF des Zylinderbereiches werden in der Kuppel weitergeführt.

Im Kuppelbereich $> 60^\circ$ werden die meridianförmig angeordneten Stahlzellen durch I-Profile in vertikaler Richtung lagegleich mit den darunterliegenden VF stabilisiert. Die Dübelleisten werden horizontal angeordnet.

Im Kalottenbereich ist ein horizontaler Blechring vorgesehen, mit dem die Vertikalbewehrung kraftschlüssig verschweißt wird. Die vertikalen I-Profile werden teilweise in die Kalotte weitergeführt.

Als zusätzliche Bewehrung auch zur Rißsicherung werden auf der Blechseite 4 \emptyset 28 pro Meter kreuzweise erforderlich. Der horizontale Bewehrungsanteil wird bereits in der Montageeinheit vorgelagert, während der vertikale erst nach der Montage über mehrere Zellen reichend eingebracht wird.

Die Einbaubedingungen für die gesamte äußere Bewehrung sind gut. Sie wird vor der Schalungsmontage montiert. Die Einbindung in die Bodenplatte erfolgt durch vertikale Anschlußbewehrung.

Als Verbinder werden 10 \emptyset 18 pro Quadratmeter erforderlich, die mit den Dübelleisten verschweißt sind. Im umbauten Bereich kann die Verbinderbewehrung reduziert werden. Im Normalbereich (Verbinder 10 \emptyset 18/m²) sind keine Dübel erforderlich.

Größere Durchführungen werden durch zusätzliche Ringlamellen verstärkt.

Der Feuerwiderstand von ungeschützten Stahlzellenwänden beträgt 30 Minuten.

4. Technologische Erläuterungen

Die Deckenkonsolen werden gesondert gefertigt und geliefert bzw. bereits im Fertigungswerk eingebaut. Bei der Montage werden die Bewehrungsstähe in die vorbereiteten Aussparungen eingesetzt und die Blechform mit der Stahlzelle verschweißt. Die Konsole ist als Stahlbetonquerschnitt ausgebildet. Die Blechverkleidung ist für die Konsole nicht mittragend.

Die Zellenmontage erfolgt mit Einzelelementen. Die Zellenstöße werden als Überdeckungsstöße mit 2 Kehlnähten $a = 6 \text{ mm}$ ausgeführt. Geschweißt wird von beiden Seiten. Als Variante wird eine Ausbildung der Zellenstöße als Stumpfstoß mit einseitig geschraubter Schweißbadsicherung untersucht. Die Schweißung erfolgt hierbei nur von außen.

Als Montagehilfsmittel für die Stahlzellen werden auf der Blechseite lagefixierende Knaggen vorgesehen und auf der Bewehrungsseite VF mit justierfähigen Abstützungen aus L 80 x 8 mm. In der Kuppel übernehmen diese justierfähigen VF die Stabilisierung der auskragenden Einzelzellen. Im flachen Neigungsbereich $> 60^\circ$ werden Montageabsteifungen auf dem Kugelcontainment vorgesehen. Die Fertigung der Stahlzellen erfolgt in Lehren, eine Vorverformung der 6 mm Bleche ist nur im oberen Kuppelbereich $> 60^\circ$ erforderlich.

Die Zellen erhalten bereits in der Fertigung luftseitig einen Korrosionsschutz. Die Nahtbereiche werden nachkonserviert.

5. Hinweise zur Belastung der Blechwand durch Frischbetondruck

1. Zylinder

Als Grundlage für die Bemessung wird ein max. Frischbetondruck von $\max p_m = 40 \text{ kN/m}^2$ zugrundegelegt.

Die Innenwand aus Blech $\delta \text{ mm}$ ist so ausgesteift, daß sie den Schalungsdruck aufnimmt, wenn der Abstand der beiden Horizontalfachwerke einer Zelle einen vertikalen Abstand von $1,50 \text{ m}$ nicht überschreitet und jede Dübelleiste $F1 \ 8 \times 80 \text{ mm}$ mit dem H-Fachwerk durch Schweißung verbunden ist. Auf der Außenseite ist die Schalung an jedem horizontalen Fachwerk mit Bolzen M27, Güte 8.8 in Abstand von $\max. 2,76^\circ \text{ - } 5^\circ$ (des Umfangs) zu verankern.

Die Schalungsträger können sowohl vertikal als auch horizontal (Anpassung an den Radius ca. $R = 33,4 \text{ m}$ erforderlich) angeordnet werden. Die Schaltafeln müssen dann orthogonal dazu für den Schalungsdruck $p = 40 \text{ kN/m}^2$ ausgesteift sein.

2. Kuppel

Für die Kuppel wird der Schalungsdruck von 40 kN/m^2 ebenfalls beibehalten.

Die Verankerung der Außenschalung erfolgt im Bereich $0^\circ - 60^\circ$ jeweils am Obergurt des räumlichen Fachwerks. Der Abstand der Verankerungsbolzen in Ringrichtung beträgt 5° ($\max. e=2.76\text{m}$).

Im Bereich 60 bis 90° erfolgt die Verankerung an den Aussteifungsprofilen ca. in den gleichen Abständen.

Die Schalungsträger werden vorzugsweise in Meridianrichtung angeordnet, möglich ist auch eine Anordnung im Abstand von $25^\circ = 1,38\text{m}$. Die Schaltafeln müssen in Ringrichtung ausgesteift sein.

6. Stahl- und Leistungsaufwand

6.1. Technische Bearbeitung

Anfertigung der Konstruktionsunterlagen für die Sekundärabschirmung 25 000 h
(ohne Aufwand für Erarbeitung der Projektdokumentation)

6.2. Stahlaufwand

Für die Konstruktion ergibt sich folgender Stahlaufwand:

- einseitige Stahlzellen, einschl. Innenbewehrung	3 300 t
- äußere, Vertikale und horizontale <u>Bewehrung</u>	<u>1 900 t</u>
Insgesamt	5 200 t

Gegenüber des KWU-Projektes (6 000 t) ergibt sich für die Lösung der "Verbinderanordnung" eine Reduzierung um 800 t.

6.3. Arbeitszeitaufwand

1. 1 750 t	Einseitige Stahlzellen für den Zylinderbereich (von - 6,0 bis +23,0 m) fertigen, Korrosionsschutz (teilweise) mittels Farbkonservierung, Transport zur Baustelle	55 h/t	96 250 h
2. 1 350 t	wie vor, jedoch für den Kuppelbereich 0° - 60°	60 h/t	81 000 h
3. 200 t	wie Pos. 1, jedoch für den Kuppelbereich 60° - 80° einschließlich Kalotte	80 h/t	<u>16 000 h</u>
	Summe Fertigung		193 250 h

4. 1 750 t	Einseitige Stahlzellen der Pos. 1, ohne Bewehrung außen, montieren einschl. Schweißen der Zellenstöße, innere Rüstung, Vermessung (ohne ing.-techn. Vermessung)	35 h/t	61 250 h
5. 1 556 t	wie Pos. 4, jedoch für die Kuppel gemäß Pos. 2 und 3	38 h/t	59 130 h
	Summe Montage		120 380 h
			=====
6. 1 900 t	Bewehrung, außen, vertikal und horizontal, einbringen	5 h/t	9 500 h
7. 12 032 m ²	vorkonservierte und montierte einseitige Stahlzellen mit Korrosionsschutz komplettieren (2 Anstriche)	0,2 h/m ²	2 406 h
8. 13 090 m ²	Schalung für die äußere Fläche der Sekundärabschirmung	2,5 h/m ²	32 725 h
9. 22 610 m ²	Beton für Zylinder und Kuppel, mit Auf- und Abbau der Förder- Druckleitung	2,2 q/m ²	49 745 h
	Summe sonstige Bauleistungen		94 380 h
			=====
	Insgesamt		rd. 408 000 h
			=====